

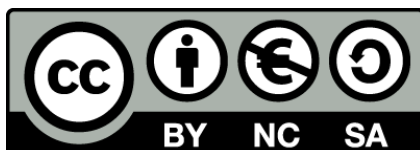


UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Estructura relacional

Marcos teóricos para la composición gráfica

María Angélica Castro Caballero



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial – Compartir Igual 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial – Compartir Igual 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0. Spain License.**



ESTRUCTURA RELACIONAL

Marcos teóricos para la composición gráfica

Tesis Doctoral presentada por
María Angélica Castro Caballero
Director: Dr. Miquel Mallol Esquefa



Programa doctoral:
Estudis Avançats en Produccions
Artístiques, (EAPA).
Línia d'investigació en Imatge i Disseny



Departament de Disseny i Imatge
Facultat de Belles Arts Sant Jordi
Universitat de Barcelona
Barcelona, 2015





ESTRUCTURA RELACIONAL

Marcos teóricos para la composición gráfica

Tesis Doctoral presentada por
María Angélica Castro Caballero
Director: Dr. Miquel Mallol Esquefa

Programa doctoral:
Estudis Avançats en Produccions
Artístiques, (EAPA).
Línia d'investigació en Imatge i Disseny

Departament de Disseny i Imatge
Facultat de Belles Arts Sant Jordi
Universitat de Barcelona
Barcelona, 2015



Queda prohibida la reproducción parcial o total de este medio, para cualquier tipo de finalidad, sin la autorización del autor.

En caso que se realice alguna cita, es necesario realizar la citación correcta del material, tanto literario como el material gráfico.

Primera edición.
Primera impresión 8 ejemplares
2015, Barcelona, España.

Introducción

Tipo de investigación, delimitación, justificación y límites

El presente trabajo de investigación muestra un estado intermedio entre la ilusión y la propuesta del marco teórico de un modelo de carácter teórico que exponga ver la composición gráfica como un conjunto de relaciones dadas por sus elementos plásticos interactuantes.

Puede parecer una ilusión el pretender teorizar sobre el quehacer del diseñador Gráfico, puesto que diseñar considera una diversidad de conocimientos que no es posible sistematizarlos bajo una sola teoría. Sin embargo considero que cuando se habla de teorías de la forma es necesario hacer un esfuerzo por considerar la complejidad de la forma dentro de lo que es un ambiente de comunicación y expresión que plantea la composición plástica.

Lo considero un compromiso del diseñador, si entendemos que teorizar es ser consciente del proceso de cómo se realizan los actos y qué sentido tienen, en este caso es ser consciente de cómo se diseña y a su vez de la manera en la cual se pretende entender a la composición visual gráfica. Y a lo largo de la historia podemos encontrar varios diseñadores cuyos conocimientos nos han permitido comprender el lenguaje del color, la forma y la tipografía.

Entre los antecedentes de las teorías de la forma podemos señalar tres de los cuales hablaremos más adelante. En el siglo XIX-XX el teórico Van de Velde ha interpretado también que en el diseño la línea es la trayectoria de la energía del material al mismo tiempo que de la intencionalidad del artista, y dicha línea es la que genera la forma. A mediados del siglo XX Christopher Alexander, arquitecto y teórico del diseño a través de su práctica profesional y su estudio sobre el diseño ha propuesto una manera de entender la composición plástica y arquitectónica como una composición con vitalidad y tendiente a la unidad bajo una estructura integradora dada por el centro. Attilio Marcolli, teórico italiano y diseñador quien observa diversos tipos de composición tanto arquitectónica, plástica y urbanística como un campo topológico, donde la forma propone un tipo de movimiento y la interacción de los elementos en los espacios, bi o tridimensional. Estas teorías al parecer fueron construidas a partir de la reflexión he-

cha durante más de dos décadas (en algunos casos más) en paralelo a la experiencia práctica. Y es conveniente reiterar la idea ya mencionada, son diseñadores que de alguna manera han colaborado para que el proceso proyectual se acerque a la razón y disminuya el grado de azar considerando que el azar siempre estará presente. Afirmación que hace el Dr. Josep María Martí cuando habla del empleo de los modelos como referente de información para el diseño industrial durante el proceso proyectual: “En qualsevol cas el que cal és reduir al mínim possible la intervenció de l’atzar, tot i acceptar que aquest no és mai eliminable del tot.” (1999, p.230).

La generación de un modelo con carácter teórico, representa considerar un marco teórico en el cual se sustente las ideas básicas para exponer lo que se entiende por *estructura relacional*, y esta ha sido la labor de esta investigación. Se ha atendido a la construcción de este soporte teórico en el cual se habla de analogía, relación de los elementos plásticos y la función de una estructura para generar una organización o la unidad de la composición, como temas principales.

El proceso para definir el término no ha sido lineal y se muestra en este documento. En el estudio de algunas teorías algunos contenidos fueron oportunos para la definición y otros han sido útiles para desacreditar hipótesis iniciales, y que ha sido importante presentarlas en este documento porque es una idea a la cual se ha reiterado en la historia del diseño es el caso concreto de la analogía entre el diseño gráfico y las estructuras básicas geométricas o patrones de la forma orgánica. Se consideró que es necesario mostrar la investigación que se hizo para exponer que no es posible establecer una analogía directa y que la estructura de relaciones (gráficamente geométrica) puede coincidir con los patrones geométricos pero no puede corresponder a leyes biológicas, lo cual es una analogía indirecta, que difícilmente aporta a la teoría del diseño.

Este marco teórico tiene la característica de ser multidisciplinar. Se considera que términos como estructura, organización, relaciones, composición, forma, analogía, son básicos en otras áreas del conocimiento científico cuya definición puede aportar formas de ver distintas a la composición. Por ejemplo la Teoría de Sistemas ha aportado un sentido distinto a lo que es estructura e interacción de elementos dentro de un sistema. La valorización de estos términos en otros contextos nos permiten reconsiderar el sentido cuando hablamos de la interacción de los elementos plásticos. Así mismo el marco teórico correspondiente al tema de la analogía tiene un enfoque multidisciplinar. Se consultó cuál es la definición de analogía y el empleo de la misma en el ámbito arquitectónico, diseño industrial, la filosofía y lógica. Y esto ha orientado a considerar si la analogía es relevante para la *estructura relacional* en el diseño gráfico.

El marco teórico también utiliza el conocimiento de áreas que tienen que ver directamente con el diseño. Es el caso de la geometría, y la psicología, dos áreas de la ciencia que no solo aportan conocimiento teórico sino que influyen en nuestra práctica. La *Estructura Relacional* pretende observar la composición gráfica como un conjunto de relaciones dadas gracias a la entidad compleja de sus elementos plásticos, una entidad compuesta por tres niveles: como una figura, una forma y signo. (Este último nivel no ha sido cubierto en esta investigación, será motivo de un trabajo posterior). Es decir, se estudiará desde la complejidad de sus elementos plásticos.

Vemos necesario considerar una teoría del diseño desde lo multidisciplinario porque son pocas las teorías que lo consideran. Las teorías con las cuales estamos familiarizados muestran estudios son comprometidas a un aspecto concreto. Por ejemplo el estudio del teórico Wuicius Wong desde el punto de vista geométrico. Así mismo la propuesta de Germani & Fabris quienes sus definiciones aportan claridad, y un lenguaje técnico, sin ser poético como en otros casos se ha leído cuando se habla sobre la forma en el diseño o en el arte.

Por otra parte, en el estudio de la composición gráfica, hablar de la relación de los signos no es algo nuevo, encontramos la sintaxis como el estudio de la semiótica de la relación de los signos. Sin embargo, consideramos que es conveniente hablar de manera más detallada y en los tres niveles de los elementos plásticos. Por otro lado, definición de los términos “estructura” y “relaciones” así como la importancia en la organización de sistemas bajo un pensamiento sistémico (valga la redundancia) ha hecho ver que en el diseño gráfico la “estructura” ha sido considerada solamente desde el punto de vista geométrico o considerar solo elementos con características particulares. Mientras que en la teoría de sistemas la estructura son normas, y si la estructura desaparece o es afectada el sistema desaparece o se modifica, cosa que no ocurre con el remplazo de los elementos que la componen. Así mismo, la relevancia de las relaciones en el sistema como generadores sobre la particular presencia de determinados elementos, nos permite replantear conceptos en el diseño. No es decir que la composición sea un sistema bajo los términos de dicha teoría, sino reconsiderar el papel de la estructura y de las relaciones desde el mismo diseño.

Es necesario una teoría que hable sobre relaciones a distinto nivel ya que en ocasiones, la incoherencia de la composición es muy sutil, que se requiere de una manera de poder observarla para poder detectar si esta incoherencia ocurre por alguna relación equivocada y es importante considerar a qué nivel para hacer la corrección. Una teoría propone pautas para observar la composición en determinado sentido, dicho de manera coloquial “entrenar la mente” para observar relaciones. El modelo de *Estructura Relacional* no pretende a ser una teoría totalitaria y única, pretende ser un modelo teórico complementario con los conocimientos que ya han sido propuestos con

anterioridad. Inclusive retoma los términos ya conocidos como lo es la perspectiva, la textura, el contraste, la proporción, solo que observa la cualidad de la relación que estos conceptos establecen entre las formas de la composición y genera pautas.

Cabe decir que el hecho de consultar teorías fuera del ámbito del diseño gráfico, sobre todo las propuestas filosóficas clásicas, la topología y los aspectos mecánicos del diseño industrial y la arquitectura, han merecido dedicarles mucho tiempo para su interpretación y redacción. Ha sido un acierto consultarlas y a la vez una dificultad, ha sido un limitante no tener unas bases más completas para abordar los contenidos con mayor fluidez.

Las teorías como la propuesta por Van de Velde, Frei Alto y la Teoría de sistemas sobre todo de Edgar Morin, Gregory Bateson y Nicklas Luhmann, Miquel Mallol como los conceptos de la topología, han sido estudiadas con atención y se ha redactado sobre ellas lo necesario para esta primera etapa del modelo, sin embargo cabe decir que sus propuestas deben ser revisadas con mayor profundidad puesto que pueden ser de provecho para otros aspectos de la misma teoría que se pretende construir.

Preguntas de investigación

Esta tesis pretende responder a las siguientes preguntas:

la primera pregunta general es: ¿Cómo podemos organizar los elementos en la composición gráfica?

La hipótesis es considerando una estructura de relaciones basada en dos posibilidades: la primera es en las figuras geométricas considerados como patrones de la forma biológica, y la segunda es que la estructura de la composición está basada en relaciones de los elementos plásticos dadas bajo las pautas de composición dadas por los principios del diseño y que pueden ser representadas de manera abstracta.

La segunda pregunta general es:

¿Cómo se puede definir la *estructura relacional*?

Las preguntas secundarias son tres:

1) ¿Cuáles son los marcos teóricos que pueden cooperar para la descripción del modelo de la *estructura relacional*?; las preguntas específicas son:

- a) ¿Con qué fin se emplea la analogía en la investigación?
 - b) ¿Cuáles son los límites y los aciertos para el empleo de la analogía como método y como modelo en el diseño?
 - c) ¿Qué relación análoga tiene la forma geométrica en la naturaleza y la estructura que propone relaciones en la composición gráfica?
- 2) ¿Qué factores cooperan para definir las relaciones de los elementos desde el punto de vista comunicativo?

3) ¿Cuáles son las bases teóricas necesarias para identificar las relaciones geométricas y perceptuales en la composición gráfica?

Objetivos y contenidos de los capítulos

Para responder las preguntas de investigación se dividió la investigación en tres grandes partes:

La primera parte, bajo el nombre de **La analogía**, trata de la definición del término en la filosofía y lógica, así como la definición y aplicación en diversas teorías del diseño arquitectónico, industrial, gráfico y del arte que hicieron referencia a la analogía entre la forma artificial y la morfología de seres orgánicos. La segunda parte titulada **Modelos teóricos para la estructura relacional** propone el marco teórico para definir qué es *estructura relacional*, una de las teorías básicas es la Teoría de Sistemas. También se estudió la topología en dos sentidos primeramente para considerar el principio topológico: mantener las relaciones de las partes de la forma ante cualquier deformación, y el segundo sentido es la construcción de modelos análogos (un esquema abstracto que muestre las relaciones) basado en la composición plástica. La tercera se nombra **La estructura relacional** consistió en el marco teórico que define al concepto como la intención comunicativa en la composición gráfica, los dos niveles de relaciones distinguidos en la composición gráfica: el nivel geométrico y el perceptual. Por último, una aproximación a la explicación del vínculo que tiene la *estructura relacional* dentro del proceso proyectual de la composición gráfica con el fin de distinguir alguna cualidad importante para la definición del término.

Primera parte. La analogía

La primera parte tiene como objetivo contestar a las preguntas relacionadas con la analogía, que son consideradas como las preguntas específicas a,b,c, de la pregunta 1. La primera parte considera los capítulos I,II,III,IV,V. A continuación explicaré cada uno de los capítulos incluyendo los objetivos y contenidos de manera breve.

En el capítulo I, La analogía como método y modelo. Definición, límites y alcances en la filosofía, la ciencia, la pedagogía y la creatividad. se realizó una búsqueda sobre el concepto de analogía en la ciencia, la filosofía y el diseño, se intentaron identificar sus cualidades, sus finalidades y su posible alcance en la investigación (pregunta a).

La historia del concepto, a partir de la filosofía, permite distinguir que, primeramente, la analogía ha sido una finalidad para poder explicar la realidad, es decir, se perseguía que lo observado tuviera una similitud con lo conocido, sobre todo en la idea de la conceptualización del

orden. Actualmente la analogía ha sido considerada como hipótesis inicial como también, que una vez utilizada en la investigación puede abandonarse o ser reconsiderada.

Actualmente la analogía puede emplearse como un método explicativo mnemotécnico, así como también un “disparador” hacia la creatividad del diseñador.

En la ciencia, los límites sobre la analogía los consideramos a partir de la definición de Bertalanffy, quien en su Teoría General de Sistemas, distingue: “Las analogías son científicamente inválidas. En cambio, las homologías a menudo proporcionan modelos valiosos” (Bertalanffy, 1986, p. 88).

Por último, la propuesta teórica que se ha considerado fundamental en este apartado ha sido la propuesta por Max Black, quien define desde el punto de vista de la ciencia los modelos, entre ellos el modelo análogo, entendiendo que: es cualquier objeto material, sistema o proceso destinado a reproducir de la manera más fiel posible, en otro medio, la estructura o trama de relaciones del original (Black, M. 1966, p. 219).

A partir de su definición ha sido posible identificar que la *estructura relacional* es un modelo análogo.

Los capítulos II, III, IV y V tratan de distinguir los límites y los aciertos de las teorías que persiguen generar un modelo teórico en el diseño (pregunta b). Para estos capítulos se seleccionaron y clasificaron algunas teorías del diseño, principalmente en el área de la arquitectura y el diseño industrial y el arte. Las condiciones de selección son tres: todas aquellas teorías del diseño en las cuales haya alguna referencia hacia conceptos biológicos, toda teoría del diseño que haya sido consecuencia de la reflexión de la práctica del diseñador y que parta de la observación de alguna cualidad en la naturaleza, y como tercer criterio, también se consideró que los contenidos de las teorías incluyan los conceptos relacionados a la organización de la composición: unidad, estructura, relaciones (independientemente que se hable de arquitectura), arte, diseño industrial y diseño gráfico.

El capítulo II. La analogía como fin y modelo limitado para la obtención de pautas en la teoría del diseño.

En este capítulo se consideran solamente teorías arquitectónicas. Philip Steadman ha sido el arquitecto y teórico que consideramos de mayor relevancia para este análisis. Su obra *Arquitectura y naturaleza. Las analogías biológicas en el diseño* identifica varios tipos de analogías y se seleccionaron las siguientes: la orgánica, la clasificatoria, la biológica, la evolutiva. Estas analogías parten de la comparación, tanto de los conceptos biológicos como de los métodos clasificato-

rios que Steadman ha identificado en la historia de la arquitectura a partir del siglo XVIII y el XIX. Para Steadman la analogía puede ser un método que presenta un límite basado en que la arquitectura y la naturaleza tienen un origen distinto. Con base en ello distingue que las analogías; si se llevan a un extremo de similitud exagerada o si se descontextualizan los términos, llevan a caer en falacias importantes para la teoría del diseño.

El capítulo III. Analogías como un método de estimulación a la creatividad en el diseño.

Este capítulo considera de manera más detallada las analogías en el ámbito del diseño industrial. El teórico que consideramos más importante es el biólogo Steven Vogel, experto en los estudios sobre la analogía con la tecnología artificial. En su obra *Ancas y Palancas. Mecánica natural y mecánica humana* revaloriza la creatividad y eficiencia de las respuestas de la mecánica artificial, puesto que la naturaleza genera soluciones a partir de sus propios recursos.

El diseño industrial, así como la arquitectura y algunas ramas del arte (como la escultura) tienen una relación directa con la naturaleza, por la condición de que tanto los seres orgánicos y los objetos o artefactos artificiales son cuerpos físicos que obedecen a las mismas leyes y principios de la física.

Por otro lado, se ha considerado al *modelo PAM (Pensamiento Análogo por Modelos)* diseñado por un equipo de investigación de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, que considera otros modelos de cualquier ámbito, sea cultural o natural, como una fuente de información útil para ser aplicada con el objeto de resolver un problema específico.

Capítulo IV. La analogía entre los patrones geométricos de las formas biológicas y el diseño.

En este capítulo se estudian tres teorías que parten de la comparación de los patrones de la naturaleza y de los patrones de la forma artificial. Se puso una especial atención en la similitud de las formas y en la argumentación de los teóricos ante estas similitudes. En el caso de nuestra investigación, consideramos en un inicio que la *estructura relacional* puede partir de patrones geométricos de la naturaleza (pregunta c).

Las teorías analizadas en este capítulo son tres: la primera es la teoría del centro de Christopher Alexander, (2002) propuesta en *The nature of order. An essay on the art of building and the nature of the universe. The phenomenon of life (book 1)*. El centro organiza los elementos de la composición por la vitalidad que tiene. Alexander realiza una comparación empírica a partir de la observación entre los patrones de la naturaleza y los patrones artificiales, distinguiendo la presencia

del centro y la "vitalidad". Parte de su propuesta se basa en identificar cuál es la similitud entre la vitalidad en ambos modelos según sus cualidades físicas perceptivas y semióticas.

La segunda teoría es de Fabricio Vanden Broeck estudió diseño industrial en la Universidad Iberoamericana y la maestría en Diseño Básico en Lausana Suiza. Vanden Broeck (2000) escribió *El diseño de la naturaleza o la naturaleza del diseño*. Su trabajo se relaciona con la identificación de los patrones de la forma en los objetos artificiales y les encuentra similitudes con la naturaleza. Propone una clasificación de estos patrones según la superficies, el tamaño de la forma, la resistencia de las formas curvas y la forma de los fluidos. "A pesar de una aparente libertad absoluta de creación, el hombre recurre siempre, en sus manifestaciones materiales, a una gama de patrones o formas básicas relativamente reducida" (Vanden, 2000, p.17). La cultura y el contacto con la naturaleza permiten que estos patrones puedan ser formas de una variedad reducida, así como también algunas puede ser alusivas a la naturaleza por la convivencia o contacto que el hombre tiene con ella. Sin embargo, en su propuesta, los patrones que realmente están relacionados con la naturaleza de manera análoga son aquellos que parten de la biónica, donde los principios físicos también son parte de la similitud de los dos modelos. Los patrones de la superficie según el principio de la curvatura o los ángulos en la forma, pueden encontrarse en modelos naturales como artificiales, su analogía parte desde el punto de vista de la geometría, más no de la biología como tal.

Como una tercera teoría se identificó la obra *Gramática del arte* del escultor, tipógrafo y escritor holandés Joop J. Beljon. Para fines de esta tesis sólo se consideraron las formas que titula "no tocadas por las manos del hombre". Son 18 conceptos que parten de formas que sólo emergen de la naturaleza o factores culturales y que parten de necesidades concretas. En las observaciones que realiza de estos conceptos predomina la descripción de la función de la forma en su contexto y las connotaciones que ésta emite. Para Beljon estas formas son el lenguaje, es decir, comunicación visual. Sin embargo se ha deducido en el análisis que el objetivo de Beljon no era establecer una analogía, sino solamente ejemplificar la función. Las funciones y connotaciones eran similitudes que podía observar en diversos tipos de modelos de diversos orígenes, es decir, es una generalización de los conceptos derivados de los ejemplos tratados.

Capítulo V. Analogía como hipótesis inicial en la argumentación teórica del diseño.

La analogía se considera como una hipótesis inicial tanto en la ciencia como en el diseño. En este capítulo las teorías que se analizaron se caracterizan por ser teorías que parten de la práctica de los mismos autores.

La primera propuesta es la de Henry Van de Velde, conocido como diseñador gráfico, de interiores y arquitecto. Van de Velde propone la teoría sobre la línea bajo el pensamiento alemán del Jugendstil. Se considera que tiene dos momentos importantes, cuando apoya a la línea dinámicamente modulada, interpretada como el flujo de energía e intención del artista por la expresión, así como el flujo del agua del río. En una segunda etapa considera a la línea como un ornamento, es decir, un elemento plástico que forma parte de la estructura esencial del artefacto, objeto, espacio. Sus interpretaciones se basan en la observación y la experimentación de la línea; sin embargo, no se realizó un profundo análisis sobre el flujo de agua o las fuerzas naturales. Esto lleva a pensar que retoma a la naturaleza como un modelo análogo cuya estructura subjetiva podría ser reinterpretada en la plástica. Se entiende por subjetiva las connotaciones de reinterpretación de los fenómenos naturales y a la línea, en oposición a una estructura basada en las leyes físicas que los rigen.

El trabajo del arquitecto catalán Antoni Gaudí se encuentra influenciado por su afición a la observación de la naturaleza y considerarla como un modelo con tres diferentes sentidos definidos en esta tesis como: el concepto-estructural, la estructura-ornamento y el carácter-simbólico. Desde el punto de vista del concepto-estructural, se ha deducido que Gaudí considera a la naturaleza como un modelo de ingeniería. Reinterpreta y emplea tanto las formas geométricas como las propiedades físicas de las mismas para generar espacios que pueden apreciarse desde un punto de vista abstracto, similares a la naturaleza. La interpretación de la estructura como ornamento considerar las formas geométricas como parte de la estructura esencial del espacio y las superficies. Por último, la naturaleza es un modelo simbólico con carácter comunicativo, que trasmite una descripción de la flora y la fauna del contexto en el cual se encuentra la obra, así como también es un elemento de integración entre el espacio natural y el espacio artificial y por último, la representación de ideas que giran alrededor de una creencia específica. Su trabajo muestra que la naturaleza ha sido una hipótesis inicial para su propuesta, ya que logra llevar la información de este modelo a un lenguaje plástico propio de su estilo.

La cuarta teoría que se trató en este capítulo fue la propuesta del arquitecto alemán Frei Paul Otto, considerado como un innovador en el diseño de mallas, estructuras tensadas y membrana de bajo peso inspiradas en las estructuras de las pompas de jabón. La observación que realizó de la naturaleza también ha sido desde el punto de vista de la ingeniería, y dedujo algunas pautas estructurales similares entre la proporción del peso y la resistencia de los materiales tanto orgánicos como artificiales. Considera que la naturaleza puede aportar información de carácter pragmático; sin embargo es fundamental realizar las adaptaciones de acuerdo con los factores que el diseño de la forma artificial requiera.

La última teoría es la propuesta por Paul Klee en su libro *Pedagogical Sketchbook*, cuyo contenido parte de sus clases en la Bauhaus. Fue editado por Walter Gropius y diseñado por László Moholy-Nagy, se publicó en 1925. Fue el segundo libro teórico de los catorce libros editados por la Bauhaus. Klee compartía la admiración hacia las formas naturales, sin embargo decía: "No hay que rebajar la alegría que inspiran las vías nuevas, pero el vasto campo de la memoria histórica debe guardarnos de una búsqueda compulsiva de la novedad a costa de lo natural" (Klee, 2007, p. 43). Este pensamiento se vio reflejado en su capacidad de observación y abstracción. A partir de sistemas mecánicos y biológicos distingue una estructura basada en las relaciones de las partes de los componentes de dichos sistemas. Estos componentes son semejantes en su función. Klee distinguió la analogía en la estructura de modelo biológico la cual la considera útil para la aplicación en el diseño de objetos. Otro aporte que se considera de esta misma obra es el concepto de estructura. Para Paul Klee la estructura son los elementos y sus relaciones.

Segunda parte. Modelos analógicos para la estructura relacional

Aunque los capítulos anteriores se consideran parte del marco teórico de la definición de la *estructura relacional*, cabe decir que han cooperado en notar qué su representación gráfica se basa en un modelo análogo. En la segunda parte de la tesis hablaremos de dos teorías que nos proporcionarán conceptos para poder definir que es la *estructura relacional*. Con ello podemos considerar que se responde la pregunta 1.

Los capítulos son titulados el capítulo VI como *La teoría de sistemas como modelo conceptual para la estructura relacional* y el capítulo VII nombrado como *Principios del modelo topológico útiles para la definición de la estructura relacional*.

En el capítulo VI se seleccionó a la teoría de sistemas como un modelo que explica la importancia de las relaciones para la conformación, operación y mantenimiento de un sistema. Así mismo aporta una definición de lo que es estructura como el conjunto de pautas o normas de relación. Y la importancia de la presencia de estas normas para poder mantener una composición.

El capítulo VII trata de la topología, la cual proporciona las bases teóricas con las que se interpretó la graficación o materialización visual de la *estructura relacional*. La topología es la rama de la geometría que estudia las cualidades invariables de la forma cuando ésta sufre transformaciones. Estas cualidades se refieren a las relaciones de los puntos que la componen. La forma topológica no es una forma euclidiana, por lo que las relaciones de los elementos se consideran a partir de otros parámetros espaciales de pertenencia y no pertenencia.

cia, vecindad o límite, conceptos que no incluyen ninguna característica métrica. Este es un modelo geométrico que puede ser empleado para la graficación de las relaciones de los elementos. Bajo el mismo punto de vista de la Teoría del campo topológico de Attilio Marcolli se consideró al campo topológico como un campo de comunicación y relaciones.

En este último capítulo se habla también de la topología a partir de sus principios básicos, de tal manera que podamos considerar un código técnico y gráfico lo suficientemente completo para poder expresar las relaciones identificadas en la composición plástica, así como también representarlas de manera sencilla para visualizarlas; con ello, la *estructura relacional* se materializa y se considera un modelo análogo a la composición gráfica con un carácter topológico.

Tercera parte. La estructura relacional

La tercera parte de la tesis habla sobre los contenidos que implica la *estructura relacional*. La *estructura relacional* o las relaciones de la composición se plantean a partir del concepto de comunicación. Un concepto que el diseñador propone a partir de la investigación de la realidad del objeto/producto/servicio/idea (OPSI) y del cual va a emitir un mensaje. El concepto y la idea de comunicación manifiestan la intención del diseñador tanto de lo que quiere comunicar y cómo lo quiere comunicar. En ello van inmersas las relaciones de los elementos plásticos y las ideas.

El capítulo VIII. El concepto en la estructura relacional como vínculo de intención comunicativa

El concepto define los elementos y las relaciones de la composición. En este capítulo se ha propuesto una definición para el concepto de comunicación, un concepto útil para que el diseñador pueda concretizar lo que se quiere comunicar y cómo se comunicará. Para ello se parte de la definición del concepto científico y el concepto en el arte bajo el punto de vista del arte conceptual. Si bien son dos definiciones que provienen de dos áreas del quehacer humano opuestas, se considera que pueden cooperar para definir el término en el diseño. El diseñador requiere comunicar una realidad que parte del conocimiento del OPSI (Objeto, Producto, Servicio, Idea). Tanto la ciencia como el arte consideran que el concepto es una idea no materializada, la cual se trasmite a través de un lenguaje abstracto que no requiere de la materialización. Sin embargo, en el diseño gráfico, el concepto requiere de la materialización de la composición plástica tanto en sus elementos como en las relaciones de los mismos. Por lo tanto está reflejado en la *estructura relacional*, dicho de otra manera, la *estructura relacional* considera al concepto un contexto al cual pertenece. La pregunta que trata de responder este capítulo es la número 2.

El capítulo IX. Estructura relacional a nivel geométrico

La *estructura relacional* a nivel geométrico considera todas las relaciones de los elementos plásticos en su carácter de figura. Las pautas de relación son geométricas y para ello la teoría del diseño, del dibujo y del arte han aportado un conocimiento amplio. En esta tesis se propone solamente abarcar dos conceptos que implican relaciones: la proporción y la perspectiva.

La proporción aborda a la figura en relación con sus partes, con otras figuras y con el espacio- formato en el cual se encuentra. Las pautas que se distinguieron a partir de las técnicas de proporción son la similitud geométrica, la dependencia de las relaciones y la equivalencia. El siguiente concepto relacional es la perspectiva, la cual establece relaciones entre elementos y el espacio-formato a partir de la ubicación en el espacio tridimensional aparente. La pauta relacional identificada es la proximidad espacial geométrica.

El capítulo X. Estructura relacional a nivel perceptual.

Para abordar el nivel perceptual se revisaron dos de las teorías que describen el proceso perceptivo. Estas dos teorías: la Gestalt y la computacional, son complementarias y conocerlas permite distinguir cómo la forma puede reconocerse tanto de su totalidad a las partes como de las partes hacia el todo. Este es un campo del conocimiento muy interesante del cual el diseñador puede estar actualizado, puesto que contempla las maneras con las cuales el ser humano ve y percibe la forma. A partir de estas dos teorías se consideró pertinente para esta tesis seleccionar un concepto que implique una relación: el contraste y las texturas. Las texturas entendidas como los múltiples estímulos visuales que generarán niveles de superficies irregulares y, a partir de allí, contornos y formas. Tanto el capítulo IX como el X tratan de responder a la pregunta 3.

Capítulo XI. La estructura relacional

En este capítulo se describe la *estructura relacional* vinculada a las etapas del proceso proyectual. En cada etapa, la *estructura relacional* considerada como pautas de relación, se van consolidando, hasta llegar a interpretarse en forma. La representación gráfica de la misma, no ha sido ejemplificada puesto que aún se considera que se establezcan otras pautas para seleccionar ejemplos gráficos y que puedan ser analizados. Lo cual se va a considerar en estudios posteriores. Este capítulo considera la pregunta 2

A manera de resumen podemos concluir que a partir del estudio de la analogía como modelo útil para la representación abstracta de la *estructura relacional*; y la definición de *estructura relacional* como pautas de relación se concluyeron tres respuestas muy importantes para esta investigación con los límites ya indicados. La primera y la segunda respuesta es la definición de la *estructura relacional* a partir de cuatro marcos teóricos pertinentes: la teoría de sistemas, el concepto, la geometría y la percepción.

La tercer respuesta es una aproximación a la representación esquemática de la *estructura relacional* a partir de generar un modelo análogo a la composición gráfica, generado con los principios básicos en la topología. Este modelo análogo debería ser una tarea fundamental para el diseñador gráfico, con el objetivo de establecer las críticas sólidas de antecedentes gráficos del proyecto y métodos para su resolución y las relaciones dadas en la composición desde un nivel geométrico y perceptual.

El método de investigación

El método de investigación en esta tesis ha sido una investigación de carácter bibliográfica sobre los temas multidisciplinarios que hacen referencia a la analogía como método y como modelo. Aunado a ello, también se abarcaron temas relacionados con el diseño, concepto, comunicación, geometría y psicología.

Una segunda etapa fue la reflexión de los contenidos para poderlos emplearlos como bases teóricas explicativas de las cualidades de la *estructura relacional*.

Aporte del modelo estructura relacional en la teoría y práctica del diseño

Este modelo pretende ser un método alternativo que el diseñador pueda emplear como una retroalimentación durante el proceso proyectual. Es posible que durante la práctica el diseñador genere métodos para poder revisar si la composición esta finalizada o no, este método puede ser aplicado para que el proceso de autoevaluación sea más sistematizado, de tal manera que proporcione un orden.

Este modelo no implica ninguna restricción a la creatividad, sino que coopera para que la creatividad del diseñador pueda dirigir la innovación de su proyecto sin perder la coherencia de la comunicación del concepto a partir de las relaciones de los elementos plásticos.

Agradecimientos

El trabajo de investigación es un ejercicio que requiere de un trabajo personal pero también de un trabajo colaborativo. Han participado algunos profesores que durante dos años a través de las cátedras y ejercicios de investigación me dieron las herramientas metodológicas necesarias para poder llevar a cabo la investigación. Los expertos en Psicología, Arte, Teoría del diseño, Metodología de la investigación, Metodología en el diseño, Topología, Geometría, Biología también son parte importante en el proceso pues sus opiniones han sido guía para la selección del marco teórico o la comprensión de conceptos con los cuales no había tenido contacto anteriormente.

Quiero recordar y agradecer a mis profesores de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de Barcelona: Dr. Josep María Martí Font, Dr. Miquel Mallol Esquefa, Dra. Ma.Dolors Tapias Gil, Dra. Anna Calvera Sagué y el Dr. Jesús del Hoyo.

En el equipo de colaboradores se encuentra el Dr. Miquel Mallol Esquefa, (Universidad de Barcelona) director de esta tesis doctoral. Quien me ha acompañado en todo el desarrollo de la tesis. Agradezco su amable atención hacia mis preguntas, su disposición para responder siempre de manera coherente y plena en contenido o referencias bibliográficas. También agradezco su comprensión, escucha y motivación en los momentos de lucidez o difíciles que se presentaron durante el proyecto.

En el grupo de colaboradores externos quiero agradecerles que de manera desinteresada han compartido su tiempo, atención y sus puntos de vista sobre las teorías tratadas en esta investigación. Quiero nombrar al Dr. Francis Halsall, coordinador de la Maestría en National College of Art and Design de Dublín, especialista en Teoría de Sistemas concretamente en Niklas Luhmann, quien atendió temporalmente el desarrollo del capítulo referente a los conceptos básicos de la teoría de sistemas. En este tema también agradezco la entrevista que me concedió el Psicólogo Enrique Manuel Caballero Chávez, Director y creador de Psicoterapia de Premisas en México y experto en la Teoría de Sistemas, especialista en Gregory Bateson, Edgar Morin, Niklas Luhmann entre otros pensadores sistémicos. Su intervención me aportó las definiciones básicas de la teoría de sistemas así como una introducción sobre el pensamiento de Niklas Luhmann.

Es muy grato agradecer a la Dra. Anna Calvera Sagué, historiadora en el diseño gráfico quien me ha enseñado una manera dinámica de estudiar e interpretar la historia del diseño y también ejercitar la habilidad de presentar y discutir los contenidos de la tesis ante un grupo. Además considero de gran valor la motivación que siempre ha manifestado a los alumnos invitándonos a eventos que enriquecían nuestra formación. También tengo muy presente al Dr. Josep María Martí Font, experto en metodología del diseño, modelos, y diseño industrial. Quien con mucha dedicación, creatividad y conocimiento ha respondido todas mis preguntas relacionadas a metodología de la investigación, teorías sobre modelo, el concepto “ornamento”, lógica matemática, filosofía de Aristóteles siempre en conversaciones amenas e interesantes.

Agradezco también la oportuna colaboración en el tema de Gaudí, Henry Van de Velde y Modernismo Catalán de la Dra. Teresa M. Salas de la Universidad de Barcelona y miembro del grupo de investigación GRACMON. Así mismo agradezco al Dr. Sergio González Crespo biólogo y miembro del Institut de Biologia Molecular de Barcelona, por su explicación detallada sobre conceptos básicos de la teoría de la Evolución. También agradezco la disposición para llevar a cabo una entrevista ilustrativa sobre el tema de teoría computacional de la percepción al experto en David Marr, el Dr. en psicología Antonio Aznar Casanova del PhD Vision Action (VISCA) Group Dept Psicología Básica. Facultad de Psicología de la Universidad de Barcelona.

Gracias al Ingeniero Rodolfo Chávez profesor en Matemáticas y Física en el Colegio Sagrado Corazón, SLP. México por su dedicada y brillante explicación de conceptos básicos de Topología. Al Dr. Lino Cabezas catedrático de la Facultad de Bellas Artes, de la Universidad de Barcelona quien amablemente ha colaborado en proporcionar una introducción al estudio de la geometría y su repercusión en el dibujo y en el diseño.

Agradezco también al Dr. Fernando García Santibáñez, Profesor Investigador en la Facultad del Hábitat de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por la dedicación que siempre ha mostrado al responder todas mis preguntas sobre concepto, y que compartimos el entusiasmo de estudiar las estructuras de la composición gráfica.

La Universidad de Barcelona junto con el Colegio de Psicología de Barcelona han organizado un programa de Coaching para doctorandos en el año 2014 titulado “Research Yourself-UB: servei de coaching per a personal investigador predoctoral”. Un programa de 6 sesiones en un grupo de 10 personas con el fin de proporcionar herramientas de carácter psicológico y métodos de asertividad para que el doctorando pueda resolver los problemas que el investigador pueda tener durante el proceso largo de trabajo. Agradezco a los dos organismos y especialmente a las psicólogas Maité Durán y Elvira Reche que-

nes me han ayudado a ejercitar una actitud de compromiso, trabajo y satisfacción ante el trabajo de investigación. Espero que el programa continúe y pueda ser parte de la formación de los doctorandos a la par de la formación intelectual y metodológica que ya ofrece. Junto a los colaboradores relacionados al tema de estrategia de resolución de problemas, también quiero agradecer al Psicólogo Cesar Lozano, miembro y colaborador activo de la escuela Psicoterapia de Premisas en México experto en la psicoterapia Sistémica y estudioso de sus teóricos; por la dedicación que ha puesto en su trabajo como terapeuta.

Considero de gran valor la intervención dinámica del empresario Josep Nadal, que gracias a su curso-taller "Ponerse en marcha" y "Toma de decisiones" llevado a cabo en el año 2014 en Barcelona he visto desde otro punto de vista la investigación. Los contenidos me han proporcionado un método para poder llevar a cabo este proyecto de tesis con un objetivo claro y concreto. También a prender lo importante que es ser consciente de las motivaciones personales para desarrollar este proyecto de investigación. Finalmente valorar la nueva actitud y la integridad intelectual y personal al finalizar el proyecto.

Agradezco también la asesoría en redacción del escritor Edgar Misael Carbajal que desde México ha sido un instructor perseverante y profesional para este trabajo. Gracias a sus observaciones sobre redacción he podido apreciar y alcanzar un grado de sensibilización en la estética de la palabra y la importancia de la estructura del lenguaje. También quiero agradecer la oportuna asesoría en redacción de tesis doctorales a Helen Gilboy miembro de la Escola d'escritura Ateneu Barcelonès. Su método ha sido una guía clara durante el proceso de la redacción final de la tesis.

Aunado a la tarea de lectura y corrección en la redacción de la tesis, quiero agradecer también a la socióloga Karina Ramos y Elsa Nin, amistades quienes leyeron cuidadosamente algunos capítulos. Sus aportaciones como lectoras externas al tema fueron muy importantes para mejorar la claridad de la exposición del tema.

Quiero hacer un agradecimiento especial a mi familia, mi padre: Raúl Francisco Castro Romo y mi madre María Angélica Caballero Chávez y mi hermano Raúl F. Castro Caballero quienes han dado un apoyo incondicional en diversos sentidos durante todo este tiempo de trabajo. También quiero agradecer su entusiasmo e interés constante por mi labor de investigación y apoyo a Esther Caballero Chávez, Jorge Castro Romo y Patricia Martínez Delgadillo. Enrique Caballero Chávez y fam. En general a la familia Castro-Caballero-Chávez por sus muestras de cariño a través de saludos.

Eduardo Santos y María Angels Fontea, Pau Medrano son compañeros y amigos del doctorado, les agradezco mucho su apoyo y las pláticas que hemos realizado entorno a ello.

También tengo presente a mis amistades que siempre me han apoyado a distancia durante el proceso de trabajo y han entendido mi ausencia debido a ello. Se comprende que no puedo citar a todos y cada uno, pero si quiero hacer mención de quienes han cooperado con su apoyo y atenciones para desarrollar el proyecto de tesis: Entre ellas están en Barcelona, Pilar Pamies y familia, Mila Rodríguez, Teresa Valverde y fam., Eva Villegas, Oscar Blanco, Eva Lerma, Mari Carmen, Eva Vila, Margarita Díaz, Fina, Anna Conti, Ana María Bravo, Raúl Alzola. Numancia Rojas. Agradezco su apoyo especial a mis amistades en México: Hector Alejandro Vázquez, Lucía Cortés, Ana Laura Rodríguez, Elsa Ortiz, Lisette Sanchez, Perla A. Juan, Mariana Rodríguez. Martha Muñoz, Elsa L. Fernández. Sra. Susana Pérez. Y su incondicional ayuda para facilitar mi estancia en Dublín haciéndola amena y rica en conocimientos a: Katharine Muller y fam, Aoife Murray y John Gilchrest.

Finalizo este apartado con el deseo de dedicar este proyecto de investigación a los practicantes del diseño gráfico.

Índice

Introducción	I
Agradecimientos	XV
Índice	XIX

PARTE I. LA ANALOGÍA

Capítulo I. La analogía como método y modelo.

Definición, límites y alcances en la filosofía, la ciencia, la pedagogía y la creatividad

Introducción.....	3
I.1. La analogía como el objetivo de la investigación. Empleo de la analogía en la antigüedad.....	5
I.2. Las categorías de la analogía.....	12
I.3. La analogía como indicador de características similares y origen diverso en la biología.....	13
I.4. La analogía como hipótesis inicial en la investigación científica.....	14
I.5. La analogía como argumentación en la lógica.....	16
I.6. La analogía como una explicación indirecta en la pedagogía.....	20
I.7. Tipos de analogías básicas de acuerdo a la aproximación de la similitud.....	22
I.8. La analogía como método para el desarrollo de la creatividad en el diseño.....	23
Tipos de métodos para establecer analogías con el fin de desarrollar la creatividad.....	24
I.9.-El concepto de modelo analógico.....	29
Conclusión.....	31

Capítulo II. La analogía como modelo para la obtención de pautas teóricas en el diseño

Introducción.....	33
II.1. Clasificación de las analogías en la historia de la arquitectura por Philip Steadman y Peter Collins.....	35
II.2. La analogía orgánica.....	35
La relación entre las partes y el todo.....	36
II.3. Analogía clasificatoria	44
II.4. Analogía biológica.....	50
Los principios de Georges Cuvier.....	51
El principio de la similitud.....	59
II.5. La analogía Evolutiva.....	62
II.6. Analogía evolutiva y cibernética.....	68
La adaptación del contexto y la forma en el proyecto arquitectónico según la cibernética.....	69

Conclusión.....	71
-----------------	----

Capítulo III. Analogías como método de estimulación a la creatividad en el diseño

Introducción.....	73
III.1. La creatividad en el diseño.....	76
III.2. El Diseño Industrial y su relación con la Biología.....	76
Biónica.....	77
Biodiseño	79
Otras disciplinas de la ingeniería y la ciencia que establecen analogías con la naturaleza.....	80
III.3. La analogía biológica como un método creativo.....	82
Modelo de diseño Pensamiento Análogo por Modelos (PAM).....	83
III.4. Sobre los límites de la analogía entre lo biológico y lo artificial.....	91
Análisis comparativo de Steven Vogel.....	92
Conclusión.....	94

Capítulo IV. La analogía entre los patrones geométricos de las formas biológicas y el diseño

Introducción.....	97
IV.1. Análisis de estructuras básicas. Antecedentes del estudio de los patrones de la forma orgánica aplicados al diseño gráfico como estructuras de relaciones.....	102
Hipótesis inicial.....	102
Esquema geométrico de relaciones e Interpretación de la estructura.....	102
Expresión de la estructura a partir de su origen en la naturaleza.....	106
Aplicación del cuadro-teórico a la práctica.....	106
IV.2. El centro y la organización de la composición.	
Christopher Alexander.....	108
El centro como un concepto organizador.....	109
La totalidad.....	115
Las quince características que estructuran el centro.....	115
IV.3. Los patrones de la forma creados por el hombre. Vanden Broeck.....	120
Los patrones de operaciones de forma creadas por el hombre	123
Los patrones de la forma en la naturaleza según el punto de vista de la biónica en el diseño industrial.....	123
Patrones de la forma en la industria.....	131
Patrones de la forma desde el punto de vista de la alteración de una variable: el tamaño.....	134
Los patrones de la forma de acuerdo al principio de curvatura.....	141
IV.4. Analogías en el arte basadas en la función y significados connotativos. Análisis del trabajo de Joop J. Beljon.....	150
Diferencia entre concepto ejemplificado y analogía en el trabajo de Joop J. Beljon.....	151
Conclusión.....	154

**Capítulo V.
La analogía como hipótesis inicial en la argumentación
teórica del diseño**

Introducción	157
V.1. La teoría de la línea de Henry Van de Velde. Contextualización general de la teoría.....	157
V.2. La interpretación de la línea plástica y la línea en la naturaleza. Propuesta de Henry Van de Velde.....	160
La línea y la fuerza natural.....	162
El ornamento desde el punto de vista de Henry Van de Velde.....	165
V.3. De la observación de la naturaleza al ornamento. Propuesta de Antoni Gaudí.....	167
El ornamento bajo el punto de vista de Antoni Gaudí.....	169
V.4. La tensión y flexibilidad en la ingeniería de la arquitectura y naturaleza. Propuesta de Frei Otto.....	181
Conceptos similares entre la forma natural y la arquitectura en el trabajo de Frei Otto.....	184
La estructura de tensores de fuerza.....	185
La imitación a la naturaleza.....	186
V.5. De la observación a la teoría de la forma para el diseño. Propues- ta de Paul Klee.....	187
La estructura.....	188
El sistema.....	189
Conclusión.....	191

PARTE II.

MODELOS TEÓRICOS PARA LA ESTRUCTURA RELACIONAL

**Capítulo VI. La teoría de sistemas como modelo
conceptual para la estructura relacional**

Introducción	197
VI.1. La importancia de las relaciones de los elementos en los sistemas y la composición gráfica.....	199
Las relaciones del sistema dependen de la función que genera la operación del mismo.....	200
La relación genera cualidades emergentes de los elementos del sistema y la composición gráfica.....	203
Pautas de relación general como estructuras que constituyen al sistema.....	204
La estructura coopera para establece la diferenciación y formación del sistema.....	206
Los puntos nodales de las estructuras.....	209
El contexto del sistema y contexto relacional de la composición gráfica.....	210
VI.2. Definición general de la estructura relacional.....	212
La estructura relacional como una metaestructura.....	213
“La pauta que conecta” de Gregory Bateson.....	213
Los tipos lógicos de Russell.....	215

Clasificación de niveles de relacionales en la composición	217
Conclusiones.....	218

Capítulo VII. Principios del modelo topológico útiles para la definición del concepto estructura relacional

Introducción.....	221
VII.1. Qué es la topología.....	222
Las transformaciones y la invariancia topológica.....	224
VII.2. Conceptos básicos de topología.....	226
Espacio topológico.....	226
Las vecindades o entorno.....	227
Frontera.....	228
Región topológica o conjunto y sus relaciones.....	229
VII.3. Interpretación del modelo topológico como análogo a la <i>estructura relacional</i>	230
El espacio topológico como espacio conceptual.....	232
La composición como región ó conjunto y sus conexiones	232
El movimiento o transformación.....	233
Conclusión.....	234

PARTE III.

ESTRUCTURA RELACIONAL

Capítulo VIII. El concepto de comunicación y la estructura relacional

Introducción.....	239
VIII.1. Definición de concepto científico desde la lógica	241
VIII.2. Definición del concepto en el arte conceptual y diseño gráfico.....	243
VIII.3. Definición del concepto en el diseño gráfico.....	248
Conclusión.....	250

Capítulo IX. Estructura relacional a nivel geométrico

IX.1. Qué es la estructura relacional a nivel geométrico.....	253
IX.2. Elementos y las relaciones básicas en el nivel geométrico.....	254
Elementos básicos.....	254
Categorías de las relaciones básicas.....	255
IX.3. La proporción como <i>concepto relacional</i> en el nivel geométrico	257
Antecedentes generales teóricos de la proporción.....	257
<i>Pauta relacional</i> uno: La similitud geométrica.....	258
<i>Pauta relacional</i> dos: la dependencia en las dimensiones.....	265
<i>Pauta relacional</i> tres: la equivalencia.....	268
IX.4.1. La perspectiva.....	280
Antecedentes de la perspectiva.....	280
Los métodos del dibujo en el siglo XX.....	296
<i>Pauta relacional</i> uno: Proximidad espacial geométrica.....	300
<i>Pauta relacional</i> dos: Relación de posición entre el observador y lo observado.....	301

Conclusión..... 301

Capítulo X. Estructura relacional a nivel perceptual

Introducción..... 303

X.1. La organización perceptual..... 305

X.2. Percibimos con la mente y no con los ojos..... 305

 Proceso abajo-arriba..... 306

 Proceso arriba-abajo..... 308

 Elementos y relaciones en el nivel perceptual..... 310

X.3. El contraste como concepto constituyente de la *estructura relacional perceptual*..... 311

 El borde..... 314

Pauta relacional uno: lo contiguo..... 314

Pauta relacional dos: de complementariedad entre el borde y la figura..... 314

 La nitidez de la imagen..... 317

Pauta relacional tres: la diferenciación..... 318

 La dimensión del área que encierra el borde..... 320

Pautas relacionales cuatro y cinco: relación dentro-fuera y asociación con la experiencia..... 322

X.4.- Definiciones de textura en lo físico, perceptual y comunicacional..... 324

 Tipos de textura..... 326

 La textura como concepto relacional..... 326

 Supuestos o cualidades de la representación de la forma física..... 327

Pauta relacional cinco: diferenciación de la degradación..... 327

 La jerarquía como concepto relacional..... 329

X.5. La relación entre el nivel perceptual y el nivel geométrico..... 330

Conclusión..... 331

Capítulo XI. La estructura relacional en el proceso proyectual de diseño gráfico

Introducción..... 333

XI.1. La *estructura relacional* dentro del proceso de diseño..... 334

 El vínculo de la *estructura relacional* y los conceptos en la *etapa conceptual*..... 335

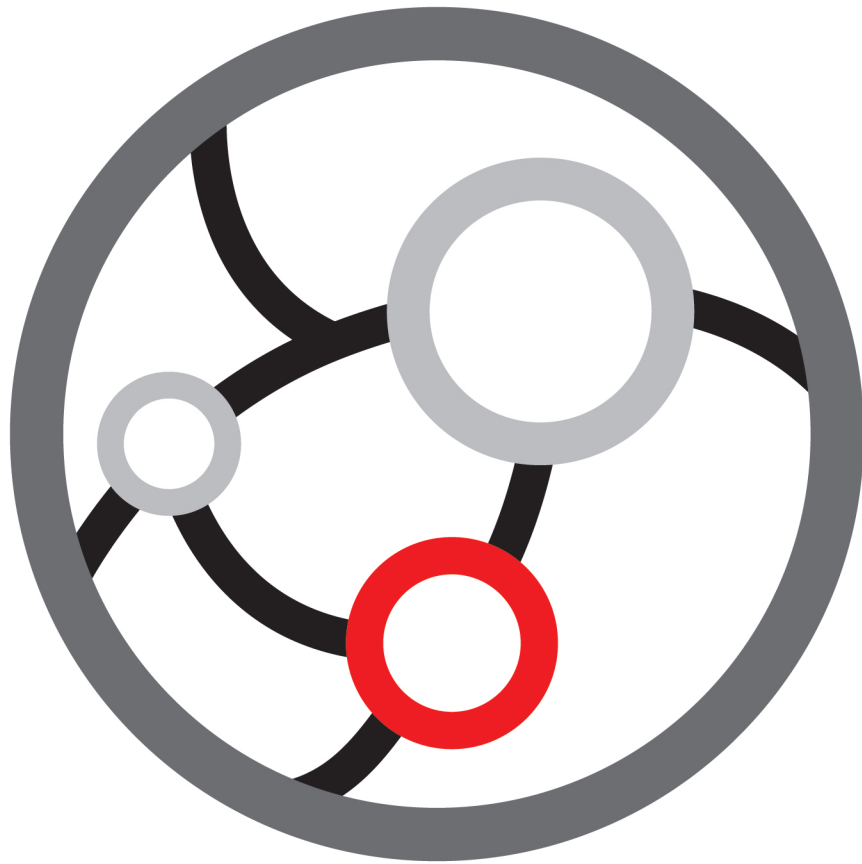
 El vínculo de la *estructura relacional* y los conceptos en la *idea de comunicación* 338

 El vínculo de la *estructura relacional* y los bocetos..... 339

Comentario..... 340

Conclusiones..... 341

Bibliografía..... 353



PARTE I. LA ANALOGÍA



**PARTE II. MODELOS TEÓRICOS PARA
LA ESTRUCTURA RELACIONAL**



PARTE III. ESTRUCTURA RELACIONAL

Capítulo I.

La analogía como método y modelo.

Definición, límites y alcances en la filosofía, la ciencia, la pedagogía y la creatividad

Introducción

La definición más común que podemos encontrar de la analogía es que es la relación entre dos cosas, elementos, objetos o ideas las cuales son similares en alguna de sus cualidades o propiedades.

Esta definición ha sido lo que propuso la búsqueda de un modelo cuya configuración guarde una organización y que dicha organización o pautas de organización puedan ser similares a las del diseño gráfico. La primera hipótesis de la tesis consistió en el hecho que era posible establecer una analogía entre las estructuras naturales considerando con ello a los patrones de la naturaleza como una abstracción de la estructura biológica y que podían ser pautas de organización para la composición gráfica. Sin embargo al profundizar sobre las definiciones, finalidades y límites de la analogía, se consideró que la primera hipótesis consideraba a la naturaleza como modelo indirecto y a la geometría como modelo directo, argumento del cual tratan los capítulos II al V. Al mismo tiempo que fue posible reestructurar la hipótesis dirigida a la generación de un modelo geométrico con carácter topológico que no fuera imitación de la geometría de la naturaleza sino de la misma composición gráfica, bajo las propias pautas que los teóricos del diseño han manifestado y que de ello se tratará la segunda y tercera parte de esta tesis.

Esta deducción parte del presente capítulo que a partir de las definiciones compiladas, distingue tres categorías fundamentales: la analogía puede ser un argumento, un método y un modelo. La clasificación parte de la finalidad de la analogía en diversas áreas del conocimiento como son: la filosofía, la ciencia, la pedagogía y la creatividad. Es decir la analogía ha sido empleada tanto para dar explicaciones, para generar procesos de comparación y para generar modelos que imitan a una realidad o a otros modelos.

Esta clasificación no se manifiesta de manera pura en las áreas del conocimiento mencionadas. Puede ser que en la pedagogía la analogía se emplee como modelo y como argumentación. O por ejemplo en el ámbito de la creatividad se emplee como un método que genere modelos analógicos. Esto lejos de confundir, debe ser solamente una indicación que guíe la búsqueda del investigador en los distintos

ámbitos del conocimiento. En los contenidos de este capítulo se tratará ejemplificar cada una de las tres categorías (la analogía como argumento, método y modelo) por ahora identificadas en este estudio considerando una función predominante y una función secundaria o simultánea.

La definición filosófica de la analogía está considerada principalmente con base a la investigación de José Ferrater Mora en el *Diccionario de filosofía*, nos permite distinguir que en la antigüedad la analogía era considerada como un método para la investigación a través del cual se conocía, interpretaba la y explicaba la realidad. En esta parte ha sido difícil hacer una distinción detallada si la analogía ha sido considerada como modelo, método o argumentación puesto que la interpretación de los pensamientos como Aristotélico, Platónico, Tomista, de San Buenaventura y Escolásticos, requieren de un estudio más profundo. Sin embargo se observó que han propuesto las bases generales de lo que actualmente es la analogía y en este capítulo se describen de manera muy general las definiciones o ideas relacionadas al concepto analogía.

La segunda parte del capítulo considera la aplicación más reciente de la analogía, en la cual se considera de manera general que la analogía es generadora de hipótesis iniciales, su papel en el método científico ya no tiene tanto protagonismo puesto que se tienen presente los límites de sus resultados en cuanto a la veracidad y comprobación. Pero la analogía llega a considerarse: argumentación, método y modelos útiles para el conocimiento de la realidad o la creación de otras realidades (en el caso del diseño).

La analogía como un método en la ciencia presenta ciertos límites. Esta es una opinión hecha por Ludwig von Bertalanffy creador de la Teoría General de Sistemas, cuya propuesta teórica está basada en indagar las pautas similares en sistemas de distinto origen proponiendo una teoría basada en la homología y no en la analogía. Desde el punto de vista científico, las conclusiones dadas por una analogía no son del todo válidas, pero por otro lado ha tenido otros alcances, por ejemplo: en el caso de la biología comparada, el término análogo considera una información útil para la clasificación de las especies según sus similitudes.

La analogía puede ser una argumentación según la explicación dada por Irving M. Copi & Carl Cohen de la argumentación lógica. La analogía puede proporcionar una argumentación conocida en la lógica como argumentación analógica, y que puede ser empleada con fines pedagógico, con ciertos límites como lo explica José María Oliva.

La analogía también se ha considerado un método el cual estimule la creatividad para cualquier disciplina, no necesariamente sólo el diseño, como lo indican las técnicas creadas por George M. Prince, William J.J. Gordon, Genrich Altshuller y Eric von Hippel.

Y por último, se ha estudiado que la analogía también puede ser comprendida como un modelo. La explicación de Max Black sobre el modelo analógico, ha sido una aportación clave para hacer la distinción entre la analogía como método y el modelo analógico. Son dos propuestas distintas del empleo de la analogía cuya diferencia depende del producto final: para la analogía como método la finalidad es la comparación de dos modelos y distinguir una o varias cualidades similares como pauta de inicio, para reinterpretarla bajo los parámetros propios de la necesidad a resolver. El modelo analógico, significa la representación de la estructura de un modelo base tomado como ejemplo.

I.1.La analogía como el objetivo de la investigación. Empleo de la analogía en la antigüedad y medieval.

Los matemáticos y geómetras griegos a partir aproximadamente del siglo VI a.C¹. consideraban el término analogía como “proporción”. Actualmente, se emplea en la matemática la misma definición, que consiste en establecer relaciones de cantidades. En el libro de Euclides *Elements* (cerca del año 300 a.C.) se habla de la relación proporcional entre dos o más magnitudes. Se lleva a encontrar las relaciones de puntos en el espacio como lo hace la geometría, encontrar la similitud entre dos figuras de diferentes escalas, o plantear la fórmula con la cual se puede calcular un valor que es desconocido. En el álgebra, por ejemplo, $2:4::4:x$, donde $x=8$. Esta equivalencia da lugar a la veracidad de la proporción. En el capítulo VIII vamos a hablar de manera más profunda sobre el concepto de proporción en la matemática y geometría.

La analogía también fue interpretada por la filosofía clásica griega como relaciones similares, es decir, bilaterales entre caracteres o funciones. Ferrater (1998) explica que:

Esto consistía en atribuir los mismos predicados a diversos objetos, pero esta atribución no debe ser entendida como determinación unívoca². Sino como la expresión de una correspondencia, semejanza o correlación establecida entre ellos. (Vol.1. p.158)

A partir de los significados de *proporción*³ y *similitud* geométrica, los filósofos desarrollaron varias aplicaciones del término y clasificaciones útiles para la Teología y la Ciencia en la época Clásica y en la Edad Media⁴; según lo menciona Tomás de Vío Card. Cayetano

¹ Se considera esta fecha solo como una aproximación y con base a las fechas en las cuales vive Tales de Mileto (636/4 a.C. - 547/6 a.C.) quien realiza los aportes de la teoría de la proporción aplicadas en el triángulo.

² Nota mía: Unívoco es un adjetivo atribuido a aquello que tiene la misma naturaleza o valor de otra cosa.

³ En la antigüedad, el término proporción significaba analogía.

⁴ En este contexto histórico la Teología y la Ciencia se consideraban dependiente una de la otra.

(1468-1534, filósofo Escolástico de la edad Media)⁵.

Las similitudes en las relaciones se podían evidenciar a través del lenguaje cuando no era posible comprobar lo que se investigaba. Si se requería mostrar que había una analogía, se empleaban términos o palabras concretos que significaban esta cualidad. Solo se empleaba el lenguaje para hacerlo evidente. Es el caso con el cual se enfrentó la Teología. La Teología empleó la retórica del lenguaje para explicar la existencia de Dios, para ellos era válido que, a través de una comparación entre lo observable, se explicaba lo no tangible, desconocido y no percibido a través de los sentidos. Podemos citar algunos ejemplos a continuación.

Platón (427-347 a. C.) aplica la analogía de las proporciones a ciertas realidades con el propósito de establecer comparaciones. En su libro *República VI* (p.508), para dar una explicación de la Idea de Dios, comparó el Bien y el Sol; el primero desempeña en el mundo inteligible el mismo papel que el segundo en el mundo sensible. Esta analogía la refuerza con la comparación entre la relación del padre y el hijo y la relación del Bien y el Sol, en donde el Bien ha engendrado al Sol a semejanza suya, así como el padre al hijo.

Así también Aristóteles (384 a. C. – 322 a. C.) en su estudio sobre lo que es el ser dentro de la ontología y de la Metafísica, reflexiona que el “ser” no puede definirse con un solo verbo o predicado, o simplemente por *ser* (que evocaría a la existencia materializada). Sino con la predicalidad y dicha predicalidad incluye una diversidad de cualidades que evocan la esencia del ser. En su frase “*el ser se dice de muchas maneras*” lo engloba todo. El ser puede ser estudiado bajo distintos puntos de vista o contextos, y esto permite una diversidad de definiciones. La analogía puede ser un recurso que coopere a esta diversidad.

En la traducción de Miguel Candel encontramos el contexto de la frase:

“Lo que es se dice de varios modos, aunque en orden a una sola cosa y a cierta naturaleza única, y no equívocamente, sino al igual que todo lo saludable se dice en orden a la salud: esto, porque la conserva; aquello, porque la produce; lo otro, porque es indicio de salud, y lo de más allá, porque es capaz de recibirla. [...] Así también lo que es se dice de varios modos; pero todo ente se dice en orden a un solo principio. Unos, en efecto, se dicen entes porque son entidades [o esencias o sustancias]; otros, porque son propiedades de la entidad; otros, porque son camino hacia la entidad, o corrupciones o privaciones o cualidades de la entidad, o porque producen o generan la entidad o las cosas dichas en orden a

⁵ Y aunque se llame proporción una determinada relación de una cantidad a otra, y así decimos que 4 tiene la proporción de doble respecto de 2, y se llame proporcionalidad a la semejanza de dos proporciones, y así decimos que 8 es a 4 como 6 es a 3, pues en uno y otro caso se da la proporción de doble, sin embargo, los filósofos trasladaron el nombre de proporción a toda relación de conformidad, conmensuración, capacidad, etc. y, consiguientemente, extendieron la proporcionalidad a toda semejanza de relaciones. (Cayetano, T. Capítulo III. Qué es la analogía de proporcionalidad, de cuántas clases y cómo se llama con propiedad analogía” Tomado de Fernandez, C. (Compilación) (1986) *Los filósofos Escolásticos de los siglos XVI y XVII. Selección de textos*, Madrid: Biblioteca de autores cristianos., de la Editorial Católica, S.A. p. 82-83

la entidad, o porque son negociaciones de alguna de estas cosas o de la entidad. Por eso también decimos que lo que no es lo que no es". (citado en Candela, 2004, p.48 y en Aristóteles, capítulo 2 del libro IV de Metafísica de Aristóteles, p.151) ⁶

Estos mismos ejemplos empleados por Aristóteles posteriormente los observaremos citados en la explicación de los escolásticos.

El místico y filósofo italiano de la orden de los franciscanos San Buenaventura de Fidanza (1218 -1274) dijo que la analogía (analogía)"... se funda en la posibilidad de establecer relaciones entre seres sustanciales distintos (posibilidad a su vez basada en cierta comunidad entre tales seres)" (Ferrater, 1998. Vol. 1. p.159) y la distingue de la univocidad (*univocatio*) ya que esta, "... se funda en la posesión indivisa por varios seres de un elemento en común" (Ferrater Mora, 1998, Vol. 1. p.159).

Esto es que la analogía no depende de que los elementos comparados provengan de una misma naturaleza.

San Buenaventura retoma al filósofo romano Boecio (480-524/525) para exponer que la analogía es un modo de concebir la proporción (*proportio*), término empleado con sentido no matemático:

...cuando Dios se conoce, el acto por el cual Él se conoce es idéntico al sujeto cognoscente, puesto que la esencia divina es precisamente conocer, y es además idéntico al objeto conocido, ya que este acto aprehende totalmente el objeto[...].El conocimiento que de sí mismo tiene puede recibir legítimamente el nombre de semejanza, pues lo representa tal como es, pero esta semejanza es de un tipo único, ya que de hecho es idéntica a su modelo... (Citado en Gilson, 1948, p.149).

En la Edad Media la doctrina aristotélica fue retomada y elaborada por la filosofía escolástica⁷ que estudiaron este punto bajo la rúbrica *analogía entis*, es decir, la analogía del ente.

Los escolásticos profundizaron en los estudios de los llamados *Corpus aristotelicum*, es decir los *Tratados de Aristóteles* y distinguieron algunas pautas para entablar una comparación entre Dios y la criatura, éstas parten del lenguaje, pues decían que al poner nombres a las cosas podían establecerse varias relaciones mediante distintas maneras de hablar⁸:

⁶ Miguel Candela Sanmartín es un filósofo con un amplio conocimiento en la obra de Aristóteles, así como de las traducciones de Metafísica, Ética nicomaquea, ambas obras de Aristóteles, y La República de Platón. Se ha considerado retomar su traducción como preferente por las explicaciones del uso de términos como "Ente", "ser", "es" y las consecuencias en la comprensión filosófica de la idea que trata ser más aproximada de Aristóteles, dada en la obra Metafísica de cercanías citada en la bibliografía de este capítulo.

⁷ Los escolásticos son quienes pertenecen a la escuela (la *escolástica*-del latín *shcolasticus*, y del griego *σχολαστικός* aquel que pertenece a la escuela). Es un movimiento teológico y filosófico que intentó utilizar la filosofía grecolatina clásica para comprender la revelación religiosa del cristianismo. Fue la corriente teológico-filosófica dominante de la Edad Media, y se basó en la coordinación entre la fe y razón, cuyas interpretaciones normalmente eran una clara subordinación de la razón a la fe.

⁸ Existen varias clasificaciones de la analogía, según lo comenta Cayetano. Ferrater Mora proporciona una que no dista mucho de la clasificación de Cayetano sin embargo no consideramos

Se propusieron diversas definiciones y clasificaciones que distinguían las propiedades de similitud a partir de la matemática. Fueron discutidas con atención entre la escolástica durante la Edad Media puesto que la variedad de analogías comenzó a provocar confusiones en la comprensión de la Metafísica. Los diversos enfoques dieron lugar a la formación de tres escuelas. La escuela de Suárez quien defendía que el ente es formalmente trascendente y que la analogía ha de entenderse en el sentido de la analogía intrínseca o metafísica de atribución. La escuela de Escoto, que defendía la univocidad del ente⁹. La escuela de Cayetano que abogaba por la analogía de proporcionalidad como lo hemos ya leído en los párrafos anteriores. (Ferrater Mora, 1998, Vol 1. p.160).

A grades rasgos las “cosas” o los “nombres” análogas o análogos por proporcionalidad son entendidas por Cayetano como:

<<aquellas cosas que tienen un nombre común y la noción expresada por este nombre es proporcionalmente la misma>>, es decir <<aquellas cosas que tienen un nombre común y la noción expresada por este nombre es similar de acuerdo con una proporción>> (Ferrater Mora, 1998, Vol. 1. p.160).

Su interpretación se basa en la doctrina tomista, que se inclina por la analogía de la proporcionalidad. Santo Tomás partía del pensamiento aristotélico en donde el concepto de “ser” en el ámbito Metafísico y Ontológico, es análogo y no unívoco; “esto sucede cuando se refiere a dos objetos distintos que poseen un sentido diferente pero proporcionalmente idéntico”, según resume Józef Maria **Bocheński** (1902-1995) (1955, p.257). Un ejemplo de la aplicación del concepto análogo más conocido para los estudiosos de la filosofía es el razonamiento que parte de la premisa de que Dios no está en ninguna categoría, por eso el decir que si Él existe no significa que él exista en el mismo sentido que el hombre o la materia existen. Él existe como un ser infinito por sí mismo. Y la analogía teológica dice:

“Dios es sabio”, tiene la forma llamada “analogía de proporcionalidad” La sabiduría de Dios se dice que está relacionada con su ser infinito en una manera similar a aquella en la que nuestra sabiduría se relaciona con nuestro ser finito. Se puede ver que aquí hay una doble analogía. (1) la re-

oportuno en este estudio realizar una comparación de los contenidos. En esta nota se presenta la definición de Mora.

Los términos de similitud o equívocos (equivocidad): “Se entiende por equívoco cuando el término o nombre común se aplica a todos y a cada uno de los términos en sentido completamente distinto, un ejemplo puede ser “toro” como animal o constelación; “cáncer” como enfermedad o como signo del Zodíaco” (Ferrater, 1998, Vol 1. p.159).

Los términos análogos: “...cuando se aplica a los términos comunes en sentido no entera y perfectamente idéntico o, mejor aún, en sentido distinto, pero semejante desde un punto de vista determinado o desde una determinada y cierta posición (como “despierto” aplicado a un ser que no duerme y a un ser que tiene una inteligencia viva y no apagada, dormida o mortecina)” (Ferrater, 1998, Vol 1. p.159).

Los términos unívocos: “... pueden prescindir de sus diferencias, en cuyo caso- como los géneros y especies- son unívocos universales, o pueden no prescindir de ellas, en cuyo caso son llamados como ocurre con el término “ser” respecto a todos los seres de una cierta especie o aún con respecto a todas las sustancias creadas- unívocos trascendentales” (Ferrater, 1998, Vol 1. p.159).

⁹ Cualidad o propiedad de ser unívoco, de poseer un sólo significado o ser utilizado siempre con un sólo y único significado. Los escolásticos, por ejemplo, defendieron la doctrina de la univocidad del ser, según la cual un término es considerado unívoco cuando se aplica a todos los seres a los que conviene, de un modo absolutamente idéntico, adquiriendo pues, en todos los casos, el mismo significado.

lación entre el ser infinito de Dios y nuestro ser finito; y (2) la relación entre la forma en que la sabiduría de Dios se relaciona con su ser infinito y la forma en que nuestra sabiduría se relaciona con nuestro ser finito.

La analogía entre el significado de "sabio" se aplica a Dios y como se aplicó a nosotros se basa, por tanto, en la existencia de la analogía del significado del "ser" tal como se aplica a Dios y a su calificación de "infinito" y al significado del "ser", como se aplica a nosotros y su interpretación por "finita" (analogía entis). Así a menos de que sepamos cómo podemos entender la existencia de Dios, no podremos determinar el significado de su sabiduría. (Encyclopaedia Britannica, Vol I. 1970, p.843) ¹⁰

Con base a la analogía de la proporcionalidad, se puede interpretar que la comprensión de la sabiduría divina solo se comprenderá en proporción a la sabiduría humana.

Volvemos a la analogía de la proporcionalidad propuesta por Cayetano, que parte de la clasificación de tres modos de hablar: la analogía de desigualdad, la analogía de atribución y la analogía de proporcionalidad. ¹¹ Cayetano dice:

Análogos por desigualdad (*analogia secundum inaequalitatem*) se llaman aquellos cuyo nombre es común, y la razón o noción conforme a ese nombre (*secundum illud nomen*) es completamente la misma, pero está participada desigualmente. Hablamos de la desigualdad de perfección, así, el nombre de "cuerpo" es común a los cuerpos inferiores y a los superiores. A los análogos, el lógico los llama unívocos y el filósofo, equívocos, por considerar aquél las intenciones de los nombres, y éste, las naturalezas. (Cayetano, 1986, p. 77)

Una interpretación aproximada puede ser que en este tipo de analogía es que los nombres análogos en el sentido de desigualdad son aquellos en donde se emplea a partir de la naturaleza del nombre. El mismo nombre para referirse a nombres de naturaleza variadas

¹⁰ La traducción es responsabilidad mía. A continuación se presenta la cita original: "God is wise", has the form called "analogy of proportionality". God's wisdom is said to be related to His infinite being in a way similar to that in which our wisdom is related to our finite being. It will be seen that there is here a double analogy: (1) the relation between God's infinite being and our finite being; and (2) the relation between the way in which God's wisdom is related to His infinite being and the way in which our wisdom is related to our finite being.

The analogy between the meaning of "wise" as applied to God and as applied to us rests therefore on there being a prior analogy between the meaning of "being" as applied to God and qualified by "infinite" and the meaning of "being" as applied to us and qualified by "finite" (analogía entis). So unless we know how God's existence stand to ours, we cannot determine the meaning of His wisdom. (Encyclopaedia Britannica, Vol I. 1970, p.843)

¹¹ Ferrater Mora menciona dos tipos de analogía desde la visión escolástica, sin embargo para esta tesis no se han encontrado las fuentes originales. Aunado a ello, se presenta la opinión de Ferrater para que pueda ser considerada en un estudio posterior.

"...la analogía de atribución y la analogía de proporcionalidad. Se llama analogía de atribución a aquella en la cual el término se atribuye a varios entes por su relación con otro (el llamado primer analogado), como ocurre cuando se llama "sano" a un alimento, a un rostro, etc. Se llama analogía de proporcionalidad a aquella en la cual el término se atribuye, desde luego, a varios sujetos o entes en una relación semejante. Esta relación puede ser metafórica (cuando expresa algo simbólico) o propia (cuando expresa algo real). (Ferrater, 1998, Vol. 1. p.159).

La relación análoga puede ser, por lo tanto, como dicen los escolásticos, simpliciter diversa o bien secundum quid eadem. En otras palabras, el término análogo es el que significa una forma o propiedad que se halla intrínsecamente en uno de los términos (el analogado principal), hallándose, en cambio, en los otros términos (analogados secundarios) por cierto orden a la forma principal. (Ferrater, 1998, Vol. 1. p.160).

[...]
Partiendo de esta base puede decirse también que la analogía es extrínseca (como lo muestra el término "sano") o intrínseca (como lo muestra el término "ser", que conviene a todos los entes, creados o creados, substanciales o accidentales). En este último caso la analogía es llamada también metafísica. La analogía extrínseca, a su vez, puede ser analogía de proporcionalidad extrínseca o metafórica –de muchos a muchos– o analogía extrínseca de atribución. Y la analogía intrínseca puede ser a la vez de atribución o de proporcionalidad " (Ferrater, 1998, Vol 1. p.160).

o nombres de la misma naturaleza. En el primer caso, se les define como unívocos, en donde la naturaleza es la misma, y son equívocos, cuando el término admite la diversidad de naturalezas

(...)

Analogía de atribución son aquellos cuyo nombre es común, y la razón correspondiente a ese nombre es la misma en cuanto al término y diversa en cuanto a las relaciones a él. Por ejemplo, *sano* es un nombre común a la medicina, a la orina y al animal; y la razón de todos ellos en cuanto que son sanos dice diversas relaciones a un solo término, la salud. Pues si alguien señala qué es el animal en cuanto sano, dirá que es sujeto de la salud, y la orina, en cuanto sana, signo de salud, y dirá que la medicina, en cuanto sana, es causa de la salud. En lo cual se ve claramente que la razón o noción de sano no es ni completamente la misma ni completamente diversa, sino la misma en cierto sentido. Es, en efecto, la diversidad de relaciones y la identidad del término de esas relaciones. (Cayetano, 1986, p. 78)

Los nombres análogos por atribución se refieren a una condición dada del exterior, es decir extrínseca. Es decir que los nombres análogos por atribución se refieren en primer lugar al significado del primer analogado; en el ejemplo de la salud y la medicina, lo que salud refiera a medicina, será lo que se interpretará en otros nombres, como salud y orina y salud animal, pero no proviene de ninguno de ellos, sino solo al ser observado bajo distintas perspectivas, son cualidades atribuidas de manera externa. Como lo mencionábamos en la página 5 en la interpretación de Miguel Candela.

Aunado a ello Cayetano habla que la relación se establece principalmente por las cualidades y no por las cantidades, no se refiere a contabilizar la salud, o tener la misma cantidad de salud, sino un equivalente en lo que se refiere a cualidad.

Si profundizamos más en la explicación de este punto de vista, se da lugar a distinguir de manera indirecta que Cayetano afirma que la analogía de atribución se refiere al concepto y no al origen o naturaleza del analogado. Otro ejemplo puede ser la palabra "animal", el animal relacionado con el nombre de caballo o de hombre hace referencia a la "animalidad" y en cada uno de ellos, este atributo que se observa de manera externa (no es la única cualidad que define al ser) se va a interpretar de distintas maneras.

Cayetano concluye sobre estos nombres análogos que:

A éstos los llaman los latinos "análogos", porque dicen diversas proporciones a uno, entendiendo el nombre de proporción a toda relación; pero es un abuso del lenguaje, si bien mucho menor que el primero. Cómo hay ciencia de estos análogos, y contradicciones, y demostraciones, y consecuencias, y otras parecidas, se ve claro por lo que queda dicho y por el modo de proceder de Aristóteles. Hay que distinguir primero las diversas significaciones (por eso los llaman los árabes "ambiguos") y después proceder del primero a los demás, como se procede del centro a la circunferencia por diversas vías. (Cayetano, 1986, p. 82)

La analogía de la proporcionalidad, es la tercera analogía de la clasificación y es considerada por Cayetano como la más adecuada. Distingue dos maneras de manifestarse, una de ellas es metafóricamente y la otra la define como “propiamente”.

Metafóricamente, cuando ese nombre común tiene absolutamente una razón formal, la cual se salva en uno de los analogados y se dice metafóricamente de otro; como, por ejemplo, reír como tal tiene una sola razón formal; pero es análogo metafóricamente a la verdadera risa, al prado lozano, y al buen éxito de la fortuna, pues decimos que estas cosas se comportan como el hombre que ríe...La analogía de proporcionalidad se hace propiamente cuando ese nombre común se dice de uno y otro analogado sin metáfora; como, por ejemplo, “principio” se salva en el corazón, respecto del animal, y en el cimiento, respecto de la casa. (Cayetano, 1986, p. 83)

Esta breve investigación sobre la analogía en el ámbito de la filosofía nos lleva a conocer el contexto ideológico en el cual se desarrolla el arte clásico religioso. La analogía de proporción es la analogía que más influyó en el arte. Se llevó a su máxima interpretación tanto en su aspecto matemático, con los sistemas de proporción que se idearon, como también en la manera de comprender la arquitectura religiosa, por ejemplo la distribución de las iglesias bajo un criterio de la reproducción de la cruz de Cristo bajo criterios antropomorfos simbólicos. Otras convenciones fueron que la composición tendía a la unidad, la perfección, la belleza, conceptos que hacen referencia a la definición del Dios y de las cualidades de su creación.

Las definiciones desde la visión aristotélica y de Cayetano nos permite darle un sentido a la similitud entre los elementos de la composición semejante a una relación que da lugar a definir el ser o una descripción de lo que se es en su significación. Dicho de otra manera, la analogía proporcional en lo plástico, no solo es una respuesta geométrica para definir la dimensión de los elementos, sino que ofrece la diversidad de significados de los elementos plásticos desde su “origen” y su “existencia” su “ser” o “presencia” en la composición.

En la actualidad aún se aplican los métodos de proporción geométricos y matemáticos, con la finalidad de establecer relaciones entre los elementos que la componen, una relación que ahora podemos decir análoga, independientemente que los elementos plásticos tengan distinta naturaleza. Aunado a esta relación aún se considera en la teoría del diseño que la composición es una unidad, la cual se puede conseguir a partir (entre otras alternativas) de la proporción de sus elementos.

I.2. Las categorías de la analogía

La ciencia actual emplea la analogía con precaución de distintas maneras las cuales hemos clasificado para esta investigación en tres grandes categorías: La analogía como argumentación, como método y como modelo. Cabe decir que esta clasificación es hecha a partir del material analizado en esta investigación, es posible que estas categorías puedan ampliarse o modificarse a partir de otros puntos de vista. (Figura I.1.)

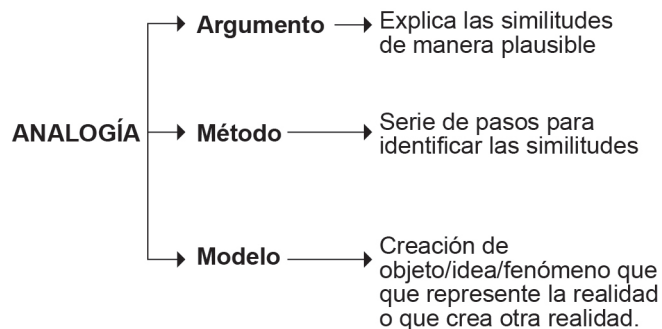


Figura I.1. Esquema de las categorías encontradas en las definiciones de Analogía. Este esquema tiene el objetivo de organizar las finalidades que tiene la analogía, a partir de los autores revisados en este capítulo. Esquema: Angélica Castro.

La analogía se considera también un proceso de razonamiento o un tipo de argumentación, se le conoce como razonamiento analógico o argumentación analógica. Este tipo de argumentación también cuenta con límites en la veracidad de sus resultados.

La analogía se considera una herramienta argumentativa, puede ser una idea que permite comenzar la investigación. Es decir, la analogía propone hipótesis iniciales que posteriormente pueden reconsiderarse o abandonarse a medida que se compruebe las similitudes de los dos elementos, cosas o ideas comparadas.

La analogía puede generar modelos, conocidos como modelos analógicos los cuales pueden ser empleados con fines de explicación de la realidad en distintos ámbitos como en la ciencia y en la pedagogía.

La analogía puede ser un método para poder identificar también las similitudes entre la comparación de dos o más elementos

La analogía puede ser un método para poder distinguir similitudes entre dos o más elementos, cosas o ideas y de esta manera clasificarlos o tomar en cuenta dicha información para alguna toma de decisiones o simplemente para distinguirlos como similitudes.

La analogía puede ser un método para la creatividad que a través de la comparación de modelos se pueden obtener otros modelos con cualidades distintas. Con la base que los modelos son fuente de información que puede cooperar para generar propuestas distintas, nuevas o mejores que las anteriores. En los siguientes puntos de este capítulo vamos a desarrollar cada uno de estos aspectos de la analogía.

1.3. La analogía como indicador de características similares y origen diverso en la biología

Para la genética, el término analogía proporciona información basada en las similitudes entre las funciones de los órganos en los seres vivos. Fue la labor del naturalista Georges Cuvier proponer la definición de analogía, adoptada por los biólogos del siglo XIX, como: “el carácter de los órganos que tienen la misma función” (Lalande, 1966, p.56). Teniendo en cuenta que aunque su morfología sea semejante, el desarrollo embrionario y el origen son distintos. Sólo coinciden por convergencia evolutiva. Por ejemplo las alas de las mariposas, el murciélago y las aves¹²

Sin embargo, desde la misma biología se distingue otro tipo de similitud en los seres orgánicos, la homología¹³. Este término es propuesto por el naturalista francés Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844) al estudiar la evolución y la teratología¹⁴. Se define a la homología como: “carácter de dos órganos que, en dos seres diferentes, tienen la misma colocación y las mismas conexiones, aunque puedan tener funciones diferentes” (Lalande, 1966, p.56). Ejemplos de estos son el *pterodactylus* y el murciélago, también el conjunto de miembros como el brazo humano, la pata del caballo y la aleta de la foca. Lo más importante es que la morfología sea semejante, debido a que se derivan de una procedencia genética común. (Figura 1.2)

Tanto la analogía como la homología son importantes para la clasificación de organismos vivos. La homología es fundamental para la clasificación en la filogenia, clasificación que explica la clasificación de las especies a partir de su historia evolutiva. Kent & Carr en su libro *Comparative Anatomy of the Vertebrates* habla de Richard Owen un renombrado estudioso de la anatomía comparada del siglo XIX, considera que la analogía y la homología no se excluyen y los autores lo interpretaron con este ejemplo: “(i.e., a homologous structure that shares a similar function is an analogous homologue[nonhomologous structures that share a similar function represent analogous homoplasies])” (Kent & Carr, 2001, p.15)

Para concluir la exposición de términos que hablen sobre similitudes, es oportuno citar la homoplasia, que también es incluida en los estudio de la filogenia para la clasificación de las especies. La homoplasia compara organismos vivos cuyos órganos o partes guardan una similitud morfológica y funcional, sin embargo el origen evolutivo es independiente. (Figura 1.3)

12 Es interesante que al estudio de las relaciones evolutivas entre diferentes grupos de organismos se le denomine filogenia y que sea un término que la biología toma de la lingüística histórica, la cual estudia la clasificación de las lenguas humanas según su origen común.

13 El término “homología” así como “morfología” han sido una reinterpretación de los estudios del lenguaje, cuando se estudiaba la clasificación de las lenguas y el origen de las mismas.

14 Es decir el estudio de la morfología de los seres vivos que no obedece a los patrones comunes en zoología.

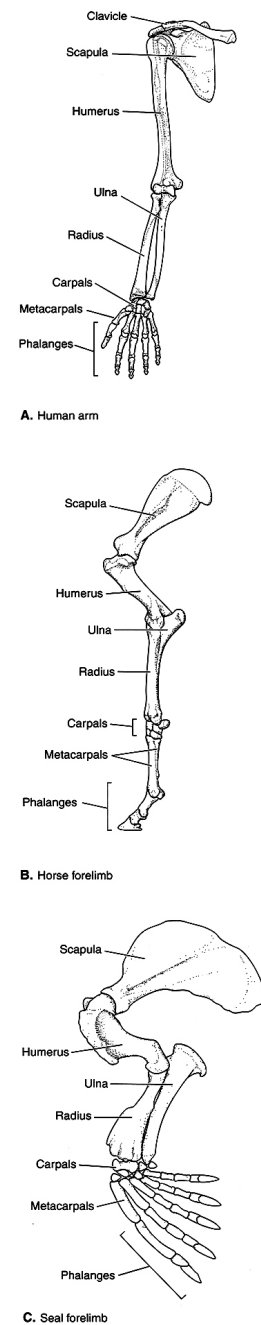
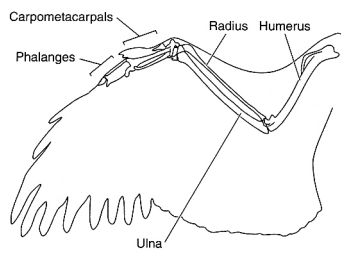
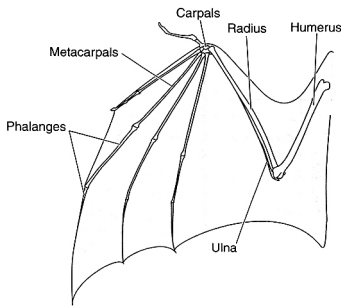


Figura 1.2. Homología demostrada en los huesos de los miembros de mamíferos. “Homology demonstrated by the limb bones of three mammals. The bones of the left pectoral girdle and limb of a human (A), horse (B), and seal (C) illustrate similar topographical relationships of the major skeletal elements despite differences in limb function: grasping, running, and a steering tool, respectively. The human limb is viewed from the front; the others are from a lateral view.” Imagen tomada de: Liem, K.F, Bemis, W.E., Walker, W.F., Jr. Grande, L. (2001) *Functional Anatomy of the Vertebrates: An Evolutionary Perspective*. (3era. ed.). Estados Unidos: Brooks/Cole Cengage Learning. (p.17).



A. Bird wing with airfoil surface made of feathers



B. Bat wing with airfoil surface made of skin supported by four elongated digits

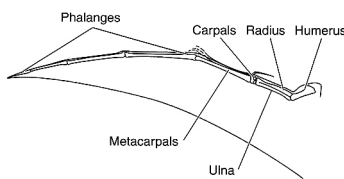


Figura 1.3. Ejemplos de Homoplasia.

"Homoplasia demonstrated by three independent evolutionary origins of wings for powered flight. A, Skeleton and outline of the airfoil surface in a bird, based on Young. B, Skeleton and outline of the airfoil surface in a bat, based on Owen, C, Skeleton and outline of the airfoil surface in a pterosaur, based on Gregory. As wings, all three examples are homoplastic because each type of wing evolved independently. However, at the level of comparison of appendage, all three wings are homologous because each represents a modification of a terrestrial vertebrate forelimb." Imagen tomada de: Liem, K.F, Bemis, W.E., Walker, W.F.,(Jr), Grande, L. (2001) Functional Anatomy of the Vertebrates: An Evolutionary Perspective. (3era. ed.). Estados Unidos: Brooks/Cole Cengage Learning. (p.19).

La analogía así como la homología y la homoplasia, son conceptos que implican tanto un método de comparación cuyo resultado es la identificación de modelos similares. Los tres tipos de similitudes son útiles, complementarias y proporcionan una información orientativa para la clasificación y conocimiento del origen de las especies.

Sin embargo existen también objetivos en la ciencia donde la analogía no proporciona información comprobable para la investigación. Como se aborda en el siguiente punto.

1.4. La analogía como hipótesis inicial en la investigación científica

En la antigüedad, la analogía era considerado un método que a partir del cual, sus resultados podrían tener un grado elevado de veracidad. Sobre todo aquello que era difícilmente comprobable. Es decir, el método análogo se consideraba válidos para dar explicaciones sobre la realidad y por ello se consideraba importante encontrar similitudes con aquello que consideraban "cierto" o conocido. Hoy en día, la analogía ya no tiene un protagonismo esencial en el planteamiento de investigaciones científicas, ya que considera la similitud como una primera interpretación o interpretación general del fenómeno u objeto observado.

Para la ciencia, el hecho de comparar dos fenómenos, cosas, objetos o seres orgánicos, a partir de sus similitudes, se considera como una primera etapa en la investigación. La observación y la comparación son esenciales, dos pasos a los cuales les precede la comprobación para poder distinguir si realmente estos dos fenómenos u objetos son lo mismo o guardan cualidades particulares.

La analogía no se considera un método cuyos resultados tengan un rigor científico. Los resultados dados por la analogía solamente consideran ser plausibles o con cierto grado de veracidad, puesto que las comparaciones no son comprobables.

La analogía es un método limitado para la obtención de leyes desde el punto de vista del conocimiento científico. Ésta es una de las limitaciones que el biólogo y filósofo austríaco Ludwin von Bertalanffy (1901-1972) señaló cuando publicó su teoría conocida como *Teoría General de Sistemas* (TGS).

La TGS observa los elementos y sus fenómenos como sistemas; observa los sistemas para encontrar sus similitudes y de esta manera consigue las pautas comunes con las cuales todo sistema o conjunto de elementos definidos como sistema se comportan o se rigen. De esta manera la analogía constituye uno de los pasos básicos dentro del proceso de investigación sistémica; sin embargo, no se detiene en este nivel. Bertalanffy lo expone en el siguiente texto:

“...este pensamiento no persigue analogías vagas y superficiales. Poco valen, ya que junto a las similitudes entre fenómenos siempre se hallan también diferencias. El isomorfismo que discutimos es más que mera analogía. Es consecuencia del hecho de que, en ciertos aspectos, puedan aplicarse abstracciones y modelos conceptuales coinciden a fenómenos diferentes. Sólo se aplicarán las leyes de sistemas con miras a tales aspectos. Esto no difiere del procedimiento general en la ciencia. Es una situación como la que se puede dar cuando la ley de la gravitación se aplica a la manzana de Newton, el sistema planetario y los fenómenos de las mareas. Quiere decir que de acuerdo con ciertos aspectos limitados, un sistema teórico, el de la mecánica, es válido; no se pretende que haya particular semejanza entre las manzanas, los planetas y los océanos desde otros muchos puntos de vista. (Bertalanffy, 1986, pp. 35-36)

Más adelante expone:

Las analogías son científicamente inválidas. En cambio, las homologías a menudo proporcionan modelos valiosos; de ahí su amplia aplicación en física. De modo similar, la teoría general de los sistemas puede servir de dispositivo regulador para discernir analogías y homologías, parecidos sin sentido y traslados significativos de modelos. (Bertalanffy, 1986, p. 88)

También distingue tres clases o niveles para la descripción de los fenómenos:

Las analogías, o sea las similitudes superficiales entre fenómenos que no se corresponden ni en factores causales ni en las leyes pertinentes. De este género son los *simulacra vitae otrora populares*, así cuando se comparaba el crecimiento de un organismo con el de un cristal o el de una celda osmótica. Hay parecidos superficiales en uno u otro aspecto, pero puede afirmarse con seguridad que el crecimiento de una planta o de un animal no sigue la pauta del crecimiento de un cristal o de una estructura osmótica, y las leyes pertinentes difieren.

Otro nivel son las homologías. Están presentes cuando difieren los factores eficientes, pero las leyes respectivas son formalmente idénticas. Semejantes homologías tienen considerable importancia como modelos conceptuales en la ciencia. Se aplican con frecuencia en física. Son ejemplos la consideración del fluir del calor como el fluir de una sustancia, la comparación de la corriente eléctrica con la de un líquido y, en general, el traslado de la noción de gradiente, en un principio hidrodinámica, a potenciales eléctricos, químicos etc. Sabemos a la perfección, sí, que no hay tal “sustancia calorífica”, sino que el calor debe ser interpretado en el sentido de la teoría cinética; no obstante, el modelo permite estipular leyes que son formalmente correctas.

Es de homologías lógicas de lo que se ocupa la presente investigación. Esto es expresable así: si un objeto es un sistema, debe tener ciertas características de los sistemas, sin importar de qué sistema se trate. La homología lógica no sólo permite el isomorfismo en la ciencia sino que, como modelo conceptual, está en situación de dar instrucciones para la consideración correcta y la eventual explicación de fenómenos.

Finalmente, el tercer nivel es la explicación, es decir, el enunciado de condiciones y leyes específicas que son válidas para un objeto esperado o para una clase de objetos. El lenguaje lógico-matemático esto quiere decir que las funciones generales f de nuestra ecuación 3.1 son sustituidas por funciones especificadas aplicables al caso en cuestión. (Bertalanffy, 1986, pp. 86-87)

Esta definición delimita muy bien el alcance que tiene una analogía en lo que se refiere a la construcción del conocimiento teórico científico. El pensamiento por analogía no es rechazado, simplemente se puede interpretar que las conclusiones o el ejercicio de análisis por analogía es una primer etapa cuyos resultados deben ser tomados en cuenta como una hipótesis inicial.

La opinión de Bertalanffy es de gran valor, puesto que nos proporciona una manera de distinguir los niveles de similitud, así como su veracidad y trascendencia en la ciencia. Así como también nos ayudará a distinguir qué nivel de similitud se establece entre las estructuras de relaciones en el diseño y los conceptos biológicos teóricos.

Una conclusión parcial al estudio de las definiciones y posturas ante la analogía a través de la historia del conocimiento es que la analogía es una etapa del método científico que actualmente se considera como un proceso de razonamiento o pensamiento que proviene de toda actividad del conocimiento humano.

I.5. La analogía como argumentación en la lógica

La analogía también se considera un proceso de pensamiento o razonamiento cotidiano ya que es útil para dar solución a algo a través de la argumentación sobre la relación entre sus premisas. Al razonamiento basado en la argumentación de relaciones de similitud se le llama la argumentación analógica. Si se tienen dos premisas en donde se diga que en dos conjuntos con cualidades semejantes, es posible que la cualidad buscada pueda estar presente en ambos, hay probabilidades. Ferrater Mora enuncia el razonamiento analógico en el siguiente esquema:

<<S tiene la nota p ; S y S' tienen las notas a, b, c ; por lo tanto S' tiene probablemente la nota p >>. El razonamiento por analogía va de lo particular a lo particular, y no posee nunca, desde el punto de vista lógico formal, una fuerza probatoria concluyente, sino únicamente verosímil o comprobable. (Ferrater, Vol 1, p.162)

Este patrón también es descrito por Irving M. Copi & Carl Cohen con mayor claridad:

Toda inferencia analógica tiene la misma estructura general o patrón. Toda inferencia analógica parte de la similitud entre dos o más cosas, entre uno o mas respectos para poder concluir la similitud de esas cosas en otro respecto. Donde a, b, c, d son entidades cualesquiera y P, Q, R son atributos, o "respectos" cualesquiera, un argumento analógico se puede representar de la siguiente forma:

a, b, c, d , tienen los atributos P, Q,
 a, b, c , tienen el atributo R.
Por lo tanto d , probablemente tiene el atributo R.

Al identificar y especialmente al evaluar argumentos analógicos, puede ser útil expresarlos en esa forma. (1995, p. 446)

La conclusión en el razonamiento por analogía puede ser fuertemente verdadera o débil. Esta característica proviene de que, en el pensamiento/razonamiento analógico, la conclusión no es necesariamente verdadera. Y si fuera verdadera, lo es en función de la comparación de casos particulares. Otra característica fundamental es que la veracidad no se mide como verdadera o falsa, sino que tiene grados de acercamientos hacia la verdad o la falsedad, también pueden considerarse plausibles o no. Ante ello la confiabilidad de los resultados son menester de la manera en la cual se argumenta la relación entre las premisas y la conclusión.

Irving M. Copi & Carl Cohen sintetizan seis criterios para evaluar un argumentación analógica. Cabe decir que estos criterios no son creados por ellos, son empleados incluso en la cotidianeidad, los investigadores solo los sintetizaron de manera que puedan ser identificados.

1)El primer criterio importante es el “numero de entidades entre las cuales se establece la analogía”. (Copi & Coen, 1995, p. 451) Por ejemplo si vamos a un restaurante y nos atienden mal, no es conveniente decir que ese restaurante tiene mal servicio puesto que pudo haber sido por alguna causa determinada que en esa ocasión el mesero no mantenga la atención necesaria, sin embargo cuando vamos cuatro veces y el trato no mejora, así como también dos amistades tienen la misma desafortunada experiencia, entonces la conclusión es más valida.

2)El segundo criterio es para evaluar los argumentos analógicos es “el número de aspectos en los cuales las cosas involucradas se dicen que son análogas”. (Copi & Coen, 1995, p. 451) sin embargo es también la valoración de las premisas de acuerdo a la experiencia comprobable.

El ejemplo citado por los autores donde se parte de la premisa. Los zapatos que compre en una tienda determinada han sido resistentes, si compro otros zapatos en la misma tienda también serán resistentes y duraderos como los primeros. En este ejemplo la conclusión de que los zapatos nuevos sean igualmente resistentes a los primeros depende de otros factores, en el punto de vista de la lógica el numero de premisas o factores análogos no es lo único que evalúa la veracidad, sino que deben ser convincentes, en este caso se debería precisar que se compraría la misma marca y el mismo modelo. De esta manera la conclusión es mas plausible a ser similar.

3)Un tercer criterio es “que se pueden juzgar los argumentos analógicos es la fuerza de sus conclusiones con respecto a sus premisas” (Copi & Coen, 1995, p. 451) estas deben ser coherentes. Por ejemplo

si Juan y Pedro compran una motocicleta de la misma marca y modelo, Pedro puede inferir que su moto nueva de la misma marca y modelo tiene el mismo rendimiento que la de Juan. Sin embargo no puede inferir que tenga mas rendimiento puesto que no sería plausible.

4) El cuarto criterio para la evaluación es “el número de aspectos no análogos o diferencias entre las instancias mencionadas solamente en las premisas” (Copi & Coen, 1995, p. 452), (las instancias mencionadas en la segunda premisa de la forma que los autores sugieren y que mencionamos arriba). Por ejemplo el rendimiento de gasolina de las motocicletas varia dependiendo de la velocidad con la que conduzca Pedro y Juan. La conclusión o inferencia se debilita si no se contempla este aspecto.

5) El quinto criterio es que “mientras más disímiles son las instancias mencionadas solamente en sus premisas, más fuerte es el argumento” (Copi & Coen, 1995, p. 452). Vamos a resumir el ejemplo dado por los autores donde una alumna, que podemos nombrar Daniela terminó exitosamente sus estudios de grado, y 10 estudiantes de la misma escuela también obtuvieron su grado. El argumento puede ser altamente más fuerte si los estudiantes tienen características distintas como el estrato social, económico, religioso, a si cuentan con las mismas condiciones que Daniela.

6) El ultimo criterio trata de la pertinencia. “Un argumento basado en una sola analogía pertinente en conexión con un solo ejemplo será más fuerte que un argumento que señala una docena de aspectos irrelevantes de semejanza entre el ejemplo de la conclusión y un montón de casos enumerados en las premisas” (Copi & Coen, 1995, p. 453). Por ejemplo en el caso de las motocicletas, la conclusión del caso de las motocicletas es que la motocicleta de Pedro tiene un buen rendimiento en 10 km, y la de Juan por ser de la misma marca y modelo también lo será, puesto que significa que tiene el mismo motor con las mismas especificaciones técnicas. Sin embargo el hecho de que las motocicletas sean de distinto color, que tengan accesorios cromados o el asiento pueda tener recubrimiento de piel o cualquier otro material, no contribuye a llegar a la conclusión de que pueden tener un mismo rendimiento. Esta segunda premisa muestra un razonamiento mas débil. Por lo que la significación de las premisas es de gran importancia para fortalecer la argumentación.

Es posible decir que la significación de las premisas puede verse afectada de manera positiva si estas se consideran pertenecientes a la misma categoría. Esto se puede sustentar por la clasificación que Ferrater Mora hace de los tipos de relaciones que pueden identificarse en el razonamiento analógico:

1) El que va del efecto a la causa o viceversa.

2) El que va de los medios a los fines y a la inversa.

3) El que procede por semejanza.

4) ...materia y forma (Ferrater, Vol. 1, p. 162)

Por ejemplo: el telescopio es a astrónomo como... (respuesta) microscopio a biólogo. La interpretación que evidencia la relación se leería: El telescopio es usado por los astrónomos como el microscopio es usado por los biólogos. En ambas la relación comparada es de portabilidad y constancia de uso en la actividad propia.

Es posible considerar que estas categorías queden establecidas por el mismo investigador, según el criterio que requiera el interés de la observación o dicho de otra manera el objetivo que se busca. Si se requiere encontrar una similitud o relación en el aspecto físico, estructural, o las causas, las premisas se deberán formular a partir de la información perteneciente a la categoría seleccionada. La clasificación que proporciona Ferrater Mora es una base de relaciones, pero depende del investigador definir la categoría particular y así procurar que el argumento sea más plausible.

Algunos autores hablan de que hay una coincidencia entre el proceso analógico y el inductivo¹⁵. El razonamiento analógico se define como una inducción incompleta porque omite mostrar cuáles son los aspectos de la similitud como lo dice Stuart Mill:

[La naturaleza de la evidencia analógica] (la analogía) en general lo más habitual, sin embargo, extender la evidencia analógica para argumentar cualquier tipo de semejanza, no siempre equivale a una inducción completa: que no distingue la peculiaridad del parecido en común. (Stuart, 1973, p. 555)¹⁶

Se entiende por un razonamiento inductivo incompleto cuando en las premisas solamente aparecen algunas de las similitudes que puede haber entre los elementos comparados. En el razonamiento analógico se buscan las similaridades, más no todas las cualidades serán similares, por lo que por ello es que el razonamiento analógico y la inferencia incompleta tienen este aspecto en común. Así mismo, ambos razonamientos pueden tener conclusiones verdaderas, solamente probables.

Stuart Mill parte de la siguiente fórmula para la analogía, la cual se puede considerar como una explicación semejante al razonamiento inductivo.

Dos cosas son semejantes entre sí en uno o más aspectos; una determinada proporción es verdadera en una de ellas; por lo tanto es verdadera en la otra. (Stuart, 1973, p. 555)¹⁷

¹⁵ Para Antoine-Augustin Cournot (1801-1877) matemático, economista y filósofo francés " la inducción no es más que la simple extrapolación, la acción del espíritu que continúa espontáneamente en movimiento anterior; el razonamiento por analogía, por [el] contrario, se eleva por la observación de las relaciones a la razón de las cosas" (citado por Lalande, 1966, p.55).

¹⁶ La traducción esta hecha bajo mi responsabilidad. La cita original es la siguiente: [Nature of analogical evidence] It is on the whole more usual, however, to extend the name of analogical evidence to arguments from any sort of resemblance, provided they do not amount to a complete induction: without peculiarly distinguish resemblance of relation. (Stuart, 1973, p. 555)

¹⁷ La traducción esta hecha bajo mi responsabilidad. La cita original es la siguiente: "Two things resemble each other in one or more respects; a certain proposition is true of the one; therefore it is true of the other"(Stuart, 1973, p.555).

Esta definición no guarda mucha diferencia entre la analogía y el razonamiento inductivo incompleto. Mientras que la inducción completa es aquella en la cual todas las propiedades de semejanza se señalan en las premisas y que por ello puede ser deducido si una propiedad particular se encuentra en ambos elementos comparados. En el razonamiento incompleto no lo es así; las propiedades que pueden estar presentes en A se suponen que están presentes en B solamente por una probabilidad de que B contiene varias cualidades de A. En esto es en lo que la inducción incompleta y la analogía son parecidas. Puesto que no todas las cualidades de los dos elementos comparados son similares. (Stuart, 1973, pp. 555-556)¹⁸

1.6. La analogía como una explicación indirecta útil en la pedagogía

El estudio de José María Oliva, habla sobre lo que implica el enseñar bajo una analogía, en sus términos, cómo es que se puede relacionar el análogo (entendido como el elemento muestra) y el blanco (el elemento en el cual se harán las reinterpretaciones). Distingue cuatro rasgos que podemos sintetizar en este trabajo como i) Razonamiento, ii) Proceso, iii) diseño de modelo, iv) retroalimentación bilateral, José María Oliva dice:

i).- La analogía constituye, ante todo, un proceso interno al sujeto, y no sólo el estímulo externo que se presenta como recurso a través del libro o de la explicación del profesor.

ii) Más que un contenido o de un conocimiento a aprender, se trata de un proceso o, si se quiere, de un camino que el alumno ha de recorrer: la transferencia analógica.

iii) El proceso de transferencia analógica exige la construcción de un modelo más profundo que la mera asociación directa de atributos entre el blanco y el análogo. Este modelo se configura en estrecha conexión con contexto en el que se elabora la analogía, delimitando el mensaje de la misma desde la intencionalidad didáctica con la que se propone.

iv) Además, se genera a través de un proceso bidireccional complejo que se construye en un marco interactivo, entre el blanco y el análogo, mediado por el modelo sobre el que se sustenta la analogía. (Oliva, 2004, p.364)

Esto se refiere a que cuando se comunica una analogía, ésta será reinterpretada por el estudiante mediante un proceso mental personal que requiere una continuidad desde el exterior, pero sobre todo, es un proceso que se construye desde la coherencia de las diversas corrientes del aprendizaje.

18 ... In the stricted induction, equally whit the faintest analogy, we conclude because A resembles B in one or more properties, that in the case of a compleate (real) induction is has been previously shown, by due comparison of instances, that there is an invariable conjunction between the former property or propeerties and the latter property... (Stuart, 1973, pp. 555-556)

To this argument it is of course requisite, that the properties common to A whit B shall be merely not know to be connected with *m* ; they must no be properties known to be unconnected with it. If either by processes of elimination, or by deduction from previous knowledge of the laws of the properties in question, it can be concluded that they have nothing to do with *m* the argument of analogy is put out of court. The supposition must be that *m* is an effect really dependent on some property of A, but we know not on which. We cannot point out any of the properties of A, which is the cause of *m*, or united whit it, their remain several between which we are unable to decide: of which remaining properties, B possess one or more. This accordingly, we consider as affording grounds, of more or less strength (weight), for concluding by analogy that B possesses the attribute *m*. (Stuart, 1973, pp. 555-556)

Son interesantes las observaciones que hace Oliva. En primer lugar, la analogía superficial puede ser una manera en la cual se explique un concepto complejo; esto no significa que el alumno pudiera aprender el verdadero contenido que el profesor quisiera que comprendiera. El alumno puede quedarse únicamente en la asociación de las características superficiales. Para comunicar una analogía no solo es preciso hablar de una comparación externa, sino que es necesario guiar al alumno hacia una transferencia interiorizada de dos sistemas comparados. Esto implica relacionar un conjunto de factores perteneciente a los dos sistemas comparados, lo que haría que la información sea demasiada y que el alumno, posiblemente, no la pudiera retener. En consecuencia, el alumno tratará de simplificar la explicación volviendo a una analogía superficial.

Para ello la analogía implica que se exponga de manera clara; se sugiere que se propongan varias analogías, que se estimule al alumno para que realice otras, y se haga una dinámica tutorial para revisar la interiorización y la veracidad de las analogías propuestas. De esta manera el alumno comprenderá el concepto, podrá explicarlo y agilizará su proceso de aprendizaje a través del pensamiento análogo (Oliva, 2004, p.366).

Sobre el razonamiento analógico Oliva y otros autores como Holland y Holyoak han visto un enfoque nuevo de la analogía a través de la teoría del aprendizaje inductivo, empleando una modelación de segundo orden. ¿A qué se refiere esto?

...el aprendizaje por analogía se concibe como un proceso de modelización de segundo orden en el que se compara el modelo acerca del dominio análogo con el que el sujeto mantiene inicialmente sobre el blanco. Este modelo de segundo orden, al que en adelante denominaremos "modelo subyacente a la analogía" o, simplemente, "modelo de la analogía", vendría a marcar la estructura común a los dos dominios que se comparan o, si se prefiere, el mensaje de la analogía desde la intencionalidad con que se propone. (Oliva, 2004, p.9)

Cuando hablábamos de la comparación de las relaciones entre dos sistemas, nos referimos a la comparación de las relaciones de las relaciones.

La modelación de segundo orden, dentro del ámbito del razonamiento inductivo, también se encuentra en la propuesta realizada en el libro de *La lectura analítico-crítica* de Donna Marie Kabalen y Margarita A. de Sánchez (2005) en el primer nivel del razonamiento inductivo. En el proceso para hacer un análisis de lectura literal, encontramos que la inducción comienza por identificar las relaciones y las comparaciones que proporciona un texto, es básico para poder comprender qué es lo que dice el autor. Primero se definen los elementos y las variables por parejas a comparar, se observan las relaciones entre estas características y, posteriormente, las relaciones de relaciones. Los ejemplos son tomados de las autoras (Kabalen & Sánchez, 2005, p. 34-35).

1.- El perro tiene 4 patas y el colibrí tiene 2 patas.

2.- Luis tiene 10 cuadernos y Antonio tiene 5 cuadernos

A estas dos relaciones se denominan de la clase de primer orden, puesto que relacionan el número de patas entre animales (perro y colibrí) y los cuadernos entre dos personas (Luis y Antonio). Observemos ahora las dos relaciones: ambos tienen patas, ambos tienen cuadernos. ¿Existe alguna relación entre las siguientes relaciones?

3.-El perro tiene doble número de patas que el colibrí, así como Luis tiene el doble número de cuadernos que Antonio.

Esta relación es de la clase del segundo orden, en donde no se observan las características, sino la relación de la relación del primer orden de cada elemento. Esto es muy importante en esta investigación, ya que nos permite distinguir una de las maneras con la que la mente humana realiza estrategias para conocer y abstraer lo que percibe y realizar comparaciones para generar conocimiento nuevo. En el capítulo seis de esta tesis vamos a hablar sobre la propuesta de Gregory Bateson, biólogo y epistemólogo (entre otras especialidades) que explica este mismo concepto de relación al que llama “conexión de primer, segundo y tercer orden” (first, second and third order connection) relacionándolo con el concepto de “la pauta que conecta”.

I.7. Tipos de analogías básicas de acuerdo a la aproximación de la similitud

Desde la metodología científica de las ciencias sociales el Profesor M. Duverger sugiere que al establecer una analogía es indispensable definir cuál es la *clase* a la que pertenece, lo que depende de la relación que exista entre los dos elementos a estudiar. Y cita dos tipos:

a) La *analogía próxima*: existe la *analogía próxima* cuando la relación entre dos elementos comparados es muy estrecha y su objetivo es observar los elementos que difieren de ellas.

b) La *analogía remota*: es aquella en que las igualdades o semejanzas entre los elementos comparados no son notorias y el objetivo es encontrar las características en las cuales coincidan. (Duverger, 1988, pp. 420-422).

En otras palabras, la analogía puede ser lejana (*far analogy*) y una analogía cercana (*near analogy*) (Schild, Herstatt, Lüthje, 2004). Las analogías lejanas se refieren a que los dos modelos se encuentran en contextos distintos o un dominio lejano, pueden ser dos elementos que tienen origen distinto. Un ejemplo de analogía lejana es el siguiente: la suela de los zapatos por ejemplo aquellos zapatos cuya finalidad es caminar mucho, una de las cualidades buscadas es la amortiguación o distribución de las fuerzas internas y externas que

ofrece la suela, lo que hace que el pie pise sin sentir las irregularidades del suelo. La suela puede considerar cualidades físicas determinadas como la forma, el (los) material(es) que cooperan con esta facultad. Por otro lado, en los automóviles se busca esta misma cualidad en los neumáticos y su sistema mecánico; es necesario que el vehículo cuente con una suspensión y unos neumáticos que permitan que el coche pueda disimular las irregularidades del camino de tal manera que el conductor y pasajeros no lo noten. La analogía entre el zapato y el coche es una analogía lejana, puesto que se refiere a dos elementos cuyo origen (funcionalidad, forma, uso) es distinto sin embargo coinciden en un principio estructural, en una cualidad abstracta.

Las analogías cercanas son las comparaciones realizadas entre modelos que cuentan comparten el mismo origen, como por ejemplo cuchillo y una sierra. Ambos elementos tienen una gran cantidad de similitudes, tanto en la función, tiene la cualidad de que ambos tienen una área con filo el cual puede cortar una superficie; ambos cortan a partir de la fricción con la superficie. Consideran también algunas diferencias como la dimensión, la parte para sujetarse o manipularse. Ambos elementos parten de un mismo origen o una clase de objetos comunes como son las herramientas.

El diseño y la naturaleza, por ejemplo tienen dos orígenes muy distintos, uno de ellos tienen un origen intelectual y el segundo parte de un origen biológico. Sus leyes y principios para construirse también difieren. Es sencillo concluir que es una analogía lejana.

1.8. La analogía como método para el desarrollo de la creatividad en el diseño

Actualmente podemos encontrar también una amplia bibliografía sobre estudios sobre el proceso creativo humano, se han hecho aportes desde la psicología como las artes plásticas. En el diseño (particularmente en el diseño de objetos o creación de artefactos), emplean la analogía como un método, se proponen secuencias ejercicio que estimula la creatividad; sin embargo, es evidente que no sólo es un ejercicio para estimular la mente, sino también es un método de búsqueda de respuestas, tal como en la ciencia se busca una hipótesis tentativa.

Los métodos de creatividad basados en la analogía buscan proporcionar respuestas con un grado más elevado de acierto al imitar o tomar como modelo una solución que ha tenido éxito en la misma área o en otras; sin embargo, esto último puede ser aparente, pues lo acertado de la analogía dependerá de las consideraciones particulares observadas y resueltas de manera inteligente en la nueva aplicación. Lo que es importante mostrar es que el establecer una analogía no solo es un proceso de imitar o copiar.

Tipos de métodos para establecer analogías con el fin de desarrollar la creatividad

En la investigación publicada por Institute of Technology and Innovation Management, Technical University of Hamburg, realizada por Katharina Schild, Cornelius Herstatt y Christian Lüthje titulada *How to use analogies for breakthrough innovations*. Se distinguen cuatro métodos básicos: el método Synectic, Leader User, el TRIZ y la Biónica. Estos métodos han sido la base de otros que parten de establecer analogías con el fin de aumentar el grado de innovación de la propuesta. A continuación se redacta una descripción de lo más relevante de ellas:

a) Sinéctica

En inglés *synectics* y del griego *synektikos* "the joining together of different and apparently irrelevant elements" (Gordon, 1961, p.3). Es un método desarrollado por George M. Prince y William J.J. Gordon como un método para desarrollar a la creatividad y lo plasma en su obra titulada *Synectics. The Development of Creative Capacity*.

La Sinéctica surge por el interés de darle un enfoque científico a la actividad mental que representa la creatividad. Después de observar la creatividad en el arte se propusieron mostrar que ésta puede ser consecuencia de un proceso y, además, explicar que esta actividad mental no sólo está determinada para ser practicarla en el arte. La introducción del libro *Synectics* define a la creatividad como: "... la actividad mental en el estado de problema-expuesto, problema-resolución, donde la invención artística o técnica son el resultado"¹⁹ (Gordon, 1961, p. 33). William J.J. Gordon junto con varias instituciones científicas y tecnológicas realizaron sesiones grabadas donde dieron respuestas a problemas concretos. Parten de que el proceso creativo no es un proceso que se pueda controlar, pero sí es necesario que tenga etapas para poder guiar la actividad de crear y las ideas que surjan durante dicha actividad mental para generar un resultado concreto (una o varias soluciones). Se deduce, pues, el método *Synectics* en dos ejercicios principalmente:

Ejercicio haciendo lo extraño familiar. (Making the strange familiar)

A manera de premisa para trabajar, considera que lo más importante es la comprensión y definición del problema, esto lo refleja con la frase "problema-stating" y los ejercicios que procuran ayudar a encontrar las ramificaciones y lo esencial a resolver. En ocasiones, aunque el problema se encuentre planteado al inicio del trabajo, éste puede cambiar. El primer ejercicio consiste en que lo extraño pase a ser familiar. Considerando que el ser humano siempre tiende a la conservación, este ejercicio atenta contra ello. La mente trata de encajar lo extraño con los patrones ya conocidos y, cuando nota coincidencias, lo extraño comienza a tomarlo como familiar.

¹⁹ La traducción se realizó para esta investigación, la cita original es la siguiente: "...as the mental activity in problem-stating, problem-solving situation where artistic or technical invention are the result." (Gordon, 1961, p. 33).

Ejercicio Haciendo lo familiar extraño. (Making the familiar strange)

De manera breve: hacer que lo familiar sea extraño. Esto significa distorsionar, invertir o transponer distintas maneras de ver el mundo familiar en otra totalidad distinta. Las propuestas hechas no son trucos mentales, sino que éstas son usadas de manera estricta por el grupo Syntectics, de manera sistemática para aterrizarlas en un invento que solucione el problema.

En el grupo se han realizado varios métodos que se pueden enunciar en cuatro:

- Método 1. Analogía personal (personal analogy).
- Método 2. Analogía directa (direct analogy).
- Método 3. Analogía simbólica (symbolic analogy).
- Método 4. Analogía fantástica (fantasy analogy).

Método 1.-Analogía Personal

Se basa en el área del conocimiento o experiencia que tiene el individuo; la analogía puede ser interpretada a través del arte literario, relacionada con el ámbito científico o con alguna experiencia personal. Un ejemplo citado por William J.J. Gordon dice que Albert Einstein explica el rol o la identificación por la personalidad empática mediante las entidades físicas.

Método 2.-Analogía directa

En esta analogía se comparan hechos, conocimientos, o tecnología de la misma categoría. Como ejemplo, cita el teléfono inventado por Alexander Graham Bell a partir de la observación análoga con el oído humano.

"se me ocurrió que los huesos del oído humano eran muy sólidos, de hecho, en comparación con la delicada membrana delgada que los manipula, y la idea de que si se produjo fue que si una membrana tan delicada podía mover los huesos relativamente en conjunto, ¿por qué no una membrana gruesa y voluminosa mueve una pieza de acero. Y el teléfono fue concebido"²⁰ (Citado en Gordon, 1961, p. 41).

Método 3.-Analogía Simbólica

La analogía simbólica consiste en el planteamiento del problema, la descripción de los elementos y la solución bajo un lenguaje de símbolos, esto es considerando imágenes, frases poéticas, que no consideren ningún tecnicismo perteneciente a la situación concreta. Sino que sean imágenes que traten de sintetizar las ideas de manera abstracta incluso hasta estética

Para su interpretación (creación e interpretación) se utiliza la asociación. Las asociaciones deben realizarse de manera clara para que no guarden confusión, aunque siempre es necesaria la explicación de ella. ésta ocupa imágenes objetivas e impersonales para describir el problema.

²⁰ La traducción es responsabilidad mía. La cita original es la siguiente: "it struck me that the bones of the human ear were very massive, indeed, as compared with the delicate thin membrane that operated them, and the thought occurred that if a membrane so delicate could move bones relatively so massive, why should not a thicker and stouter piece of membrane move my piece of steel. And the telephone was conceived" (Citado en Gordon, 1961, p. 41) La fuente original es: MacKenzie, Catherine, Alexander Graham Bell (New York: Houghton Mifflin, 1928), pp. 72-73

La analogía simbólica presenta una interpretación amplia del problema y de la solución en comparación con las demás analogías. Una de las cualidades es que William J.J. Gordon se apoya en la teoría Gestalt que dice que la analogía simbólica integra de manera articulada las actividades psicológicas, neuronales y los patrones mentales, lo que hace rápida la interpretación. En la analogía personal, si bien el proceso de interpretación toma mucho tiempo para expresar los matices del problema y soluciones. La analogía directa también puede ser muy sencilla en su planteamiento pero las comparaciones entre la diversidad de opciones a nivel conceptual requiere mucho tiempo. La analogía simbólica proporciona una interpretación conceptual inmediata puesto que los símbolos ya consideran la abstracción.

Como un ejemplo de analogía simbólica se puede hacer referencia a la caricatura imaginaria ideada por el físico escocés James Clerk Maxwell (1867). Un modelo que propuso para poder explicar la segunda ley de la termodinámica, el modelo se conoce como el *demonio de Maxwell* o la *paradoja de Maxwell*.

Método 4.-Analogía fantástica

Es la analogía que considera la fantasía como una realidad. En la explicación de William J.J. Gordon comienza por distinguir que el diseñador requiere sensibilizarse ante la situación a resolver con la misma libertad creativa que tiene un niño, es decir, que no considere de manera rígida lo que la ciencia explica sobre la realidad.

En la práctica, los diseñadores se reúnen para hacer un re-planteamiento del problema y encontrar soluciones basadas en una realidad inventada, distinta a la cual se vive y que puede ser comprendida bajo reglas poco o nada similares a las leyes científicas.

William J.J. Gordon emplea el término "conciencia del autoengaño" o en inglés "conscious self-deceit" para referirse precisamente a la solución de problemas evadiendo las leyes convencionales del mundo científico, lo racional y lógico. Esta conciencia del autoengaño es lo que facilita al diseñador a pensar bajo otra perspectiva del problema, alejado de una respuesta o solución convencional.

William J.J. Gordon expone una conversación en donde el equipo creativo trata de resolver cómo cerrar las puertas de un guardarropa. Un espacio que debe cerrarse mientras que todos los objetos mantienen un orden. La analogía fantástica les llevó a considerar que dentro del mueble había un grupo de microbios que organizara todos los objetos, y que una araña cociera las puertas. A partir de estas ideas comenzaron a generar modificaciones bajo la lógica de esta historia.

No presenta el fin de este caso, sin embargo podríamos decir que en el momento en el cual habría que diseñar el objeto, es conveniente que a partir de la fantasía, se materialice la idea para poder generar una realidad distinta.

b) *Lead User*

Método creado por Eric von Hippel y publicado en julio de 1986 bajo el tema de *Management Science*. Este método pone mucha atención principalmente en la dinámica de selección de usuarios líderes así como también en establecer una adecuada interacción entre los mismos para generar soluciones²¹:

Podemos sintetizar el proceso en la siguiente explicación. El objetivo es proponer una solución “dramáticamente diferente” de producto a partir de una dinámica grupal, en donde los integrantes son usuarios de productos similares. Lo cual implica una selección cuidadosa y estratégica de usuarios líderes.

Las características para la selección de usuarios líderes son principalmente dos: Los usuarios deben contar con habilidades para encontrar soluciones para mejorar el producto que son expertos en emplear. Se localizan usuarios de productos (análogos) de empresas líderes. Se considera que su experiencia les proporciona amplio conocimiento sobre el funcionamiento y resultados así como cualidades de productos similares; lo que se espera de ellos es que hablen de su experiencia con los productos. Por ejemplo, si se quiere innovar en material quirúrgico (textiles o papel o plásticos) para evitar infecciones; el equipo líder estaría compuesto por anestesistas, bacteriólogos, cirujanos, químicos expertos en creación de materiales quirúrgicos, todos aquellos que tengan contacto con este material.

Los usuarios son entrevistados por teléfono, por internet, o personalmente siguiendo una lista contactos de especialistas ya conocidos a partir de publicaciones como revistas o algún medio de comunicación de prestigio en el área. Así como también personas recomendadas por los clientes o expertos. Una vez seleccionados son invitados a participar en el proyecto.

Los usuarios líderes se reúnen y cuentan con un tiempo determinado para el estudio sobre diversos productos. Los primeros productos deben de considerar dos cualidades básicas: una de ellas es que los modelos tienen que pertenecer al mismo ámbito del producto, con esto no se generará un producto totalmente nuevo, sino que se mejorará al máximo un aspecto del mismo. La otra cualidad es que los modelos necesitan presentar una mejora con un alto nivel de calidad en lo que se refiere al problema buscado; esto se puede decir de otra manera: el modelo B con el cual se va a comparar el modelo A es un producto con características extremas en el aspecto buscado.

Por ejemplo, una empresa de autos quiere mejorar un motor, la empresa entonces buscará en motores de autos de la Fórmula-1 o en el sistema de freno de aviones, con ese fin el motor precisará ajustes para que pueda ser adaptado al modelo base.

²¹ En esta pagina web presentan 6 videos de la aplicación del método Usuarios Líderes o User Lider. <http://www.leaduser.com/> (Rescatada el 26 julio 2015)

A partir de esta información recabada por los usuarios líderes, estos las jerarquizan y proponen algunas soluciones aproximadas, mismas que serán analizadas por los diseñadores.

c) *TRIZ*

Son siglas que significan “Theory of Inventive Problem Solving” fueron creadas por Genrich Altshuller durante su estancia de 25 años en una prisión de la anterior URSS. Durante ese tiempo desarrolló un método, el cual, además de ayudarlo a sobrevivir, posteriormente lo aplicaría ampliamente en el ámbito del diseño de productos. El objetivo fue desarrollar una ciencia de la creatividad y acortar los tiempos de creación mediante la estructuración de un método para el proceso del pensamiento creativo.

El método se basa en el estudio de soluciones técnicas de objetos o creación de objetos novedosos en las listas de patentes. A partir de estas listas se identificaban soluciones útiles para el problema de diseño (o técnico) a resolver.

El principal aporte del método es el cómo buscar el modelo. En primer lugar se requería hacer un análisis del problema y describirlo a un nivel muy abstracto. Una vez redactada esta información se hace un ejercicio para identificar en la lista de patentes aquellos modelos que ofrecen una respuesta(s) análogas o contradictorias a lo que se busca. Por ejemplo: alcanzar algo grande a través de algo pequeño (Schild, Herstatt, Lüthje. 2004, p.5).

d) *Biónica*

La metodología general que propone la Biónica consiste en tomar de referencia a la naturaleza para resolver problemas principalmente técnicos. En esta analogía se distinguen los siguientes pasos:

Primero se analiza el sistema de atributos del modelo tecnológico artificial y se abstrae dicho sistema.

Segundo, se interpretan los atributos del modelo biológico (sólo aquellos que pueden ser empleados)

Tercero, se comparan los atributos funcionales del sistema tecnológico artificial y el sistema biológico en sus aspectos más comunes.

Cuarto, se seleccionan las propiedades estructurales análogas más relevantes.

Quinto, se realiza una transformación y adaptación de los principios estructurales en el sistema que será desarrollado²².

Todos los métodos mencionados se pueden valorar a partir de la sistematización de la investigación y la aplicación de la analogía así como de la formalidad del proceso de aplicación del método. El gru-

22 1. Functional attributes of the technical target system are analyzed and abstracted.

2. Transfer of these attributes into the biological world (here a database can be used).

3. Comparison of the functional attributes of the technical system with its biological analogy.

4. Relevant analogies are chosen and prominent structures revealed.

5. Creative transfer and adoption of principle structures of the system to be developed. (Hill, 1993. Consultado en Schild., et. al.)

po de investigadores del Institute of Technology and Innovation Management realizaron un cuadro que aquí se muestra como la figura I.4. el cual muestra una evaluación sobre estos aspectos.

	Systematics		Formal procedure
	Depth of search	Width of search	
Synectics	Low	Not limited	Yes
Lead User	Low	Not limited	No
TRIZ	Deep	Limited to TRIZ-database	Yes
Bionics	Partially	Limited to biology	Partially

Figura I.4. Valoración de los métodos análogos para desarrollar la creatividad, basada en el proceso.

Table 1: Classification of method according to systematics and formality. Tomado de: Schild, (et. al) "How to use analogies for breakthrough innovations" Institute of Technology and Innovation Management, Technical University of Hamburg, Recuperado de: http://www.tuhh.de/tim/downloads/arbeitspapiere/Working_Paper_24.pdf [Consultado: 29 enero 2014] (p.4)

Podríamos decir que la analogía es un método empírico pero que ha tratado de ser formalizado y sistematizado bajo parámetros muy amplios, que cooperan para poder encausar las ideas hacia una respuesta concreta. A partir de estos modelos estudiados podemos decir que el método analógico es empleado en la ciencia, la tecnología y el diseño bajo una premisa básica: encontrar las similitudes de un modelo en otro, para que de esta manera se pueda generar un tercer modelo con una o varias características superadas de los modelos originales y con sus propias cualidades.

1.9.El concepto de modelo analógico

Josep María Martí Font en su libro *Introducció a la metodologia del disseny* propone el concepto "modelo" como fuentes de información pertinente para dar una respuesta al encargo de diseño²³. Para definir el uso del modelo en la metodología de diseño parte de un análisis de definiciones entre ellas la propuesta por el filósofo y matemático Max Black (1909–1988), importante figura de la filosofía analítica destacado por sus trabajos en la filosofía del lenguaje, las matemáticas, la ciencia y el arte, además de ser pionero en la lógica difusa.

Max Black propone que el modelo desde el punto de vista general, es un tipo de diseño o también, algo que puede ser un referente y es digno de imitarse. La imitación puede ser desde los detalles variando la dimensión de los mismos, desde la interpretación matemática, desde la estructura funcional o desde los conceptos. Lo cual corresponde a cuatro tipos de modelos que identifica en la ciencia: el modelo a escala, el modelo matemático, el modelo analógico y el modelo teórico.

²³ El uso de los modelos en el diseño industrial son de gran utilidad, ya que el diseño de un artefacto considera un grado alto de complejidad. Martí propone que los modelos son una fuente de información que serán útiles para que el diseñador pueda observar posibles soluciones que cooperen en su reflexión y comprensión del problema a resolver y a partir de ello lo haga de manera más adecuada posible. La clasificación de modelos que propone son: Modelos de análisis de funcionalidad externa e interna, modelos de análisis formal externo e interno, modelos de análisis de correlaciones forma-función-uso, modelos de análisis de correlaciones componentes internos-forma externa, modelos de análisis de comportamiento del usuario, modelos antropométricos y ergonómicos, modelos de análisis de racionalización del mantenimiento, modelos derivados del análisis de familias de artefactos existentes (Martí, 1999, pp. 234-238)

Esta clasificación se puede presentar de manera “pura” en la práctica o ser un modelo combinando dos o más de los modelos de la clasificación, dependiendo del objetivo que se deba cumplir.

Para esta investigación nos centraremos en el modelo analógico. Por dicho modelo entiende que “es cualquier objeto material, sistema o proceso destinado a reproducir de la manera más fiel posible, en otro medio, la estructura o trama de relaciones del original” (Black, M. 1966, p. 219). En matemáticas se le conoce como isomorfismo a la cualidad de que dos ecuaciones coincidan con la misma estructura. Para Black el isomorfismo es el principio rector del modelo análogo, un principio que significa la pauta para considerar la posibilidad de crear un modelo análogo.

La reproducción de la estructura implica una serie de reglas de traducción para que los valores veritativos (la estructura) que se han identificado como comunes se evidencien. Sin embargo hay que aclarar que el modelo analógico comparte con su original no ningún conjunto de rasgos ni una proporcionalidad idéntica de magnitudes, sino, en forma más abstracta, la misma estructura o configuración de relaciones (Black, M. 1966. p. 219). Es decir que el modelo no imita a la realidad y no será igual que lo que representa, solo reinterpreta uno o varios aspectos de ella.

Por otro lado Max Black también considera los límites y los riesgos que tiene el modelo analógico. El modelo análogo lo considera poderoso porque puede ser posible incorporar las estructuras o las relaciones en una variedad de medios distintos. Sin embargo es peligroso también por los riesgos de interferencias falaces procedentes de aspectos no pertinentes y de distorsiones del modelo están ahora presentes en medida muy agravada; y todo uso que pretenda ser científico de un modelo de esta índole exige confirmaciones independientes. Esto es que los modelos analógicos proporcionan hipótesis plausibles, no demostraciones (Black, M. 1966. p. 219).

El concepto de modelo analógico nos lleva a realizar una reflexión de mucha importancia, la cual es la diferencia entre analogía como método o como modelo.

En el primer caso, el método proporciona una serie de pasos los cuales nos llevan a observar las características similares y las que no son similares. A partir de estas similitudes se genera un modelo que no necesariamente debe de tener como objetivo principal cumplir con estas similitudes.

En cambio, un modelo analógico, pretende representar un objeto o un concepto mostrando las similitudes referentes a la estructura. Lo cual su finalidad sí es representar dichas cualidades puesto son aquellas que lo harán análogo. Esto lo ejemplifica los modelos análogos del átomo y el sistema solar, por ejemplo.

Por ejemplo, un átomo puede ser interpretado como si las partículas elementales que giran alrededor de un núcleo eran como un sistema solar en miniatura. Pero no sería legítimo concluir de ello que, por ejemplo, el proceso de la fisión nuclear es similar al proceso mediante el cual los nuevos sistemas planetarios pueden formarse o destruirse²⁴ (Enciclopedia Britannica, 1970, Vol 1. p. 843).

Son descripciones análogas de conceptos, y son aceptadas por acuerdo. Su función es representar la similaridad para dar una explicación de cómo se comporta un fenómeno que es difícil verlo a simple vista o no es tangible o tiene un grado de complejidad por las variables involucradas que es conveniente simplificarlo.

Con ello podemos distinguir en los siguientes capítulos que traten sobre analogía, si estamos hablando de un método o de un modelo analógico. Esto permite organizar el carácter de cada teoría basada en la analogía, se valorarán tanto los procesos deductivos como los resultados de la manera adecuada.

Conclusión

Como conclusión de este capítulo es importante considerar que la analogía desde el punto de vista de la ciencia es un método empírico para generar hipótesis iniciales sobre la explicación del objeto o fenómeno observado. Esto proviene del proceso de observación que el ser humano realiza para conocer su realidad. El individuo conoce lo desconocido a través de lo conocido, gracias a identificar las similitudes que tiene el objeto y/o fenómeno nuevo con las experiencias de objetos y/o fenómenos pasadas. Al mismo tiempo que distingue lo desconocido para abordarlo de manera distinta.

La analogía como argumentación o también llamado la argumentación analógica, nos permite conocer que las explicaciones que parten de la comparación pueden ser plausibles si se llevan a cabo de manera ordenada y considerando también la validez y coherencia de sus premisas. Los parámetros dados por Irving M. Copi & Carl Cohen son una guía útil para poder considerar las comparaciones dadas por otros autores en los siguientes capítulos, tanto en sus explicaciones sobre la comparación de los modelos análogos basados en la morfología o en conceptos teóricos. Esta tesis no considera la evaluación o crítica de los autores o diseñadores que proponen analogías. Sin embargo, es posible que estas observaciones dadas por Copi & Cohen sean aplicadas para ello en otra investigación.

La analogía puede ser un método para el desarrollo de la creatividad. En este caso, la analogía es un proceso o serie de pasos para desarrollar llegar a una solución con base a retomar información de

²⁴ For instance, an atom may be portrayed as if the elementary particles revolving round a nucleus were like a miniature solar system. But it would not be legitimate to conclude from this that, for example, the process of nuclear fission is similar to the process by which new planetary systems may be formed or disrupted (Enciclopedia Britannica, 1970, Vol 1. p. 843).

modelos. El diseñador o investigador desarrollaría la observación y el análisis para abstraer respuestas útiles para generar un modelo nuevo o mejorar un modelo ya existente. Este método lo vamos a ver en un capítulo posterior en el cual se explican los pasos generales a seguir para poder realizarlo. La aplicación de la analogía como método para generar modelos es el más común en el área del diseño industrial y arquitectónico.

La analogía puede tener la finalidad de generar modelos análogos. Ha sido fundamental para esta tesis conocer que un modelo analógico identifica únicamente la estructura de la realidad. Lo que significa que el modelo es una abstracción sobre un punto del cual se quiera hablar. Lo que puede aclarar que los patterns geométricos en la naturaleza son un modelo de la morfología del organismo solo en ese aspecto, sin incluir la explicación biológica.

El empleo de la analogía en la ciencia o en la investigación en ámbitos de cualquier tipo de conocimiento, o en el diseño, podemos decir que lo más importante es considerar el resultado de la comparación o la observación de similitudes. El hecho que la analogía sea evidente en el resultado dependería si se consideraría relevante para la misma. Por ejemplo, podría considerarse válida el hecho de hacer distinción de la analogía como argumento, método o proceso como una justificación. También es posible que la similitud tenga una influencia predominante en el resultado. Sin embargo, el resultado final no está obligado a mostrar algún rasgo de la analogía hecha en el proceso.

Se distinguieron dos límites importantes en la aplicación de la analogía. La analogía puede ser útil en la transmisión de ideas o ejemplos con el objeto de explicar conceptos nuevos y/o con fines nemotécnicos. Su límite consiste en la eficacia en la cual se hace llegar la analogía es decir, que la analogía requiere de una secuencia de premisas coherentes para que se pueda comprender las similitudes entre los dos modelos comparados. Cuando la analogía no se encuentra desarrollada podríamos entender que se trata de la analogía como figura retórica.

El segundo límite es la valoración de la analogía como método y como resultado final, es posible que no sea comprobable, sino plausible. Sin embargo, el modelo final, si puede ser comprobable a partir de los objetivos o necesidades que debe resolver. Lo cual representa que la procedencia de las similitudes y su aplicación queden en segundo lugar en la evaluación.

Ahora podremos distinguir en los capítulos referentes al diseño si las analogías son el fin de la investigación, son una hipótesis inicial, son retórica, son empleadas como método nemotécnico, o son estimulantes para la innovación en el proceso creativo. Así mismo distinguir si se empleó la analogía con un carácter de método, modelo o argumentación.

Capítulo II.

La analogía como modelo para la obtención de pautas en la teoría del diseño

Introducción

La analogía entre la naturaleza y el diseño en general se ha manifestado en dos ámbitos como son en la teoría y en la práctica. Algunos teóricos en el diseño han conocido las teorías científicas referentes a la biología y se han hecho propuestas de reinterpretación con la finalidad de explicar, clasificar la práctica del diseño. En este capítulo vamos a hablar sobre los métodos científicos referentes a la biología como modelos análogos para las teorías del diseño. Este capítulo trata de responder a la pregunta ¿cuáles son los límites y los aciertos para el empleo de la analogía como método y como modelo en el diseño?.

Al realizar la investigación sobre las teorías en el diseño gráfico basadas en la analogía con la naturaleza no se ha encontrado un documento en el cual hagan todo un desarrollo del planteamiento por lo que fue conveniente buscar teorías en la Arquitectura. Los parámetros para la selección de teorías fueron:

- a) Todas aquellas teorías del diseño en las cuales haya alguna referencia hacia conceptos biológicos.
- b) Toda teoría del diseño que haya sido consecuencia de la reflexión de la práctica del diseñador y que parta de la observación de alguna cualidad de la naturaleza.

A los dos parámetros anteriores se adjunta la siguiente observación: identificar los contenidos de las teorías que incluyan conceptos relacionados a la organización de la composición como son: unidad, estructura, organización, relaciones. Que son los conceptos básicos involucrados en la explicación de cómo se organizan los signos en la composición y en el diseño.

Para la búsqueda de estas analogías, se consideró como fuente bibliográfica principal la obra del arquitecto Philip Steadman, titulada *Arquitectura y naturaleza. Las analogías biológicas en el diseño* (versión original: *The evolution of designs*)¹, que estudia las analogías de manera crítica y se apoya en las teorías pertenecientes al “movimiento de los métodos del diseño” y otras figuras del modernismo². En este periodo

¹ Steadman, P. *The evolution of designs*, Cambridge University Press (1979), Versión consultada: *Arquitectura y naturaleza. Las analogías biológicas en el diseño*. (1982). Madrid-España: H. Blume Ediciones.

² teóricos a partir del siglo XVIII y el siglo XX.

histórico se tenía la intención de hacer científico el proceso de diseño, con lo cual se propusieron las argumentaciones bajo teorías científicas.

En general la importancia de su investigación es la minuciosa búsqueda de diversos teóricos de la arquitectura desde el siglo XIX hasta el siglo XX como Wright, Sullivan y Le Corbusier; reflexiones sobre conceptos biológicos que no habían sido compilados en detalle en algún otro libro. En esta tesis también se profundizó sobre la propuesta de cada teórico, arquitecto o biólogo, buscando referencias en otras fuentes y las fuentes originales citadas por Philip Steadman para poder constatar su punto de vista.

Philip Steadman muestra una postura crítica ante el estudio de las analogías biológicas en la arquitectura “El propósito que me anima es doble: de una parte mostrar lo que, en mi opinión, tienen tales analogías de útil y valioso; de otra, exponer cuanto de ellas creo peligroso y erróneo” (Steadman, 1982, p.13). Esta actitud nos guió a identificar de manera objetiva las cualidades y la utilidad de la analogía.

Para cubrir el aspecto contextual se revisaron obras de carácter histórico como la de Peter Collins *Los ideales de la Arquitectura moderna; su evolución (1759-1950)*³ en donde agrupa las analogías en el apartado de “Funcionalismo” por ser una de las finalidades más perseguidas en el diseño del espacio, ya que en el Modernismo la pregunta sobre si la forma sigue a la función o viceversa era una pregunta que generaba distintas opiniones acompañadas del contexto teórico de las teorías de la evolución, particularmente la lamarkiana más que la darwiniana.

Otras referencias históricas las hemos encontrado en los estudios del arquitecto italiano Paolo Portoghesi (1931-) *Después de la Arquitectura moderna* (Título original *Dopo l'Architettura moderna*) quien identifica claramente la postura de los tres pensamientos arquitectónicos después de la primera guerra mundial: académicos, organicistas y racionalistas; y nos permite identificar a otros teóricos que emplearon la naturaleza como inspiración. Otro autor consultado es Sir James Maude Richards con su obra *An introduction to Modern Architecture*, Nikolaus Pevsner en *Los orígenes de la arquitectura moderna y del diseño*. Ensayos de Barry Bergdoll, Dario Bamboni y Philip Ursprung, *From inspiration to innovation Nature design*.

³ Philip Steadman opina que Peter Collins no muestra una postura como autor cuando habla de analogía. Mi opinión es que si bien, no discute en profundidad las ideas arquitectónicas y su relación con la analogía, sí tiene la opinión general, al igual que Philip Steadman de que las analogías son peligrosas: “La Naturaleza nos ha dado ejemplos de cómo deshacernos de formas que fueron apropiadas a culturas anteriores, pero el estudio de las plantas y los animales no nos puede ayudar demasiado a hacer evolucionar las formas para adecuarlas a las condiciones actuales.” (Collins, 1988, p.159) Aunque también se apoya en la opinión de otros autores como Geoffrey Scott. De acuerdo con Geoffrey Scott, el daño causado por la analogía biológica fue sustituir el criterio de evolución por el juicio estético, por lo cual los historiadores de la arquitectura ya no juzgaban si un edificio era bueno o malo, sino simplemente cómo debía clasificarse cronológicamente.” (Collins, 1988, p.159) Asimismo, el fin de las analogías lo atribuye a los cambios de las ideas biológicas, así como en la filosofía de la arquitectura, que los cambios no necesariamente significan un progreso.

Los contenidos de este capítulo se distribuyen en seis puntos.

- Clasificación de las analogías en la historia de la arquitectura por Philip Steadman y Peter Collins
- La analogía orgánica
- Analogía clasificatoria
- Analogía biológica
- La analogía Evolutiva
- Analogía evolutiva y cibernética

II.1. Clasificación de las analogías en la historia de la arquitectura por Philip Steadman y Peter Collins

En la historia del pensamiento arquitectónico, Philip Steadman y Peter Collins son quienes proponen una clasificación más completa sobre las analogías. Philip Steadman considera sólo las analogías relacionadas a la Biología y Peter Collins habla de todo tipo de analogías encontrada en un periodo de 200 años.

Philip Steadman diferencia cinco tipos de analogías en la teoría arquitectónica: *analogía orgánica*, *analogía clasificatoria*, *analogía anatómica*, *analogía ecológica* y *analogía darwinista*. Estas analogías no están clasificadas desde el punto de vista cronológico, sino desde el punto de vista teórico. Los conceptos función y forma, objeto-organismo siempre han estado presentes en cada clasificación; conceptos que también son retomados por Peter Collins.

Por otro lado, el historiador Peter Collins habla de cuatro tipos de analogía: *analogía biológica*; *analogía mecánica*, que considera la analogía entre la máquina y el edificio como analogía mecánica; *analogía gastronómica*, haciendo uso del término "gusto" relacionado con la "estética"; y la analogía lingüística, en donde se relaciona el lenguaje con el concepto de "estilo". Con relación a la analogía biológica, que es el tema que nos interesa por el momento, se concentra en las teorías científicas de la evolución y el funcionalismo como el soporte teórico que inspiró a los teóricos de la arquitectura.

Para nuestro estudio nos conviene tomar la clasificación de Philip Steadman como base, ya que al no seguir un orden cronológico, permite también una ampliación tanto de los ejemplos como de la clase.

II.2. La analogía orgánica

En este punto Philip Steadman encuentra dos aspectos dentro de la analogía orgánica: uno que habla de la proporción de las partes con el todo; y el segundo que es la belleza conseguida por la funcionalidad en la naturaleza y el arte. Dos condiciones de la composición que siempre han estado involucrados en la teoría del diseño. Podríamos

decir que proporción y funcionalidad son términos teóricos básicos. Términos que durante la historia del diseño se han adecuados a distintos contextos ideológicos, tecnológicos y sociales.

La relación entre las partes y el todo

Stedman sitúa el origen de esta analogía partiendo del pensamiento de los griegos clásicos, tanto críticos y filósofos, que reflexionaban sobre la belleza. Los pensamientos filosóficos de Aristóteles, Platón y Pitágoras con relación a la estética fueron una base importante para los principios del diseño Arquitectónico. Comencemos desde la premisa filosófica que dice que la estética o el concepto de la belleza está íntimamente relacionado con la naturaleza gracias a una comparación análoga. Se partía de la analogía entre lo creado y el creador: todo aquello creado por Dios (un ser perfecto), si lo hacía a su imagen y semejanza, debía ser perfecto por ende. Y si la obra del hombre (ser creado por Dios) podría imitar lo creado por Dios para que, de la misma manera, se manifestara la belleza.

Como parte de los criterios de la estética en la plástica y la arquitectura clásica, se considera la relación del todo y las partes, la totalidad y la integración de los elementos, la unidad de la estructura. Esta integración está manifestada por la proporción, de la cual existen varios métodos muy antiguos que aparecieron durante la historia y diversas culturas como la babilónica, la china, egipcia, griega. El método griego ha sido el que ha influido mucho en lo que se refiere al arte y la arquitectura en el pensamiento occidental. El historiador alemán Rudolf Wittkower (1901-1971) identifica principalmente dos métodos: el matemático creado por los clásicos griegos y practicado también en el Renacimiento (XV-XVI), y la segunda más importante es la proporción geométrica empleada en la Edad Media con bases pitagórico-platónicas. En su libro *Sobre la Arquitectura de la Edad del Humanismo* describe de manera muy interesante la proporción griega. A continuación haremos una síntesis.

La cultura griega, particularmente Atenas, se generó por un grupo de ciudadanos libres que iniciaban la investigación racional de la naturaleza del universo. Una de las herramientas principales para el estudio era la matemática, la ciencia teórica que les permitía estudiar de manera sistemática la naturaleza y que, en el pensamiento occidental, se considera fundamental. A Pitágoras se le considera el fundador de la geometría teórica, a través de ella encuentra diversas relaciones entre la naturaleza. Dice Rudolf Wittkower: "Él aplicó sus hallazgos teóricos a los fenómenos naturales; y las extraordinarias relaciones numéricas que descubrió le introdujeron a creer que la verdad última de la estructura del universo residía en ciertas razones y proporciones" (Wittkower, 1979, p. 529). Lo que permitió comprobar esto fue que las concordancias musicales dependían de relaciones invariablemente

fijas entre las cuerdas del instrumento musical⁴.

Posteriormente, Platón retoma los conocimientos de la proporción Pitágoras en su libro *Timeo* y expone bajo un misticismo matemático el mito cosmológico que le dio a la humanidad la explicación más imaginativa y coherente del mundo hasta que inicia la ciencia moderna. También para la explicación del caos, Platón expone las figuras geométricas perfectas: el tetraedro, el octaedro, el cubo, el icosaedro y el dodecaedro. En donde las figuras básicas era el cuadrado y el triángulo equilátero. A estas figuras les atribuyó una importancia muy profunda, según Rudolf Wittkower, casi mística, siendo éste uno de los aspectos por los cuales fueron reproducidos en la cultura occidental. Por ejemplo, en la arquitectura la mayoría de las iglesias del Medioevo fueron construidas con base en estas formas: *ad quadratum o ad triangulum*. Un ejemplo de ello es la catedral de Milán (1391).

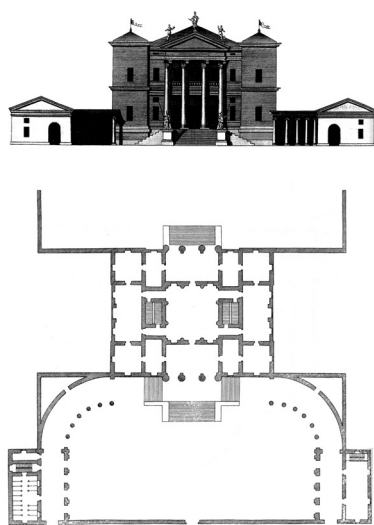
En el Renacimiento, según Rudolf Wittkower, el cristianismo centró sus esfuerzos en el intento de recuperar a Platón. Así que se trató de interpretar que la armonía de la obra de Dios se podía interpretar por el orden numérico platónico (Wittkower, 1979, p.530). Los libros que hablan sobre ello principalmente son *Los 10 libros sobre Arquitectura* de Alberti en 1450.

<<los números por los cuales la concordancia de los sonidos afecta placenteramente a nuestros oídos son los mismos que agradan a nuestros ojos y nuestra mente” y formula una teoría aritmética de las proporciones que está inspirada en los intervalos armónicos de la escala musical griega.>> (Wittkower, 1979, p.530)

4 La explicación de la propuesta de Pitágoras según Rudolf Wittkower: “Si tenemos dos cuerdas en las mismas condiciones y una mide exactamente la mitad que la otra, y las pulsamos, el tono de la cuerda más corta es una octava mayor que el de la otra, es decir, se da la relación 1:2 que corresponde al tono de una octava. Partiendo por la mitad la cuerda más corta obtenemos una octava más respecto a la primera, y las relaciones entre las dos octavas pueden expresarse así: 1:2:4. Si tenemos dos cuerdas con la razón 3:4 y la diferencia de tono es un cuarto y repetimos el experimento con cuerdas en la relación 2:3, la diferencia de tono será un quinto. La escala musical griega constaba de tres consonancias simples: la octava, la quinta y la cuarta; y dos consonancias compuestas, la doble octava y la octava más la quinta. Resulta, pues, que todo el sistema armónico conocido por los griegos se circunscribía a las razones 1:2:3:4. El descubrimiento de que todas las consonancias musicales son expresables aritméticamente mediante las razones de los cuatro primeros enteros, así como el descubrimiento de que existía una interrelación íntima entre sonido, espacio (longitud de la cuerda) y números tuvo que causar perplejidad y admiración en Pitágoras y sus discípulos, pues todo parecía indicar que habían hallado la llave que abría la puerta de las inexploradas regiones de la armonía universal.

Hasta ahora nuestra exposición se ha limitado a la geometría (división de la cuerda). La aritmética reveló más misterios; al aplicar la teoría pitagórica de las “medias” a las razones entre los intervalos de la escala musical griega, esta última adquirió una *raison d’être* [razón de ser] lógica y matemática. Para entender esto es importante que distingamos entre razón y proporción. La razón es una relación entre dos cantidades, mientras que la proporción es la igualdad de razones entre dos pares de cantidades. Es decir, en una verdadera proporción debe haber al menos tres magnitudes, dos términos extremos y un término medio, que usualmente se denomina simplemente “el medio”. Es significativo que los tres tipos más importantes de proporciones, cuyas propiedades fueron totalmente formuladas ya por Pitágoras y sus seguidores, determinen las consonancias de la escala musical. La primera de esas proporciones es la llamada proporción geométrica, en la cual el primer término es al segundo como el segundo al tercero (1:2:4). Por tanto, la proporción geométrica es la que determina la octava. El segundo tipo recibió el nombre de “proporción aritmética”. Aquí el segundo término excede al primero en la misma cantidad que el tercero excede al segundo, como por ejemplo en la proporción 2:3:4. En otras palabras, la proporción aritmética determina la división de la octava en una quinta y una cuarta. El tercer tipo fue denominado “proporción armónica” tres términos están en proporción armónica cuando la distancia de los dos extremos al medio es la misma fracción de su propia cantidad. Consideremos 6:8:12; el medio 8 excede a 6 en $1/3$ 6 y es excedido por $12/3$ 12. Esto es una inversión del caso precedente, pues 6:8:12 divide la octava en una cuarta y una quinta. Por tanto estos tres tipos de proporciones y las constancias musicales mantienen una íntima relación”. (Wittkower, 1979, p. 529)

Varias obras arquitectónicas se encuentran resueltas bajo estos principios, como las dimensiones que dio Palladio a la planta de la Villa de Thiene publicada en sus *Cuatro Libros sobre Arquitectura* (1568) donde según Wittkower explica que las habitaciones están basadas en las series armónicas 12-18-36, que representan las razones 1:2, 2:3 y 1:3, aunque las proporciones musicales no se trasladaban a las proporciones visuales, sí se consideraba que había una relación y un resultado bello en los números enteros. (Figura II.1)



Una de las diferencias entre las proporciones geométricas y aritméticas consiste en los resultados de las relaciones de las cifras, las cuales daban números conmensurables (enteros) o inconmensurables (no enteros) ⁵. Esto era la ventaja de cada método. En el método matemático la columna podía tener un diámetro que estuviera relacionado con la altura, sin embargo esta proporción no tenía relación con la totalidad. En cambio, en el método geométrico, la relación de las partes con el todo era fundamental. Otra de las diferencias que es importante mencionar es la manera de emplear la proporción. “El artista medieval proyecta con una norma geométrica preestablecida sobre su imaginaria, mientras al artista renacentista que tiende a extraer una norma métrica de los fenómenos naturales que le rodean” (Wittkower, 1979, p. 536) con base en figuras abstractas que no tuvieran ninguna relación con la configuración orgánica en sí. Según Wittkower, en la Edad Media las proporciones métricas eran empleadas como un “expediente práctico y nunca, o casi nunca, como principio integrador”... (Wittkower, 1979, p. 536). En cambio en el Renacimiento, la proporción métrica era “el principio rector del orden que revelaría la armonía existente entre las partes y el todo” (Wittkower, 1979, p. 536). El método de Vitruvio fue muy bien aceptado por el Renacimiento, donde la relación numérica podía estar garantizada.

Figura II.1. Villa de Thiene. Obra de arquitectura civil de Andrea Palladio. Imagen tomada de: Palladio, A. (1993) Don Joseph Franco Ortiz T Sanz (Trad). *Los cuatro libros de Arquitectura*, (Libros primero y segundo) (1797, Imprenta Real) Barcelona: Alta Fulla. También se puede encontrar ilustraciones del mismo edificio en las siguientes bibliografías: Palladio, A. (1980) *I quattro libri dell'architettura*, Milano: Edizioni il Polifilo . p.164. Wittkower, R. (1979). *Sobre la Arquitectura en la Edad del Humanismo. Ensayos y escritos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili. S.A. p.531

En realidad la proporción geométrica y aritmética no es que tuviera una relación con la cabeza y los brazos, sino que la simetría, las proporcionalidad geométrica de los miembros podía plasmarse en los edificios sobre todo en el Medioevo.

El pintor, arquitecto y escritor italiano Vasari Giorgio (1511-1574) en su libro (traducción al inglés) *Vasari on technique* considera muy importante la manera en la cual el arquitecto interpreta la idea en dibujo a la realidad. Para ello es necesario poner mucha atención a la proporción y distribución de las habitaciones, el grosor y alto de las paredes; así

⁵ Creo conveniente citar la explicación clara de Rudolf Wittkower sobre las diferencias entre la proporción matemática y geométrica: “la escala musical griega, consta de números o fracciones simples, en una palabra, trabaja siempre con razones conmensurables. En cambio, numerosas proyecciones geométricas son inexpressables mediante números enteros o fracciones simples; es decir, son inconmensurables o irracionales. En el triángulo equilátero, por ejemplo, la altura (o sea la perpendicular) es inconmensurable respecto a la longitud de los lados y sólo puede expresarse mediante la $\sqrt{3}$. La hipotenusa del triángulo isósceles recto, es decir, la diagonal del cuadrado es a los lados cortos como 1 es a la $\sqrt{2}$, y en la construcción de la “justa medida” la longitud de los lados del cuadrado mayor es a la longitud de los lados del cuadrado menor como 1 es a $\sqrt{2}/2$. La construcción del pentágono implica dividir un segmento recto en razones externas y medias. Lo que Euclides (VI, 30) llama “cortar una línea en razón externa y media”, se denomina ahora Sección Aurea; en ella, la parte menor es la mayor como la mayor es al todo, y por supuesto esta proporción es inconmensurable.” (Wittkower, 1979, pp.533-535)

como también el número de columnas y ventanas, entre otras cosas. Describe una analogía sobre la fachada de un Palacio ideal:

Entonces esto debe representar el cuerpo de un hombre en el conjunto y de manera similar en las partes; ... El primer aspecto, la fachada exige la belleza y la grandeza, y debe ser dividido como es el rostro de un hombre. La puerta debe estar abajo y en medio, como en la cabeza la boca del hombre, a través del cual pasa todo tipo de comida; las ventanas para los ojos, una de un lado, una en que, observando siempre la paridad... (Vasari, 1960, pp.96-97)⁶

Las analogías hechas sobre los edificios y el cuerpo humano, para Philip Steadman son ingenuas y contienen un gran carácter místico. Estas relaciones estaban hechas a partir de que todo aquello que fuera creado por Dios era bello, si el hombre era creación divina, su creación también debía serlo. Por lo que la imitación a la naturaleza la cual se consideraba equilibrada y armónica bajo las relaciones numéricas que dictaban los pitagóricos como perfectas, era importante.

Estas interpretaciones son consideradas por Philip Steadman como místicas e ingenuas, desde el punto de vista teórico del diseño. Con un fuerte sentido a imitar la naturaleza por su belleza y perfección dadas por el creador. Dicha creencia, si bien no es declarada de esta manera, la creencia de la perfección en las formas naturales aún persiste y aparece de manera reiterada en la historia de la arquitectura y del diseño en general.

Steadman distingue que a mediados del siglo XIX, a partir de las expediciones arqueológicas, los arquitectos y los biólogos amantes del arte vuelven a interesarse por los sistemas de proporción clásicos, con los cuales comenzaron a estudiar las obras de la antigüedad.

Esto coincide con la observación de los biólogos en la disposición de las hojas de algunas plantas así como también en los pétalos de algunas flores generaban formas o patrones que correspondían a estas secuencias numéricas, (principalmente estudiados por la filotaxis) coincide con las secuencias numéricas. En zoología el ejemplo más conocido es la espiral la cual también tiene un desarrollo logarítmico apreciada en la naturaleza por el distinguido geómetra (científico y arquitecto del siglo XVII) Sir Christopher Wren. También se identificaron formaciones de espiral en las semillas de girasol como la disposición de los segmentos de la piña tropical. Los estudios sobre el espiral también consideraron formas helico-espinales identificadas en los dientes y cuernos de algunos animales. D'Arcy Thompson escribe su libro *Sobre el crecimiento y la forma*, una obra del siglo XIX que profundiza sobre estos temas entre otros concernientes al desarrollo de la forma de los organismos vivos y la geometría.

⁶ La traducción es responsabilidad mía. A continuación se presenta el texto original: "Then it must represent the body of a man in the whole and similarly in the parts;...In its first aspect the façade demands beauty and grandeur, and should be divided as is the face of a man. The door must be low down and in the middle, as in the head the mouth of the man, through which passes every sort of food; the windows for the eyes, one on this side, one on that, observing always parity..." (Vasari, 1960, pp.96-97)

Philip Steadman considera que hay una sobrevalorización por parte de los teóricos del diseño, arquitectura y arte de las proporciones de la sección áurea, la serie fibonacci y otros sistemas. Esta sobrevalorización se traduce a que había una búsqueda incesante en el análisis de las obras de arte bajo estas premisas geométricas, con el objeto de confirmar que su desarrollo pudiera ser semejante al desarrollo geométrico de los organismos vivos.

Distingue algunos estudiosos inspirados por este movimiento como D.R. Hay, en su libro *La ciencia de la belleza: desarrollada en la naturaleza y aplicada en el arte*. En ella habla sobre los principios pitagóricos de la geometría y la proporción. Es amigo del zoólogo y anatomista John Goodsir, profesor de anatomía en Edimburgo e interesado en el arte y los escritos sobre morfología de Goethe. En el año 1851 ambos pertenecían a un grupo en Edimburgo para la discusión de la forma natural y artística.

En Alemania también se había creado gran interés en los descubrimientos sobre la botánica y la geometría. Philip Steadman habla de la obra del psicólogo Adolf Zeising (1810-1876) donde distingue la sección áurea como la "llave" de la morfología biológica y la forma en el arte (Steadman, 1982, p. 34) e influye en otros estudiosos como Sir Theodore Cook en Inglaterra.

El libro del Sir Theodore Cook, titulado *Las espirales en la naturaleza y el arte* (1903), y el segundo libro *Las curvas de la vida* (1914) Philip Steadman considera que además de ser un libro exhaustivo en el estudio de la espiral, propone que la espiral poseía una singular trascendencia "como principio natural universal de vitalidad y belleza", mismo adjetivo que lo lleva demasiado al realizar análisis de obras tratando de conseguir que estas coincidieran con la proporción áurea. A lo cual Philip Steadman dice:

"Innecesario resulta señalar que análisis de este tipo, tanto de pinturas como edificios, no pueden pretender explicar ni el más simple principio de crecimiento en la forma del cuerpo humano descrito o en la forma arquitectónica, como tampoco el "crecimiento" de la composición pictórica o arquitectónica bajo la mano del artista. Se trata tan sólo de lo que D'Arcy Thompson denomina despectivamente una serie de "concepciones místicas" sobre el segmento áureo que permiten su super entusiástica aplicación en forma tan excesiva que terminan por perder todo sentido" (Steadman, 1982, p.35)

No se puede quedar atrás la obra de Ernest Haeckel en *Formas artísticas de la naturaleza* con una gran cantidad de ilustraciones artísticas sobre moluscos, crustáceos y otros organismos en donde acentúa la simetría de la forma biológica. El estudio de la geometría se extiende a la simetría de los cristales y con ello al concepto del orden del universo, puesto que se consideraba que la formación de estos minerales guardaba perfección. Sobre este tema Philip Steadman cita entre otros la obra de Matila Ghyka.

Philip Steadman opina que si bien los análisis desarrollados sobre la geometría y la naturaleza no generan ninguna duda de su veracidad, en lo que refiere a que la forma biológica desde el punto de vista geométrico tiene una secuencia matemática. Así mismo el arte puede estar regido por algún sistema de proporción clásico o no clásico. Sin embargo queda en una postura absurda el hablar de una analogía entre el diseño y la naturaleza desde este punto de vista de la proporción:

Más una vez formuladas las leyes comunes (matemáticas) de simetría subyacentes, la analogía específica de la obra de arte en el organismo se torna irrelevante y quizá sería mejor abandonarla. (Steadman, 1982, p.36)

Si bien, la idea del concepto orgánico en la época clásica consistía en la relación de las partes con el todo, si se observa desde el punto de vista geométrico, la analogía es absurda, puesto que no se llega a comparar las cualidades biológicas con la composición en lo que respecta a su estructura o desarrollo de crecimiento, sino que se considera análogo al sistema geométrico con el que se basaron para generar proporción.

La conclusión de Philip Steadman nos lleva a reflexionar seriamente en la propuesta de generar un modelo análogo a la morfología biológica. Si la analogía está basada en la reinterpretación de los patrones geométricos de la forma, la comparación se considera solamente en la similitud geométrica y no en las cualidades biológicas las cuales no hay ninguna cualidad biológica directa en la composición gráfica. Esto ha conllevado a considerar que la morfología biológica no es el modelo en el cual se base la observación de las relaciones. Es debido a considerar otro modelo.

La belleza a partir de la funcionalidad

La forma no era el único aspecto observado en la naturaleza. Se tenía una gran admiración por la funcionalidad del cuerpo en los seres orgánicos, misma que se trató de imitar en distintos ámbitos de la ciencia para resolver problemas de la ingeniería. Aristóteles (384 A.C.-322 A.C.) considerado el padre de la anatomía comparada, en su apartado *Las partes de los animales* al establecer el método de estudio señala no solo las partes que tienen los seres orgánicos, sino para qué sirven estos y sus partes. Distingue:

Pero, puesto que todo instrumento^[7] tiene una finalidad, que cada una de las partes del cuerpo es para algo, y que la finalidad es una acción, es evidente que también el cuerpo en su conjunto está constituido para una acción compleja. La acción de serrar, efectivamente, no tiene como finalidad la sierra, sino que la sierra tiene la finalidad de serrar, pues serrar es un uso de la herramienta. De modo que también el cuerpo en cierta

⁷ La palabra *órganon* significa tanto instrumento o herramienta como órgano del cuerpo. (Aristóteles, 2000, p.75 Libro I, Sección 645, parte 15).

manera tiene como finalidad el alma, y las partes tienen como finalidad las funciones que cada una tiene fijadas por naturaleza. (Aristóteles, 2000, p.75 Libro I, Sección 645, parte 15)

La relación funcional entre los organismos fue identificada por Aristóteles bajo los términos homogéneos y no homogéneos. Las partes no homogéneas son consideradas como las partes que generan la función y la acción de los ojos, de la nariz y de todo el rostro. Las partes no homogéneas son los huesos, los tendones, carne y que tienen una dependencia con las partes homogéneas. Cada una de las partes del organismo tienen una función y todos a su vez forman parte de una función general.

Philip Steadman distingue en la historia que los principios de funcionalidad dieron pie a que la biología estableciera una analogía con la mecánica. Rene Descartes (1596-1650) propone que relacionar el cuerpo animal con máquinas, particularmente la que más se le acerca es el órgano de iglesia. Descartes propone también una analogía mecánica en donde explica el movimiento de los músculos a partir de tubos que se conectan a estos, estos tubos son huecos y permiten que viaje el "fluido sutil" o el "alma del animal". Esta misma idea fue corroborada por el contemporáneo y seguidor de Descartes, William Harvey (1578-1657) médico inglés quien propone la explicación sobre sistema circulatorio basado en la analogía donde las venas y arterias son tubos que transportan los nutrientes a todo el cuerpo, donde dicha irrigación esta controlado por bombas y válvulas.

Las relaciones entre la biología y la mecánica continuaron en el siglo XVII durante la iatromecánica que fue la rama de la medicina que pretendía dar respuesta a las incógnitas de la fisiología y patologías a partir del funcionamiento mecánico. Sin embargo esta rama no tuvo mucha relevancia en la medicina y desapareció como tal. Pero la analogía conllevó al diseño de modelos autónomos como los hechos por el ingeniero e inventor Jacques Vaucanson quien diseña el primer robot. A partir de estos modelos se desarrollaron otros incrementando la complejidad hasta llegar a considerar una tecnología muy avanzada y generar modelos auto-regulados y adaptativos al ser una imitación del cuerpo, simultáneamente han propuesto explicaciones de cómo funciona este sobre todo el cerebro. Entre los investigadores sobre los temas de las neurociencias en relación con la cibernética y tecnología Philip Steadman considera a Grey Walter y William Ross Ashby donde habla de la capacidad de autorregulación del cerebro y de las máquinas.

Philip Steadman también hace mención que la biología ha promovido mucho la analogía entre el organismos y las obras de arte o la arquitectura, sobre todo desde el punto de vista de la ingeniería. D'Arcy Thompson en su libro *Sobre el crecimiento y la forma*, considera que se puede aprender de la construcción de puentes (como el Forth Bridge) y la distribución de cargas, las cuales coinciden en la distri-

bución de cargas de los cuadrúpedos. Philip Steadman duda mucho de estas analogías puesto que la información que presenta D'Arcy Thompson sobre el puente, no es del todo completa, lo que no deba negar que haya constantes en lo que se refiere a los principios físicos y capacidad de resistencia de los materiales.

El funcionalismo estético interpretado en la arquitectura modernista se ha tornado solamente al principio ideológico, donde todas las partes de un organismo o del edificio debía tener una funcionalidad en la composición. Así mismo, todas las ejecuciones de las partes eran necesarias para la funcionalidad de la totalidad. Y es el concepto de la presencia del "ornamento". Se entendió por ello que el elemento plástico forma parte del objeto o edificio de manera esencial y funcional, lo cual podría hacerse evidente y no ocultarse bajo otro elemento.

Las funciones estructurales del edificio se evidencian y sus elementos portantes aparecen desnudos; se permite a los espacios internos proyectar sus formas características en el contorno exterior, "expresadas" de la misma manera como podría abultarse a través de la piel los órganos del cuerpo". (Steadman, 1982, p. 31)

Podemos concluir varias cosas sobre la analogía orgánica. Este tipo de analogía esta contextualizada bajo el pensamiento de la filosofía antigua, de la cual hemos hablado en el Cap I. En el arte, el hecho de que la obra artificial fuera similar a la naturaleza garantizaba la cualidad de la belleza y orden, características con las que se había interpretado la naturaleza, en ocasiones influenciado por creencias de tipo religioso. Emplear la analogía observando las cualidades semejantes entre dos modelos con un origen distante es válido siempre y cuando se considere que las cualidades comparadas deben reinterpretarse. Así como también tener en cuenta que la analogía no puede afirmar que haya una igualdad en los dos modelos solo deben ser plausibles.

Por otro lado es común relacionar el término "orgánico" con los contornos sinuosos de los organismos vivos. El hecho de conocer la procedencia del término "orgánico" nos permite distinguir qué se refiere al principio de la relación de las partes con el todo. Concepto que como se ha visto está vinculado al significado de proporcionalidad y funcionalidad en la antigüedad. Esto nos lleva a considerar la importancia que tiene el conocer el origen de los conceptos y las condiciones contextuales ideológicas que le dieron sentido. Al hablar del término en un contexto teórico contemporáneo es necesario hacer referencia al significado o el sentido con el cual va a ser interpretado.

El aporte que se considera más relevante para esta tesis se considera que es en la selección de los dos modelos que pretenden ser análogos. Si bien en la arquitectura se han propuesto analogías así como en la biología, la analogía no ha sido establecida entre los contenidos de estas disciplinas de manera directa. Las analogías dadas desde la biología y la arquitectura se basan en el modelo mecánico o las

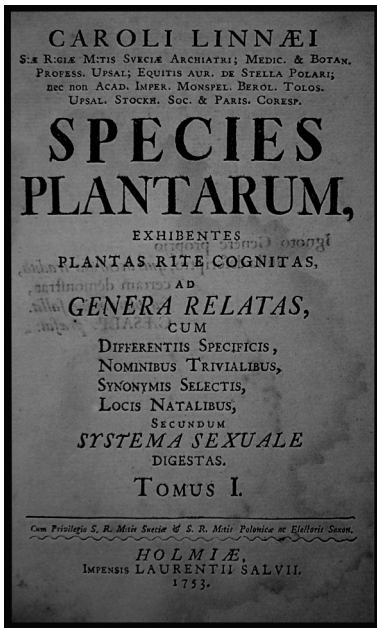


Figura II.2. Portada del libro de *Species Plantarum* de Carl von Linné (1753). Foto: Angélica Castro. Museo de Linnéträdgården, Uppsala-Suecia. Fecha: 30 junio 2008.

máquinas. Coincido con Philip Steadman en considerar que no se ha realizado una analogía entre la forma biológica y la arquitectura de manera directa. Esto conlleva a confirmar que si se propone que la estructura relacional se basa en el modelo las relaciones de la forma geométrica orgánica y las relaciones geométricas de la composición gráfica, se desarrollan dos limitantes: El primero es que la analogía se establece entre la morfología orgánica o la arquitectura con la geometría. En segundo lugar, el modelo análogo a partir de la definición de Max Black es la abstracción de la estructura directamente del modelo, por lo que la analogía establecida no es directa, sino indirecta entre la composición gráfica y la estructura de los seres orgánicos. Los resultados que se puedan obtener sobre la organización de la forma o las relaciones establecidas no dependen de los dos modelos que se quiere comparar desde origen: la biología y la composición.

II.3. Analogía clasificatoria

La filosofía de las ciencias naturales, así como los conocimientos en concreto, fueron inspiradores para la arquitectura en el ámbito de la metodología. En el siglo XVIII la actividad científica y en especial la zoología y botánica tenía como uno de sus objetivos el agrupar las especies naturales conocidas y clasificarlas en sistemas. Los brillantes trabajos del sueco botánico y zoólogo Carl von Linné (1707-1778) con su libro *Species Plantarum* (1753) (Figura II.2) y el francés naturalista botánico y matemático Georges Louis Leclerc de Buffon (1707-1788) *Histoire Naturelle* (1749) aportaron importantes conocimientos y bases de estudio a la biología. El desarrollo de su trabajo se centra en tres conceptos: los sistemas, el método y arquetipo. Veamos cómo lo desarrollan:

La sistemática es el estudio de la clasificación de las especies de acuerdo a su historia evolutiva (filogenia actualmente); sin embargo, cuando nace este tipo de estudio en el siglo XVIII Linneo lo aplica en su propuesta de clasificación. El método que se empleaba era el método observacional, el cual consistía en (valga la redundancia), observar con el objetivo de recabar datos de la realidad sin introducir ningún tipo de artificio o control.

Linneo observó una gran cantidad de organismos que partían de distintas partes del mundo, variante que no influyó en su trabajo. Elaboró una descripción de una gran cantidad de plantas y animales conocidas en ese momento. La clasificación de Linneo se basó en la observación de los órganos reproductores de las plantas, frutos y flores.

El método de clasificación que empleaba era sencillo, se determinaban las diferencias y las similitudes aparentes entre las especies, se agrupaban en familias y graduaban en la escala continua de la tabla clasificatoria. El modelo les permitía incrementar la clasificación ya

que tomaban en cuenta la primer especie, la analizaban y, a partir de allí, registraban las diferencias que habían en los demás organismos. Así las similitudes y las diferencias generales eran independientes del orden del examen. A estos grupos de especies con características comunes les llamaron sistemas.

Por otro lado, Buffon no estaba de acuerdo en la propuesta de Linneo, que en su opinión era poco sistematizada. Buffon propone la idea de *scala naturae*, organización lineal de los seres orgánicos de manera gradual, pero no desde un punto de vista morfológico, sino funcional.

El tercer concepto, el de arquetipo, se hace presente por la influencia de la Iglesia, que defendía la idea de que todo proviene de un Dios. Con base en ello era común pensar que los seres orgánicos podían provenir de un mismo origen, de un arquetipo. La palabra en sí tiene los significados de “fuente”, “principio”, “origen”, “modelo”, “impresión” del cual otros objetos, ideas, o conceptos se derivan. Buffon tuvo que cambiar algunos conceptos de sus investigaciones. La teoría de los arquetipos se formaliza en el siglo XIX y comienzos del XX por la escuela alemana de zoología trascendental, o *Naturphilosophie* (Filosofía de la naturaleza⁸) en donde uno de los miembros más conocidos del grupo de científicos era Johann Wolfgang von Goethe, junto con Lorenz Oken, Carl Gustav Carus, Geoffroy Saint-Hilaire, entre otros naturalistas y filósofos que pensaron que la diversidad orgánica estaba producida y determinada según unos tipos primitivos, unos arquetipos. Goethe incluso diseñó la *Urpflanze*, planta arquetípica que contenía las principales características de todas las plantas, concepto que sólo quedó como un producto parte de la imaginación creativa. (Figura II.3)

Goethe en el campo de la zoología, en su ensayo titulado *Zur Naturwissenschaft überhaupt, besonders zur Morphologie* (1817) propone el término “morfología” para hablar de la forma y la estructura de los seres orgánicos e inorgánicos y los factores geométricos que rigen la forma. Goethe pensaba que podía establecerse una analogía entre la estructura esquelética de los organismos con la estructura cristalina, cuya similitud se pretendía que ocurriera en la forma así como en su crecimiento⁹.

Ritterbush P.C. opina que “Durante más de un siglo se habían desarrollado cristales ramificados y exhibidos como “plantas de piedra” que pretendían ser la evidencia confirmatoria de las explicaciones mecánicas al crecimiento de las plantas” (citado en Stedman, 1982, p.44). Para la *Naturphilosophie*, podía producirse la llegada de una ciencia geométrica abstracta que unificara los fenómenos de las for-

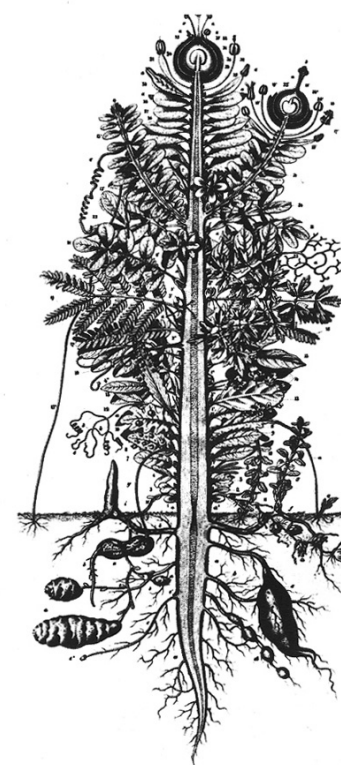


Figura II.3. *Planta ideal diseñada por Goethe.* Ilustrada por el prestigioso ilustrador Pierre Jean François Turpin, Recuperado de: <http://borderlandresearch.com/inducing-urpflanze> [Consultado: marzo, 2014]

⁸ La Filosofía de la naturaleza es una corriente de tradición filosófica del idealismo alemán, surge en el siglo XIX y ligada al Romanticismo. Está inspirada en la Crítica del Juicio de Kant y en la obra de Fichte, Friedrich Schelling quien fue su principal promotor. La *Naturphilosophie*, ante el mecanicismo de la física clásica, defiende una concepción orgánica de la ciencia es decir que el sujeto tiene un papel esencial, concibiéndose el mundo como una proyección del observador. Esto en general.

⁹ R. J. Haüy, considerado como el padre de la cristalografía. Su obra se titula *Traité de Mineralogie* de 1801 habla sobre las leyes de crecimiento axial y simétrico.

ma de la planta y cristales, y los mostrara basados en principios fundamentales idénticos. (Steadman, 1982, p.44)

Este principio estaba basado en dos conceptos: el tipo, que parte también de la idea de un elemento común entre la diversidad orgánica animal; y la metamorfosis en el campo de la morfología vegetal, en donde se explica que todos los órganos florales de las plantas son variantes de una forma original y su cambio ha sido por metamorfosis. Este concepto fue retomado más adelante por Charles Darwin junto con el concepto de Homología de Richard Owen, influenciado por la Anatomía Trascendental proveniente de la Naturphilosophie¹⁰.

Después de saber el origen de la analogía pasaremos a ver cómo se consolida en la arquitectura. En el siglo XVIII surge la arqueología, se comenzaron a realizar viajes y se vio la necesidad de clasificar todo este material (edificios de distintos estilos y épocas). Su clasificación se basaba en la teoría del arquetipo.

Una nota interesante es la fuente de los métodos y los razonamientos para la clasificación:

De forma metafórica y un tanto aproximada, la diversidad Geográfica de los estilos arquitectónicos contemporáneos se correspondería con la diversidad de las especies vivas, mientras que los estilos históricos reconstruidos a partir de los hallazgos de la arqueología se asimilarían a las especies fósiles. (Steadman, 1982, p. 45)

En el siglo XVIII había un gran interés por la arquitectura clásica, arqueólogos y arquitectos se mostraron interesados por las ruinas griegas, en donde encontraban gran inspiración y los ejemplos de lo más adecuado en cuanto estética y matemática en la arquitectura. Se realizaron colecciones que más adelante publicaban o exhibían al público. Los libros de Vitrubio eran consultados por las descripciones detalladas de los edificios clásicos.

En 1751 Nicholas Revett (1721-1804) invitó al arquitecto escocés James Stuart (1713-1788) para realizar una expedición arqueológica a Atenas de la cual resultó la obra *Antiquities of Athens*. El primer volumen fue publicado hasta 1762. Esta obra es uno de los primeros intentos de catalogación de las ruinas griegas. Fue una guía para los arquitectos jóvenes, pues les proporcionaban muchos modelos para

¹⁰ La Anatomía Trascendental, también conocida en inglés como "higher anatomy", "philosophical anatomy" y "transcendental morphology" las cuales pueden ser sinónimos de "transcendental anatomy" y en castellano: anatomía trascendental. Era una forma de anatomía comparada que tenía la finalidad de encontrar el patron ideal o Tipo de las estructuras de los organismos tanto en plantas como en animales. El término proviene de la Naturephilosophie, un movimiento filosófico del idealismo Alemán del siglo XIX que se extiende a Inglaterra y Francia. Algunos de los científicos relacionados con este pensamiento son: Goethe, Lorenz Oken, Geoffroy Saint-Hilaire y Richard Owen. Philip F. Rehbock en el artículo *Transcendental anatomy* habla de cuatro ideas principales de la filosofía de la Anatomía trascendental: a) Presupone un Plan ideal o un Tipo (unas pocas plantas) entre la diversidad de estructuras visibles del reino animal y vegetal. Este plan es el que determina la capacidad funcional de los organismos en lugar de ser determinados por ellos. b) se supone que el Plan ideal actúa como una fuerza que mantiene la uniformidad anatómica, en oposición a la diversidad-inducida de fuerzas en el ambiente físico. c) la creencia de este a priori Plan, no existe de manera física, no ha sido descubierta. y d) la aspiración por descubrir las conceptos adicionales o leyes, que son los que soportan la elaboración del Plan Ideal especificando cómo como la diversidad anatómica puede tener visto como uniformidades. (Cunningham & Jardine (edit), 1990, p.144)

ser imitados y comprender los métodos griegos para la construcción de templos (Jason, 1915, en línea). A partir de sus investigaciones, Stuart construye el templo "Hagley Park" (1751) como ejemplo de la vuelta al orden dórico griego y el primer edificio que intenta reconstruir un templo griego. Más adelante construye "Lichfield House" (1763) imitando al jónico.

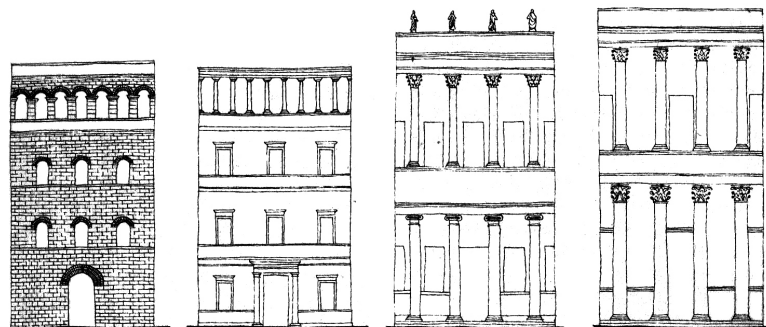
Otra obra importante, en la cual se parte de una clasificación, son los escritos del arquitecto, urbanista y teórico francés Jacques-François Blondel (1705-1774) que en 1751 publicó el primer libro de historia moderna de la arquitectura, pero es además por su participación en la cátedra Encyclopédie, donde se detallaban descripciones y clasificaciones de procesos de manufactura e industriales. Lo cual influyó mucho en el cambio de actitud hacia una arquitectura nueva y contemporánea, que era lo que se proponía. Los alumnos de Blondel como Claude Nicolas Ledoux (1736-1806) y L.E. Boullée (1728-99) propusieron un lenguaje arquitectónico con un carácter clásico-romántico, tanto en los edificios como en sus escritos. Ledoux propuso un simbolismo que no fue aceptado por muchos, sin embargo Boullée trabajó un lenguaje más convencional en el empleo de las formas. Henry-Russell Hitchcock comenta sobre la utilidad de sus propuestas:

Tal simbolismo perteneció, por lo general, a un primer estadio del clasicismo romántico. Después de 1800 el lenguaje arquitectónico fue en general menos recóndito. No obstante, para cada uno de los diferentes vocabularios utilizados por los clásico-románticos (griego, egipcio, italiano, acastillado, etc). se adjuntó comúnmente algún tipo de significación alusiva. De esta forma, un eclecticismo restringido y codificado proporcionó el equivalente de un sistema de claves musicales que podían elegirse, de acuerdo con una regla convencional, al proyectar los diferentes tipos de construcciones. (Hitchcock, 1968, p. 20)

Jean-Nicolas Durand, (1760-1834) autor de un tratado de arquitectura más influyente de la época del Imperio, realiza un método sintético revolucionario de composición arquitectónica en sus *Précis des leçons d'Architecture données à l'École Polytechnique*¹¹, (1802-1805) presentados en dos volúmenes que describen de una forma completa y útil las enseñanzas de la arquitectura en Francia. Las sucesivas ediciones de esta obra, hasta 1840, una de ellas apareció en Bélgica, permitieron que este tratado tuviera una autoridad internacional en el neoclasicismo romántico. (Hitchcock, 1968, p. 51). En el primer volumen Jean-Nicolas Durand proporciona una introducción teórica que habla de las metas de la arquitectura, su significado estructural y los principios generales que de ésta se derivan. Habla de materiales, el modo de empleo y posteriormente de las formas y las combinaciones de estas. Los ejemplos que compila Jean-Nicolas Durand tienen una

¹¹ Jean-Nicolas Durand era muy bien conocido por su obra anterior sobre el análisis clasificatorio de los tipos de edificios y su historia titulada *Recueil et Parallèle des Edifices en tout genre, anciens et modernes*, París 1800, Hitchcock señala en una nota: "...obra curiosa en la que los bocetos de edificios importantes de todas épocas son libremente modificados para mantenerlos en conformidad con las teorías modulares de la proporción del autor" (Hitchcock, 1968, p 632). También se conoce como "Le Grand Durand". De esta obra se basó para escribir *Précis des leçons d'Architecture données à l'École Polytechnique*. Esta última obra fue parte de los textos básicos de Gaudí.

Figura II.4. "Combinaciones verticales", estudio de elementos del siglo XV y XVI realizado por J.N.L. Durand. En las diversas láminas estudia diseños paleocristianos, románicos, italianos, góticos, renacentistas. Su interés fue observar la variedad de perfiles que proporcionan las torres centrales y laterales, y los espacios libres en la composición arquitectónica en forma de logias y pérgolas. (Imagen tomada de Hitchcock, 1968, p.52)



predominancia en la repetición de elementos horizontales y verticales, y tiene más interés en los variados perfiles que pueden proporcionar las torres centrales y laterales. Tiene menos interés por las fachadas monumentales con pórticos de templo, pero pone interés en las columnatas de los porches, vestíbulos, entradas, galerías y espacios centrales (Hitchcock, 1968, p. 52), (Figura II.4).

En la segunda parte habla de la combinación de los elementos arquitectónicos y los resultados visuales. Cabe citar la explicación de Hitchcock sobre este trabajo...

... "Allí se presentan en planta y en alzado varios sistemas estructurales, desde las columnatas con entablamento de inspiración grecorromana a las formas renacentistas con arcos y bóvedas o incluso el arco de medio punto medieval. Entre sus ejemplos específicos, << las combinaciones verticales >> de los elementos del siglo XV y XVI exceden en número a los paradigmas estrictamente clásicos [19]; todas las láminas se ajustan a esquemas que no son por general únicamente italianos, sino paleocristianos, románticos, o incluso góticos, más que renacentistas..." (Hitchcock, 1968. p 52)

En la compilación y análisis de material alberga diversos ejemplos clasificados siguiendo pautas semejantes al método sistemático científico. En un segundo volumen, Jean-Nicolas Durand presenta de manera sistemática los edificios en término de sus diversas funciones: en primer lugar habla de los rasgos urbanísticos, como puentes, calles y plazas, y arcos de triunfo y monumentos funerarios, elementos considerados como esenciales del ideal de las ciudades clásicas. Del modelo ideal de una la ciudad considerada estilo napoleónica distingue templos, palacios, tesorerías, juzgados, ayuntamientos, colegios, bibliotecas, museos, observatorios, faros, mercados, casas de cambio, aduanas, edificios de exposiciones, teatros, baños, hospitales, prisiones y cuarteles (Hitchcock, 1968, pp. 52-53). Esta clasificación sirvió para establecer las pautas de trabajo que siguieron el mismo Jean-Nicolas Durand y sus discípulos, quienes aceptaban este estilo.

El objetivo de Jean-Nicolas Durand (Hitchcock, 1968, p. 52) o de Blondel no sólo era realizar una compilación con fines explicativos, descriptivos o históricos, es el plantear pautas a las cuales los alumnos

podieran recurrir para seguir un estilo, establecer cambios o combinaciones y aplicarlo a sus obras actuales. En esta misma época en el siglo XVIII había un auge por el cambio de estilo, ya que la revolución Industrial implicó el diseño de espacios con características distintas a las realizadas en el clásico, renacimiento y gótico. La clasificación de los edificios bajo las características más repetidas podía ser una guía para poder mantener o realizar propuestas nuevas o combinadas a los diseños del pasado.

Es posible concluir que la analogía clasificatoria biológica ha sido un modelo útil para la práctica arquitectónica, según lo indican las fuentes históricas bibliográficas. Este aporte lo podemos considerar de carácter metodológico. Toda ciencia comienza por observar, describir y posteriormente clasificar elementos, fenómenos que son de su interés. De esta manera se puede comenzar a conocer la realidad. En el diseño, una clasificación propone observar entre un grupo de procesos, métodos o el manejo de determinadas estrategias compositivas directamente relacionados con la forma; de esta manera se pueden obtener pautas sobre el aspecto observado.

Definir un concepto clasificatorio, ya implica un concepto con el cual se quiere interpretar la realidad observada, así como también es una clasificación que satisface también la observación de pautas que organizan la diversidad de la naturaleza. En este caso, la ciencia propone tres modelos bajo tres conceptos distintos: la clasificación a partir de una característica concreta, de un modelo único que constituye las normas básicas y una clasificación que parte de la función. En esta investigación no se va a profundizar sobre la preferencia de la arquitectura por la clasificación del arquetipo. Pero sí es conveniente distinguir que los métodos clasificatorios, en términos generales, pueden ser comunes entre la ciencia y el arte, sin embargo el concepto que rija la clasificación en el diseño es conveniente que sea deducido de acuerdo a las propiedades del área del diseño.

Por otro lado, las normas y la función de la clasificación en el diseño debe ser bien definida. Puede presentar cualidades de una secuencia de composiciones con la diversidad y las constantes de la forma por ejemplo. Sobre la función pedagógica de la imitación de los modelos es favorable en el sentido de que puede habilitar a los diseñadores a desarrollar formas con características concretas durante el proceso de aprendizaje. Sin embargo, el diseño se basa en crear y tomar decisiones que parten de una intencionalidad, no de copiar.

La observación anterior conlleva a evaluar el planteamiento de la pregunta ¿cuáles son las pautas de organización en la composición del diseño? A cómo observar las pautas de organización en la composición plástica en el diseño gráfico. Por otro lado, la propuesta una pauta de organización implica la observación y descripción de la misma. La clasificación se establece cuando se hayan detectado varias descripciones. Por lo que, metodológicamente, aún no es prudente considerarla.

La analogía clasificatoria en la ciencia, propuso una idea útil para el diseño arquitectónico, lo que es importante tomar en cuenta es que los parámetros clasificatorios en las áreas de la biología son distintos a los parámetros para clasificar las composiciones del diseño. Por lo que se deberá clasificar al diseño con relación a sus propios factores y también los objetivos de la clasificación.

II.4. Analogía biológica

Antes de comenzar con la analogía biológica es prudente aclarar el término. Philip Steadman habla de la analogía anatómica como una analogía que relaciona al cuerpo humano o de algún organismo con la arquitectura. Sin embargo en sus textos reemplaza el término anatómica con biológica para hablar del funcionamiento de las partes del cuerpo o del órgano.

En la primera analogía descrita en este capítulo titulada como “analogía orgánica” encontramos también que el concepto función era de gran importancia. Philip Steadman sólo realiza una distinción en el contenido, suficientemente clara para decir que entiende por analogía orgánica la analogía que habla de la proporción entre las partes del organismo. La analogía anatómica consiste en la analogía que relaciona el órgano desde su función.

Por otro lado, Peter Collins emplea el término biológico para englobar estas dos características. De cualquier manera, ambos investigadores cuando hablan de la relación que se establecen con la arquitectura hablan de los mismos arquitectos: Violet-Le-Duc y LeCorbusier, Perronet, Horatio Greenough quienes propusieron una teoría y principios basados en el funcionalismo del diseño y la funcionalidad del órgano o partes del cuerpo.

Para fines de esta tesis tomaremos el concepto de analogía biológica para temas generales, no obstante se hará la distinción entre analogía biológica funcionalista y la analogía biológica anatómica. La primera consiste en las relaciones que se hagan con la función de los organismos y la segunda encuentra similitud en la descripción de las partes del cuerpo, pero no en su función.

Esta analogía incluye teorías que surgen en el siglo XVIII. Una época de innovación en lo que se refiere a la industria, la creación de medios de transporte, las fábricas y viviendas en las cuales se concentraban más personas en poco espacio, o por el contrario grandes espacios para maquinarias y trabajadores. Todo ello genera una demanda al arquitecto, mismo que se preocupó por reflexionar en la mejor manera para obtener algunas pautas de cómo diseñar.

Hubo un gran interés de los teóricos de la arquitectura por la historia de esta misma disciplina; se encontraban interesados en los estudios

de la arquitectura del siglo XIII, el gótico, y en sus análisis. Sin embargo la necesidad de saber y hablar de la arquitectura llevó a algunos arquitectos a considerar otras áreas de la ciencia y, entre otras interpretaciones, llegaron a establecer analogías con la biología. Los arquitectos proponen estudiar la función y la estructura de los edificios comparándolos con las funciones y estructuras de los cuerpos de los organismos vivos. Entre los teóricos en la arquitectura y algunos escultores podemos mencionar a Horatio Greenough, Viollet-le-Duc y más adelante LeCorbusier, que entre sus escritos aparecen analogías con la naturaleza.

El contexto científico de esta época estaba conformado por personajes importantes como Herbert Spencer, (1820-1903) importante naturalista, filósofo, psicólogo y sociólogo británico, quien en su teoría de la evolución da relevancia a la función de los órganos. Por otro lado se encuentra Georges Cuvier, (1769-1832) naturalista francés promotor de la anatomía comparada y la paleontología. En los estudios sobre los animales pone énfasis en las estructuras de los cuerpos orgánicos empleando la explicación filosófica; habla de la función desde un punto de vista biológico al margen de la filosofía (ontología) y de la intencionalidad del organismo o de la religión. Asimismo propone los principios de la correlación de las partes y la subordinación de caracteres que serán de nuestro interés para las teorías arquitectónicas.

Philip Steadman considera que Greenough, Viollet-le-Duc y LeCorbusier se apoyaron en las ideas de Georges Cuvier, quien encuentra importante la función de los órganos para su estudio desde la anatomía comparada. Por lo que se propone la analogía biológica bajo los principios de Georges Cuvier.

Los principios de Georges Cuvier

Los estudios empíricos sobre la flora y la fauna durante el siglo XVII fueron las bases de diversas taxonomías en las cuales se fueron distinguiendo las diferencias entre las agrupaciones de las especies, considerándolas como cuerpos materiales estáticos, como obras plásticas y otras como organismos en transformación constante. Nos referimos a las dos posturas distintas de pensamiento: el fixista y el transformista. La sistemática y la taxonomía tendían a considerar morfologías fijas y no hacían posible la mutación de las categorías y las especies. Se pensaban que eran obra directa de Dios y esta visión unitaria contemplaba no al individuo, sino a la especie.

Por otro lado, uno de los principales transformistas, del siglo XVIII como G.L. Leclerc, Conde de Buffon, consideró que el organismo además de ser armónico en su forma externa, provenía de la transformación llevada a cabo por el movimiento constante de fuerzas físicas, de esta manera se generaban la variedad de seres vivos. Estas

dos formas de pensar propuestas por científicos franceses, con sus variantes, dieron origen a las bases de la biología moderna; aunque en Alemania, en la Naturphilosophie no fueron tomadas en cuenta.¹²

El trabajo sobre la clasificación y la organización de los seres vivos fue perfeccionado y reorganizado bajo otros conceptos, no solo descriptivos morfológicos, sino los fisiológicos. Los grandes naturalistas de la primera mitad del siglo XIX fueron Alexander von Humboldt, John Hunter, Georges Cuvier¹³, Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, Caballero de Lamarck, Geofroy Saint-Hilaire entre otros. Mientras que Lamarck, sucesor de Buffon¹⁴, en el Museo de Historia Natural de Francia desarrollaba el pensamiento evolucionista, Cuvier proponía uno taxonómico que parte de la función y la relación entre las partes del organismo.

George Cuvier (1769-1832) fue un importante naturalista y paleontólogo, es considerado como el verdadero fundador de la anatomía comparada. Se basa en Aristóteles, en el enfoque teleológico y funcional cuando describe la forma anatómica de los organismos. Aristóteles no sólo explica cómo es físicamente el organismo, sino para qué sirven sus partes. Asimismo cree que todas las partes del organismo tienen una función y que todos son necesarios para el mantenimiento de la actividad vital del animal.

La manera de abordar la ciencia también fue un acierto para Cuvier, puesto que trató de alejarse de las explicaciones teológicas y religiosas, así como de no atender a los problemas metafísicos de la finalidad y el diseño de la naturaleza como un todo. Por sus convicciones fixistas no cuestionó que las especies orgánicas eran inmutables y distintas por siempre. Ni tampoco la intencionalidad visible de las plantas y animales, las cuales daban testimonio de la sabiduría y creatividad de Dios¹⁵.

Esto llevó a que solamente se concentrara en el estudio de la anatomía o descripción de la "estructura de los cuerpos orgánicos" a partir del funcionamiento de esas partes. Por otro lado, Cuvier partía de la idea de que la adaptación de la forma a los hábitos, comportamiento

¹² Cabe comentar que algunos otros científicos transformistas del siglo XVIII fueron Erasmus Darwin, abuelo de Charles Darwin, J.B. Robinet, Charles Bonnet, M. De Maupertuis. Si se requiere buscar una breve explicación de sus trabajos se puede leer Barona J. Ll. Història del pensament biològic. (2003) Valencia: 2nda edició. Universitat de Valencia. pp. 197-198

¹³ Nombre completo es Georges Leopold Christian Friedrich Dagobert Cuvier.

¹⁴ Buffon era un importante crítico naturalista, su nombre completo era Georges Louis Leclerc, conde de Buffon. En su obra monumental *Historie naturelle...* (1749-1788) realiza una crítica abierta sobre la propuesta de Linne. "La seua postura crítica, principalmente quant a acceptar els conceptes de gènere i d'espècie com a realitats naturals, el va fer nadar en un terreny ambigü. En els seus escrits va presentar descripcions minucioses dels individus, de les espècies i de les varietats, però defugint adoptar un sistema de classificació". Joseph Lluís Barona Vilar, (2003) *Història del pensament biològic*. Valencia: 2nda ed. Universitat de València. P 155

¹⁵ Cuvier era contemporáneo de Lamark, y radicalmente se oponía a la idea de la evolución puesto que creía en la Creación y el diluvio como la manera explicativa en la cual los seres orgánicos cambian. "...Cuvier era fixista por principio, pero porque no conocía formas intermedias que evidenciaran la evolución mediante el paso de una forma a otra. Ni siquiera discutí los escritos de Lamarck: se limitó a ignorarlos." Taton, R. y varios (1973) *Historia General de las Ciencias*. Volumen III. Ciencia Contemporánea, I: el Siglo XIX. Barcelona: Ediciones Destino. p. 419

y contexto eran, por las “condiciones de existencia”, lo que implicaba las características fundamentales de los seres vivos. Dichas condiciones correspondían como señala Philip Steadman con mayor o menor exactitud a las “causas finales” a las que se refería Aristóteles (Steadman, 1982, p. 53).

Las dos reglas más importantes que Cuvier propone son “la correlación de las partes” y la “subordinación de los caracteres” que dieron apoyo a varias premisas en la teoría de la arquitectura.

Para Cuvier, la correlación de las partes es la necesaria interdependencia entre los diversos órganos o sistemas, ya que consideraba que la forma y la función en el animal representaban una unidad cerrada y unidas por una ley. Considera que tanto los órganos como las funciones del organismo se encuentran en equilibrio y cuando falta uno de los órganos, este equilibrio altera el plan de la forma. Facault cita a Cuvier en su libro *The order of the things*:

Todos los órganos del mismo animal forman un sistema en el cual todas las partes se mantienen juntas, actúan, y se reaccionan entre sí; y no puede haber modificaciones en una que no de lugar a una modificación análoga en todas ellas. (Facault, 1994, p. 265)¹⁶

Esto era lo que entendía Cuvier como la representación del plan único.

Cuvier considera como sistema a un grupo de organismos que tienen relación en su funcionamiento. Cuvier, de acuerdo con Vicq d’Azyr¹⁷ quien había realizado también estudios sobre morfología¹⁸, observa que hay órganos que tienen relación entre sí gracias a determinadas características, que no necesariamente tienen que ser percibidos a simple vista. Dice Vicq d’Azyr:

“Existe una constante relación entre la estructura de los dientes de los carnívoros y de estos a sus músculos, dedos, garras, lengua, estómago e intestinos”. (citado por Facault, 1994, p.228)¹⁹

El estudio de la correlación de las partes se extendía al estudio del contexto del organismo, dependiendo de dónde se encontraran los restos, era el medio en el cual el organismo vivía, se alimentaba y desarrollaba. Esto influía para que sus órganos tuvieran determinada fisionomía gracias a la adaptabilidad. La correlación de las partes es

¹⁶ La traducción es responsabilidad mía. La cita original es la siguiente: “All the organs of one and the same animal form a single system of which all the parts hold together, act, and react upon each other; and there can be no modifications in any one of them that will not bring about analogous modifications in them all” (Facault, Michael, 1994, p. 265)

¹⁷ Felix Vicq d’Azyr sucesor de Buffon en la Academia Francesa y antecesor de Cuvier, de quien se basó para escribir sus libros.

¹⁸ Los estudios de morfología de Vicq d’Azyr eran paralelamente con los de John Hunter y Daubenton los más organizados y acabados de los estudios de Fabricio d’Acquapendente, Belon i Severino sobre la descripción, clasificación y estudio de los organismos que crearon los principales directrices de la morfología del siglo XVI y XVIII. Ver Joseph Lluís Barona Vilar, (2003) *Història del pensament biològic*. València: 2nda ed. Universitat de València. (p. 134)

¹⁹ La traducción es responsabilidad mía. La cita original es la siguiente: “There exist constant relation between the structure of the carnivores’ s teeth and that of their muscles, toes, claws, tongues, stomachs, and intestines”. (citado por Facault, 1994, p.228)

la base de toda una metodología anatómica, y Cuvier adapta el método comparativo de Félix Vicq d'Azyr, hacia una determinación de la naturaleza de las correlaciones. Este método implicaba el estudio de los animales vivos, para poder observar la relación que tenían con su contexto y no destruir la organización sistemática. Cuvier pensaba que al observar la persistencia de ciertas estructuras en combinación mutua, la interacción con el hábitat y el contexto de ciertos animales específicos, sería posible formular las leyes por las cuales se rigen las relaciones como la rigurosidad de la matemática.

En la paleontología esta regla llevó a deducciones muy interesantes. Se realizaron reconstrucciones de animales prehistóricos deduciendo sus músculos, piel, pelo y otros detalles a partir de huesos. También a Cuvier le llevó a conocer flora y fauna de otros países, con lo que deduce que los seres de ahora no son los mismos del pasado. William Buckland se basó en el principio de las adaptaciones de las partes con base en la función para construir el Megatherium como un intento de la aplicación de las teorías (Figura II.5).

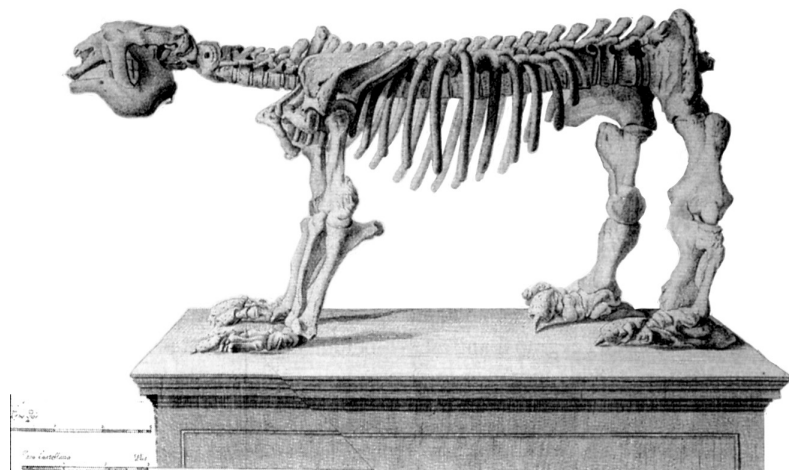


Figura II.5. Esqueleto del *Megatherium*. Gravado por Manel Navarro a partir de los dibujos del naturalista valenciano Joan Baptista Bru (1789). Figura tomada de Josep Lluís Barona Vilar (2003) *Historia del pensamiento biológico*. España: (2nda. ed.) Universidad de Valencia. p.200.

De acuerdo a sus ideas antievolucionistas, Cuvier interpreta que la transformación que han sufrido en el pasado se justifica por el gran cataclismo que hace que desaparezcan las especies anteriores, siendo que la concepción catastrofista, así que las formas extinguidas no tiene un proceso de evolución ni un proceso natural espontáneo de selección, sino lo entiende que han desaparecido por causas excepcionales e imprevisibles.

La segunda regla, la *subordinación de los caracteres*, propone que los órganos tienen una jerarquía de importancia de acuerdo a la función desempeñada en el organismo. El concepto de subordinación de los caracteres ya había sido mencionado en morfología botánica por Antoine-Laurent de Jussieu (1748-1836). Y la convirtió en una

base importante para la sistemática. Para Cuvier la clasificación es importante y la describe a partir de la función de los órganos. Realizó varios cambios al propio orden, por ejemplo, una de sus primeras ideas trataba de que el sistema nervioso es más importante, posteriormente la reproducción, la circulación y finalmente la alimentación.

Este punto de vista fue un aporte distinto a las clasificaciones pasadas, donde la clasificación se regía por las cualidades externas visibles: tamaño, proporción, pelo, color... es decir, cualidades perceptibles. La nueva clasificación parte de la relación entre estructuras del organismo y la funcionalidad generada a partir de la relación. Como cita Foucault en su estudio sobre los métodos taxonómicos en la historia natural:

Los caracteres, no son, entonces, establecidos por la relación de la visibilidad en sí mismos, sino

“Los caracteres no son, entonces, establecidos por la relación visible entre ellos; no es nada en sí mismo pero puede ser un punto visible de la complejidad de la jerarquización de la estructura orgánica en la que la función juega un rol esencialmente rector y determinante. Esto no es porque un carácter ocurre frecuentemente en la estructura observada lo que es importante; esto es porque es funcionalmente importante que se encuentra frecuentemente.” (Foucault, 1994. p. 228)²⁰

Las diferencias y las semejanzas entre los animales no es una característica válida para ser agrupados en familias o especies. Como dice Cuvier:

Encontramos mayor variedad de medida según nos alejamos de los órganos principales y nos aproximamos a los de menor importancia; y cuando llegamos a la superficie, donde la naturaleza de las cosas sitúa las partes menos esenciales (cuya lesión sería la menos peligrosa) el número de variedades se hace tan considerable que todo el trabajo de los naturalistas no ha sido aún capaz de formarse una idea correcta de él. (Cuvier, citado por W. Coleman, p. 143 citado por Steadman, 1982, p.55)

Los conceptos de “correlación de las partes” y de “subordinación de los caracteres”, “funcionalidad” y “adaptación” son conceptos que tienen que ver más con una biología que con una anatomía, puesto que la función que desempeñan los órganos es el objeto de estudio, aunque parten de la rama de la biología llamada anatomía comparada.

Los conceptos de las teorías biológicas empleados en la arquitectura, se pueden agrupar como analogía fisiológica o de anatomía comparada. Como habíamos mencionado al principio del capítulo, Viollet-le-Duc en Francia y G. Semper en Suiza fueron los arquitectos que reflexionaron sobre los términos de Cuvier.

En este periodo de tiempo, además de la influencia de la teoría de Cu-

²⁰ La traducción es responsabilidad mía, la cita original es la siguiente: “Character is not, then, established by a relation of the visible to itself; it is nothing in itself but the visible point of a complex and hierarchized organic structure in which function plays an essential governing and determining role. It is not because a character occurs frequently in the structures observed that it is important; it is because it is functionally important that it is often encountered.” (Foucault, 1994. p. 228)

vier, también hubo otros estudiosos de la biología como William Paley con su obra *Teología Natural*, y el geólogo inglés, Charles Lyell, cuyas obras contribuyeron a la obra de Charles Darwin. De todas estas teorías que mantuvieron una relación los arquitectos obtuvieron algunos conceptos que fueron desarrollando en la teoría del diseño. Pero es la propuesta de Cuvier con la que se tienen más coincidencias en la teoría de la arquitectura según Philip Steadman.

La analogía de la anatomía y la mecánica del cuerpo se basa en la comparación de la estructura ósea con las partes del edificio, particularmente su estructura, que permite el soporte del mismo como lo son las columnas, vigas, pilares y bóvedas. El escultor estadounidense Horatio Greenough cita “los principios de la construcción pueden aprenderse del estudio de los esqueletos y pieles de los animales y los insectos” (Greenough, 1947, p.57, citado en Philip Steadman, 1982, p.60) ²¹. Sus argumentos son expuestos en el artículo *Structure Organization* (Sin fecha), y *American Architecture* (1843) Sin embargo Peter Collins deduce los sofismas de su postura, considerando que son poco razonables ²².

Eugene Emmanuel Viollet-le-Duc, importante teórico y restaurador principalmente de los edificios del gótico y los franceses del siglo XII y XIII, fue considerado el principal exponente del racionalismo gótico. Las investigaciones de este periodo eran de gran interés para los teóricos del siglo XIX, su objetivo era el de deducir las bases intelectuales de la construcción gótica y que a partir de su comprensión pudiera generarse un estilo nuevo, demandado por su época. Las obras del gótico eran admiradas por la economía de la masa, es decir, que a diferencia de la construcción romana, los edificios góticos reducían material y las fuerzas eran soportadas por los muros y cúpulas, consideradas parte de la estructura básica del edificio.

Encuentra la relación que este arquitecto tiene con Cuvier, ya que realiza comentarios en sus textos como:

“De la misma suerte que de la contemplación de una hoja puede deducirse el resto de la planta, y del hueso de un animal el animal entero, así, de una sección se deducen los miembros arquitectónicos y de los miembros el conjunto del monumento.”(Viollet le Duc citado por Steadman, 1982. p.64)²³

21 Greenough también realiza otro tipo de comparaciones, clasificadas por Peter Collins como analogía mecánica, entre ellas compara tanto la construcción de los barcos con los edificios y arquitectura civil, considerando su funcionamiento, la perfección mecánica lo cual sobrepasa el arte.

22 Si se quiere profundizar sobre el tema de la analogía mecánica, se recomienda la lectura de Peter Collins, *Los ideales de la arquitectura moderna; su evolución (1750-1950)*. (1970) Barcelona: Gustavo Gili en las páginas 161-169.

23 La referencia original es: E.E. Viollet-le-Duc, *Dictionnaire Raisoné de l'Architecture Française du XI au XVI Siècle*, 10 vols. París, 1854-68, "Style", vol. 8. p. 482, "Trait" vol. 9. Pp. 1997-214, en particular las figuras 1 y 3

Cito la relación que hace Philip Steadman sobre Cuvier y Viollet-le-Duc:

Este método deductivo que adopta con claridad el principio de Cuvier de la "correlación de las partes" queda admirablemente ilustrado por la relación entre la bóveda y la columna existente en el gótico. Dado que el trazado de los nervios sigue lógica e inevitablemente la forma de la bóveda, y comoquiera que sea la sección transversal de la columna viene determinada por los nervios y su modo de unión con la cabeza, así, en principio, señala Viollet-le-Duc, un historiador-ingeniero capacitado (como él mismo) podría trazar el proceso en sentido inverso, esto es, inferir o reconstruir todas las partes de la estructura a partir de sólo de una de ellas. (Steadman, 1982. p.64)

De esta manera Viollet-le-Duc escribe sobre todos los detalles del edificio, el porqué fueron construidos, sean causas de ingeniería, estéticas o económicas; o cómo fue su desarrollo geométrico. De esta manera reconstruía el edificio entero dejando un legado pedagógico del mismo estudio. Por otro lado, en la nomenclatura que propone, define como "nervaduras" al conjunto de "nervios" y junto con el arco, las bóvedas de crecería, terceletes, ligaduras, arcos cruceros, perpiaños y formeros, las partes activas de la construcción (Viollet-le-Duc, 1996, p. 293).

Los arcos perpiaños fueron propuestos por los románicos como un refuerzo a las bóvedas que permitía dar elasticidad a la misma. Para comprenderlo un poco más, lo explicaré en breve. Los romanos construían bóvedas y se sostenían con la condición de disponer de apoyos que fueran completamente estables, independientemente el tipo de bóveda (de cañón, de artista o en media naranja) y que al final son una cáscara homogénea que se rompe en trozos si sufre asientos (Viollet-le-Duc, 1996, p. 13).

Y continua su explicación:

[Es entonces que los románicos suplieron al hormigón], "y construían con trozos mampuestos embutidos en el mortero, pero colocados como dovelas o con sillarejos mejor labrados. Estas bóvedas, si se daba algún movimiento en los apoyos, presentaban ya una cierta elasticidad como consecuencia de la descomposición en dovelas, que no se rompían como una cáscara homogénea y seguían el movimiento de los machones..." (Viollet-le-Duc 1996 p. 14) [Sin embargo agregaron otro arco] "...colocaron bajo tales bóvedas de trecho en trecho y, coincidiendo con los apoyos más resistentes, arcos perpiaños a modo de cimbras permanentes y elásticas compuestas como cualquier arco de cierta cantidad de dovelas; seguían los movimientos de los machones, se adaptaban a sus asientos, a su sedimento, y mantenían así, como lo habría hecho una cimbra de madera, las formas cóncavas de la fábrica sobre ellos construida." (Viollet-le-Duc, 1996, p. 14), (Figura II.6)

Aunque en esta explicación no hace mención de una analogía con la naturaleza, Philip Steadman habla que en la biblioteca de Viollet-le-Duc se encuentran las *Leçons de Anatomie Comparée de Cuvier*. Aunado a ello puedo agregar otra de sus obras como *Historie d'un dessinateur: comment on apprend à dessiner* habla en el capítulo IV

Figura.II.6. *Diferentes tipos de Nervios según la definición de Viollet-le-Duc.* Figura tomada de Viollet-le-Duc. *Construcción*, en el libro *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI e au XVI e siècle*. (1996) Madrid: Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo (CEHOPU) Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas Ministerio de Obras Públicas, Transportes Y Medio Ambiente (CEDEX), Instituto Juan de Herrera Escuela Técnica superior de Arquitectura.

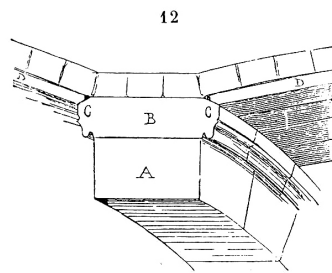


Figura 12. Arco perpiaño románico

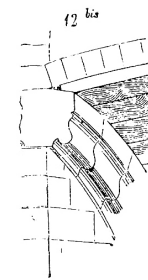


Figura 12 bis. Arco formero románico

“Comment petit Jean reconnut que la géométrie s’applique a plusieurs choses” sobre la geometría analizando la forma de una hoja de hiedra y de una hoja de vid. En el capítulo VIII titulado “Ou petit Jean Commence a voir” describe plantas, partes de ellas, y en el siguiente capítulo “Une leçon d’anatomie comparée” expone el análisis anatómico de varios animales como el murciélago y un pterodáctilo, la mano de un humano, principalmente la estructura ósea y la articulación y relación de los huesos y en el capítulo X, “Deuxième leçon d’anatomie comparée” habla de todo el esqueleto humano.

El ingeniero-arquitecto Jean-Rodolphe Perronet (1708-1794) también hacía una relación entre las catedrales góticas y el cuerpo humano siendo rechazado por el arquitecto Patte, para quien el equilibrio estático y rígido de las catedrales no eran de la misma manera que las del cuerpo. Este comentario enunciado por Philip Steadman hace evidente que las analogías entre el cuerpo y el edificio tienen sus límites de interpretación, y emplearlas de manera figurativa desde el punto de vista teórico no coopera para dar una explicación clara de las cualidades de la estructura del edificio, la información es ambigua. Sin embargo puede emplearse de manera retórica o no literal y hacer mención de ello. (Figura II.7) Steadman cita a J.R. Perronet:

La magia de estos últimos edificios consiste sobre todo en el hecho de que, en alguna medida, se construyeron a imitación de la estructura de los animales; las altas y esbeltas columnas, la tracería con sus nervaduras transversales y diagonales, podían compararse a los huesos; las plementerías, con sólo diez o doce centímetros de espesor, se asimilaban a la piel de esos animales. Tales edificios podían asumir vida propia, como un esqueleto o el costillar de un barco, que parecen contruidos sobre modelos similares. (Steadman. 1982. p.61)²⁴

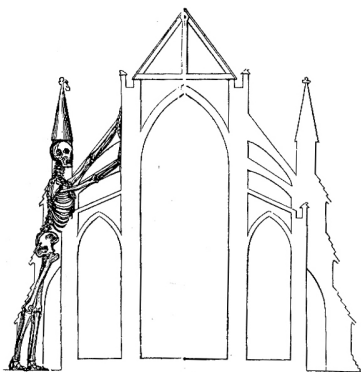


Figura.II.7. *Diagrama comparativo de los contrafuertes góticos con el esqueleto humano.* Catedral gótica de Bartholomew. Imagen tomada de Steadman, 1982, p.61.

Le Corbusier también establece la analogía biológica en varios de sus escritos, por ejemplo, en *Principios del Urbanismo*, cuando habla de cómo se desarrolla: “Si la célula es el elemento biológico primordial, el hogar, es decir el abrigo de una familia, constituye la célula social” (Le Corbusier, 1993, p.132). También en la conferencia *El plano de la*

²⁴ De una carta de Perronet al Mercure de France, abril de 1770; citada por R.D. Middleton, *Viollet-le-Duc and the Rational Gothic Tradition*, 6 vols., Tesis doctoral no publicada, Cambridge University, 1958, vol. 2 (sin paginar) tomada de Steadman Philip, (1982). *Arquitectura y naturaleza. Las analogías biológicas en el diseño*. Madrid: Ed. H. Blume Ediciones p.61

casa moderna²⁵ hace una lista de lo que se ha aprendido a lo largo de la historia en lo que se refiere al plano de una casa y dice: "...Un poco de biología previa: este armazón para aguantar, unos relenos musculares para actuar, esas vísceras para alimentar y hacer funcionar... (Le Corbusier, 1999, p.146). y profundizando sobre la célula del cuerpo "...La sociedad se parece al hombre; la edificación de la nación debe parecerse al cuerpo humano" (Le Corbusier, 1980, p.156). Y sobre las tareas de la construcción las relaciona con las diferentes células.

Algunas células privilegiadas, el "germen", escapan al ciclo individual, porque pertenecen a la raza. Su potencial de energía se transmite intacto de padres a hijos y hasta los sucesores más lejanos, al igual que pasa de mano en mano la antorcha durante la carrera olímpica.

Hay otras células, las más nobles del cuerpo y que viven tanto tiempo como él, que constituyen el sistema de mando, el sistema nervioso; éstas se encuentran protegidas por la estructura sólida de formaciones de células relativamente estables.

A continuación vienen, en el orden de su propia duración, los tejidos musculares y, finalmente, las células periféricas, cuyo desgaste se produce de manera muy rápida, especialmente si están encargadas de envolver aquellos órganos que responden a las funciones de la nutrición.

En el esquema del maestro de obras releemos el abanico de las tareas de la construcción. En él aparecen por analogía las diferentes clases de células corporales.

En el extremo izquierdo del abanico reina la gran tarea "azul", la labor espiritual que, por corresponder al germen, tiene el derecho y el deber de pretender a la eternidad. (Le Corbusier, 1980, pp. 156-158)

El principio de la similitud

El principio de correlación de las partes implica, además de la valoración de la existencia de los órganos y su funcionalidad sistemática, las características físicas como el tamaño del ser vivo y la proporción de los mismos, lo cual también afecta la dimensión del órgano o las partes. Es decir, una vez identificado las partes y sus funciones en el organismo, se pretendía saber cómo variaban estas partes en otros organismos estableciendo una comparación (la anatomía comparada). Se encontró que el tamaño de los órganos del individuo no siempre podían modificar sus dimensiones de manera matemática o proporcionalmente geométrica sólo porque el mismo organismo fuera grande, sino que había que contemplar otros factores como la función y el peso del mismo órgano. Incluso la forma podría cambiar si fuera necesario.

Por ejemplo, la forma de los huesos de las alas de un ave pequeña variarían de manera proporcional en otra ave mayor. Pero si se imaginara solo agrandar los huesos del ave pequeña al tamaño de la

²⁵ Quinta conferencia, Viernes, 11 octubre 1929, "Los amigos de las Artes" Serie de 10 conferencias de arquitectura y urbanismo pronunciadas en Buenos Aires.

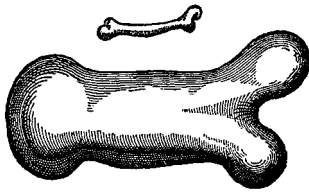


Figura.II.8. Principio de similitud estudiado por Galileo Galilei (1838).

Imagen tomada de *Dialogues Concerning Two New Sciences by Galileo Galilei*. Crew, H. & Salvo, A. (Traductores del italiano y latín a inglés). Favaro, A. (Introducción) (New York: Macmillan, 1914). Recuperado de: http://oll.libertyfund.org/?option=com_staticxt&staticfile=show.php%3Ftitle=753&chapter=109890&layout=html&Itemid=27 (p. 170)

grande, posiblemente el peso, y la forma deberían tener alteraciones que no corresponderían con ese “crecimiento” geoméricamente proporcional; el crecimiento depende de otros factores y por lo tanto el tamaño debe variar.

Como consecuencia de este principio de Cuvier surge el principio de similitud, principio que ya había sido estudiado por Galileo al observar ejemplos tanto en el ámbito de la ingeniería y también observado en la biología. Podemos citar un párrafo referente a ello de su libro *Dialogues concerning two new science* (1638). (Figura II.8)

Para ilustrar rápidamente, he dibujado un hueso cuya longitud natural ha sido incrementada tres veces y cuyo grosor ha sido multiplicado también, correspondiendo al largo del animal, este podría realizar la misma función que el hueso pequeño desempeña en el animal pequeño. Lo que enseñan las figuras se puede observar como aparece la proporción de los huesos. Es evidente, entonces, si se quiere mantener en un gigante la misma proporción del miembro como se puede dar en un humano ordinario, él debe encontrar un material de mayor dureza y fuerza para destinarlo a los huesos, o el tendrá que admitir una disminución de la fuerza en comparación con un hombre de estatura media; porque si se incrementara su estatura excesivamente caerá y puede ser aplastado por su propio peso. Considerando si el tamaño del cuerpo se reduce, la fuerza de ese cuerpo no estará reducida en la misma proporción; mientras que el cuerpo sea más pequeño el incremento de la fuerza es relativo. (Galilei, 1638, pp. 168-170)²⁶

La analogía entre la Arquitectura, la Ingeniería y la Biología obedece al principio de similitud, en Ingeniería se denomina como análisis dimensional, y trata de establecer un tamaño a las partes de la forma, contemplando la función que tienen. Asimismo, en arquitectura, es muy importante el estudio de la resistencia de los materiales de lo cual Viollet le Duc también hizo comentarios sobre que no era posible emplear la fórmula: 2 es a 4 como 200 a 400, porque no es funcional. Una viga de 400 metros es imposible soportar con una columna de 200 metros, esto significa que la proporción matemática no resuelve todo el problema de la proporción; se requieren de otros factores a calcular el tamaño, grosor y la resistencia con que responder a una fuerza aplicada.

El arquitecto Leopold Eidlitz redactó con mayor detalle que la descripción Viollet le Duc las proporciones de las columnas clásicas. Resume Philip Steadman:

...Eidlitz señala que doblar las dimensiones de una estructura columnar implicaría un incremento de ocho veces en la carga soportada para cada columna, por lo que, para mantener invariable la resistencia del elemento,

²⁶ La traducción esta realizada bajo mi responsabilidad. A continuación se escribe la nota original: “To illustrate briefly, I have sketched a bone whose natural length has been increased three times and whose thickness has been multiplied until, for a correspondingly large animal, it would perform the same function which that small bone performs for its small animal. From the figures here shown you can see how out of proportion the enlarged bone appears. Clearly then if one wishes to maintain in a great giant the same proportion of limb as that found in an ordinary man he must either find a harder and stronger material for making the bones, or he must admit a diminution of strength in comparison with men of medium stature; for if his height be increased inordinately he will fall and be crushed under his own weight. Whereas, if the size of a body be diminished, the strength of that body is not diminished in the same proportion; indeed the smaller the body the greater its relative strength. (Galilei, 1638, pp. 168-170).

exigiría un aumento en 2,83 veces el diámetro contra el simple doblado que se pretendía. Recordemos, sin embargo, que la proporcionalidad geométrica constante en columna y entablamento constituía un artículo de fe para la escuela renacentista. (Steadman, 1982, p.71)

D'Arcy Thompson en el interesante libro *El crecimiento y la forma* explica el principio de la similitud en el capítulo II "La Magnitud".

En resumen, sucede a menudo que algunas de las fuerzas que actúan en un sistema, varían con una cierta potencia de las masas, distancias y otras magnitudes, mientras que otras fuerzas varían en una relación diferente; las "dimensiones" siguen siendo las mismas en nuestras ecuaciones de equilibrio, pero los valores relativos se alteran con la escala. Esto se conoce como "principio de similitud" o de similitud dinámica y sus consecuencias son muy importantes. (Thompson, 1980, p.18)

Herbert Spencer, naturalista, filósofo, psicólogo, antropólogo y sociólogo británico (1820-1903), emplea de forma sistemática los conceptos de estructura y función en la naturaleza, y los lleva a diversos planos de la ciencia, como la sociológico y lo psicológico, en su explicación con carácter evolucionista lamarkiano de la realidad. En la introducción del libro *The Evolution of Society* Robert L. Carneiro señala que sus conocimientos de ingeniería fueron útiles para formular la relación entre el crecimiento y la estructura de los seres vivos

Señaló que para los cuerpos de forma regular, como las células, el área se incrementaba como el cuadrado de la dimensión lineal, mientras que el volumen incrementaba el cubo de esta dimensión. Por tanto, a medida que crecen las células, el volumen sobrepasa rápidamente la superficie, y puesto que es a través de la superficie de las membranas a través de las cuales se nutren, se establece un límite de tamaño que una célula puede alcanzar. Es este hecho que explica por qué los animales diferentes en tamaño como un mosquito y un elefante se componen de células esencialmente del mismo tamaño. Aunque el principio fue originalmente formulado como un principio relacionado a la biología, Spencer lo introdujo más tarde en la sociología, con el objeto de explicar porqué las sociedades grandes son menos cohesivas que las pequeñas... (Spencer, 1967, pp.xiii-xiv)²⁷

Y para concluir la explicación de este concepto en términos concretos y sencillos, Philip Steadman dice:

En esencia el principio establece que para cuerpos similarmente contruidos, verbigracia de igual forma, las relaciones entre las partes variarán con el tamaño. El volumen de los cuerpos variará según el cubo de sus dimensiones lineales, y la masa y el peso tenderán a hacerlo parecidamente; mientras que la superficie total, o el área de las secciones de las partes y, de aquí, su resistencia mecánica, variará según el cuadrado de las dimensiones. (Steadman, 1982, p.69)

Para concluir esta parte podemos decir que, en la analogía empleada

²⁷La traducción ha sido bajo la responsabilidad mía. A continuación se presenta la cita original: "... He noted that for regularly shaped bodies, such as cells, the surface area increases as the square of the linear dimensions, while the volume increases as the cube of these dimensions. Thus, as cell grow, volume quickly outruns surface area, and since it is through their surface membrane that cells are nourished, a limit is set to the size that a cell can attain. It is that fact that explains why animals as different in size as a gnat and an elephant are made up of cells of essentially the same size. Although he originally formulated this principle in connection with biology, Spencer later introduced it into sociology in order to explain why larger societies are less cohesive than smaller ones... (Spencer, 1967, pp. xiii-xiv)

en la correlación de las partes y la subordinación de los caracteres se percibe que la analogía tiene un carácter retórico, dado por las funciones o la jerarquía dada de las partes de los organismos, así como de la parte de los edificios. Desde el punto de vista teórico, la analogía con sentido retórico, no coopera para la explicación precisa y particular del concepto.

Por otro lado, la analogía que retoma el concepto de similitud tiene mayor utilidad en el diseño. Esta analogía plantea un principio que, tanto la anatomía, la ingeniería y la arquitectura comparten: la proporcionalidad de tamaño y peso. Este principio involucra aspectos físicos de los cuales un hueso, una viga, o unos muros comparten, que son la fuerza, la resistencia, la gravedad, entre otros. En este sentido la analogía ya no es parcial en ese concepto, comienza a ser un principio homólogo, puesto que el mismo principio obedece en distintos ámbitos de la misma manera y bajo las mismas leyes. Una analogía es más útil cuando la característica que se compara considera los mismos principios en los dos modelos.

II.5. La analogía Evolutiva

La teoría de Charles Darwin expuesta primero en su libro *Origen de las especies* publicado en Noviembre 1859²⁸ fue sin lugar a dudas una de las más relevantes para la biología en el siglo XIX, sobre todo en los años 60, cuando toma realmente fuerza el concepto de evolución.

Philip Steadman destaca algunas de las observaciones generales que Charles Darwin realiza en su libro *El origen de las especies por la selección natural*:

“La primera de ellas es que muchos de los seres vivos se reproducen en cantidades muy superiores a las requeridas para su mera sustitución. Considerando únicamente el número de nacimientos, la población de una especie tendería a aumentar en progresión geométrica.” (Steadman, 1982, pp. 99-100)

La segunda observación es que si bien puede haber grandes fluctuaciones en la población, el número de miembros en la población de plantas y animales permanece “sensiblemente igual entre generaciones sucesivas” (Steadman. 1982. p. 100).

Philip Steadman deduce ante estas dos observaciones que si bien los miembros jóvenes tienen una lucha entre ellos por llegar a la madurez, también había una búsqueda natural por la reproducción y el éxito del apareamiento.

²⁸ Es necesario decir que la teoría de Charles Darwin fue concluida con su obra *El origen del hombre y la selección sexual* publicada en el año 1871 en donde expresa la descendencia y el parentesco genealógico de las especie humana con otros mamíferos.

La tercera observación que Charles Darwin extrae de su estudio es sobre la diversidad, de la cual explica que ningún organismo de ninguna especie es exactamente igual, tiende a haber características semejantes y diferentes que le atribuyen ventajas a la supervivencia. Es así que las características positivas las transmitirá a las generaciones posteriores y las características inferiores no, posiblemente terminando por desaparecer. Como sintetiza Philip Steadman:

“La teoría de Darwin no exige que solo se hereden las características que suponen una mejor adaptación. Bastará con la transmisión de todas las variaciones, independientemente de su valor para el animal o la especie, pues a la postre, la selección únicamente tenderá las de carácter beneficioso. Tal es la “supervivencia de los más aptos” (título acuñado por Herber Spenser) o proceso de selección natural por el que la forma de los organismos se adaptan y ajustan continuamente a su entorno”. (Steadman, 1982, p.100)

Y subrayo lo siguiente que encontramos relevante:

“No son solo las fuerzas del entorno las que, desde fuera, moldean el organismo, sino una serie de cambios espontáneos surgidos de dentro y luego “contrastados” con el entorno de los que son retenidos aquellos que suponen mejoras o confieren más aptitud”. (Steadman, 1982, p.100)

Por ejemplo, a través de generaciones, la mariposa trata de imitar de mejor manera los colores de su contexto para camuflarse, si en el contexto predomina el humo, la mariposa se tornará negra.

Sin embargo la teoría de Charles Darwin no sólo contempla la transmisión de las cualidades que presentan ventaja, sino de todas las cualidades; es la selección natural la que se encargará de retener los valores más positivos para la supervivencia.

La teoría Charles Darwiniana tomó como base la teoría de Lyell expuesta en su libro *Los Principios de la geología*. También considera la teoría geológica de uniformismo expuesta en el siglo XVIII por el geólogo James Hutton en donde expone que la tierra tiene cambios visibles como las erosiones, las explosiones volcánicas, reacomodamientos de los sustratos, y de estos repercuten en la supervivencia de las especies.

Esta teoría se opone a la teoría de Cuvier en el sentido de que éste exponía que los cambios de las especies se debían a fenómenos catastróficos donde desaparecían y aparecían otras especies nuevas. Así mismo, la teoría de Cuvier difiere de la teoría Darwinista, ya que el primero está influenciado por los principios del creacionismo, donde todo ser vivo es creado por Dios; en cambio, la teoría Darwinista propone que si bien los seres vivos se generaron a partir de unas cuantas células, la variedad de las mismas, la reproducción y la selección natural permiten la aparición de todas las especies que a través de los años irán evolucionando.

De esta manera la selección natural ha reemplazado al protagonismo de una deidad como lo menciona la *Teología natural* escrita por W. Paley, con el nombre original de *Natural Theology*, (Londres, 1802). En el ejemplo de la mariposa con alas negras y una mariposa de color serían diseños únicos sin haber procedido de la nada. Añado otro ejemplo citado por Ernesto Haeckel que habla de un zoólogo de Munich, Andreas Wágner:

...los animales y las plantas salvajes han sido creados por Dios en el estado de especies claramente distintas e inmutables, pero esto no era necesario para los animales domésticos y las plantas cultivadas, puesto que de antemano estaban destinados al uso del hombre. Habiendo moldeado el creador al hombre con ayuda de un montón de arcilla, le insufló en las narices el soplo de la vida, después creo para él los diferentes animales domésticos útiles, y las diversas plantas de jardines... (Haeckel, 1905, p.137)

La teoría de Charles Darwin hizo un fuerte impacto en distintas áreas del conocimiento, primero en teología, religión y filosofía, posteriormente en la historia humana, la historia de las ideas, la crítica del arte, lingüística, historia social y la psicología.

A partir de las analogías realizadas en la arquitectura y el diseño bajo la teoría Darwinista, Philip Steadman señala algunas interpretaciones deficientes, particularmente en el estudio de los artefactos materiales como la teoría arquitectónica y el estudio de la cultura material, temas involucrados en la arqueología y etnología. El punto de partida de la analogía es el interés que mostró la antropología y la arqueología por el estudio de los artefactos, los edificios, los asentamientos y las modificaciones que estos habían tenido a lo largo del tiempo para su perfeccionamiento; conocimiento que se enmarcó en lo que se llama "ciencia de lo artificial" de Herber Simon y que fue retomada por los teóricos en la arquitectura.

Philip Steadman distingue que el primer paso para establecer la analogía entre la evolución del organismo, herramientas y edificios es mediante la interpretación de la herencia y la copia. Es decir, las nuevas herramientas o edificios son hechos mediante la copia de un modelo anterior con todas las características de forma y materiales. La interpretación directa de la teoría parece que favorece a un estudio con ideas conservadoras sobre las sociedades primitivas hechas por los arqueólogos y antropólogos. Pero esta interpretación sugería un pensamiento conservador hacia la idea de conservar una tradición. Sin embargo dicha interpretación se podía interpretar que el artesano no tenía la capacidad de la innovación o inventiva.

La selección natural de la teoría Darwiniana se ha interpretado en el diseño y la fabricación de las herramientas como la manera con la cual un artefacto varía para poder mejorar la calidad y características para beneficio de su finalidad, en este caso la función. Las variaciones pueden obedecer a varios factores: el material empleado, las herra-

mientas utilizadas o la habilidad del artesano para desarrollar la pieza. Todo ello genera pequeños cambios en las copias. Los cambios que permiten que la pieza tenga una mejor funcionalidad, durabilidad o dureza, son los que perdurarán y se repetirán o se mantendrán como el modelo a copiar.

En la naturaleza, según Charles Darwin, los organismos sufren variaciones por motivo de varios factores internos y externos, como los contextos y situaciones de supervivencias, o los mecanismos fisiológicos y mentales del organismo. Estos cambios que generan los organismos se van transmitiendo de generación en generación con el motivo de la preservación de la especie. Sin embargo la teoría de Charles Darwin explica también que estos cambios pueden ser casuales, fortuitos y no necesariamente calculados. Aspecto que puede o no funcionar con el diseño de los artefactos. La selección es realizada por el artesano o diseñador y los cambios pueden ser estudiados o también pueden ser motivo de una casualidad.

Otro aspecto a considerar sobre la selección natural, es que todos los cambios que se han realizado son normalmente pequeños. Si un organismo sufre un cambio radical o muy grande en su composición, no sería viable para la coherencia de la totalidad. Cosa que también es aplicable a los artefactos, pues estos no pueden cambiar todas sus características ya que tampoco sería coherente para la composición en general. Sin embargo estos cambios pueden suceder de manera fortuita y de manera poco perceptible. Dicho cambio permanecerá si el contexto lo ha aceptado. La diferencia que existe entre los cambios de un organismo y un artefacto, son que para los primeros el tiempo de evolución es mayor que para los artefactos, donde se puede realizar los cambios en periodos muy cortos de tiempo.

La analogía pues, aporta una nueva visión en la relación entre el artefacto individual y el tipo general, el cual es el que el artefacto solo es una muestra. Philip Steadman propone una interpretación más adecuada sobre la analogía evolutiva. Si se pretende reinterpretar la evolución de los organismos en la evolución del artefacto se tendría que pensar en la reproducción del tipo, entendiendo el tipo como un conjunto de "instrucciones genéticas" que pasan de generación en generación entre los artesanos (Steadman, 1982, p.107). Según Philip Steadman esta analogía hace ver a los artefactos como portadores de información sobre su propio funcionamiento y manufactura. Dicha información será captada por las mentes de los artesanos, siendo el tipo o modelo que les guiará para realizar las copias.

Y aquí viene algo muy importante en donde cabe citar a Philip Steadman en lo que refiere:

No son los artefactos individuales los que evolucionan, sino los diseños abstractos de los que aquellos no constituyen sino realizaciones concretas. La distinción se corresponde a la establecida en biología, especial-

mente a partir de Darwin, entre el genotipo, o "descripción" de la especie transmitida por la herencia biológica, y el fenotipo, o materialización física de lo descrito en el cuerpo orgánico individual. (Steadman, 1982, p.107)

En esta cita Philip Steadman hace un acento en que la evolución del artefacto no está en cada pieza, sino en el modelo abstracto, podemos decir que es en el concepto del modelo. Al variar el concepto se notará la consecuencia en cada modelo. Esto invita a reflexionar que el diseño no es únicamente hacer, sino es pensar sobre cómo se hace y qué se hace. Es generar un metalenguaje que nos lleva a la metodología y a la teoría del diseño. Esta reflexión da lugar a proponer otra analogía que difiere de Philip Steadman al hablar solamente del diseño y del modelo materializado. La analogía que se propone es que la metodología es el primer nivel y el segundo nivel la teoría. Pero dicha analogía puede ser posible, lo único importante para proponerla es que se conserve que en la analogía hay dos términos que representan dos niveles de observación. Uno de ellos es el nivel que está en función del segundo nivel. El segundo nivel considera una observación abstracta y sintetizada del primer nivel, tomando un lugar de ser el nivel en el cual se puedan generar las modificaciones, es decir, hay un metalenguaje del primer nivel. Los términos biológicos con los cuales concluiríamos la analogía son dos términos: el genotipo y el fenotipo.

Estos conceptos de genotipo y fenotipo aplicados a la biología en el ámbito de la genética. Recibirían el título de genotipo aquellos dispuestos con información y el proceso de desarrollo será representado por el fenotipo. El proceso de desarrollo no es fijo, puede tener alteraciones de acuerdo a los contextos en los que vive el organismo, la calidad de la alimentación y otras circunstancias, dichas variaciones corporales no se transmitirán a su descendencia. Al llevar este concepto al plano de los artefactos o edificios, podríamos decir que el diseño es el genotipo y el fenotipo es la materialización. Sin embargo la materialización está condicionada o influenciada por los materiales y técnicas que se tengan en ese momento. Es difícil saber si las variables que se realicen serán llevadas a cabo en edificios posteriores.

La teoría de Charles Darwin se basa en la prueba y el error, ya que todos los mínimos cambios son probados durante el desarrollo del organismo con el fin de que se adapte con el entorno, estos cambios se consolidan si son positivos a la vida, y serán transmitidos a través de los mecanismos de la herencia. Philip Steadman reflexiona en este aspecto llevándolo a la similitud con la trasmisión de conocimiento en la arquitectura, y cómo es que en el ámbito de la arquitectura se interpreta la selección natural. Hablaremos de los estudios que Philip Steadman realizó en la Arquitectura con dichos fines a continuación.

Los estudios de la arquitectura basados en la observación de un conjunto de edificios realizados en una época, han sido anteriores a 1859, esto significa que antes de la teoría de la evolución ya se observaba

en las obras arquitectónicas que podría haber un proceso evolutivo el cual podría facilitar la manera de teorizar y aprender a perfeccionar las técnicas, materiales, diseño e ingeniería.

Philip Steadman identifica como ejemplo los estudios de Viollet-le-Duc sobre la evolución estructural del gótico y de los templos griegos. También James Fergusson en su capítulo Verdaderos principios de la belleza en el arte (1849) al “Progreso en el arte” (Fergusson, 1849. p.155-63 [online]) estudia la arquitectura medieval de los siglos XII al XIV. Este crítico observa una mejora en ellos, así como también, en el último, no solo observa perfección, sino también la consolidación de un estilo. De esta manera es como varios críticos comienzan a teorizar y a identificar las obras de arte. Considerando no son los resultados sino también al grupo de personas que contribuyeron a la obra.

James Fergusson reflexionó que el mejoramiento en la arquitectura y el arte considera la experiencia de los arquitectos o artistas anteriores:

But let the society, after having carefully noted and judged of all these imperfections, employ the same architect, or another, to build a second church, in which they will be remedied as far as the case admits of, few can doubt but that the second church will be an improvement on the first: a third might remedy many defects that still could be detected in the second, but if this mode of elimination of defects were steadily pursued through a series of say then-succesive churches, without swerving to the right or the left, but steadily striving to produce the best possible church, the tenth would certainly be a very perfect building; and if the same system were pursued for a century by a hundred architects, with the chance of one or two men of more than ordinary talents and taste arising among them, with our means of construction, and the information we may acquire from all preceding styles, I do not think it is difficult to see how we might easily do better than ever was done before; and by the time we have built the genius and experience not of one or two men, but of a hundred or a thousand, into the walls of our church, we shall have something that no one man has done or can do. This is at all events, the identical system that was pursued in the middle ages, only on a scale I have not even ventured to suggest; it led to noble results, and with us might lead to far nobler ones. (Fergusson, 1849, p.160)

James Fergusson habla también de los puentes, por ejemplo, el puente Westminster (1749) el cual era poco estético y constructivamente tampoco era bueno. Sin embargo, después de 20 años, se construyó el Blackfriars por Mylne fue resuelto mejorando los errores del primero y añadió muchas mejoras a partir de la experiencia. Esto lo considera el progreso del arte (Fergusson, 158). James Fergusson dice que el avance del arte no se atribuye a un solo personaje si no a un conjunto de personajes, a un sistema, el cual está compuesto por personajes conocidos y otros anónimos que hicieron posible los avances de dicho proyecto.

Horatio Greenough, cuyos escritos fueron contemporáneos a los de James Fergusson (1849), en 1852, hablaba también de un progreso evolutivo de la arquitectura y el diseño de otros artefactos como

son las barcas y los barcos. Este mismo, también, anterior a la teoría de Charles Darwin. Posterior a la publicación de *El origen de las especies*, Philip Steadman identifica a Eidlitz y Schuyler quienes hacen comentarios “casi idénticos” a los de Viollet-le-Duc y James Fergusson sobre la evolución de las catedrales medievales; posteriormente Sullivan aplica la analogía a los elementos estructurales básicos de la arquitectura en diferentes periodos: el pilar, el dintel, el arco.

II.6. Analogía evolutiva y cibernética

Christopher Alexander es un arquitecto y teórico del diseño que a investigado, entre otros temas, sobre el proceso proyectual del diseñador.

La obra *Notas sobre la síntesis de la forma* ha sido analizada por Philip Steadman desde el punto de vista de las teorías biológicas. Su análisis muestra como en todos los demás apartados cuestionar su propuesta y la veracidad de la analogía propuesta como teoría en el diseño arquitectónico. Philip Steadman señala claramente las intenciones de Alexander como el querer proponer un método racional y explícito para sustituir el individualismo intuitivo. Mismo que Alexander señala al inicio de su obra titulada *La necesidad de racionalidad*.

Los argumentos de Alexander consisten en explicar la manera en la cual un artesano y un diseñador adquieren conocimiento y, a partir de ello, Alexander distingue que tanto el artesano como el diseñador tienen ventajas y desventajas con relación a la eficiencia del resultado. Esto se basa por los dos tipos de enseñanza definidos como autoconsciente (teórica y posteriormente práctica) y no-autoconsciente (imitación) que implican la evolución del proceso para mejorar un producto.

En continuación a ello señala que esta “eficiencia” se encuentra evaluada de acuerdo a la “adaptación” del objeto al medio. El concepto de “adaptación” parte de la jerga biológica que a su vez retoma de la cibernética, concretamente de la propuesta *Proyecto para un Cerebro* de Ashby²⁹, interesado no sólo por el mecanismo del cerebro, sino por la acumulación de las adaptaciones del comportamiento y el cuerpo en la evolución orgánica. Es entonces que habla de que los objetos pueden tener ajustes y desajustes, y en esto radica la tarea del artesano y el diseñador. También hace alusión a la teoría de la evolución darwiniana, particularmente al proceso de evolución por prueba y error.

Otro concepto principal es el medio considerado como el problema, conjunto y sistema; mediante estos términos motiva a ver el problema

²⁹ Una observación a los conceptos que maneja Alexander en este libro, si bien no habla directamente de la teoría de sistemas o de la cibernética, es decir, no la explica en su escrito, solo reinterpreta los términos en la metodología que él propone y cita las partes importantes en las notas, sobre todo el trabajo de W. Ross Ashby. También habla de los trabajos o conclusiones de personajes como d'Arcy Thompson, Bertalanffy.

desde su complejidad, como marco teórico para analizar la compleja estructura de los problemas de diseño, utiliza la teoría de conjuntos y la teoría de grafos (la matemática de la clasificación y la relación estructural). El uso de esquemas gráficos es uno de las propuestas que sugiere ejercitar para plantear un problema complejo, al final éste es quien dicta el resultado o es el resultado en sí.

Alexander habla sobre la poca utilidad de esta teoría al método de diseño, puesto que es demasiado complejo y no es práctico al momento de ejecutarlo. Sin embargo, Philip Steadman habla que la teoría no fue bien planteada debido a que la interpretación de los conceptos de cibernética se abordaron de una manera superficial.

A continuación explicaremos de manera breve la propuesta de Alexander junto con las opiniones de Philip Steadman.

Los términos que emplea Alexander cuando se refiere a la adaptación gradual en la evolución de los artefactos o edificios por el proceso no-autoconsciente está relacionado con el "mito del darwinismo arquitectónico" lo comenta Philip Steadman (1982. p.213). Sin embargo esta idea no se encuentra del todo bien adaptada a toda a la propuesta de Christopher Alexander. Son los términos de evolución y adaptación los que harían que su propuesta fuera incluida también como un modelo con bases de teoría biológica. Alexander los encontró concretamente en la propuesta de W.Ross Ashby, *Diseño para un cerebro*. En esta obra Ashby describe de que manera, tanto en el aprendizaje como en la evolución, se puede producir la adaptación del sistema, siendo estos tan complejos como los organismos. Para Alexander el "sistema"³⁰ es el contexto y la forma.

La adaptación del contexto y la forma en el proyecto arquitectónico según la cibernética

La dualidad contexto y forma surge como dos entidades que el diseñador debe tener en cuenta al plantear el problema de diseño. Para Christophe Alexander, la solución está en el planteamiento del problema, por ejemplo el rediseño de una tetera porque no calienta el agua, es importante plantearse cuál es el problema. Éste puede considerar el rediseño de la casa hasta el diseño de la tetera, o el diseño del método de cómo calentar el agua. Cada uno de estos elementos, según se plantee, tomara el papel de contexto y forma a lo cual dice "La forma es la solución para el problema; el contexto define al problema. En otras palabras, cuando hablamos de diseño, el objeto real de la discusión no es sólo la forma sino el conjunto que comprende

30 La nota de Alexander se cita de manera textual a continuación: 5. Cuando más adelante en otros puntos empleo la palabra "sistema", me refiero siempre con ella al conjunto entero. Sin embargo, es necesario poner en esto algún cuidado, ya que muchos autores se refieren a aquella parte del conjunto que se mantiene constante como "medio ambiente" y sólo dan el nombre de "sistema" a la parte sometida a ajuste. Para esos autores lo que yo llamo forma, y no lo que llamo conjunto, constituiría el sistema. (Alexander, 1971, p. 199)

la forma y su contexto” (Alexander, 1971, p.22). El contexto también puede estar formado por uno o varios elementos que estén realmente influenciando al objeto a diseñar.

Alexander define estas entidades de manera más detallada como:

“La forma es una parte del mundo que está bajo nuestro control y que decidimos modelar en tanto que dejamos el resto del mundo tal cual es. El contexto es aquella parte del mundo que hace exigencia a esta forma; todo lo que en el mundo hace exigencias a la forma es contexto. El ajuste es una relación de mutua aceptabilidad entre estos dos elementos. En el caso de un problema de diseño, queremos satisfacer las mutuas exigencias que dichos elementos se hacen entre sí. Queremos establecer entre contexto y forma en contacto sin esfuerzo o una coexistencia sin roce alguno.” (Alexander, 1971 p. 24)

Una antigua idea para ejemplificar al conjunto y la relación entre forma y contexto pertenece a lo biológico, constituido por un organismo natural y su medio ambiente físico. El buen ajuste entre ambos se conoce como una buena adaptación. Estos mismos conceptos son interpretados como requerimientos del problema de diseño y su solución.³¹

Este procedimiento se basa en la noción de que todo problema de diseño se inicia con un esfuerzo por lograr un ajuste (fitness) entre dos entidades: la forma en cuestión y su contexto. La forma es la solución para el problema; el contexto define el problema. En otras palabras, cuando hablamos de diseño, el objeto real de la discusión no es sólo la forma sino el conjunto que comprende la forma y su contexto. El eficaz ajuste es una propiedad deseable de este conjunto que la relaciona con alguna división particular del conjunto en forma y contexto. (Alexander, 1971. pp. 21-22)

Cuando Christopher Alexander habla de esta simetría, que implica la adaptación entre forma y contexto y viceversa, se basa en los autores L.J. Henderson, en su obra *The Fitness of the Environment* (Nueva York, 1913) página V “la eficacia darwiniana está constituida por una relación mutua entre el organismo y el medio ambiente”, así como también en la observaciones del E. H. Starling y Albert M. Dalcq “Form and Modern Embryology”, en *Aspects of Form*. (Alexander, 1971. p. 199)

Continuando con la búsqueda de la analogía entre la naturaleza y los aspectos teóricos del diseño, Alexander habla de la complementariedad de la forma basado en el argumento de D´Arcy Thompson, quien dice que la forma es un diagrama de fuerzas. El contexto y la forma pueden presentar ajustes o desajustes, donde los ajustes son la adecuada relación y los desajustes aquellas fuerzas que hay que corregir. De esta manera identifica el diagrama de fuerzas en la situación o en el conjunto.

31 Me gustaría añadir la observación de Philip Steadman quien compara todas las teorías con la propuesta de la ciencia de lo artificial como punto de partida acertado a la vinculación del diseño a la ciencia. Y expone que Alexander habla de la dualidad forma y contexto en adaptación, sin embargo Herbert Simon en su obra *Las ciencias de lo artificial*, se refiere a “medio como molde” e involucra el tercer término llamado objetivo o finalidad, esto es “La realización de la finalidad o la adaptación a un objetivo implica una relación entre tres términos: el objetivo o finalidad, el carácter del artefacto y el medio en el que éste actúa” Citado por Steadman p.214.

Su propuesta es muy interesante desde el punto de vista metodológico y teórico, pero abordarlo en toda su extensión en este momento nos desviaría a otros aspectos que no vamos a tratar. Sin embargo podemos concluir que la comparación analógica que realiza con la forma en los organismos y la forma como el planteamiento del problema, puede considerarse de manera retórica. Aunque dicha retórica lleva la intencionalidad de observar la estructura de la forma en dos aspectos: en la biología como un diagrama de fuerzas, y en el planteamiento del problema como la interacción del contexto-forma en el conjunto.

Conclusión

Una de las preguntas claves del libro de Philip Steadman, la cual coincide con este trabajo de investigación, es ¿cuál es la relevancia particular de las analogías, específicamente biológicas, para aspectos más generales del papel de la ciencia en el diseño?. Su respuesta en la introducción habla de que hay conceptos como totalidad, unidad, coherencia, correlación, integración que son perfectamente bien ejemplificados en los organismos biológicos. Conceptos que para el diseño son fundamentales y cito:

La adaptación del organismo a su entorno, su aptitud, puede compararse con la relación armoniosa entre un edificio y su rededor y, más abstractamente, con la adecuación de todo objeto diseñado a los diversos fines para los que está pensado. De entre todas las ciencias es la biología, muy significativamente, la que primero afrontó el problema central de la teleología, del diseño en la naturaleza; y es lógico, por esta razón, que de todas las ciencias fuese ella la que atrajera de manera especial el interés de los diseñadores. (Steadman, 1982, p.17)

El límite que presenta la analogía es, particularmente, que se comienza comparando dos modelos con origen distinto, por lo que tanto la naturaleza como el diseño no tienen mucho en común. Es probable que la arquitectura y el diseño industrial compartan principios físicos y geométricos con la naturaleza; pero solamente aquellos que pueden clasificarse como parte de la ingeniería y las propiedades materiales. Sin embargo las similitudes no son tan evidentes entre la naturaleza y la composición plástica en el diseño gráfico. Se tendría que llegar a convencionalismos, y sería cuestionable si llegaran a ser parte de la teoría o quedarían en un nivel de lenguaje.

En lo que se refiere a la aplicación de la teoría darwiniana al diseño, es muy fácil establecer las relaciones entre los términos de genotipo y fenotipo, o la transmisión de conocimiento para realizar algo mejor. Si bien es posible emplearlo, no puede hacerse de la misma manera que lo hace la biología. En cierta forma son conceptos distinguidos por el estudio que el hombre hace de cómo funciona la biología. Estos conceptos son aplicables si no esperamos que los resultados, las consecuencias o los procesos sean los mismos que los biológicos. Pero el razonamiento, la episteme de cómo funciona la biología en el

sentido de mejorar una especie y como mejorar un objeto, pueden tener conceptos similares; por lo menos en el principio que comienza a establecer un raciocinio o una teoría de cómo se diseña. Es entonces cuando la analogía puede funcionar. Una vez que se haya experimentado, el diseño desarrollará sus propios métodos de observación y de deducción. No sin dejar de pensar que también puede seguir relacionado a las ciencias que le aporten justificación.

Es importante señalar que, los arquitectos y diseñadores, pueden admirar la naturaleza por su belleza y coherencia entre la función y la forma a partir de sus conductas para la supervivencia. También puede ser una "fuente de inspiración". Se puede estudiar a los organismos vivos desde sus posibilidades de comunicación, sus habilidades para construir herramientas y espacios para protegerse. Pero si se pretende establecer un modelo teórico desde las teorías biológicas, es necesario comprenderlas a profundidad, así como también considerar conceptos que sean comunes con el diseño.

Las limitantes de la analogía entre la biología y el diseño se basan en los aspectos interpretativos y en que sean plausibles ya que no es posible una comprobación por que ambos modelos tienen un origen distinto. Es conveniente que el diseño, sobre todo el diseño gráfico, considere su propio origen para generar teoría y para que se retomen conceptos considerados globales por la ciencia, con el fin de innovar en la interpretación de la teoría del diseño.

Capítulo III.

Analogías como método de estimulación a la creatividad en el diseño

" the significant problems we face cannot be solved at the same level of thinking we used when we created them ". Eistein

Según D´Arcy Thompson: *...la forma de un objeto es un "diagrama de fuera" ...*¹
(D´Arcy, 1980.p.10)

Introducción

En la búsqueda de analogías entre el diseño y la naturaleza se ha identificado de manera favorable que la analogía es útil para el diseño cuando se aplica dentro del proceso proyectual. Podemos considerar a la analogía como un método que estimula la creación de ideas innovadoras. Entendemos por creatividad a la habilidad para proponer una respuesta nueva, distinta, eficiente y sustentable.

El diseñador ofrece soluciones constantemente y, por lo regular, en un periodo de tiempo corto. Por lo que requiere tener fuentes de información de las cuales proveer su memoria para, en su momento, interpretarlas como soluciones, sea una composición plástica, objeto o espacio. ¿Nos referimos a tener inspiración?, ¿a alguna musa? No. Es información para poder dar respuestas innovadoras a un problema concreto demandado por una sociedad.

El humano-diseñador ha considerado que la naturaleza es una fuente de inspiración. Es fácil admirarse de la inteligencia de los organismos para operar; la diversidad de su morfología y la calidad de los materiales son algunas de las cualidades que siempre han sido admiradas.

Es en el diseño Industrial donde hay más evidencias de que la naturaleza ha sido un modelo recurrente y que junto con el método analógico, puede ser un recurso para mejorar tanto el proceso de creación como los resultados en el aspecto de la innovación. Esto ha sido considerado también en la ingeniería y en la biología, las cuales han generado áreas de la ciencia nuevas donde se crean productos bajo la combinación de los dos conocimientos.

¹ Es importante mencionar el contexto de la cita: Así pues, la forma de cualquier porción de materia tanto viva como inerte, y los cambios de forma que se manifiestan en su crecimiento y sus movimientos, pueden en todos los casos describirse como debidos a la acción de una fuerza. En resumen, la forma de un objeto es un "diagrama de fuerza en el sentido, al menos, de que a partir de él podemos juzgar o deducir las fuerzas que están actuando o han actuado sobre él: es un diagrama- en el caso de un sólido- de las fuerzas que se han aplicado sobre él en el momento de su conformación, junto con aquellas que le capacitaron para retener dicha conformación: en el caso de un líquido (o de un gas), lo es de las fuerzas que de momento actúan sobre él para refrenar o equilibrar su propia movilidad inherente. En un organismo grande o pequeño, no debemos interpretar en términos de fuerza de la naturaleza de los movimientos de la sustancia viviente (de acuerdo con la cinética), sino la conformación del organismo en sí. Cuya permanencia o equilibrio se explica por la interacción o equilibrio de las fuerzas, como describe la estática. (D´Arcy, 1980.p.10)

Aunque la creatividad se considera una actividad en que la mente puede generar cualquier cosa, hay otra etapa en la que todas esas opciones tienen que tomar un sentido para solucionar algo específico: cubrir un objetivo de utilidad concreta. La analogía, aunque fomenta la creatividad, la solución también requiere de condiciones para que pueda manifestarse favorablemente. Requiere de un proceso de pasos que podemos resumir en tres:

Paso 1: observar las cualidades positivas y necesidades nuevas del modelo A.

Paso 2: observar las cualidades de un modelo muestra B e identificar alguna cualidad útil para el modelo A.

Paso 3: reinterpretación de esta cualidad para dar lugar al modelo innovador C.

Es decir, es poco conveniente hacer analogías con modelos naturales, por moda, por alguna ideología ecológica o para hacer algo novedoso. Es necesario que se encuentre justificado el porqué de retomar este modelo para que el proceso creativo pueda ser eficiente también en sus resultados.

Al generar una composición gráfica/artefacto/espacio a partir de un modelo base podemos encontrarnos con un límite: que el modelo no pueda ser totalmente imitado puesto que su reproducción (sobre todo si es un ser orgánico) rebase los costes e incluso, en muchos casos, la tecnología y los conocimientos humanos aún no sean suficientes o adecuados. Por ello se requiere de una alta calidad de observación y de reinterpretación. Podemos decir que la analogía, al igual que la investigación teórica, es un método generador a partir de hipótesis iniciales que pueden permanecer de manera total, parcial o nula al final del proyecto. Aunque por ende la analogía ya implica la comparación parcial de un modelo con otro, es un método que para fines de la práctica del diseño es más resolutivo que para la generación de una teoría.

Esto podemos resumirlo en dos preguntas: ¿cuáles son los aspectos útiles y los límites para el empleo de la analogía con base en la naturaleza y en el proceso proyectual del diseño? ¿Cuáles son los aspectos útiles que podemos retomar para el estudio de la organización y la estructura de la composición gráfica del diseño? En este apartado es interesante que también nos preguntemos ¿cuáles son los aspectos generales más importantes que establecen una similitud o analogía entre el diseño industrial y la naturaleza?

Para poder responder a estas preguntas se realizó una selección del material considerando como temas útiles la clasificación de las ramas del diseño industrial y la ingeniería que toman como modelo la natura-

leza. Se distinguió el objetivo que cada una tiene y si en sus metodologías consideran el método analógico y en qué sentido.

También consideramos muy importante el estudio y los análisis del Steven Vogel, experto en biología y en los estudios sobre la analogía entre la tecnología artificial y la natural. En su obra *Ancas y Palancas. Mecánica natural y mecánica humana*, habla sobre los principios mecánicos comunes entre ambos modelos, pero sobre todo, resalta los límites de la similitud y las diferencias en la manera en la que el modelo artificial y natural resuelven las leyes físicas de acuerdo a sus recursos y principios de origen. Este texto nos propone una visión crítica de la comparación de ambos modelos, lo que nos será útil para considerar la interpretación teórica en las propuestas del diseño industrial. El objetivo de Vogel no es negar que sea posible una analogía; sino, principalmente, no subestimar la respuesta de la naturaleza con relación a la respuesta que el ser humano puede proporcionar en la tecnología. La naturaleza puede ser observable, pero sus respuestas aseguran el funcionamiento para sí mismas; su perfeccionamiento se debe a la mejora de sus recursos, mas esto no implica que la certeza con la cual ha resuelto un problema de funcionalidad o forma sea la única manera de resolverlo, o que ésta sea aplicable a cualquier otro material o contexto. De esta manera, Vogel considera que las soluciones de ingeniería en la tecnología humana pueden tener sus propios principios totalmente válidos.

Por último se realizó una explicación sobre el método PAM (Pensamiento Analógico por Modelo), que propone un método proyectual muy detallado con el fin de guiar al alumno y al asesor o diseñador profesional a realizar tareas concretas en diversas etapas. El método no sólo se preocupa por establecer una analogía como fin, sino que contempla los factores para la reproducción del artefacto, los factores referentes a la expresión y estética, y los factores sociales que el diseño debe considerar. Su justificación teórica es asimismo convincente, puesto que se basa en los conocimientos científicos sobre cómo trabaja la mente a través de analogías. El método PAM toma en consideración la teoría de sistemas y de complejidad como una epistemología general.

Los contenidos de este capítulo se redactan en cuatro puntos:

- 1.-La creatividad en el diseño.
- 2.-El diseño Industrial y su relación con la biología.
- 3.-La analogía biológica como un método creativo.
- 4.-Sobre los límites de la analogía entre lo biológico y lo artificial.

En este capítulo se distinguió que la analogía es apta para el proceso creativo, esto se debe a que facilita las respuestas para solucionar un problema. También se puede concluir que la analogía es un método

cuya aplicación es más apropiada para el trabajo proyectual que para la conformación de teorías; sin embargo, en ambos pueden participar en las primeras etapas.

En este capítulo también se ha visto como dificultad el discernir la calidad de las fuentes y la información. Existen opiniones extremas hacia lo positivo. Se ha escrito mucho sobre el tema de la relación de la naturaleza y el diseño como un modelo inspirador, un modelo donde se pueden encontrar respuestas e incluso ideas semejantes a la época pitagórica y aristotélica, donde la naturaleza guarda las leyes de la belleza por ser producto de un creador divino. Es entonces cuando se tuvo que corroborar que las opiniones no tuvieran una tendencia espiritual o fanática, y más bien, tomar en cuenta las opiniones, propuestas o críticas basadas en un sustento teórico tanto desde el diseño como desde la biología.

La trascendencia de la información de este capítulo nos permite distinguir que la analogía es favorable para la práctica del diseño y no es favorable para la argumentación teórica. Esto nos lleva a distinguir las propias confusiones dadas; si se quiere realizar teoría desde la práctica los métodos no serán los mismos. Algo que puede ser un método para estimular la creatividad al diseñar no necesariamente será el mismo método que argumente cómo diseñar.

III.1. La creatividad en el diseño

En este apartado hablaré sobre qué la creatividad y su relación con el diseño; “para la creatividad se requiere información y destreza de emplearla para resolver algo”. Y en este trabajo se revisarán las propuestas donde la naturaleza es un estímulo para dar una solución.

En el diseño, la creatividad es una actividad mental fundamental, sin ella las propuestas carecerían no sólo de innovación, sino que posiblemente no solucionarían los problemas. Paralelamente, al no poder optimizar los conocimientos y los recursos se generarían otros problemas a partir de la propia solución. La creatividad es el proceso mental con el cual se generan soluciones, primeramente, a través de ideas que se materializarán. Tradicionalmente en el arte se decía que las musas eran las encargadas de proporcionar la inspiración a los artistas para que su creación fuera bella, sin embargo, cuando el diseño se define como una disciplina que integra arte y comunicación, las musas no son suficientes y el mito desaparece.

III.2. El Diseño Industrial y su relación con la Biología

Vamos ahora a conocer qué es lo que permite que un ser orgánico pueda aportar soluciones a los artefactos creados por el hombre. Lo

que establece la relación entre el diseño industrial y la biología es que ambos tienen un objeto de estudio: un “cuerpo” sea inerte o vivo que debe ser estudiado bajo los principios científicos básicos que estudian la materia: la física, la mecánica, la electrónica y la ingeniería.

El diseño industrial tiene como objetivo el diseño de artefactos útiles para las actividades del ser humano o los organismos vivos. El diseñador industrial, a partir del estudio de las necesidades de una persona o sociedad, genera una serie de ideas que debe materializar, normalmente, en un objeto tangible tridimensional. Este objeto o artefacto es un cuerpo sometido a leyes de fuerzas internas (una estructura) que proporcionan la forma y fuerzas externas como la gravedad.

Por otro lado, los seres biológicos, como cualquier cuerpo inerte, se encuentran afectados por los mismos efectos físicos de la gravedad y fuerzas internas que se distribuyen para constituir su estructura. Debido a ello la ingeniería y la física pueden hacer importantes interpretaciones sobre su forma, sus funcionamiento (desde lo mecánico) y algunos procesos referentes al movimiento del cuerpo, sea físico, fluido o gas.

La coincidencia entre el diseño industrial y la biología radica en que ambas estudian un “cuerpo” que se rige por las mismas leyes de la ingeniería. Esto permite que haya la posibilidad de generar analogías. Es importante añadir que, a pesar de esta relación, no se garantiza que las analogías puedan ser directas; varios autores, entre ellos Vogen, consideran que las analogías directas, cercanas o totales son menos probables que las indirectas, lejanas o parciales. Otros incluso consideran que es más correcto hablar de “innovación inspirada por la naturaleza”. La razón más importante se encuentra en la explicación anterior: sólo cumple con la similitud en principios físicos y no totalmente biológicos (los cuales incluyen a los procesos químicos y, por otro lado, a la vida).

El diseño industrial no siempre retoma como modelo a la naturaleza, en realidad es sólo una rama del diseño la que lo hace y se le denomina Biónica. A continuación se mencionan la especialidad de cada una.

Biónica

En 13 de septiembre de 1960 en Dayton (estado de Ohio) aparece el término “biónica”² atribuido al Mayor médico norteamericano Jack E. Steele (1924—2009) quien participa en la ceremonia “Bionics Symposium: Living Prototypes - the key to new technology”. Philippe Goujon hace una nota a pie de página mencionando la definición de Steele sobre biónica como:

“...la ciencia de los sistemas que tiene la función de copiar de los sistemas

² En inglés es traducido como “bionics”.

naturales, o aquella que presenta las características específicas de los sistemas naturales. Con más precisión, se puede definir la biónica como el arte de ejercer la comprensión de los sistemas vivos para la solución de problemas técnicos. (Goujon. 2001. p. 47. Cita 78) ³

Con otras palabras, la biónica es la aplicación de soluciones biológicas a la técnica de los sistemas de arquitectura, ingeniería y tecnología moderna. Etimológicamente, la palabra viene del griego "bios", que significa vida y el sufijo "-ico" que significa "relativo a" o "estudio".

Este es el significado básico incluido en varias definiciones encontradas en los escritos de diseñadores y teóricos contemporáneos. Sin embargo es conveniente considerar los diversos matices de esta misma palabra, pues complementarán la idea de lo que el término en práctica representa. Por ejemplo:

Carmelo Di Bartolo, diseñador industrial italiano, se ha desarrollado en la investigación aplicada y emplea la metodología biónica al diseño de producto de innovación ⁴. Su definición es muy sencilla: biónica es "el estudio de las formas de vida".

Bruno Munari, teórico y diseñador destacado en varias ramas del diseño como el industrial, gráfico y diversas artes, entiende que la biónica es:

"...estudia los sistemas vivientes, o asimilables a los vivientes, y tiende a descubrir procesos, técnicas y nuevos principios aplicables a la tecnología. Examina los principios, las características y los sistemas con transposición de material, con extensión de mandos, con transferencia de energía y de información". (Munari, 2004. p. 338)

Estas definiciones hablan de realizar una observación de los procesos de desarrollo, reproducción, de relación y comunicación de la naturaleza para poder interpretarla y aplicarla a problemas concretos del diseño del artefacto o tecnología. En esta disciplina, como en las anteriores, encontramos que existe un estudio sobre el organismo vivo, una observación. En la biónica esta observación se emplea para la reinterpretación, lo cual haría una diferencia si solo se realizara una copia del modelo natural.

La biónica tiene bases en las áreas de la anatomía, ingeniería, física y la manera en la que los sistemas mecánicos.

El italiano-americano Franco Lodato (1962-) es un diseñador industrial se identifica con la definición "Bionics is the derivation of engineering principles employed in natural systems, and the application of these

³ La traducción es responsabilidad mía. A continuación se presenta la cita original: "...the science of systems that have a function copied from natural systems, or which present the specific characteristics of natural systems or that are analogous to natural systems. More precisely, one can define bionics as the art of applying the understanding of living systems to the solution of technical problems." (Goujon. 2001. p. 47. Cita 78)

⁴ Carmelo di Bartolo ha desarrollado proyectos de investigación y diseño de producto para Fiat Auto, Centro de Investigación Fiat, Du Pont de Nemours, Gillette Co., Pirelli Artigo, La Magona d'Italia, Montedipe, EP - Guppo VLM, Lego Futura, Lear Co, Johnson Controls, Hunday Motors, 3M, Laika Caravans, Commer, entre otros.

principles to the design or improvement of materials and technological systems” (Lodato, 2001. p.3).

Y lo clasifica en cinco categorías:

- 1.- Mimetismo total: un objeto de estructura material o química que sea indistinguible de otro producto natural, ejemplo: las primeras máquinas aéreas.
- 2.- Mimetismo parcial: una versión modificada de un producto natural, ejemplo: Madera artificial.
- 3.- Analogía no-biológica: Mimetismo funcional, ejemplo: aviones modernos y superficies aerodinámicas.
- 4.- Abstracción: el uso de un mecanismo aislado, ejemplo: el material de fibra compuesta
- 5.-Inspiración: gatillador de creatividad, ejemplo: diseño para el Crystal Palace por Sur en American Water Lily. (Lodato, 2001 p.3)⁵

Franco Lodato muestra una diferencia útil en lo que se refiere a la biónica y el bio-diseño; mientras que la biónica se enfoca en la ingeniería de la naturaleza, el bio-diseño atiende a la arquitectura de la misma. Por ejemplo, algunos de los estudios que realiza son relacionados con la tecnología, busca en los sistemas de fuerzas, cómo optimizar la energía. Otros están basados en aspectos de la cibernética (la comunicación) que tratan principalmente de los modelos de recepción y de emisión de información de los seres naturales (los sistemas de percepción) para poder generar artefactos o sistemas de comunicación que mejoren la transferencia de información entre los seres humanos. Es el caso de los radares y termorreceptores, ordenadores potentes o micro y nanochips, en estos últimos casos la biónica reemplaza, complementa o imita las funciones del sistema nervioso y el cerebro. Sus aportaciones no sólo han sido obtener resultados de transmisión de información, sino una comprensión de cómo funciona el cerebro, cómo pensamos. Todo a partir del método analógico.

Vanden también habla de los principios de la biónica. Explica por qué es acertado tener a la naturaleza como modelo. “...en la tierra, todo organismo vivo es el resultado de dos millones de años de evolución y que, mediante la selección natural, han sobrevivido sólo aquellas especies que estaban satisfactoriamente adaptadas al medio ambiente” (Vanden, 2000, p.9).

Biodiseño

“El biodiseño considera la arquitectura interna y externa de las máquinas vivientes por ser soluciones de diseño extremadamente eficientes desarrolladas para ejecutar múltiples roles de función en su ambiente correspondien-

⁵ En la traducción realizada para este trabajo se ha considerado agregar como signos de puntuación la “coma” y los “dos puntos” para mejorar la claridad. La cita original es la siguiente: 1.- Total mimicry: an object material or chemical structure that is indistinguishable from the natural product e.g. early attempts to construct flying machines. 2.-Parcial mimicry: a modified versión of the natural product e.g. artificial wood. 3.-Non- biological analogy: functional mimicry e.g. modern planes and use of airfoils. 4.- Abstraction: the use of an isolated mechanism e.g. fiber reinforcement of composites. 5.- Inspiration: trigger for creativity e.g. design for Crystal Palace via South American Water Lily. (Lodato, 2001 p.3)

te". Bio-Diseño es probablemente el primer tipo de metodología del diseño empleado por el humano y los ejemplos de su aplicación son abundantes a través de nuestra historia. (Lodato, 2001 p.3)⁶

El biodiseño se refiere a los instrumentos fabricados por el hombre que morfológicamente o estructuralmente retoman algún parecido con un organismo vivo o natural, algunos ejemplos pueden ser las canoas y submarinos con forma aerodinámica o las alas de las aves con las de los aviones.

Si bien hay muchas metodologías del diseño a través de la biónica y el bio-diseño que pueden ser motivo de otra tesis, podemos enunciar, según Franco Lodato, los procesos involucrados en el bio-diseño. Se pueden dividir en cuatro etapas:

"Selección características del organismo vivo que superan las actuales capacidades tecnológicas.

Descubrir y derivar principios y procesos responsables de su superioridad.

Desarrollar modelos y métodos para describir los sistemas biológicos en términos útiles para los diseñadores.

Demostrar la factibilidad de interpretación del conocimiento en un eficiente soporte físico" (Lodato, 2001. p.4)⁷

Otras disciplinas de la ingeniería y la ciencia que establecen analogías con la naturaleza

Con el fin de ampliar nuestro conocimiento, cabe decir que la biología es estudiada en otros aspectos como los químicos, los procesos y lo meramente biológicos. Esto ha dado lugar a la creación de otras disciplinas como la biotecnología y la biomimesis. Otras como la biomecánica y la biofísica se enfocan en aspectos de la ingeniería y mecánica.

Biofísica

La biofísica es una rama de la física que estudia los fenómenos biológicos desde los principios y métodos de la física. La biofísica aporta conocimientos a la biología mientras que la física sólo le aporta a la evidencia experimental, con la cual corrobora teorías. Una de las ramas de la biofísica es la biomecánica.

Biomecánica

La biomecánica fue reconocida como una disciplina y área de investigación en la segunda mitad del siglo XX, en gran parte por los trabajos de Yua CHeng Fung (1919-) un bioingeniero y científico chino reci-

⁶ "Bio-design considers the internal and external architecture of living machines to be extremely efficient design solutions developed to perform multiple role functions in their corresponding environments" Bio-design is probably the earliest type of design methodology used by man and examples of its application are abundant throughout our history. (Lodato, 2001 p.3)

⁷ La traducción es responsabilidad mía sin embargo es muy conveniente revisar la cita original que se presenta a continuación. "Select features of living organism which exceed present technological capabilities. Discover and derive principles and processes responsible for their superiority. Develop models and methods to describe biological systems in terms useful to designers. Demonstrate the feasibility of translating this knowledge into dependable and efficient hardware." (Lodato, 2001. p.4)

dente de Estados Unidos, quien se considera uno de los iniciadores de la biomecánica moderna.

Podemos decir que la biomecánica es el área del conocimiento que estudia a los seres vivos en relación con los modelos, fenómenos y leyes relacionados con el movimiento y el equilibrio, (el equilibrio estático también). Dichos conocimientos se pueden encontrar en el área de la mecánica, ingeniería, anatomía y fisiología. Es decir, estudia aquellas estructuras de carácter mecánico y macroscópicas tanto en la naturaleza como en la ingeniería.

Steven Vogel sintetiza muy bien el sentido de la biomecánica al decir que “la tecnología mecánica de la naturaleza es un primer escalón hacia la creación y comprensión de la tecnología humana”. (Vogel, 2000 p.16)

Bajo un carácter analítico, Lodato lo reafirma así:

Utiliza leyes de la física y en conceptos de ingeniería para describir los movimientos experimentados por los distintos segmentos del cuerpo , y las fuerzas que actúan sobre estas partes , durante las actividades diarias normales. Las interrelaciones entre la fuerza y el movimiento es importante, y deben ser entendidas y aplicadas en la conceptualización y diseño de producto. (Lodato, 2001. p.4)⁸

Biotecnología

La biotecnología es la tecnología que también estudia y aprovecha los mecanismos e interacciones biológicos de los seres vivos (incluyendo la química y la física), pero se diferencia en el estudio de los organismos unicelulares.

Encontramos dos definiciones publicadas por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) que dice: “aplicación de principios de la ciencia y la ingeniería para tratamientos de materiales orgánicos e inorgánicos por sistemas biológicos para producir bienes y servicios”. (Martín, ¿, p.3)

La segunda definición es dada en el Convenio sobre Diversidad Biológica en junio de 1992, “toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos”. (Convenio sobre diversidad Biológica, 1992, p.3)

La biotecnología estudia lo molecular y lo microscópico, aprovecha los mecanismos e interacciones biológicas. Se aplica ampliamente en agricultura, farmacia, ciencia de los alimentos, medio ambiente y medicina. Es una actividad sintética. Las ciencias básicas de esta área son la biología, bioquímica, genética, virología, agronomía, ecología, ingeniería, física, química, medicina y veterinaria.

⁸ Uses laws of physics and engineering concepts to describe motions undergone by the various body segments, and forces acting on these parts, during normal daily activities. The interrelations between force and motion is important, and must be understood and applied in the conceptualization and design of product. (Lodato, 2001. p.4)

Esta área no estaría relacionada con el diseño industrial, puesto que no se refiere al diseño de artefactos, sino al diseño de procesos, productos químicos u organismos. Aún así es conveniente que la mencionemos para saber la diferencia.

Biomimética

Un área de la ciencia muy joven. El nombre es atribuido a Otto Schmitt (1913-1998) en los años cincuenta. La palabra viene del griego βίος (bios), vida, y μίμησις (mīmēsis), imitación, de μιμεῖσθαι (mīmeisthai), imitar, μῖμος (mimos), actor.

La biomimética o biomimetismo consiste en la observación de los principios de ingeniería, es decir, tanto la forma, función y el sistema de los seres vivos en la dimensión macro como nanoescala. Su objetivo es generar productos tecnológicos que resuelvan problemas complejos humanos. Tiene mucha relación con la biónica.

Un ejemplo de biomimética es el estudio de la construcción de un termitero en el África subsahariana, donde las temperaturas van desde 3° hasta los 42°. Los insectos construyeron un termitero con un sistema de ventilación. Sus montículos tienen la cualidad de regular y controlar los entornos internos y utilizan fuentes de energía renovables para suministrar energía suficiente para vivir. A partir de este modelo natural se diseñó el Harare, Zimbabue llamado Eastgate Centre es un edificio de oficinas el cual se mantiene la temperatura regular sin aire acondicionado y el 10% de la energía de un edificio convencional en su tamaño. El proyecto fue llamado TERMES (Termite Emulation of Regulatory Mound Environments by Simulation).

Existen grupos de investigación dedicados a analizar modelos naturales, tal es el caso de The Biomimicry 3.8 Institute, creado en el año 2006 y representado por Janine Benyus, escritora y científica. Estudia casos de la naturaleza para encontrarles alguna aplicación práctica para el diseño de artefactos o sistemas.

De todas estas disciplinas, la Biónica, el biodiseño y la biomecánica son las que tienen una relación con el diseño industrial.

III.3. La analogía biológica como un método creativo

En el ámbito del diseño industrial principalmente, hemos visto que el modelo natural puede proporcionar soluciones útiles para la generación de artefactos. Y la imitación a las soluciones formales y mecánicas dadas por la naturaleza han ido apareciendo a lo largo de la historia del ser humano. Para el diseño industrial y la biónica particularmente, la analogía se ha convertido en un proceso que coopera para la innovación, que permite observar desde otros puntos de vista un aspecto nuevo o también un aspecto ya conocido. Podríamos de-

cir que la analogía está aceptada por la ciencia y el diseño como un método para fomentar la creatividad y dar soluciones distintas a las dadas en el pasado.

“Independientemente de si hablamos de descubrimiento o de invención, los pensamientos análogos son inevitables en el ser humano, porque nosotros tendemos a las cosas nuevas de la ciencia con el equipo que tenemos, con el cual nosotros hemos aprendido a pensar en relación a las cosas. Nosotros no podemos introducirnos a algo nuevo, tratando con ello, excepto sobre la base de lo familiar y lo pasado de moda. La conservación de la investigación científica no es una cosa arbitraria; es la carga con la que operamos; que es el único equipo que tenemos. No podremos aprender a ser sorprendido o asombrado por algo a menos que tengamos una visión de cómo debería ser; y ese punto de vista es casi seguro una analogía” (Robert Oppenheimer, September, 1955 tomado de Vosniadou S. 1989, p. 413)⁹.

A pesar de que ha habido una gran cantidad de experimentos, estos también cuentan con un riesgo, puesto que no todos los intentos son acertados para dar una respuesta en lo que se refiere al problema humano. Respecto a la eficiencia de la analogía, quiero mencionar el estudio realizado por Jamal O. Wilson, David Rosen¹⁰, Brent A. Nelson and Jeannette Yen ¹¹, publicado en *The effects of biological examples in idea generation* (2009). Este estudio quiso evaluar la innovación y la variedad en el proceso de diseño de un grupo de estudiantes en ingeniería, al presentarles modelos biológicos y de origen tecnológico artificial que pudieran tener una relación lejana o cercana (respectivamente) con el problema de diseño a solucionar.

Partieron de la hipótesis de que la analogía biológica incrementa la innovación y la variedad de la solución en el diseño. Sin embargo los resultados no fueron del todo apegados a esta hipótesis, reflejaron valiosa información para darnos cuenta de la situación aproximadamente real.

A tres grupos de estudiantes se les pidió el desarrollo de un artefacto que protegiera e inmovilizara una pierna en estado de fractura o dislocación. El artefacto debía ser pequeño y ligero para que pudiera ser transportado en una mochila de viaje de alpinista así como también recto y largo para sujetar una pierna de adulto.

Los tres equipos tuvieron veinte minutos para realizar bocetos, posteriormente se les proporcionó al equipo un ejemplo del ámbito biológico: información sobre los tejidos del pepino marino. Al segundo

9 La traducción es responsabilidad mía sin embargo es conveniente revisar la cita original que se presenta a continuación. “Whether or not we talk of discovery or of invention, analogy’s inevitable in human thought, because we come to new things in science with what equipment we have, which is how we have learned to think, and above all how we have learned to think about the relatedness of things. We cannot, coming into something new, deal with it except on the basis of the familiar and the old-fashioned. The conservation of scientific enquiry is not an arbitrary thing; it is the freight with which we operate; it is the only equipment we have. We cannot learn to be surprised or astonished at something unless we have a view of how it ought to be; and that view is almost certainly an analogy. (Robert Oppenheimer, September, 1955 tomado de Vosniadou S. 1989, p. 413).

10 Del Woodruff School of Mechanical Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA 30332-0405, USA.

11 Del Center for Biologically Inspired Design, Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA.

equipo se le proporcionó información sobre el comportamiento de los fluidos electrorreológicos (los cuales tienden a cambiar su estado de líquido a gelatinosos). Y al tercer equipo no se le proporcionó ningún ejemplo.

Los parámetros de evaluación de los resultados fueron la innovación y la variedad. El instrumento realizado fue un árbol del cual se generaron variables cualitativas de los diseños con relación a determinados factores.

Los resultados fueron interesantes respecto a la relación y la innovación. Hubo una diferencia notoria entre el antes y el después de haber presentado los ejemplos. También hubo una diferencia notable entre los diseños propuestos por quienes habían tenido ejemplos y el equipo que no los tenía. Con relación a la variedad, hubo un cambio poco significativo al presentar los ejemplos entre los equipos de analogía biológica y el que no tuvo analogía. En los diseños que eran similares a la ingeniería humana la variedad decreció después de mostrar el ejemplo.

Si bien la analogía puede estimular la innovación debido a que se propone observar otras soluciones, materiales y procesos distintos que en ocasiones pueden funcionar; la variedad no resultó ser beneficiada.

Este ejercicio no implica un resultado determinante, pero sí es conveniente hacer evaluaciones cuando se aplica el método de analogía para soluciones de diseño. Parte de sus conclusiones son:

Actualmente, hay poca evidencia empírica en cuanto a los efectos de las analogías superficialmente disímiles desde el dominio biológico en el proceso de generación de ideas, a pesar de la existencia de varios esfuerzos de investigación dedicados al proceso de la cartografía [?] analógica desde el dominio biológico. El objetivo de este trabajo fue cuantificar el valor de estas técnicas en la ideación y su relación con el diseño de la expansión del espacio y la exploración. (Willson , Rosen , Nelson, Yen , 2009 , p . 182)¹²

Los resultados reflejan mucho sobre el proceso de pensamiento del diseñador ante una idea desde el punto de vista psicológico y su capacidad creativa para dar soluciones.

Modelo de diseño Pensamiento Análogo por Modelos (PAM)

El modelo PAM es una investigación cuya exposición es organizada y clara, se fundamenta con bases teóricas cognitivas y es realizada

¹² La traducción es responsabilidad mía sin embargo es conveniente revisar la cita original que se presenta a continuación. "Currently, there is little empirical evidence as to the effects of surface dissimilar analogies from the biological domain in the idea generation process, despite the existence several research efforts devoted to the process of analogical mapping from the biological domain. The aim of this work was to quantify the value of these techniques in ideation as it relates to design space expansion and exploration" (Willson, Rosen, Nelson, Yen, 2009, p. 182).

por el equipo de investigadores de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (UJTL) y la Fundación Superior San José, ambas en Colombia¹³ con su grupo de investigación.

Este modelo tiene como objetivo sistematizar el pensamiento análogo por modelos, en un método útil para realizar productos diversos y de innovación en el diseño industrial retroalimentando la creatividad con modelos sean naturales, culturales o artificiales. Para esta Tesis es oportuno observar los fundamentos teóricos en los cuales se basan, cómo observan los modelos y también cuáles son los resultados que se obtienen al aplicar este modelo en el proceso de diseño.

El PAM parte del pensamiento análogo humano que incluye pensamientos analógicos y lógicos, estos están ligados a los modos de operación del pensamiento participantes en la elaboración creativa. Se insertan en los diferentes elementos de la cognición tales como la percepción, la memoria, la organización, asociaciones y aprendizaje.

El pensamiento analógico se fundamenta en la analogía como principio racional complejo y pedagógico. Principio que analiza y correlaciona las características comunes de dos o más hechos para obtener un tercer hecho como diseño innovador. (Sánchez, 2006, p.32) Se basa en capacidad de lectura, decodificación, interpretación, abstracción y proyección del diseñador con lo cual apoya la creatividad y la innovación (según los autores):

En su opinión, la analogía dota al proceso de diseño de la capacidad de abducción objetiva para tejer y formular hipótesis, relacionar hechos, codificar eslabones nuevos y proyectar bidimensionalmente o tridimensionalmente estos constructos mentales. (Sánchez, 2006, p.32)

Una definición concluida en la investigación es que el pensamiento analógico por modelos consiste en:

...analizar modelos de pensamiento de la cotidianidad a través de una interpretación semántica (dando un criterio), y posteriormente, mediante una reestructuración del lenguaje de los comportamientos de estos modelos que investigó, el proyectista (junto con los recursos cognitivos que ya tenía) propone nuevos conceptos de diseño (por transferencia analógica) sin perder de vista que van dirigidos hacia un contexto cultural específico. (Sánchez, M. 2006. p.37)

¿Cómo funciona el Pensamiento Analógico por Modelos? Este pensamiento tiene una capacidad pedagógica, esto quiere decir que el modelo resultante siempre facilita la transmisión de una idea o concepto abstracto (a partir del uso de la analogía del lenguaje). PAM también

¹³ El grupo de investigación se encuentra integrado por D.I. Germán Tarquino Tapiero, D.I., docente e investigador de la UJTL; Mauricio Sánchez Valencia, docente e investigador de la UJTL. D.I. Julio Suárez Otálora, docente e investigador de la UJTL. D.I.; Ariel Ladino Velásquez, docente de la Fundación Superior San José; D.I. Paulo Sierra García, docente de la Fundación Superior San José; D.I. Emerson Romero Villalobos, alumno del último periodo académico UJTL; D.I. Ivonne Jiménez Garavito, alumna del último periodo académico de la UJTL; D.I. Luisa Márquez Garzón, alumna del último periodo académico de la UJTL.

procura que el diseñador interprete y abstraiga conceptos de referentes existentes, sean de los tres tipos de universos o “bibliotecas” llamadas Naturaleza, Artificialidad y Cultural. A través del proceso de transpolación analógica se generan recursos creativos para el proyecto de diseño.

La actividad conceptual y proyectual se dan bajo parámetros metodológicos que en su investigación se pueden resumir en leer, comprender y proponer; o interpretar y abstraer. Podemos citar cinco pautas:

1.-Corresponder. Es la selección del modelo de análisis; es necesario realizar una justificación sobre la correspondencia con el proyecto.

2.-Decodificar. El proyectista enfoca el modelo de análisis deconstruyendo el modelo base en elementos físicos, significativos, morfológicos y racionales con el objetivo de llegar a la esencia del modelo y contar con la mayor cantidad de información o signos.

3.-Interpretar. Asumir una disposición crítica frente a lo que se analiza y propone; se concluye con una serie de factores de orden relativo pero coherente. Deben tratar de mostrar un carácter objetivo (es decir denotativo),

4.-Abstraer. Al hacer una interpretación, el proyectista asume una posición frente a lo que analiza.

5.- Desarrollar el concepto de diseño. De acuerdo a una posición o criterio, la mente entra en un proceso de construcción mental de ideas y susceptibilidad que representa la morfología. En este proceso se desarrolla lo que será la “genética” del objetivo o del sistema de productos que va a proyectarse. (Sánchez, 2006, p.49)

PAM también tiene una interpretación semántica de los modelos que retoma para analizar como diseño final. Emplea la semántica al analizar el modelo de base dando un punto de vista particular. Propone nuevos conceptos contextualizados (relacionados con el usuario) mediante la reestructuración del lenguaje. Vamos a explicar más el proceso a continuación:

Primero se analiza el organismo desde lo semántico. Esto incluye explicación de las partes y el todo, se concluyen sus razones de la existencia, se identifican los mensajes desde todos los parámetros significativos (significado) y morfológicos (significantes) que sean posibles.

El resultado tiene dos índoles; objetivo, referente a los datos lógicos y comprobables como la función básica, la técnica, la estructura física y la descripción; de índole relativos, que son las conclusiones del diseñador, normalmente no científicas pero coherentes con el proyecto, por lo que se relacionan con una información connotativa.

Una vez que se haya hecho el análisis, la mente recurre a una rees-

tructuración semántica-sintáctica de los signos que reconoció como mentales (los que ya conocía) y propone una nueva perspectiva o identidad objetual. (Sánchez, 2006, p.50)

Para realizar una interpretación y reinterpretación de los modelos y concluir con una propuesta objetiva, el diseñador requiere enriquecer su alfabeto conceptual. Se entiende por alfabeto conceptual, a todo el acervo de imágenes espaciales que se han aprendido al estar en contacto con la “biblioteca de la cotidianeidad”. El diseñador desde su formación comienza a ser sensible, quizá, primeramente a las figuras abstractas y a la sintaxis que se puede realizar con ellas; posteriormente recurre a otros signos más complejos con significados conceptuales y espaciales. El ejercicio le permite tener una destreza para poder “leer” y “escribir”¹⁴, es decir, generar composiciones avocadas a resolver problemas visio-espaciales concretos.

Los alfabetos pueden ser conceptuales y morfológicos. El alfabeto conceptual se compone del “conjunto de significados y asociaciones (sintaxis) de orden teórico que definen principios y comportamientos. Son parte de la estructura netamente mental y son más ideológicos que tangibles”

...”Desde el punto de vista de la teoría del signo, son el conjunto de significados (diferente a los significantes) que establecen una unidad significativa, en el caso de un lenguaje, así como también de los principios conceptuales de ordenamiento sintáctico (leyes de ordenamiento de ideas)”. (Sánchez, M. 2006. p.55)

Esta definición considera el aspecto semiótico de los objetos como signos según la teoría de la semiótica visual interpretada por los semiólogos del Grupo μ y Roland Barthes.

Podemos deducir que los alfabetos morfológicos son complementarios a los alfabetos conceptuales. Si comparamos con la semiótica del signo, sería el significante el alfabeto morfológico y el significado el conceptual; sin embargo, hay que recordar que todos ellos son ideas, son alfabetos cognitivos pero con caracteres significantes y de significado. La definición textual es la siguiente: conjunto de elementos morfológicos y sus posibilidades de asociación espacial. Son de orden viso-espacial, por lo tanto tangibles; funcionan como letras (signos) de orden formal y sus principios de ordenamiento, es decir, son axiomas de orden descriptivo que definen criterios constructivos morfológicos y físicos, tales como accidentes, cualidades, proporciones, relaciones espaciales, ritmos, entre muchos otros, así como principios constructivos de la forma y la estructura formal-física (líneas, planos flexibles, tensiones, torsiones, compresiones, curvaturas, etc.). PAM considera que el análisis que se realice de los modelos básicos

¹⁴ En lo personal, tengo una gran identificación con esta interpretación del diseño, puesto que el diseñador al iniciar su aprendizaje comienza a leer y a escribir con un alfabeto distinto, intangible, pero a la vez materializado; con ideas comunes a la cultura en la cual se mueve, con significados atribuidos a los signos en su cultura así como también con las propiedades físicas o visuales óptimas de los signos para ser empleadas no tanto como cultura, sino como especie humana (aspectos fisio-psicológicos).

de la analogía va a estar influenciados por un enfoque. Lo sustentan en la similitud del modelo de pensamiento como un modelo de análisis.

Los modelos de pensamiento son enfoques que aparecen como ideas instauradas en cada individuo, dirigen sus actos, dependen del contexto sociocultural en el que se desenvuelven y condicionan, a su vez, las interpretaciones del individuo mismo. (Sánchez, 2006, p.56)

Un modelo de pensamiento es una construcción conformada por muchos elementos (ideas, emociones, experiencias, actitudes, etc.), que en definitiva son perspectivas transformadas en conceptos, rigen la esencia de los proyectos, surgen de la interacción cotidiana y dan identidad ya que establecen posiciones diferentes en un contexto frente a cierta situación. (Sánchez, 2006, p.57)

Entonces si un modelo de pensamiento es, en síntesis, la manera cómo se han interpretado ciertos hechos de una realidad, entonces se puede afirmar que la cotidianidad es susceptible de comprenderse como un conjunto de modelos de pensamiento, esto se traduce en estructuras a través de las cuales se han interpretado, enfocado, solucionado, articulado, ponderado y expresado ciertos hechos para cumplir con ciertos fines y para colmar con ciertas expectativas. (Sánchez, 2006, p.57)

La investigación, entonces, define un hecho evidente: el modelo de análisis (el organismo, entorno o situación que se va a investigar), y uno intangible: el modelo de pensamiento, que son los principios, fundamentos, significados, enfoques y ontología de ese modelo analizado. (Sánchez, 2006, p.57)

Paralelamente o una vez terminado el análisis, es importante que el diseñador genere una idea que pretenda ser innovadora. PAM aliena a que las conclusiones de la investigación lleguen a un nivel de abstracción considerable para no caer en una analogía obvia o una imitación de los modelos básicos. Para ello subraya:

Pero este proceso de desarrollo de un nuevo concepto desde modelos de análisis demanda necesariamente el desarrollo de una mente con capacidad de abstracción de los hechos que reconoce, un profesional sensible que escudriña la esencia de las cosas (ontología), sin quedarse en la superficialidad de lo que ve por encima, sino que interpreta, asume una posición y, así, tanto su personalidad profesional como sus proyectos adquieren un carácter. (Sánchez, 2006, p.83)

Para poder tener una mejor comprensión del método, es conveniente citar la descripción de un proyecto como ejemplo. (Sánchez, 2006, p.61)

PROYECTO:

Organismos y entornos biológicos

A continuación se va a realizar una taxonomía superficial:

Reino Animal

Además de lo que actualmente se examina, éste ofrece una gran cantidad de variables para ser analizadas siempre desde dos aspectos:

Comportamiento interno: como organismos autónomos (desde su ontología).

Comportamiento externo: relaciones con otros organismos similares o diferentes, con el medio y el ser humano.

Como consecuencia de estos comportamientos, los animales reaccionan física, morfológica y significativamente para autoadaptarse, ya que constantemente se encuentran expuestos a nuevos estímulos. Con el objetivo de sobrevivir, establecen diferentes tipos de relación, universales, tales como la adaptación, la competencia y la reproducción, o particulares, como el mutualismo, el comensalismo, el parasitismo o el apareamiento (referidos como comportamientos praxológicos de los accesorios en [figura III.1]). Otro nivel de análisis se basaría en cómo el hombre se identifica y reconoce comportamientos en el animal. De este hecho se extraen valores ideológicos que han establecido históricamente relaciones signícas (servilidad del animal) y simbólicas (fuerza del león, la destreza de los roedores, el compañerismo del perro), aspectos culturales utilizados también como referentes por los objetos de la [figura III.1]. Igualmente, emplean un lenguaje corporal que les permite comunicarse y sobrevivir; por esto, el análisis de sus movimientos no sólo debe ser biomecánico sino también cinemático.

Para esta tesis es muy importante atender cómo consideran la visión sistémica en el proceso proyectual. Citan de manera clara cuatro aspectos en los cuales coopera el tener un enfoque sistémico de los universos de análisis; y que repercuten en la profundidad del conocimiento del signo (entender desde su origen y todos sus significados) como también para generar una variedad de opciones conceptuales útiles para el proyecto:

- 1.- La comprensión de los universos de análisis ya tienen una complejidad por sí solos,
- 2.- El enfoque sistémico analiza partiendo del todo, las partes y las relaciones.
- 3.- Disciplina el pensamiento abstracto mediante la conducción a la comprensión ontológica de los modelos.
- 4.- Estructura la ruta de análisis y abstracción a través de las matrices hechas con un enfoque sistémico. (Sánchez, 2006, p.90)

Para organizar de manera metodológica la investigación y abstracción del concepto mediante analogías, PAM propone matrices que entran en operación después de seleccionar el modelo, el cual puede ser un organismo natural, o pertenecer al entorno natural, artefactual o cultural). Lo explican de la siguiente manera:

...la matriz de análisis propone dos investigaciones sobre el modelo analizado, a través de otras dos sub-matrices: análisis estructural (para entender el modelo aislado) y análisis relacional (para comprender el modelo relacionado). (Sánchez, M. 2006. p.91)

Posteriormente, una vez ya entendido el modelo que se ha seleccionado, se procede a la abstracción considerando la siguiente matriz:

...de abstracción propone dos pasos guiados por dos submatrices: principios de traslado, donde se evidencia cuál es el grado de abstracción



Figura.III.1. Accesorios para el hogar. Diseñadores: Nidia Acosta y Carolina Ortiz. Modelo de análisis: relaciones de parasitismo, comensalismo y apareamiento de animales. Valores simbólicos culturales de los animales. Profesor: Mauricio Sánchez. Imágenes de Sánchez M. (2006) Diseñar desde el pensamiento analógico por modelos. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. (P61)

requerido por el proyecto o cuál fue el grado de abstracción logrado con el proyecto; y tipologación, que son herramientas de diseño para explorar y madurar las propuestas en busca de innovación. La matriz general también configuró los recursos, que van a ser medios de concepción y expresión, que pueden ser empleados para ayudar y facilitar tanto los análisis como el proceso de abstracción. (Sánchez, 2006, p.91).

Toda la información que se recaba, para interactuar con ella se presenta a manera de matrices, un método práctico que puede ser consultado en la fuente original ¹⁵.

Este modelo nos permite tener una idea más detallada de cómo puede diseñarse partiendo de analogías. Este modelo tiene un carácter metodológico que permite experimentar y evaluar los resultados con la aspiración de aproximarse a una claridad aceptable, puesto que cada etapa y cada proceso mental se encuentra identificado. En dado caso de que no se den resultados óptimos se podrán hacer correcciones de ello.

Otro aporte en lo particular para esta tesis es la visión sistémica, que ha sido interpretada en el diseño y aplicada desde el punto de vista epistemológico y práctico, como es el hecho de hacer combinaciones de información entre los modelos analizados hasta la comprensión del signo en su complejidad.

Por último, se consideró relevante detallar este modelo por la manera en la cual se estudian los signos (visual-espacial) y la interacción que proponen con relación a su significado y morfología. Desde el punto de vista del diseño industrial, el significado es, además de las interpretaciones connotativas de un artefacto como elemento expresivo, lo cual lo diferencia de ser sólo un objeto funcional. Esto en el diseño gráfico es considerado también como la expresión, siendo ésta un elemento fundamental para la trasmisión del propio mensaje. La manera en la cual identifican los signos en los modelos: naturaleza, cultura y artefactos, es clave para identificar cuál es el significado del signo que se expresará en el proyecto final. Por ejemplo, si partimos de un modelo orgánico como el elefante, para poder generar un modelo análogo a él, es necesario contar con los significados denotativos propios de la zoología así como también de las connotaciones o significados que han sido culturales como la inteligencia, sabiduría, longevidad, grandeza y valía. Los significados connotativos se trasladarán a los significados connotativos del modelo que se diseña.

Considero que este estudio no abarca todos los aspectos del PAM por lo que puede ser interesante retomarlo y estudiarlo en una posterior investigación.

¹⁵ Se pueden consultar las citas en Sánchez, 2006, pp.89-138.

III.4. Sobre los límites de la analogía entre lo biológico y lo artificial. Análisis comparativo de Steven Vogel

En la metodología anterior, sobre todo en la explicación del ejemplo, vemos que la analogía del modelo natural no necesariamente debe tratarse de sus propiedades como ser vivo, sino también puede relacionar al modelo con otros contextos culturales y proporcionar conceptos que los relacionen. En este sentido el modelo biológico no tiene límites. Los límites son la capacidad del diseñador para visualizar significados asociados. El parámetro para seleccionar el concepto es el problema a resolver. Cuando hablamos de diseño de producto innovador sin definir algún objetivo concreto, es válido cualquier concepto analógico; sin embargo, cuando es necesario cubrir con una necesidad concreta, el concepto debe dirigirse en ese sentido.

Si se quisiera realizar una analogía seleccionando sus propiedades orgánicas con fundamentos científicos, (porque se requiere cubrir una necesidad de carácter tecnológico) vale la pena considerar las cualidades físicas que son el aspecto que se considera semejante entre artefacto y organismo vivo.

Una vez trazados los aspectos de la física mecánica y la ingeniería de los seres vivos, toca distinguir algunos límites y, sobre todo, una postura ante la analogía.

Si bien la naturaleza presenta respuestas de ingeniería que pueden impresionar, se ha considerado que no es conveniente subestimarla. Es decir, las respuestas que dan los organismos, en lo que se refiere a su constitución, se han dado con determinadas circunstancias que en ocasiones son difíciles de imitar, por ejemplo, el reproducir todas las facultades que tiene un músculo así, como la piel humana es muy difícil; son órganos hechos con células vivas que autorregulan temperatura, reparten fuerzas, se humectan y tienen un sistema muy complejo que no se puede imitar del todo.

Steven Vogel, biólogo y especialista en la biomecánica, desmitifica la creencia de que las respuestas técnicas dadas por la naturaleza y conseguidas con base en su evolución sean únicas y mejores a la tecnología humana. Con ejemplos comparados entre la tecnología natural y humana, Steven Vogel señala que ambas tecnologías dan respuestas óptimas, y que por lo tanto no es adecuado desvalorizar o preferir alguna de ellas (Figura III.2). Podemos preguntarnos ¿acaso la tecnología humana no ha podido resolver los problemas planteados?

El diseño industrial parte de la analogía de que la naturaleza es una fuente para despertar la creatividad, esta opinión es apoyada por Steven Vogel; sin embargo, es puntualizada de esta manera: "Similitud del producto no implica similitud del proceso". En la actualidad hay

Figura.III.2. (Página siguiente) *Diferencias y similitudes entre la tecnología humana y la natural.* Los contenidos de las comparaciones son realizadas por Steven Vogel retomadas de su libro *Ancas y palancas mecánica natural y mecánica humana.* (2000, pp.322-324 - pp.326-331). Cuadro comparativo: Angélica Castro

Diferencias y similitudes entre la tecnología humana y la natural

Vogel, 2000, pp.322-324- pp.326-331. Esquema: Angélica Castro

DIFERENCIAS

TECNOLOGÍA NATURAL	TECNOLOGÍA HUMANA
Empleo de más superficies curvas y menos superficies planas.	Empleo de más superficies planas y menos superficies curvas.
Poca preferencia para los ángulos rectos.	Preferencia por lo rectilíneo.
Emplea pocos componentes cuyas propiedades varían internamente.	Empleo de dispositivos están constituidos por muchos componentes mecánicamente independientes, e individualmente homogéneos.
Aprovecha la difusión, la tensión superficial y el flujo laminar.	Hay más interés en la gravedad, la conductividad térmica y la turbulencia.
Se parte del criterio de la buena resistencia.	Se parte del criterio de rigidez adecuada.
Los organismos son más resistentes.	En parte como consecuencia, nuestros artefactos tienden a ser quebradizo.
Otra consecuencia: los organismos se curvan, se retuercen o se estiran en unos puntos predeterminados.	Otra consecuencia: se mueven sobre contactos deslizantes entre objetos rígidos.
Resultado adicional, para minimizar la resistencia aerodinámica con cuerpos no rígidos que, bajo la acción de los flujos, se reconfiguran.	Resultado adicional para minimizar la resistencia aerodinámica mediante cuerpos aerodinámicos de forma fija.
Uso ausente de los materiales metálicos (excepto en los materiales que contienen átomos de metal).	Uso importante de los metales.
Para evitar la propagación de fisuras, utiliza materiales con esponjosidad y materiales compuestos.	Como consecuencia, se utiliza mucho la ductilidad de los metales para evitar la propagación de fisuras.
Carga materiales en tensión.	Generalmente, carga de materiales en compresión. Se recurre a cizalladuras preventivas, como los clavos y el mortero, para mantener unidos objetos alineados.
Las estructuras con revestimientos tensionales exteriores y fluido presurizado en el interior no sólo son más corrientes, sino también más diversas.	Las estructuras con reverstimientos tensionales exteriores y fluido presurizado en el interior no sólo son corrientes, no son tan diversos.
En los sistemas hidrostáticos y aerostáticos el líquido predominante es el agua.	En los sistemas hidrostáticos y aerostáticos, el líquido predominante es el aire u otros gases.
Los objetos raramente ruedan.	Uso profuso y diversificado de dispositivos rodantes basados en la rueda y el eje. Sólo se conoce una rueda y un eje verdaderos.
Para imprimir movimiento se aprovecha del deslizamiento o la contracción.	Los primeros aparatos capaces de imprimir movimiento, los motores, se basan en la rotación o la expansión.
Los motores naturales son isotérmicos.	La mayoría de nuestros motores extraen energía mecánica de las diferencias de temperatura.
Las palancas más corrientes amplían la distancia a expensas de la fuerza.	Lo más frecuente es que las palancas amplíen la fuerza a expensas de la distancia.
Emplea principalmente la energía cinética y gravitacional o elástica y más la última.	Los dispositivos almacenan trabajo mecánico en forma de energía eléctrica, cinética, gravitacional o elástica.
Los transformadores equivalentes son raros en la naturaleza.	Los dispositivos de transporte por fluido acostumbran a intercambiar caída de presión por flujo.
Hay preferencia por los submarinos.	Los barcos de superficie han desempeñado un papel muy importante en la tecnología humana.

DIFERENCIAS

TECNOLOGÍA NATURAL	TECNOLOGÍA HUMANA
Las factorías hacen productos mayores que ellas mismas.	Las factorías empequeñecen los objetos que producen.
Los dispositivos de la naturaleza están reconstruyéndose continuamente.	Hay la creencia que los dispositivos son mejores cuando el mantenimiento que necesitan es mínimo.
La tecnología es húmeda.	La tecnología es seca.

SIMILITUDES

Innovación

Los cambios evolutivos son lentos. “Un sistema de herencia que incluye recombinación sexual y genes recesivos permite cambios inmediatos en algunas características, aunque no los fomenta a gran escala en ningún aspecto determinado.”(p. 327)

Los cambios científicos cooperan con los avances tecnológicos. Dicha reciprocidad condiciona (de manera comprensible) los descubrimientos en la tecnología. Dicho de otro modo puede haber un descubrimiento tecnológico, pero si no se tienen los recursos intelectuales para materializarlo no será posible realizarlo hasta que estos ocurran.

Temporalidad

La naturaleza realiza cambios relativamente lentos sin embargo está en un constante proceso de cambio. Para poder generar vida en la tierra, hubo que establecer una macroorganización, hecha en millones de años, y posteriormente otros tantos para dominar el vuelo.

La manera en la cual la tecnología avanza es también lenta, aunque más rápida que la naturaleza. Sin embargo también requiere bases. Los cambios realizados en el siglo XIX son bases importantes de lo realizado en el siglo XX.

Cambios a menor escala continuos o discontinuos

Los cambios pueden ser pequeños o a gran escala, es decir en organismos que tienen cualidades satisfactorias para sí, los cambios son muy pequeños, en comparación con algunos otros. Por otro lado las teorías sobre los cambios de la naturaleza pueden tener un enfoque evolucionista o puntualista. Es decir, continuos o discontinuos. Independientemente de ello siempre ocurren. Los factores que las causan podemos inferir según la explicación de Vogel es que pueden ser externos incluso accidentales.

El carácter episódico del cambio en la tecnología humana- o en las insituciones humanas en general-no suele ser cuestionado (p.329). Los cambios rápidos no significa que sean positivos o negativos, así como también los cambios rápidos no significan que sean instantáneos.

“Las mejoras en nuevos diseños se imponen más fácilmente que las mejoras en diseños comúnmente aceptados”. (p.329)

“En la naturaleza la posibilidad (claro está, siempre baja) de que una mutación sea favorable y que, finalmente, quede fijada en la población será mayor si se produce en un organismo que recientemente haya sufrido otro cambio o que haya invadido en los últimos tiempos un nuevo hábitat.Gran parte de las mutaciones serán neutras o perjudiciales cuando se dan en seres que han estado haciendo lo mismo en el mismo lugar durante tiempo larguísimo.” (p. 329)

Cambios puntuales e inevitables

En la naturaleza, los cambios pueden ocurrir no necesariamente de manera evolutiva, y además pueden ser inevitables. Esto es que el contexto.

En la tecnología, hay cambios muy rápidos y evolutivos, sin embargo hay otros aspectos que se han mantenido. Ejemplo: Las máquinas de escribir al principio tuvieron muchos cambios evolutivos, y posteriormente a medio siglo los cambios fueron pocos, -diríamos que el ordenador casi la reemplaza-.

SIMILITUDES

TECNOLOGÍA NATURAL

TECNOLOGÍA HUMANA

Reducción de diversidad ofrece innovación
diversificación inicial

Cuando las especies emigran a otras áreas, se expande y se diversifica para aprovechar hábitats múltiples, se le llama liberación ecológica. La segunda fase es el desplazamiento ecológico, se observa al comparar la variabilidad de ciertas clases de organismos en islas donde no tuvieron que enfrentarse a competencia alguna, con su variabilidad, más limitada, donde sí tuvieron que hacerlo.

No es posible decir que esto implique que desaparezcan organismos debido a diseños mejores, pero según los paleontólogos durante los últimos 500 millones de años no se ha producido un aumento constante en la diversidad de las formas de vida. (p. 330-331)

Lo que caracteriza más claramente la tecnología humana es la consolidación mientras que una concatenación de fuerzas guía la diversidad”(p. 331)

“La tecnología “madura” suele acabar con menos diversidad que su “revolucionario” antecedente” (p. 331)

varias teorías además de los principios mecánicos que se relacionan con los avances tecnológicos, por ejemplo la selección natural. Vogel opina que comparar la creatividad (entendiendo por ello la capacidad de observar y dar soluciones adecuadas) en la tecnología, la cual es la que permite que se generen los cambios, es independiente de lo que ocurre en la naturaleza. “La naturaleza solo puede mostrar que un sistema no necesita ser creativo en intención para ser innovador en los resultados” (Vogel, 2000, p.332). Y concluye “Para nuestra tecnología, incrementar el papel de la selección respecto a esta intención creativa no hará más que aumentar la irracionalidad, la ineficacia y el peligro.”... “El problema fundamental es que una analogía no es explícita. Una analogía se juzga no por su veracidad, trivialidad o falsedad, sino por su utilidad, inutilidad o error” (Vogel, 2000, p.332).

Conclusión

La analogía, desde el trabajo que se ha desarrollado en el diseño industrial, ha sido un método útil para el desarrollo de soluciones creativas a partir de modelos. La intervención de los mismos influye directamente en el trabajo proyectual.

La analogía puede plantearse desde modelos provenientes de la ingeniería o desde aspectos culturales y comunicativos como lo vimos en el modelo PAM. Sin embargo es importante subrayar que lo esen-

cial es responder a la necesidad del producto. No es necesario que todo el proceso de diseño sea justificado con base en la analogía. Puede ser que la analogía únicamente sea un disparador de soluciones distintas, o resuelva un problema con base en los principios físicos y, posteriormente, el artefacto tome otras características más adecuadas.

Esto coopera en la visión de cómo tomar la analogía entre el diseño y la naturaleza, es evidente que la naturaleza es compleja de copiar, por lo que los objetos cotidianos obtienen características formales propias, sin dejar a un lado que es posible que uno de los principios de la física y soluciones dadas por la naturaleza sean parte de su forma .

Después de las observaciones de Steven Vogel, podemos decir que copiar la naturaleza es un tanto peligroso, costoso e incluso puede llevar al fracaso. El diseño industrial, así como la biónica y las áreas que estudian la naturaleza, la tienen como un referente importante de estudio, sin embargo no pierden de vista los objetivos a resolver. Áreas como la biomimesis en donde se estudia a la naturaleza para ver sus posibles aplicaciones es muy distinta a la dinámica que ocurre en el diseño industrial. En el diseño industrial normalmente se parte de un problema humano generado de la necesidad humana (salud, lúdica, intelectual, de tránsito, alimenticia, vestido, etc.) a la cual hay que dar una solución que pueda ser reproducida en materiales y tecnología humana sustentables (según los valores actuales). De esta manera el estudio de la naturaleza puede ser una opción mas no un fin bajo ninguna filosofía.

Sin embargo ésta puede ser útil para la etapa creativa, en la cual se observan soluciones del caso y posteriormente se adaptan para el uso humano y la reproducción artificial. La visualización de soluciones en la naturaleza dependerá del conocimiento que el diseñador o diseñadores del grupo de investigación posean sobre la misma.

En la biónica los modelos a observar, son modelos naturales cuya estructura en este caso son las características de su ingeniería. Estas son las cualidades que se traspasan de un modelo a otro.

Se puede decir mucho sobre la naturaleza, pero es importante notar las desventajas que presenta en la industria. Steven Vogel establece una valoración a la altura de cada una, sin subvalorar ni sobrevalorar la naturaleza ni al diseño industrial. Esta es una visión objetiva que nos lleva a una actitud científica para teorizar en el diseño. Sólo si hay un factor común entre ambos se puede establecer una comparación o, por otro lado se puede identificar un ser orgánico como modelo para la naturaleza.

Después de leer atentamente las reflexiones de Steven Vogel me surge la pregunta ¿por qué relacionar una teoría biológica para proponer una teoría de diseño empleando solamente su terminología y

no comprendiendo a fondo sus principios? Como primer paso de interpretación e indagación la considero válida: un ejercicio intelectual en donde se propone cambiar la postura del observador, el ángulo de mirada de la comprensión del problema, un segundo paso es la maduración de la idea dirigido hacia el enfoque del comportamiento mismo del fenómeno. Pero a partir de la comprensión del problema se deben generar parámetros propios de la "naturaleza" de la disciplina, con los factores de la disciplina tanto en lo teórico como en lo práctico.

Capítulo IV.

La analogía entre los patrones geométricos de las formas biológicas y el diseño

Introducción

Esta investigación parte de observar la similitud entre los patrones de la naturaleza y las estructuras básicas de la composición gráfica. Dicho conocimiento fue parte de los contenidos del curso básico de la licenciatura en Diseño Gráfico de la Facultad del Hábitat en la UASLP, del cual se conservan los apuntes dados por el Dr. Fernando García Santibáñez Saucedo (Castro,1993). Con este método se pensó que los alumnos podrían comprender y memorizar las estructuras del diseño. Incluso podría dar lugar, si se quisiera profundizar en ellas, a recurrir a las estructuras naturales como base. Los nombres que se les dieron fueron simbólicos por la similitud con la naturaleza. No hay

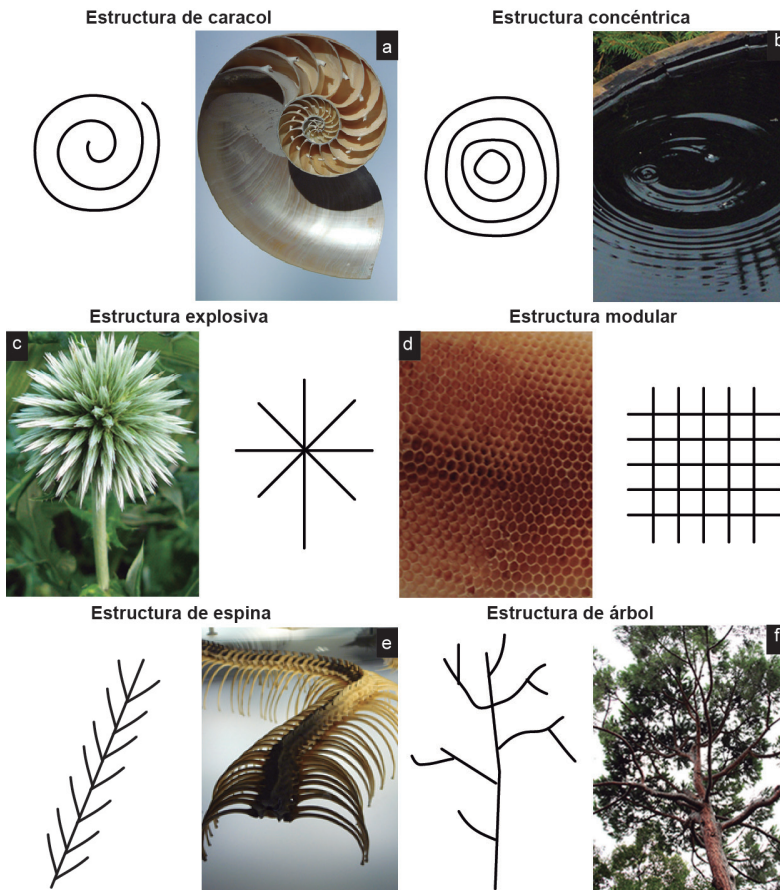


Figura.IV.1. Estructuras básicas del diseño análogas a la naturaleza. Con base a los apuntes personales, Asignatura en Teoría del diseño Básico. Carrera de Diseño Gráfico, Facultad del Hábitat. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 1993 (Cuadro y fotos: Angélica Castro, 2015).

Referencia de imágenes:
 a)Caracol Nautilus. La Pedrera, Barcelona, 2007
 b)Ondas en el agua. Uppsala, Suecia, 2008
 c)*Echinops sphaerocephalus*, Jardín Botánico, Uppsala, Suecia, 2008
 d)Fracción de panal de abejas. Cosmo Caixa, Barcelona, España, 2008
 e)Esqueleto. La Pedrera, Barcelona, 2007
 f)Árbol, Parc de la Ciudadella, Barcelona, España, 2008

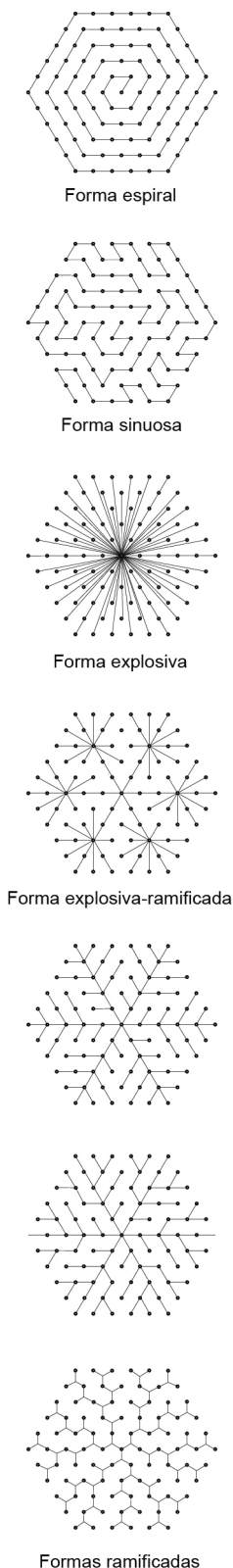


Figura.IV.2. Análisis geométrico-topológico de los patrones básicos de la forma. Imágenes de Stevens,P. (*Patrones y pautas en la naturaleza*. Barcelona: Salvat, S.A.1987.Biblioteca Científica Salvat no. 55 p. 41-48.

un texto concreto del cual se haya extraído dicho conocimiento, sino que ha sido una síntesis de varios, así como reflexiones del equipo docente de la Facultad. (García, 2008) (Figura IV.1).

La abstracción geométrica de organización de los elementos en la composición gráfica me llevaron a suponer que los patrones pueden interpretarse como esquemas de relaciones de elementos. Así pues, encontré una semejanza con el estudio realizado por Peter S. Stevens en su libro *Patrones y pautas en la naturaleza*. Peter S. Stevens propone un análisis geométrico sobre las formas más “económicas” es decir aquellas que pueden emplear un espacio, relacionar todos los elementos o los más posibles, así como también que estos elementos queden relacionados directamente con el centro. Estas pautas de análisis parten de la observación de las formas más comunes en la naturaleza. Sin embargo Peter S. Stevens subraya que las formas geométricas no se encuentran de manera evidente en la naturaleza, las líneas rectas, círculos y cuadros son abstracciones. Las formas geométricas son modelos abstractos. “...la Naturaleza no se adapta de forma precisa a nuestros modelos simples e introduce continuas variaciones en respuesta a múltiples demandas” (Stevens, 1987, p.43).

Peter S. Stevens propone un análisis geométrico muy sencillo, basado en una retícula en la cual se unen puntos. Este análisis tiene un carácter topológico semejante a la teoría de grafos, en donde se estudia los trayectos más cortos con los cuales se pueden relacionar dos puntos sin tomar en cuenta sus distancias métricas. Concluye con los “diseños básicos”: espirales, forma sinuosa, forma explosiva, y varias formas ramificadas. En estas formas distingue cuatro cualidades 1. Uniformidad, 2. Ocupación del espacio; 3. Longitud total; 4. Acceso directo con respecto al centro¹. (Figura IV.2.)

Podemos decir que Peter S. Stevens considera estas formas como modelos análogos de la naturaleza, según lo explica en el siguiente párrafo:

No hemos examinado cómo se dan en la Naturaleza dichos diseños, pero con el simple conocimiento de sus características geométricas estamos en condiciones de comprender las razones por las que podrían ser adoptados por las formas naturales. Ordenaciones diferentes presentan ventajas espaciales también diferentes. Así, en la distribución de los vasos sanguíneos, el itinerario del metro en una gran ciudad o el diseño de columnas bifurcadas concebidas para sustentar un techado de determinadas características, casos todos ellos en los que tanto la longitud total como el acceso directo

¹Podemos citar las conclusiones generales sobre estas formas: “La espiral es bellamente uniforme: su curva alrededor de sí misma con perfecta regularidad. Puede ocupar todo el espacio bidimensional disponible y es capaz de experimentar una expansión infinita, y además es bastante corta. Sin embargo, en lo que se refiere a su conexión con el centro, resulta en extremo indirecta. El diseño sinuoso aleatorio es muy parecido al anterior, excepto en el hecho de que no posee uniformidad: su forma es turbulenta y caótica. Sin embargo, como la espiral, puede ocupar todo el espacio bidimensional, y es corto e indirecto. El diseño en forma de explosión es uniforme en cuanto que mantiene constantes sus ángulos formados por las líneas radiales que parten del centro. Debe señalarse, sin embargo, que, a diferencia de lo que ocurría con los diseños anteriores, no puede ocupar todo el espacio uniformemente: la densidad es mayor cerca de la región central que en las zonas alejadas de la misma....este modelo destaca por unir directamente los puntos externos con el central en mayor medida que otros diseños”. (Stevens, 1987,pp. 48-49)

son importantes, un mismo modelo de ramificación podría resultar ventajoso. Vemos, pues, que ciertos modelos reportan determinadas utilidades y rendimientos, con independencia del tamaño del sistema, el tipo de fuerzas implicadas o los materiales que se hayan utilizado. (Stevens, 1987,p.49)

Con base a la propuesta de las estructuras básicas en el diseño, y las estructuras básicas de Peter S. Stevens, delimitó los tipos de estructuras proponiendo el cuadro con la siguiente clasificación: la estructura concéntrica, que se subdivide en concéntrica espiral; concéntrica anillada o paralela; concéntrica radial o explosiva; le sigue la estructura lineal, ramificada, modular y semifractal. Se diseñó un cuadro que se expondrá con más detalle en los contenidos del capítulo. Sin embargo, la explicación de estas estructuras de relaciones (ahora estructura relacional) no era clara, puesto que la estructura geométrica se consideraba una colocación de elementos en el espacio real. Lo cual si bien habla de relaciones espaciales, no contemplaba las cualidades del signo gráfico en sintaxis con otros bajo su complejidad, es decir considerando su carácter geométrico, perceptual y semiótico.

La hipótesis inicial de esta investigación fue la siguiente:

Las pautas de organización de la naturaleza reflejadas en las formaciones o patrones de la forma pueden proporcionar pautas de organización y estructuras (relaciones de los elementos) en la composición gráfica.

Sin embargo si volvemos a leer las consideraciones de Peter S. Stevens, nos damos cuenta que la geometría es un modelo de la naturaleza, un modelo explicativo sobre una realidad, un modelo que pretende ser análogo de la figura y su funcionamiento de la naturaleza. Si imitamos los modelos geométricos, se considera una analogía indirecta y con ello, nos cuestionamos si es la naturaleza el modelo adecuado que puede cooperar para definir qué es la estructura relacional, las pautas de relaciones.

Así como también si realmente es posible considerar las relaciones de los elementos comunicativos a la relación de las formas en la naturaleza.

A partir de ello surgieron preguntas como:

¿Se puede considerar el método análogo sólo por la observación de la similitud con los patrones geométricos de la naturaleza?

¿Estos patrones se han interpretado como estructuras en la organización plástica?

¿Cuáles han sido las argumentaciones dadas para relacionar la estructura de la naturaleza con las estructuras naturales?

¿Los patrones se pueden interpretar en las estructuras de organización de la composición plástica?

¿Cuál es el significado de los patrones desde el punto de vista de la estructura de la composición plástica?

¿Es posible considerar estructuras básicas en el diseño?

La primer pregunta se consideró como la pregunta principal de este capítulo. Para responderla se identificaron tres teorías que consideramos ejemplares porque hablan de una clasificación de estructuras o formas esenciales en el diseño y también de la similitud que tienen con la naturaleza. Las propuestas son dadas por teóricos en el diseño como: Christopher Alexander, arquitecto; Fabricio Vanden Broeck en diseño industrial; y Joop J. Beljon en arte.

Christopher Alexander, arquitecto y teórico del siglo XXI, en su obra *The nature of order. An essay on the art of building and the Nature of the universe*² se compromete a esclarecer el concepto de estructura de diseño con base en las estructuras geométricas denominadas patterns naturales. Propone que el centro es la cualidad de la composición y que organiza todos los elementos. El centro organiza los elementos de la composición por la vitalidad que tiene. La comparación entre los patrones de la naturaleza y los patrones artificiales parte de la presencia del centro y presencia de "vitalidad" interpretada en cada modelo según su cualidades físicas perceptivas y semióticas.

En el campo del diseño industrial encontramos a Fabricio Vanden Broeck, que estudio diseño industrial en la Universidad Iberoamericana y la maestría en Diseño Básico en Lausana Suiza. Vanden Broeck escribió el libro *El diseño de la naturaleza o la naturaleza del diseño*. Su trabajo se relaciona con la identificación de los patrones de la forma en los objetos artificiales y les encuentra similitudes con la naturaleza. Propone una clasificación de estos patrones según la superficies, el tamaño de la forma, la resistencia de las formas curvas y la forma de los fluidos. Identifica claramente la forma artificial. Asimismo, con su investigación, promueve que la naturaleza es un modelo rico en respuestas para el diseño industrial. De su trabajo hemos realizado una síntesis grafica de los patrones que ha propuesto y los hemos comparado con los patrones propuesto por Peter S. Stevens, quien también realiza una clasificación de los patrones de las formas naturales más comunes.

Analizamos la propuesta de Joop J. Beljon Gramática del arte. Joop J. Beljon realiza una compilación de cien conceptos que agrupa por asociación pragmática, por ejemplo, los naturales, aquellas que realizan lo que su nombre describe, los significados que los antepasados le dieron a la tierra, conceptos geométricos que proporcionan orden y claridad a la forma, conceptos relacionados a las emociones. Su trabajo difiere de los dos trabajos anteriores en el sentido de que no todos los conceptos se relacionan con la naturaleza, sin embargo hay un grupo que sí es retomado de allí, otros han sido ejemplificados o distinguidos en los seres orgánicos.

² Christopher Alexander, (2002) *The nature of order. An essay on the art of building and the nature of the universe*. Book one. *The phenomenon of life*. y Book two: *The process of creating life*. (9na edición) Berkeley Cal. Editorial Patternlanguage.com Publisher by the Center for Environmental Structure.

Este capítulo distribuye la argumentación sobre los tipos de patrones en los siguientes puntos:

- Análisis de estructuras básicas. Hipótesis inicial de esta investigación.
- El centro y la organización de la composición. Análisis del trabajo de Christopher Alexander.
- Los patrones de la forma creados por el hombre. Vander Broek.
- Analogías en el arte basadas en la función y significados connotativos. Análisis del trabajo de Joop J. Beljon.

Las conclusiones a las cuales se llegó en este capítulo son, desde el punto de vista general, que los teóricos en el diseño han realizado una clasificación de formas básicas con el objeto de poder proporcionar pautas básicas para diseñar. Algunos de los modelos retoman los patrones de la morfología orgánica porque encuentran similitud con ella. Por ejemplo, Christopher Alexander busca el concepto de centro en sistemas vivos para poder distinguir si la totalidad o la "vida" de las características de lo artificial ocurre de la misma manera que en lo orgánico, analogía que no es comprobable.

Se han identificado dos utilidades: la ejemplificación de una estructura morfológica natural con la estructura en el diseño. En los casos en donde la similitud tenía una argumentación científica (en las estructuras del diseño industrial) se mencionan claramente, sin embargo hay otras estructuras que son propias del diseño de artefactos; la segunda consiste en que hay una postura en la cual se retoma el estudio de los patrones naturales sólo para la comprensión de un contexto natural, el cual debe ser tomado en cuenta para integrarlo con el diseño del objeto artificial.

El hecho de que los modelos teóricos hablen del diseño básico y de las estructuras como patterns es una estrategia útil para poder organizar el conocimiento, el cual puede ir cambiando conforme se vayan observando las pautas para diseñar la composición.

Este capítulo presentó la dificultad de poder distinguir claramente el papel que tenía el hecho de generar una analogía; éste era el objetivo inicial de la investigación de la tesis. Se realizó una lectura minuciosa sobre la intencionalidad de los autores con el fin de conocer su justificación para involucrar a los patrones de la naturaleza en su explicación del diseño. De esta manera se buscó encontrar una razón por la cual la analogía pueda ser útil y cuáles son sus límites sin una respuesta tendenciosa.

Al concluir este capítulo se vio la posibilidad de profundizar más, sobre todo, respecto a la información referente a la forma biológica. Sin embargo las tres posturas de los teóricos presentados nos permiten un panorama general, útil para tomar decisiones en lo que respecta a la justificación del método de analogía. A continuación se presentan las decisiones:

Realizar una analogía con los patrones de la naturaleza no es posible puesto que no hay un estudio previo de las estructuras del diseño, por lo cual se partiría la comparación.

Se observó que el identificar patrones de composiciones ya hechas puede ser limitado y pedagógicamente no conveniente, puesto que se darían recetas y no se comprendería la razón de la estructura.

Con base en los dos puntos anteriores se vio conveniente identificar una de las diversas pautas que pueden cooperar con la organización de la composición: la estructura que hable de relaciones.

Generar una comparación entre las estructuras del diseño y la naturaleza es prematuro desde la ciencia puesto que aún no hay una explicación completa de cómo se generan en el ámbito biológico. Con base a ello se considera que relacionar las dos estructuras, generaría confusión o una explicación con argumento poco plausibles; sin embargo no se puede decir que no sea posible.

IV.1. Análisis de estructuras básicas. Antecedentes del estudio de los patrones de la forma orgánica aplicados al diseño gráfico como estructuras de relaciones.

Hipótesis inicial

A través de la reflexión personal sobre las estructuras básicas del diseño y su similitud con los patrones naturales se realizó un cuadro en el cual se trataba de comparar los dos modelos comparados: el natural y el geométrico.

Este cuadro (Figura IV.3) se basa en cuatro columnas: la primera consiste en la representación icónica del patrón natural; la segunda columna se refiere a la interpretación lógica de la estructura geométrica de la morfología o patrón del organismo vivo; la tercera columna es la interpretación verbal de la estructura lógica; la cuarta columna es la expresión de la estructura, es decir, los significados connotativos con los cuales se puede asociar esta forma. Se propone que cada una de las estructuras genere una lectura a partir de la relación de los elementos. A continuación se explican con mayor detalle.

Esquema geométrico de relaciones e interpretación de la estructura

Los patrones naturales seleccionados en el cuadro nos proporcionan una serie de cualidades en diversos aspectos como el matemático, cuando habla del aspecto de las proporciones; el físico al explicar el rendimiento de la energía para realizar un movimiento; el biológico que expone su desarrollo y su evolución. Sin embargo este cuadro solamente hace referencia a la apariencia figurativa que es plasmada como modelo geométrico y que corresponde a la anatomía, morfología o figura del ser vivo.

Figura.IV.3. (Página siguiente). *Análisis de estructuras básicas.* Cuadro: Angélica Castro, 2nda. edición 2015.

Se diseñó una edición actualizada en donde se mejoraron la calidad de los ejemplos y las imágenes, así como también la redacción. Dos aspectos necesarios para conseguir una claridad y precisión en la explicación. El cuadro original (2004) se anexa al final de esta tesis.

Referencia de imágenes:

a) Concha de caracol Nautilus.

b) Corte horizontal de tronco.

c) Flor. Foto: Angélica Castro. Lugar: Linnéträdgården, Uppsala, Suecia, 2008.

d) Serpiente. Foto: Angélica Castro. Lugar: Zoológico Barcelona, 2010, Parc de la Ciutadella, Barcelona, España, 2008.


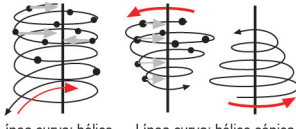
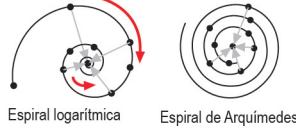

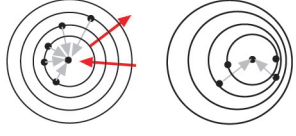

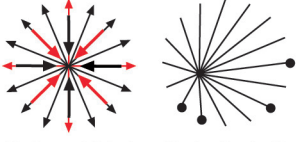
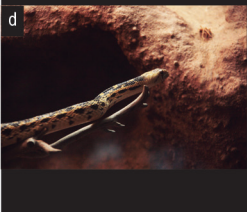
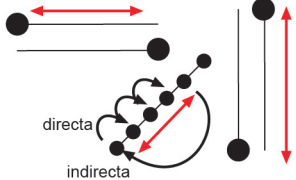

e) Hoja. Foto: Angélica Castro. Lugar: Parque de la Ciutadella, Barcelona, España, 2013.

f) Formación hexagonal de líquido. Foto: Angélica Castro. Lugar: Museo Cosmo Caixa, Barcelona, España, 2008.

g) Coliflor. Foto: Angélica Castro. Lugar: Mercado en Howth, Irlanda. 2011.


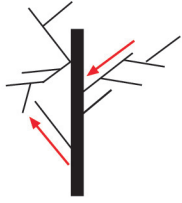


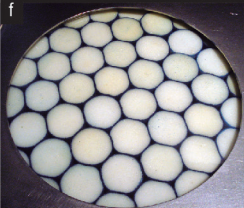
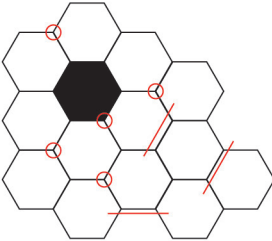

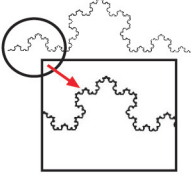




ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS BASICAS

Ma. Angélica Castro Caballero
Taller estructuras naturales aplicadas al diseño gráfico/ Taller de gráfica experimental
2nda. ed. 2015

Ejemplo en la naturaleza	Esquema geométrico de relaciones	Interpretación de la estructura	Expresión comunicativa de la estructura
	Modelo abstracto de relaciones	Descripción de la estructura de acuerdo a las relaciones que establece. ¿Cómo se relacionan los elementos gráficos?	Significados de las estructuras según las asociaciones con la función de la forma en la naturaleza. Cooperación en la tipografía de la composición gráfica ¿Qué surge de la interacción?
E. CONCÉNTRICAS		El conjunto de elementos comparten y se relacionan con un centro común, que representa el elemento (signo) principal.	
E. C. ESPIRAL Y HÉLICES a 	 <p>Línea curva: hélice Línea curva: hélice cónica</p>  <p>Espiral logarítmica Espiral de Arquímedes</p>	<p>-Los elementos secundarios están organizados en niveles continuos y giran en torno a un elemento - eje principal-, el cual aparece en cada nivel.</p> <p>-La relación entre elementos secundarios y el eje es directa y continua.</p> <p>-La relación entre elementos secundarios y el elemento principal puede variar, de ser directa a menos directa; ya que en la espiral cónica sus radios tienen una mayor dimensión que permite alejar poco a poco a los elementos secundarios del centro.</p> <p>Nota: Los ejemplos de espirales y hélices en la naturaleza son más complejos de estudiar según D'Arcy Thompson por lo que no se toman con un rigor matemático en los estudios de morfología.</p>	<p>Dirección hacia afuera: Evolución Crecimiento Desarrollo Desembolvimiento Infinito Extroversión</p> <p>Dirección hacia el centro: Introversión Recogimiento Análisis inductivo Introspección</p> <p>Ritmos: Constante/ periodo simple Armónico</p>
E. C. ANILLADA b 	 <p>Niveles equidistante con el centro. Niveles de relación irregular con el centro a partir del segundo nivel, y entre niveles. Estructura asimétrica.</p> <p>Estructura simétrica.</p>	<p>-Los elementos se encuentran organizados en niveles discontinuos.</p> <p>-Los niveles se relacionan con un mismo centro.</p> <p>-La relación de los elementos con el centro es indirecta y gradual, por la interposición de niveles anteriores.</p> <p>-La relación de cada elemento de un nivel puede ser equidistante o puede ser no equidistante, si la estructura es simétrica o asimétrica.</p>	<p>Dirección hacia afuera: Expansión Amplitud Propagación</p> <p>Dirección hacia el centro: Concentración Sobre protección Interiorización</p> <p>Ritmos: Libre Constante/ periodo simple</p>
c 	 <p>Niveles equidistante con el centro. Niveles de relación irregular con el centro. Asimétrica</p>	<p>-Los elementos guardan una relación directa con el centro.</p> <p>-En una estructura asimétrica se puede variar la relación con el centro, de acuerdo a la distancia que guarde cada elemento con éste.</p>	<p>Dirección hacia afuera: Expansión Amplitud Propagación Explosión Control</p> <p>Dirección hacia el centro: Concentración Agudeza</p> <p>Ritmos: Libre/ periodo compuesto Armónico</p>
E. LINEAL o E. ESPINA d 	 <p>directa indirecta</p> <p>NOTA Si el elemento principal se coloca al centro de la trayectoria, la estructura cambia: de ser lineal a ser radial.</p> 	<p>Los elementos principales se encuentran en el inicio o en el final de la trayectoria conformada por un conjunto de signos.</p> <p>-Los elementos guardan una relación entre sí de manera consecutiva, uno después del otro.</p> <p>-los elementos guardan una relación directa solo con el elemento contiguo.</p>	<p>Evolución Consecuencia-antecedente Lógica Acción-respuesta Principio-fin Narrativa Continuidad Secuencialidad Proceso</p> <p>Nota: Estos significados se pueden complementar con los significados dados por la dirección de la línea; los que acentuarían una intención positiva o negativa de la composición en general.</p> <p>Ritmos: Constante/ periodo simple</p>

ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS BÁSICAS

Ma. Angélica Castro Caballero
 Taller estructuras naturales aplicadas al diseño gráfico/ Taller de gráfica experimental
 2da. ed. 2015

Ejemplo en la naturaleza	Esquema geométrico de relaciones	Interpretación de la estructura	Expresión comunicativa de la estructura
	Modelo abstracto de relaciones	Descripción de la estructura de acuerdo a las relaciones que establece. ¿Cómo se relacionan los elementos gráficos?	Significados de las estructuras según las asociaciones con la función de la forma en la naturaleza. Coopera en la tipografía de la composición gráfica ¿Qué surge de la interacción?
<p>E. RAMIFICADA</p> 	 <p>Nivel principal al centro</p>  <p>Nivel principal lateral</p> <p>Nivel principal abajo Nivel principal arriba</p> 	<p>-El elemento principal es el eje de la composición, del cual se derivan elementos secundarios y de éstos los terciarios. Cada rama es una derivación del tronco y representa un nivel.</p> <p>-Los niveles mantienen una relación directa o indirecta con el elemento-eje principal dependiendo del origen de ésta.</p> <p>Nota. esta estructura al igual que las concéntricas, constituye un gran grupo, porque se pueden generar combinaciones con estructuras radiales.</p>	<p>Dirección hacia afuera: Derivación Crecimiento Bifurcación/ tri/tetra/ infinito Evolución Genealogía: origen y fin Proceso</p> <p>Dirección hacia el centro: Análisis</p> <p>Ritmos: Libre / Periodo compuesto</p>
<p>E. MODULAR</p> 		<p>-Los elementos que aparecen en la composición tienen características formales idénticas.</p> <p>-La relación que mantienen los elementos entre sí es continua; se encuentran en un contacto directo con varios elementos contiguos, cubriendo toda una área de la composición.</p> <p>Los relaciones entre los elementos son las mismas. Mantienen las mismas reglas para organizarse.</p>	<p>Expansión Amplitud Propagación Economía</p> <p>Ritmos: Constante/ Periodo Simple</p>
<p>g</p> 	 <p>a)  b) </p> <p>c)  d) </p>	<p>-Los elementos que aparecen en la composición tienen características formales idénticas.</p> <p>-La relación que mantienen los elementos entre sí es DISCONTINUA; se encuentran en un contacto DIRECTO APARENTE elementos contiguos, ya que al ampliar la proporción de visualización de estos, se descubre que su contacto está interrumpido por otro elemento igual.</p> <p>-Se establece una regla de organización que obedecen todos los elementos, puede haber variaciones en su aplicación pero no son notables.</p> <p>-Existen elementos en la composición que compiten por la misma jerarquía en los diversos niveles de atención.</p>	<p>Complejidad Infinito Caos organizado Incertidumbre Multitud Equilibrio Espontaneidad-Emergencia Equilibrio (puede que no haya niveles de atención) Dinamismo</p> <p>Ritmos: Constante/ Periodo Simple</p>

El libro de Peter S. Stevens nos muestra una técnica de representación a través de Diseños como lo habíamos ya explicado en la introducción de este capítulo. En el apartado del esquema geométrico de las relaciones se imitaron las estructuras que se consideran como patrones de la forma tanto en el diseño gráfico como en la naturaleza. La abstracción que se creó para el cuadro de análisis solamente señala configuraciones geométricas las cuales sugieren una jerarquía de ubicación de los elementos, de relación entre ellos, interacciones y la ubicación con relación a su eje. (Figura.IV.4).

Por ejemplo, el esquema en espiral (sin determinar qué tipo de espiral) es el cuerpo de un caracol representado por una línea que gira alrededor de un punto (en una espiral bidimensional) o en un eje central (en la espiral tridimensional) de manera ascendente o descendente. Se considera que la línea dibuja la trayectoria de las relaciones que se establecen entre cada uno de los elementos que componen la composición. Se valoran también los niveles de atención posibles que proporciona la estructura dependiendo de la ubicación espacial que tengan los elementos y la aproximación que haya entre ellos y con el centro. Por ejemplo aquellos elementos que se encuentren más próximos al centro o que se encuentren en el centro, son considerados más importantes. Pero también puede ser esto relativo y generar otra jerarquía que no vaya en este orden. En las estructuras ramificadas, las jerarquías más importantes se encuentran en el tronco o eje central así como también si son más próximas. En la estructura lineal, por costumbre cultural se interpreta el inicio y el fin de acuerdo a la trayectoria de lectura; son dos sitios en los que probablemente exista el elemento principal.

Las relaciones emergen de acuerdo a su lejanía y proximidad. La ubicación espacial depende de las relaciones entre los elementos que se tengan y de su relación con el mensaje.

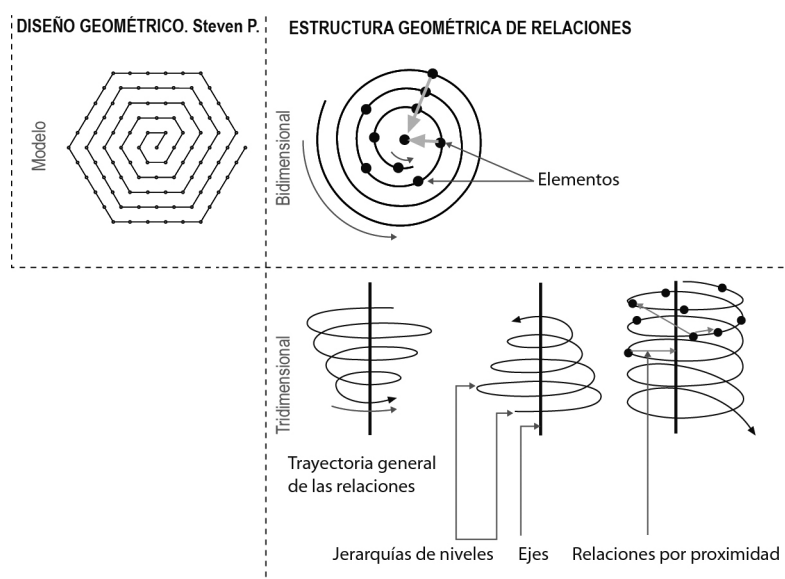


Figura IV.4. a) Diseño geométrico de Peter S. Stevens empleado para analizar la economía de la forma espiral. Imagen tomada de Stevens. P. (1987). *Patrones y pautas en la naturaleza*. Barcelona: Salvat.S.A. Biblioteca Científica Salvat. no. 55. p.54

b) Estructura geométricos de relaciones. Estructura para explicar la secuencia de relaciones de los elementos en la composición gráfica. Esquemas de Angélica Castro.

Se propone hacer el ejercicio de la interpretación textual de las estructuras analizadas. Donde solo se habla en términos descriptivos de la relación, con el objeto de proponer las pautas de relación entre los elementos.

Expresión de la estructura a partir de su origen en la naturaleza

En esta columna se relacionó la expresión de las estructuras básicas del diseño y de la naturaleza, en función de los fenómenos naturales que producen dicha figura, por ejemplo, la estructura concéntrica explosiva se relaciona con la erupción de un volcán o la figura de un fuego artificial o luz de bengala; en todos estos fenómenos podemos notar que hay un estruendo repentino, una expansión de fuego o líquido, pólvora o rocas que salen de un centro en un evento notorio. Debido a esto pueden traernos sensaciones de expansión, amplitud y propagación. Connotaciones que parten de las sensaciones empáticas experimentadas frente al fenómeno evocado por la estructura de la composición. (Figura IV.5)

Esto se justificó con base en la teoría del diseño de la información o también conocida con los nombres de infografía y esquemática. Para leer una estructura empleamos un fenómeno definido por el tipógrafo francés Gérard Blanchard (1927-1988) en 1988: tipovisión.

En la figura IV.6 se muestran dos infografías, con ellas se busca evidenciar el ejercicio de la tipovisión. Ambas cumplen con los objetivos de una infografía: sintetizan la información y la proporcionan de manera simple. Es predominante la imagen y en ambas la información se encuentra tangente a ellas. Las estructuras son lineal en el ejemplo a y concéntrica en ejemplo b.

Cabe decir que a partir de las lecturas del capítulo 1 y 2, podemos reflexionar que la analogía entre el modelo geométrico y la composición gráfica se distingue con facilidad. Sin embargo, la analogía entre la composición y un organismo natural concreto es muy lejana.

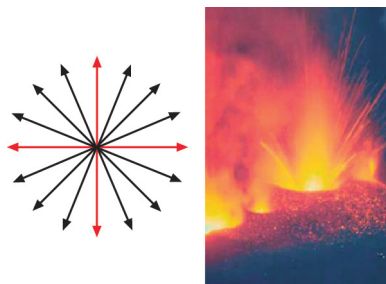


Figura IV.5. a) Esquema de la estructura concéntrica radial o explosiva en comparación con el volcán Etna en las islas italianas de Sicilia. Esquema: Angélica Castro. b) Volcán Etna. Imagen de <http://usuarios.lycos.es/javilmm/web2/volcan%20erupcion.jp> (Consultado 2010)

Aplicación del cuadro-teórico a la práctica

Este cuadro fue parte del material básico para el Taller de Experimentación de la Forma, se tenía que trabajar con una composición tipográfica y, al momento de dar la explicación que guiara a la realización de la composición, nos dimos cuenta de que la explicación dada consistía en exponer una analogía superficial que poco servía al ponerla en práctica en el diseño, además, no aclaraba realmente qué es lo que determina las estructuras en la composición. Primeramente no se contó con realizar el marco teórico para hablar de la morfología de los organismos vivos, solamente se contó con el esclarecimiento

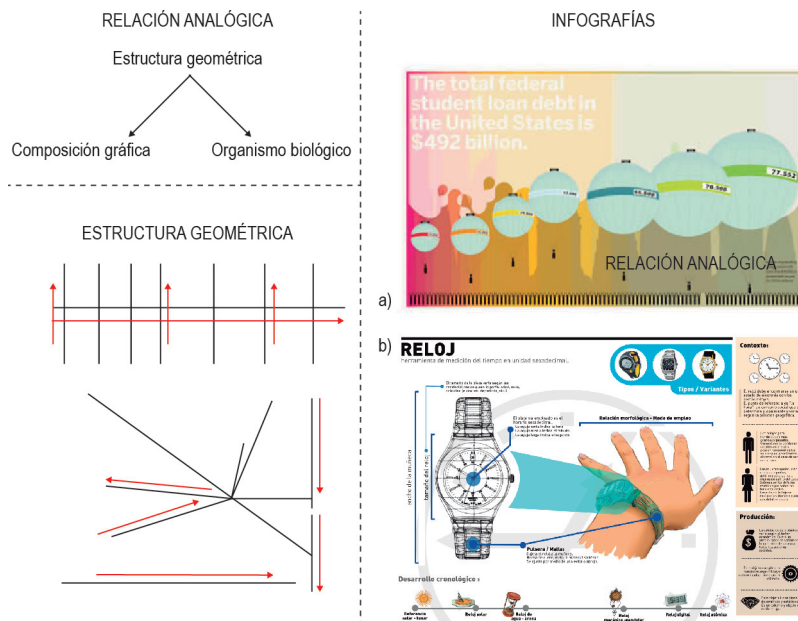


Figura IV.6. Ejemplos de infografías. a) Recuperado de http://kudabur.com.ar/kb-multi/wp-content/uploads/2008/01/infografia_inspiracion_2.jpg (Consultado 2010) b) Recuperado de http://francoiacomella.org/imagenes/trabajos/infografia/lamina_final_reloj.png (Consultado 2010)

sobre la qué es la estructura fractal. Se requería entender con mayor profundidad la estructura desde el punto de vista de su organización biológica para saber qué es lo que se relacionaba con la estructura de los signos.

Las dudas que surgieron a partir de ello están relacionadas con el empleo de la analogía entre la estructura de la composición gráfica y la morfología de los seres biológicos. De estas dudas parte el interés de la investigación doctoral. Lo cual se ha abordado primeramente con conocer las cualidades de la analogía y cómo se plantea.

El hecho de considerar los patrones morfológicos de seres orgánicos en el diseño gráfico puede ser un inicio para organizar el conocimiento sobre las estructuras o pautas geométricas de organización a partir de una clasificación que reúne propiedades comunes. También el partir de estructuras esenciales o básicas. Aunado a ello, es necesario considerar que es necesario comprender estas estructuras en su ámbito biológico o de origen para poder explicar la analogía. Lo cual implica una abstracción de la información no solo en un esquema geométrico sino en palabras. Por otro lado, también encontramos que es un límite el hecho de generar patrones o modelos en las estructuras del diseño sin explicarlas; ya que es posible que solo se memoricen y que no se analice las relaciones que proponen.

A continuación se conocerán otras propuestas teóricas que consideran patrones a partir de la observación de la naturaleza, contribuyendo a la interpretación de determinados conceptos en el diseño como por ejemplo, el concepto “vitalidad” propuesto por Christopher Alexander.

IV.2. El centro y la organización de la composición. Christopher Alexander

Christopher Alexander generó un modelo sobre el estudio de la forma y la integración del contexto. En este modelo describe varias estructuras de organización de la obra arquitectónica con el contexto las cuales tienen como premisa el “centro” como una fuente de “vitalidad”.

He introducido la idea de vida como algo que puede ocurrir en cualquier sistema espacial, y sugiera que el grado de la vida que aparece en una cosa depende de la vida de los componentes centrales y de sus densidades. Así, en términos generales, nosotros tenemos un esquema teórico en el cual la vida de la cosa, el edificio, o sistema, depende del grado en el cual los centros de las cosas sean coherentes y se ayudan mutuamente.³ (Alexander Ch.,1971, p.144)

Y así se pregunta

¿Podemos encontrar rasgos estructurales que tienden a estar presente en los ejemplos que tienen más vida, y tiende a estar ausente en los que tienen menos vida? En otras palabras, podemos encontrar rasgos estructurales geométricos recurrentes en las cuales esté presente en cosas cuya presencia en las cosas se correlaciona con el grado de la vida? (Alexander Ch.,1971, p.144)⁴

A través de un método empírico analiza dos composiciones bidimensionales y tridimensionales, tanto del mundo de lo artificial como del natural. Desde el punto de vista geométrico podríamos considerar que no era un estudio de dimensionalidad, sino de topología. Las composiciones fueron comparadas bajo estas preguntas “¿Cuál de ellas tiene más vida? y ¿Qué características comunes tienen los ejemplos con más vida? ⁵ (Alexander, 2002, Libro I, p.144). En ello trabajó durante veinte años, finalmente concluyó con quince características tituladas de la siguiente manera:

Levels of scale. [Escala de niveles].
Strong centres. [Centros fuertes].
Boundaries. [Contornos].
Alternating repetition. [Repetición alternada].
Positive space. [Espacio positivo].
Good shape. [Buena forma].
Local symmetries. [Simetrías locales].
Deep interlock and ambiguity. [Dependencia y ambigüedad].
Contrast. [Contraste].
Gradients. [Gradaciones].
Roughness. [Rugosidades].

³ La cita textual ha sido traducida para este trabajo, sin embargo es importante que se lea la cita original que se presenta a continuación: “I have introduced the idea of life as something which may occur in any spatial system, and suggested that the degree of life which appears in a thing depends on the life of its component centers and their density. Thus, broadly, we have a theoretical scheme in which the life of a thing, or building, or system, depends on the extent to which the centers in this thing cohere and help each other.

⁴ La traducción fue realizada para este trabajo, sin embargo sugiero que se lea la cita original que se presenta a continuación: Can we find any structural features which tend to be present in the examples which have more life, and tend to be missing in the ones which have less life? In other words, can we find any recurrent geometrical structural features whose presence in things correlates with their degree of life? (Alexander,1971, p.144)

⁵ La cita original de las preguntas es la siguiente: “Which one has more life? And What are the common features of the examples that have most life?”

Echoes. [Ecos].
The void. [La voz].
Simplicity and inner calm. [Simplicidad y calma].
Not-separateness. [No separaciones]⁶.

La procedencia de estas características las desconoce, simplemente las dedujo de manera independiente una de otra. Sin embargo, a partir de reflexiones personales, distinguió que el centro es una de las cualidades más importantes, y que las catorce restantes eran la manera con la que el centro proporcionaba vida al generar una conexión o relación entre los elementos.

Lo que nos interesa saber de su propuesta es el marco teórico en el cual se basa para poder explicar la organización de una composición, en este caso tridimensional, a partir del centro. En segundo lugar nos interesa conocer qué le aporta a la teoría la forma en la que las quince características estructurales han sido encontradas, tanto en el mundo natural como en el mundo artificial.

El centro como un concepto organizador

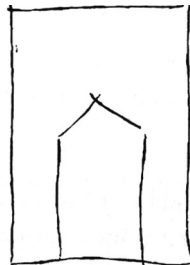
Para Alexander el centro se manifiesta en una zona organizada en el espacio bidimensional o tridimensional o un fenómeno, donde cada objeto de un conjunto de ellos puede ser un centro dependiendo de la posición en que se encuentre. “Cuando uso ella palabra centro, yo siempre estoy refiriendo a un conjunto físico, un sistema físico distinto, que ocupa un cierto volumen en el espacio, y tiene una marcada coherencia especial” (Alexander, 1980, libro I. p.84)⁷. Por ejemplo, un lago rodeado de un conjunto de objetos. Aunque los demás elementos se encuentren a su alrededor desde el punto de vista geométrico. El centro puede ser cualquier elemento solo basta seleccionarlo. Los elementos que se encuentren relacionados con él lo hacen ser un centro. El centro como tal es denominado por su contexto.

El centro puede ser cualquier objeto que se encuentre en la composición. El centro, o nivel de atención mayor, será aquel que genere más relaciones con más elementos. Por ello el centro es un elemento organizador del espacio, no sólo es un espacio organizado; nuestra percepción funciona de esta manera. Podemos recordar que, en una composición, la intencionalidad del artista nos ofrece un centro o varios centros jerarquizados, sin embargo el observador es libre de poder fijar su atención en el que considere que genera más relaciones y explique mejor el sentido de los demás elementos.

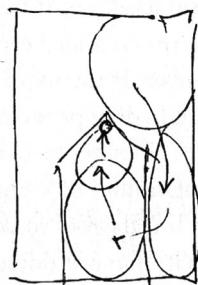
A partir de lo que Alexander compone podemos deducir que conside-

⁶ Los corchetes son míos.

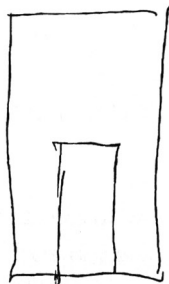
⁷ La traducción ha sido realizada para esta tesis, sin embargo es recomendable leer la cita original que se muestra a continuación. “When I use the word center, I am always referring to a physical set, a distinct physical system, which occupies a certain volumen in space, and has a special marked coherence” (Alexander, 1980, libro I. p.84).



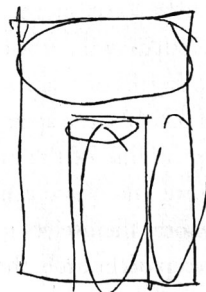
Drawing A



Structure of A, showing the main centers of which it is made.



Drawing B



Structure of B, showing the main centers of which it is made.

Figura IV.7. Estudio de la estructura generada por el centro. Imágenes de Alexander, Chr. (2002) *An essay on the art of building and the nature of the universe. The phenomenon of life.* (Book one. ed. 9na.). p 89.

ramos los elementos de la composición/fenómeno como centros y no como totalidad, podremos entender la composición de otra manera. Él explica que dentro de una composición es mejor denominar centro a los elementos, y cada centro implica la relación entre elementos a su alrededor que lo hacen ser centro, incluyendo la relación que hay unos con otros. Por ejemplo si llamamos centro a un fregadero daríamos a entender que éste elemento no se encuentra solo y no es único se encuentra rodeado de objetos como el jabón, utensilios de cocina, cajones, cómoda. Sin embargo, el término centro cambia la manera de apreciar el objeto en relación. Un ejemplo que experimentó su esposa le confirmó que si entiende los centros, al hablar de la cortina, también hablaba de la barra de la cortina, la ventana, el paisaje, y de esta manera se vuelve más consciente de la relación entre los objetos (Alexander, 1980, libro I. p.85).

Alexander redefine pues el concepto de totalidad con respecto a las relaciones. Puesto que llamar a un elemento "totalidad" hace que se pierdan las relaciones con los objetos a su alrededor, se acotan. La reinterpretación del centro es entender que este está hecho por otros centros, no es un punto aislado, sino que es una organización de objetos o partes del objeto que hace de esa área un centro. (Alexander, 1980, libro I. p.118) Ésta organización es la totalidad. "...los centros siempre se vuelven centros como resultado de la configuración de la totalidad" (Alexander, 1980, libro I. p.85)⁸.

La vitalidad de los centros

La estructura viva se genera por la relación de centros y su coherencia. Christopher Alexander habla de que la relación entre los centros es muy importante, entre estos se influyen y uno emite más "vida" que el otro; sin embargo la manera de saberlo es, primeramente, mediante la identificación de todos los centros (elementos o espacios). A partir de ahí se debe observar aquellos que por proximidad se encuentren relacionados. Se puede hacer el ejercicio de taparlos uno a uno para observar su influencia y distinguir cual proporciona más vitalidad.

En ejemplos abstractos, Christopher Alexander realiza la comparación de dos dibujos que se muestran a continuación (Figura IV.7.) Consiste en identificar cual de las estructuras generadas por el centro es más coherente y tiene más vitalidad. La diferencia entre el dibujo A y B es un vértice en el rectángulo interior, esto genera dos centros en el A y un centro en el B; además del número de centros, la relación de los dos centros producidos en A y su posición en diagonal permite que se establezca una relación más estrecha con los centros laterales. De esta manera la direccionalidad o trayectoria que dibujen los

⁸ La traducción ha sido realizada para esta tesis, sin embargo es recomendable leer la cita original que se muestra a continuación. "...the centers always become centers as a result of the configuration as a whole" (Alexander, 1980, libro I. p.85).

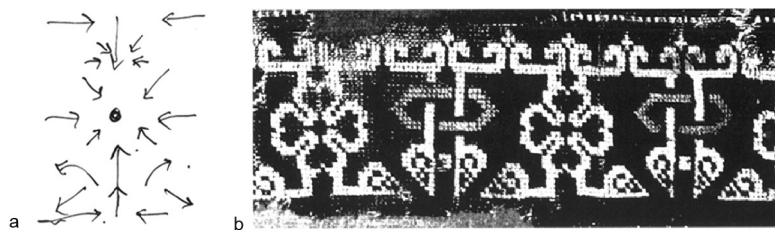


Figura IV.8. Diagrama de fuerzas de la grecas del tapete. a) Diagram of the force-field of the dominant center that appears in the carpet border. b) Enlargement of the border ornament from the Anatolian carpet. Imágenes de Alexander, Chr. (2002) *An essay on the art of building and the nature of the universe. The phenomenon of life.* (Book one. ed. 9na.) Oxford: Ed. Patternlanguage.com. p 119.

centros de A será la que aportará mayor vitalidad a la composición. El centro tiene características importantes “El centro coherente define el carácter y crea orden” (Alexander, 2002, libro I. p.90)⁹

Como podemos ver, este método es meramente intuitivo y depende mucho de la sensibilidad del observador. Precisamente la habilidad que Christopher Alexander ejerció para realizar este trabajo.

El centro es considerado centralizado a partir de un campo de fuerzas organizadas. Alexander habla del campo físico sencillo; se refiere a un sistema de escala de magnitudes con una sola variable: una dimensión la cual se va a relacionar con cualquier punto en el espacio. Un ejemplo que cita es la distribución de las hormonas en el cuerpo humano, desde el punto de vista químico. Dice que por cada elemento químico se dibuja un punto geométrico en el cuerpo y las concentraciones de estos químicos también son concentraciones de puntos, estos generan patrones de estructuras complejas. Sin embargo considera también el campo vectorial, que no sólo indica la espacialidad del sistema asociado por la magnitud, sino también la direccionalidad. Por ejemplo, en una representación vectorial del flujo de agua donde se indicara la dirección, cada vector contemplaría también la velocidad y la distancia recorrida.

Para poder identificar en una composición gráfica/visual este campo de fuerzas mencionaremos otro ejemplo (Figura IV.8): un tapete turco que tenga dibujos y cuyo centro sea muy marcado y sencillo para explicar. Lo que realizó Christopher es un diagrama de vectores mostrando la direccionalidad de las líneas con las cuales se realiza el dibujo, propuso una trayectoria hacia el área específica en la cual coinciden varias trayectorias, por ello se define a esta zona como centro. Estos vectores representan una estructura no sólo de vectores, sino de orden para distintas jerarquías. Cada elemento es un centro, a su vez la dirección de éstos generan otros. Unos centros apoyan otros centros para que emerja un tercer centro, el cual, sin él, está interacción no pudiera haberse construido.

Los ornamentos también están conformados por espacios, los cuales podrían generar otra estructura de vectores cada vez más densa. Alexander define este fenómeno como complejidad, la cual se va acercando a lo que denomina estructura viva.

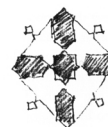
⁹ “The coherent center define character and create arrangement” (Alexander, 2002, libro I. p.90).



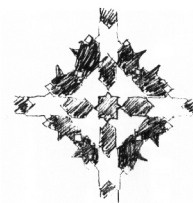
Step 1: The black star-octagon, with nothing around it.



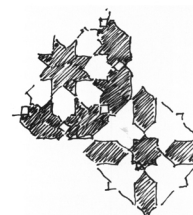
Step 2: The black star-octagon, intensified by four green hexagons stretching out from it and forming a cross.



Step 3: The four green hexagons around the star, together with the four white “shirt” shapes and the four little white diamond-like lobes.



Step 4: The four white shirts and the green hexagons, together with the large fishtail shapes that extend beyond the hexagons and intensify the black star-octagon still further.



Step 5: The complete pattern, as it appears on the original fragment. Here we see the additional impact of the neighboring pattern of the black eight-pointed star, and the centers surrounding it, and what all this does to increase the life of the star-octagon yet further.

Figura IV.9. Análisis de la complejidad y vitalidad de la composición plástica a través de un ejercicio con grecas árabes de La Alhambra. Imágenes de Alexander, Chr. (2002) *An essay on the art of building and the nature of the universe. The phenomenon of life.* (Book one. ed. 9na.) Oxford: Ed. Patternlanguage.com. p 125.

Figura IV.9. *Análisis de la complejidad y vitalidad de la composición plástica a través de un ejercicio con grecas árabes de La Alhambra.* Imágenes de Alexander, Chr. (2002) *An essay on the art of building and the nature of the universe. The phenomenon of life.* (Book one. ed. 9na.) Oxford: Ed. Patternlanguage.com. p 125.

La traducción de los pies de imagen de la figura IV.9 se realizaron para este trabajo para facilitar la lectura. Se escriben a continuación:

Paso 1: La estrella-octágono negra sin nada al rededor de ella.

Paso 2: La estrella-octágono negra, intensificada por cuatro hexágonos verdes tensionando hacia afuera y formando una cruz.

Paso3: Los cuatro hexágonos verdes al rededor de la estrella, junto con las cuatro forma de "cotas [vértices]" blancas y los cuatro pequeños diamantes blancos como lóbulos.

Paso 4: Las cuatro "cotas" [vértices] y los hexágonos verdes, juntos con las largas colas de pescado que se extienden más allá de los hexágonos e intensifican la estrella-octágono negra aún más.

Paso 5: Los patrones completos, como aparecen en el fragmento original. Aquí podemos ver el impacto adicional de los patrones vecinos en la estrella de ocho puntas y el centro que lo rodea, y que todos estos incrementan la vida de la estrella-octágono aún más.

Christopher Alexander entiende complejidad como el grado de vitalidad de una composición. La explicación es interesante, parte de unas grecas árabes tomadas de una pared del edificio La Alhambra (Figura IV.9). Una figura central se va dibujando de manera gradual en cinco etapas: primero el contorno que se rellena; luego se acentúan los vértices dibujando otras figuras geométricas a partir éstos se cierran los espacios blancos y se añaden otras figuras en el exterior; se prolonga el espacio positivo formando una figura en negativo; por último se genera otra figura geométrica que pueda, a la vez, ser centro de otro módulo. De esta manera la complejidad aumenta tanto como la vida.

Observando estas imágenes podemos notar que, al estar relacionadas con el vértice, la actividad de equilibrio-movimiento visual aumenta, puesto que se produce la sensación de desequilibrio visual. Mismo desequilibrio que se remplaza con la imagen total que es simétrica. El equilibrio que se experimenta se controla, pero a la vez es muy activo. Hay tensión no por la distancia, sino por el choque de dos ángulos, dos puntas, el encuentro de dos direcciones en un centro. En este caso Alexander no habla de los vértices, sino de la figura como módulo que se relaciona con otros y genera una imagen mas que hace evidente.

Las figuras en positivo o en negativo producen la vitalidad. Estas son las características de relación por toque de los vértices, y así como el tono de las imágenes laterales permite que haya contraste máximo y se distinga la figura, también la simultaneidad de las figuras genera un dinamismo. Es de hacer notar que Christopher Alexander sólo habla de la vitalidad y del centro; no de la figura emergente como lo hace la Gestalt con las imágenes simultáneas. Sin embargo Christopher Alexander habla de un centro emergente a partir de sistemas de centros. El análisis se describe con los textos originales, para poder exponer mejor su idea.

En suma, tenemos una relación inicial, en el que ningún centro es el origen de la arquitectura o de su vida, pero los diversos diferentes centros se soportan cada uno. Ninguno de ellos es lo primero; cada uno ayuda para apoyar a los demás. Juntos todos ellos fomentan a sí mismos vivir. (Alexander Ch., 2002, libro I. p.126)¹⁰

Veamos otro ejemplo para realizar un centro, Christopher Alexander propone cinco pasos (Figura IV.10 y Figura IV. 11):

- 1.- Columna como un centro.
- 2.- El espacio lateral de la columna como un centro
- 3.- Centros y el capitel y la base de la columna
- 4.-Haciendo el capitel y la base desiguales
- 5.- Agregar un ornamento en la columna para intensificar la vida¹¹.

¹⁰ La traducción ha sido hecha para este trabajo, sin embargo es recomendable leer la cita original que se muestra a continuación. "All in all we have a bootstrap relation, in which no one center is the origin of the architecture or its life-but the various different centers all supports each up. No one of them comes first; each helps to support the others. Together they all raise themselves to life" (Alexander Ch., 2002, libro I. p.126).

¹¹ La traducción ha sido realizada para este trabajo, sin embargo es conveniente leer el texto

A través de esta secuencia de columnas podemos distinguir que, cuando hay un sólo elemento, éste comienza a ser un centro; más requiere de apoyo, por lo tanto hay que ir agregando centros poco a poco. El siguiente paso es agregar otra columna lateral, sin embargo la atención se desvía de la columna y pasa al espacio entre ellas; ahora dicho espacio es el nuevo centro. Para regresar la atención a la columna sugiere agregar un elemento más a una de ellas, en este caso, el centro vuelve a la primera columna por tener una diferencia. Estos centros forman un sistema que, de acuerdo a sus características, podrán competir con el centro principal. Según Christopher Alexander, el centro debe tener otra característica que lo distinga de los demás, por lo tanto añade ornamentos arriba y abajo de la columna, pero de igual manera, estos deben ser asimétricos para que impriman vida a la composición; de esta manera el protagonismo del centro original no se pierde. Los centros que la rodean cooperarán para que éste lo sea.

Es interesante entender lo que no genera vida, es decir, la ausencia de centros. Mientras menos elementos y detalles tenga la composición (independientemente del estilo), y esté al tanto de los detalles como "sustancia", se puede o no generar vida, según Christopher Alexander. Si bien la palabra "sustancia" no se explica a qué se refiere por sí sola, podemos deducir su significado al conocer los ejemplos donde compara dos villas (Figura.IV.12a). En una de las villas hay más ventanas, los muros tienen texturas que las acentúan, encontramos las dos puntas de los frentes y el techo que hace que se contraste el contorno con la diagonal y verticalidad del techo y fachada. Mientras que, en la otra finca, las formas son geométricas, independientes, claras, separadas, dan unidad con la simplicidad, las ventanas son sólo un cuadrado con tensión en la esquina. A pesar de esta observación, Alexander no juzga los trabajos realizados por arquitectos en cuyas obras no se observe esta vitalidad, simplemente muestra que en un objeto se generan recursos definidos como "vitalidad" y en otro no.

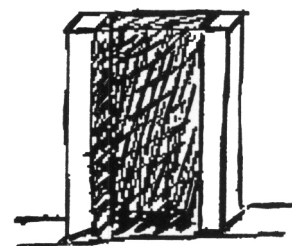
A pesar de que trata de ejemplificarlo y diagramar todo lo encontrado, su definición sigue siendo subjetiva a lo largo del libro, además de que en ocasiones hay una tendencia a comparar piezas muy antiguas con las formas modernas e industrializadas, siendo que las últimas son frecuentemente el ejemplo de composiciones con poca vitalidad.

Podríamos decir que el concepto de centro lo explica de manera clara y convincente, sin embargo el concepto de vitalidad no está definido del todo y no es comprobable, aunque se dan ejemplos, las pautas para deducirlos son subjetivas lo que no permite identificar qué es concretamente vitalidad en el ámbito artificial dando a entender que es una propuesta de análisis con respuestas dudosas. Por otro lado, no es posible esperar precisión absoluta en la descripción teórico-práctica del autor, puesto que "vitalidad" tiene muchas interpretacio-

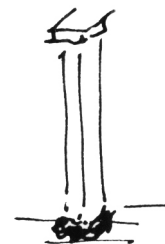
original que aquí se presenta: 1.-Column as a center. 2.-The space next to the column as a center. 3.-Centers and the top and bottom of the column. 4.-Making top and bottom unequal. 5.-Adding an ornament within the column to intensify its life.



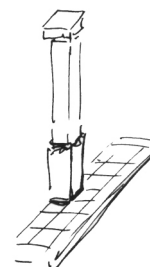
Step 1: The column is round, a simple cylinder. This first one is typical of some of the crude aspects of 20th century architecture.



Step 2: We make the space between the columns into a center. To do it, in this instance, we make the columns square. The centers then become slightly stronger.



Step 3: We make smaller center at the ends of the column, a base and a capital. The column again becomes slightly stronger as a center.



Step 4: We make the base bigger than the capital. As a result of the asymmetry, and the rhythm of the tile on the ground, the column becomes even stronger as a center.

Figura IV.10. (Arriba) Pasos para realizar un centro. Imágenes de Alexander, Chr. (2002) *An essay on the art of building and the nature of the universe. The phenomenon of life.* (Book one. ed. 9na.) Oxford: Ed. Patternlanguage.com. p 129-30.

A continuación se realiza la traducción de los pies de imagen. Cabe decir que se ha considerado que un proceso dado por el autor es necesario que se comunique en su propio idioma en primer lugar y posteriormente la traducción.

Paso 1: La columna es redondeada, un simple cilindro. Es la primera, es peculiar por su aspecto rústico arquitectónico del siglo 20.

Paso 2: Hacemos que el espacio entre las columnas sea un centro. Para hacer esto, en este instante, hacemos que encuadrar las columnas. Entonces el centro será ligeramente más fuerte.

Paso 3: Hacemos pequeños centros al final de la columna, una base y un capitel. La columna vuelve a ser ligeramente más fuerte como centro.

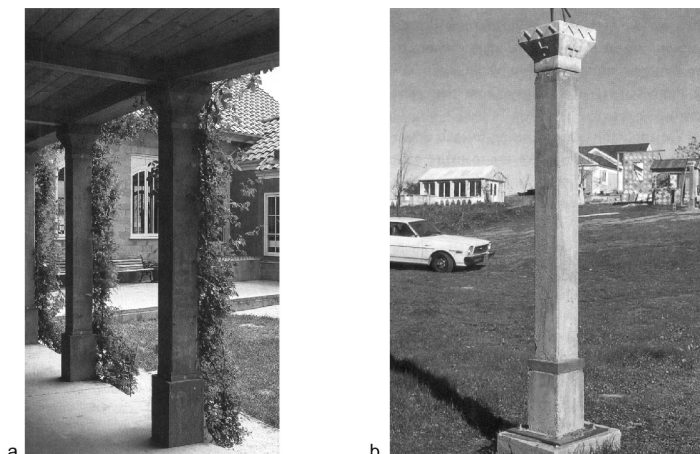
Paso 4: Hacemos la base más alta que el capitel. Como un resultado de la asimetría, y el ritmo de las líneas en la superficie, la columna será aún más fuerte como centro.

nes en el ámbito connotativo e incluso si lo definimos a partir de un conocimiento no científico de la biología. Por ello las pautas no son precisas o comprobables como lo puede hacer los especialistas en biología bajo los métodos científicos.

El concepto de vitalidad en los centros, además de depender de las cualidades visibles geométricas en la composición y sus elementos, se refiere también a las connotaciones y denotaciones de la propia imagen o composición artificial. Christopher Alexander analiza dos ejemplos más que mostramos aquí como figura IV.12b y c: uno de un grupo de pescadores armando una red y otro de una joven que ha lanzado una pelota (la foto muestra la postura después de haberla lanzado). Su análisis habla de la situación que viven los personajes y esa foto es sólo un instante de la secuencia de acciones. Aunque la complejidad de la acción no se evidencia (es decir, que no se muestran todas las escenas), este instante tiene una carga significativa de todo el movimiento. La misma imagen, sus componentes gráficos, las características plásticas y la ubicación de los mismos, así como los significados denotativos y connotativas según la acción, todo ello coopera para que se distingan los centros importantes.

Considera los centros que son los espacios entre los elementos, las partes del cuerpo o los objetos mas importantes, es decir, que tienen que ver con la acción directamente; por ejemplo, en la foto de los pescadores: las manos, los corchos de las redes, las redes mismas, el borde del agua, la palmera, las cabezas... todo aquello que hace que haya una continuidad y acción entre los elementos. En la foto de la chica (Figura IV.12b) encontramos que señala solamente la cabeza, las manos y la postura del tronco que se encuentra en diagonal y girado respecto a la cámara. De esta manera, no solo son los centros geométricos del espacio, ni tampoco son los elementos más estéticos o los elementos obvios, como la cabeza; sino que son los elementos vinculados a la acción. Esto no lo explica Christopher Alexander en su texto. Los elementos los considera centros que tienen totalidad y que

Figura IV.11. (Derecha) Ejemplos de el espacio con la columna (a) y la columna como centro (b). Imágenes de Alexander, Chr. (2002) *An essay on the art of building and the nature of the universe. The phenomenon of life.* (Book one. ed. 9na.) Oxford: Ed. Patternlanguage.com. p 129-30.



son parte de la totalidad mayor, tienen vitalidad por sí mismos y ésta se suma a la vitalidad total. Parece que la idea puede desarrollarse más explicando la vitalidad del movimiento ya que es posible confundir que la composición en sí, es una composición fija. Valdría la pena profundizar en el movimiento que sugiere la misma imagen.

La totalidad

El análisis sobre los centros de la composición pretende aportar una explicación a la percepción de la totalidad. La percepción se da a partir de centros, no se refiere a encontrar la buena forma, sino a distinguir las estructuras de lo percibido.

Mi respuesta es que la totalidad no es meramente la manera de centrarse en la Gestalt de las cosas, sino que es una estructura real, es una "cosa" real en sí misma. Es una estructura que existe en la totalidad que incluye que nosotros intuitivamente percibamos como la Gestalt, la visión de conjunto, la amplia naturaleza de una cosa. Es la fuente de la coherencia que existe en cualquier parte del mundo. (Alexander Ch., 1980, libro I. p.90)¹²

El centro será un elemento que nos permitirá recordar la escena y todo lo que se encuentre alrededor de este mismo. Esto se menciona en otra definición sobre totalidad que cita un poco más adelante: "La totalidad de cualquier parte del todo es un sistema de mayores y menores centros, en conexión y superposición"¹³.

Las reflexiones que hace sobre la percepción de "vida" y "centro" se encuentran únicamente apoyadas por sus ejercicios de sensibilización. Aunque es una propuesta interesante, la justificación multidisciplinaria y científica es necesaria; el marco teórico que puede ser tomado desde la psicología y la semiótica. Por otro lado, su investigación proporciona un modelo que parte de aprender a razonar desde la práctica empírica. Con base a dichas conclusiones pueden formularse varias preguntas para probar si pueden ser sostenidas o no, por ejemplo ¿de dónde viene la asociación de imágenes?, ¿cuáles son los mecanismos psicológicos para generar atención? y si estas teorías coinciden con los ejemplos seleccionados como imágenes con mayor vitalidad o menor vitalidad.

Las quince características que estructuran el centro

...entonces, si puede haber un lenguaje más general para hablar sobre la función a la cual nosotros estamos acostumbrados- un lenguaje que hable solamente de las conexiones más fundamentales y las relaciones entre

¹² La traducción ha sido realizada para este trabajo, sin embargo es conveniente leer la cita original: "My answer is that the wholeness is not merely a way of focusing on the Gestalt of the thing, but is instead a real structure, an actual "thing" in itself. It is a structure which exists in the whole that include what we intuitively perceive as the Gestalt, the overview, the broad nature of a thing. It is the source of the coherence which exists in any part of the whole" (Alexander Ch., 1980, libro I. p.90).

¹³ La traducción ha sido realizada para este trabajo, sin embargo es conveniente leer la cita original: "The wholeness of any portion of the whole is this system of larger and smaller centers, in their connection and overlap" (Alexander Ch., 1980, libro I. p.90).

Figura IV.12.a. Comparación de la vitalidad de dos construcciones como composición. [Izquierda] Una casa tradicional de Northumberland. Alexander distingue que hay un grado considerable de vida y la vida de los diferentes centros coopera con los otros, considera como centros las ventanas rodeados por la textura de los ladrillos, el techo en vértice. [Derecha] Una casa posmoderna en Nueva York: los centros son débiles o no existen, considera que hay centros vagos, las figuras son demasiado lisas sin elementos que puedan vincularlas unas con otras. Por lo que los centros no cooperan para dar vitalidad entre ellos (p.133)

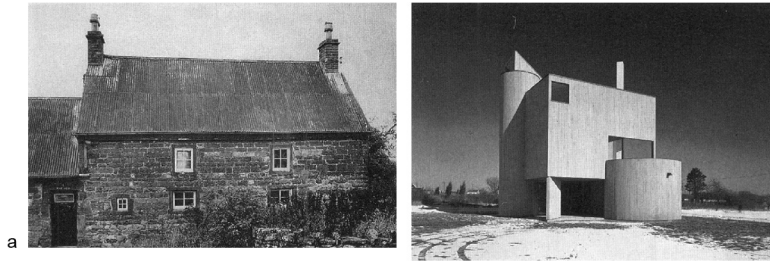


Figura IV.12.b. Análisis de centros y la vitalidad en la composición fotográfica. [Derecha] pescadores guatemaltecos con sus redes. Christopher Alexander considera varios centros en esta imagen, como las siluetas, las redes, los huecos en las redes, los espacios entre los individuos, la palma, las olas en el mar, todo ello son centros vivos. (p.135)



Figura IV.12.c. Análisis de centros dinámicos en la fotografía. [Derecha] Alexander considera que los círculos vitales de la chica son dados por la posición dinámica de su cuerpo, sus hombros y cabeza principalmente. Las manos también tienen un papel importante ya que se encuentran en movimiento. (p.137)



Imágenes de Alexander, Chr. (2002) *An essay on the art of building and the nature of the universe. The phenomenon of life.* (Book one. ed. 9na.) Oxford: Ed. Patternlanguage.com.

los sistemas y estar basado en centros. En tal lenguaje, las propiedades podrían explicarse, razonablemente, como complemento estructural para la formación de sistemas estables y semiestables. Solo como lo había sugerido...las quince propiedades son la forma en la cual los centros pueden mantener la coherencia de cada uno, así que esto podría aplicarse de la misma manera a las totalidades funcionales en la naturaleza en la cual aparecen dentro de sistemas estables y semiestables. Estos podrían ser las quince principales maneras en donde el "soporte" entre la subtotalidad de los sistemas tenga lugar. (Alexander Ch., p. 291 vol 1)¹⁴.

Christopher Alexander identifica quince características en el ámbito de lo artificial y en los organismos naturales. Estas quince características se encuentran sintetizadas en la figura IV.13. Las imágenes son ejemplos que parten de elementos artificiales y organismos naturales. Christopher Alexander identificó las pautas en los dos ámbitos.

En las composiciones artificiales los centros pueden tener la característica de expresar vitalidad, esto permite que la atención del observador repose en ese punto, y que incluso se aprecie como bella. En el caso de la naturaleza, las composiciones orgánicas son vivas, la distribución de sus elementos genera una funcionalidad para una mayor probabilidad de supervivencia, según su contexto y las cualidades del organismo también pueden incluir su desarrollo y reproducción. Por lo tanto, podemos decir que el hecho de que unas características

14 ...then, if there might be a more general language for talking about function than the one we are used to- a language which talks only about the most fundamental connections and relations between systems and is based on centers. In such a language, the properties might be explained, reasonably, as the structural complementes to the formation of stable and semistable systems. Just as I have suggested. Just as I have suggested...the fifteen properties are the ways in which centers can sustain each other's coherence, so this might apply equally to those functional wholes in nature which appear within any stable or semistable system. They would then be then fifteen major ways in which "sustaining" between subwholes of a system does actually take place (Alexander Ch., p. 291 vol 1).

físicas se encuentren en la configuración de un organismo y una composición artificial (objeto, imagen o volumen) no quiere decir que las causas o el proceso por el cual llegó a tener esta configuración sea el mismo. Christopher Alexander no genera una comparación en este aspecto, únicamente lo hace en el aspecto figurativo.

En las composiciones artificiales los centros pueden tener la característica de expresar vitalidad, esto permite que la atención del observador repose en ese punto y que incluso se aprecie como bella. En el caso de la naturaleza, las composiciones orgánicas son vivas, la distribución de sus elementos genera una funcionalidad para una mayor probabilidad de supervivencia, según su contexto y las cualidades del organismo también pueden incluir su desarrollo y reproducción. Por lo tanto, podemos decir que el hecho de que unas características físicas se encuentren en la configuración de un organismo y una composición artificial (objeto, imagen o volumen) no quiere decir que las causas o el proceso por el cual llegó a tener esta configuración sea el mismo. Christopher Alexander no genera una comparación en este aspecto, únicamente lo hace en el aspecto figurativo.


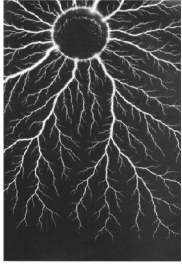
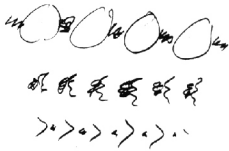
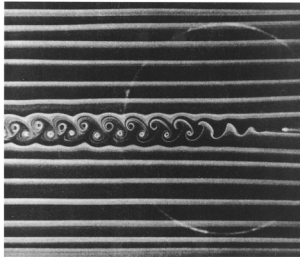

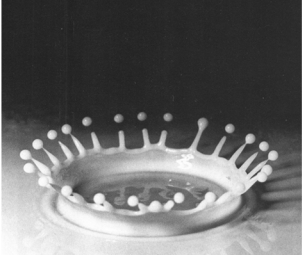

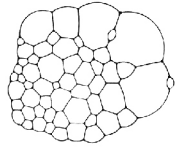

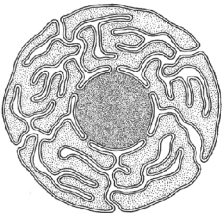

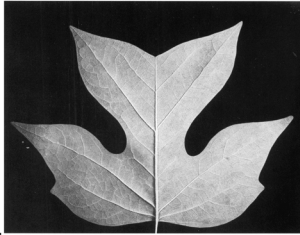
La propuesta de Christopher Alexander es ver ambas composiciones respetando las leyes de sus orígenes, así como también su terminología. En las conclusiones de cada una de las características menciona que no es posible profundizar en las razones ni en la manera con la cual se produce esta estructura porque incluso la misma ciencia, debido a su complejidad, no ha podido encontrarla. Son formaciones o patrones que se repiten, se perciben fácilmente a niveles macroscópicos y microscópicos, pero tiene una gran complejidad al momento de ser explicadas, como lo son el crecimiento de la forma orgánica, el razonamiento de las ramificaciones y la forma de las turbulencias. En los ejemplos de espacio positivo. Sin embargo, el punto de vista que propone es acerca de observar la composición a través de los centros y cómo estos pueden intensificarse unos con otros. Para observar la naturaleza usa el mismo punto de vista.

En el trabajo de Christopher Alexander podemos distinguir dos aportes importantes a mencionar en este trabajo, en primer lugar el empleo del método por analogía como un método de observación para el planteamiento de la hipótesis inicial: la observación de la vida en los seres orgánicos y reinterpretarla en las composiciones artificiales. Los quince conceptos proponen las cualidades que la composición puede tener para acentuar la "vitalidad", mismos que se destacan en los seres orgánicos.

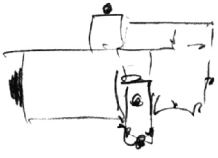

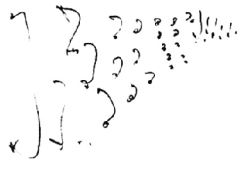

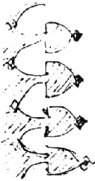


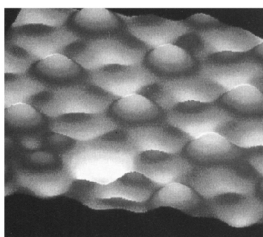

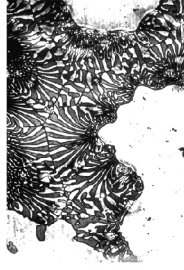

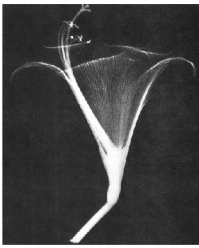
Lo que conviene a destacar es que la interpretación no es una imitación figurativa, sino que se ha pensado en las cualidades de cada modelo. En segundo lugar es proponer que la organización de la composición está basada en la identificación de los centros.

Figura IV.13. (paginas siguientes) *Resumen de las quince pautas sobre la identificación de los centros en la composición artificial y natural.* Se presentaron en este cuadro los patrones de Alexander a manera de comparación para facilitar evidenciar las relaciones. Se han realizado las traducciones de las notas referentes a las quince pautas artificiales para este trabajo, se recomienda también leer la cita original. Todas las imágenes se tomaron de Alexander, Chr. (2002) *An essay on the art of building and the nature of the universe. The phenomenon of life.* (Book one. ed. 9na.) Oxford: Ed. Patternlanguage.com. Las páginas son indicadas debajo de cada fotografía.

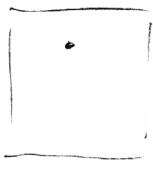


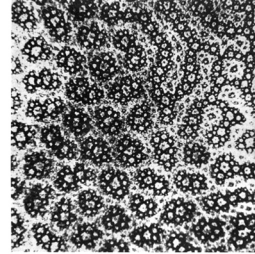
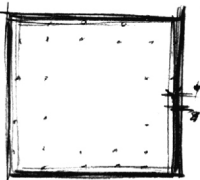

ESQUEMA COMPARATIVO DE LAS 15 CUALIDADES ESTRUCTURALES SOBRE EL CENTRO ENTRE LA COMPOSICIÓN NATURAL Y LA ARTIFICIAL DE CHRISTOPHER ALEXANDER (pp.239-289)

Composición Natural	Composición Artificial	Composición Natural	Composición Artificial
<p>1 Levels of scale/ Escala de niveles</p>  <p>“... es la forma en la que el centro fuerte se hace más fuerte en parte por los centros fuertes pequeños contenidos y en parte por los grandes y fuertes centros los cuales contiene.”</p> <p>“...is the way that a strong center is made stronger partly by smaller strong centers contained in it, and partly by its large strong centers which contain it.” (p.239)</p>	 <p>Descarga eléctrica en un campo eléctrico. (p.247)</p> <p>En la organización de los sistemas naturales el orden se genera a través de la jerarquía o niveles (sea por tamaño, tiempo, o fuerza de los miembros del sistema). Esta secuencia debe ser coherente además de funcional para el sistema.</p>	<p>4 Alternating repetition / Repetición alternada</p>  <p>“...es la forma en la cual los centros son fortalecidos cuando ellos se repiten, por la interposición de otros centros entre los repetidos.”</p> <p>“...is the way in which centers are strengthened when they repeat, by the insertion of the other centers between the repeating ones.” (p.239)</p>	 <p>Estructura de vórtices en la mitad de una estela de un perfil aerodinámico. (p.259)</p> <p>Las repeticiones que ocurren en la naturaleza son simples y su diversidad es limitada. Sin embargo estas repeticiones de unidades nos dan la alternativa de una segunda estructura que también puede repetirse.</p>
<p>2 Strong centers / centros fuertes</p>  <p>“...define la forma en que un centro fuerte requiere un efecto especial como campo, creado por otros centros, como las fuentes primarias de su fuerza.”</p> <p>“...defines the way that a strong center requires a special field-like effect, created by other centers, as the primary sources of its strength.” (p.239)</p>	 <p>Fotografía de Harold Edgerton, una gota de leche salpicando. (p.247)</p> <p>Los centros que se forman en la naturaleza son concentraciones de energía o materia que son generadores de vida.</p>	<p>5 Positive space / espacios positivos</p>  <p>“...es la forma en que un centro debe sacar sus fuerzas, en parte, desde la fuerza de otros centros inmediatamente adyacentes a este en el espacio.”</p> <p>“... is the way that a give center must draw its strenght, in part, from the strenght of other centers immediately adyacente to it in space.” (p.239)</p>	 <p>Burbujas de jabón. (p.262)</p> <p>El espacio positivo se refiere al espacio que se encuentra ocupado por centros. En la naturaleza es común también observar los espacios internos de las áreas delimitadas ocupados por concentraciones de centros como texturas.</p>
<p>3 Boundaries / contornos</p>  <p>“... es la forma en que el efecto de campo como centro se fortalece mediante la creación de un centro como anillo, compuesto de centros más pequeños que rodean e intensifican el primero. El límite también se une el centro con los centros más allá de este, reforzandolo así aún más.”</p> <p>“...is the way in which the field-like effect of a center is strengthened by the creation of a ring-like center, made of smaller centers which surround and intensify the first. The boundary</p>	 <p>Diagrama de una célula mostrando la dimensión de los bordes y su tamaño en relación al núcleo. (p.255)</p> <p>Los bordes surgen por la necesidad de una separación y transición entre dos sistemas distintos. Tanto el borde como el centro y el exterior pueden generar una función distinta pero a la vez complementaria, es una zona con sus distintas y coherentes propiedades y formas.</p>	<p>6 Good shape / La buena forma</p>  <p>“...es la forma en que la fuerza de un centro depende de su forma actual, y la manera en que este efecto necesita incluso de la forma, contorno y espacio de alrededor de él, genera los centros fuertes.”</p> <p>“...is the way that the strength of a given center depends on its actual shape, and the way this effect requires that even the shape, its boundary, and the space around it are made up of strong centers. (p.240)</p>	 <p>Hoja de árbol de tulipán. (p.264)</p> <p>Alexander parte que la buena forma es una figura geométrica, la cual se considera un centro mayor intensificado por centros menores.</p>

ESQUEMA COMPARATIVO DE LAS 15 CUALIDADES ESTRUCTURALES SOBRE EL CENTRO ENTRE LA COMPOSICIÓN NATURAL Y LA ARTIFICIAL DE CHRISTOPHER ALEXANDER (pp.239-289)

Composición Natural	Composición Artificial	Composición Natural	Composición Artificial
<p>7 Local symmetries / Simetrías locales</p>  <p>"...es la forma en que la intensidad del centro dado se incrementa en la medida en que otros centros más pequeños que contienen están dispuestos entre sí en grupos individuales simétricos."</p> <p>"...is the way that the intensity of a given center is increased by the extent to which other smaller centers which it contains are themselves arranged in locally symmetrical groups." (p.240)</p>	 <p>Estructura superficial de aluminio. (p.247)</p> <p>La asimetría en la naturaleza ocurre por fuerzas externas las cuales irrumpen la forma original. Por otro lado en el crecimiento de la forma original pueden generarse subformas inclusive por capas que irrumpen la simetría generando asimetría.</p>	<p>10 Gradients / Graduaciones</p>  <p>"...es la forma en la cual un centro se ve reforzado por una serie graduada de centros los cuales señalan hacia el nuevo centro e intensifican el efecto del campo."</p> <p>"...is the way in which a center is strengthened by a graded series of differentiated centers which then "point" to the new center and intensify its field effect." (p.240)</p>	 <p>Gradaciones en las capas del caracol. (p.277)</p> <p>Las graduaciones de la fuerza de gravedad, la fuerza de los campos electromagnéticos, son algunas de las leyes que rigen que los organismos tengan la forma determinada.</p>
<p>8 Deep interlock and ambiguity Ensamblado y ambigüedad</p>  <p>"...es la forma en la cual la intensidad del centro puede incrementar cuando se une a un centro fuerte cercano, a través de un conjunto de centros fuertes ambiguo para ambos."</p> <p>"...is the way in which the intensity of a given center can be increased when it is attached to nearby strong centers, through a third set of strong centers that ambiguously to both." (p.240)</p>	 <p>Sección transversal de un cerebelo. p.270</p> <p>El ensamblado o la compenetración en los sistemas naturales se da porque los sistemas vecinos interactúan de manera fácil a lo largo de toda la superficie.</p> <p>Las secciones cerebrales tienen una correspondencia con los contornos de la materia con la cual están en contacto en este caso otra sección cerebral.</p>	<p>11 Roughness / Rugosidades</p>  <p>"...es la forma que los efectos del campo en el centro obtiene sus fuerzas, necesariamente, de las irregularidades del tamaño, la forma y la organización de los centros cercanos."</p> <p>"...is the way that the field effect of a given center draws its strength, necessarily, from irregularities in the sizes, shapes and arrangements of other nearby center." (p.240)</p>	 <p>Fotografía de átomos de silicón. Muestra que cada átomo es ligeramente distinto. Las órbitas electrónicas, aunque normalmente son las mismas crean variaciones sutiles de la dimensión y la posición de acuerdo con sus interacciones. (p.280)</p> <p>Las rugosidades o irregularidades aparecen en los sistemas naturales, y aparecen como el resultado de la interacción entre el orden definido y las restricciones del espacio tridimensional.</p>
<p>9 Contrast / Contraste</p>  <p>"...es la manera en la que un centro es fortalecido por la nitidez de la distinción entre su carácter y el carácter de los centros de los alrededores."</p> <p>"...is the way that a center is strengthened by the sharpness of the distinction between its character and the character of surrounding centers." (p.240)</p>	 <p>Berilio-hierro permite sacar su fuerza de la interacción de dos materiales contrastantes. (p.264)</p> <p>Se percibe en la naturaleza que tanto en los fenómenos físicos, químicos y biológicos hay polaridades, positivos y negativos. Sin embargo Alexander también cuestiona si esto es también por nuestro proceso cognitivo del mundo.</p>	<p>12 Echoes / Ecos</p>  <p>"...es la forma en que la fuerza de un centro determinado depende de las similitudes de los ángulos y la orientación y sistema de centros que forman ángulos característicos tales que forman centros grandes, entre los centros que contiene."</p> <p>"...is the way that the strength of a given center depends on similarities of angle and orientation and systems of centers forming characteristic angles thus forming larger centers, among the centers it contains." (p.240)</p>	 <p>Rayos- X del lirio mostrando los ecos de una sola familia de formas. (p.282)</p> <p>Los ecos son las repeticiones de una característica clave en las formas de la naturaleza.</p>

ESQUEMA COMPARATIVO DE LAS 15 CUALIDADES ESTRUCTURALES SOBRE EL CENTRO ENTRE LA COMPOSICIÓN NATURAL Y LA ARTIFICIAL DE CHRISTOPHER ALEXANDER (pp.239-289)

Composición Natural	Composición Artificial	Composición Natural	Composición Artificial
<p>13 The void / El vacío</p>  <p>“...es la forma en que la intensidad de cada centro depende de la existencia de un espacio vacío- un centro vacío- en algún lugar de su campo.”</p> <p>“...is the way that the intensity of every center depends on the existence of a still place- an empty center- somewhere in its field.” (p.241)</p>	 <p>Vacío en un valle fluvial.(p.285)</p> <p>Cuando Alexander habla del vacío se refiere a la diferenciación de un sistema menor siempre en comparación de otro sistema que se encuentre “quieto” o “callado”.</p>	<p>15 Non-separateness / No separaciones</p>  <p>“...es la forma que la vida y la fuerza del centro depende del grado en que ese centro se fusiona suavemente incluso a veces indistintamente con los centros que forman su entorno.”</p> <p>“...is the way the life and strength of a center depends on the extent to which that center is merged smoothly sometimes even indistinguishably with the centers that form its surroundings.” (p.241)</p>	 <p>No separación en dominios magnéticos de cobalto. (p.288)</p> <p>No hay una perfecto aislamiento entre sistemas, un sistema esta conectado con otro de alguna manera en su comportamiento.</p>
<p>14 Deep interlock and ambiguity Ensamblado y ambigüedad</p>  <p>“...es la forma en que la fuerza de un centro depende de su simplicidad- en el proceso de reducir el número de diferentes centros que existen en él, el aumento de la fuerza de estos centros para hacerlos más.”</p> <p>“...is the way the strength of a center depends on its simplicity-on the process of reducing the number of different centers which exist in it, while increasing the strength of these centers to make them weigh more.” (p.241)</p>	 <p>La calma y singularidad de la hoja de Ginkgo</p> <p>La regla del empleo de la mínima energía es lo que brinda una forma sencilla y funcional, a lo que Alexander se refiere con simplicidad.</p>		

**IV.3. Los patrones de la forma creados por el hombre.
Vanden Broeck**

Para revisar las propuestas de diseño industrial análogas a la naturaleza parece oportuno apoyarnos en los estudios hechos por Vanden Broeck. La propuesta que realiza Vanden Broeck tiene la característica de ser una clasificación clara de los patrones de las formas, tanto en el diseño industrial como en la naturaleza. Dicha clasificación que forma parte de su autoría, incluye contenidos ya conocidos con anterioridad por otros investigadores, pero el compilarla y organizarla de manera sistematizada ofrece al diseñador actual, tanto profesional como estudiante, observar las semejanzas análogas entre el diseño y la naturaleza. Esto representa para nosotros el no realizar un trabajo

que ya está hecho, un trabajo que desde la visión del diseño gráfico es difícil considerar de manera tan completa como lo hace Vanden Broeck. Así pues es enriquecedor la clasificación de las analogías primeramente, bajo la observación, distinguiendo patrones de formas en los objetos artificiales; posteriormente en los naturales y por último en los principios mecánico-físicos que comparten ambas áreas.

Los patrones de las formas que se han manifestado en las soluciones del diseño industrial a partir de la presencia del hombre muestran algunas similitudes con la naturaleza. Primero observemos las formas básicas empleadas en el diseño industrial:

“A pesar de una aparente libertad absoluta de creación, el hombre recurre siempre, en sus manifestaciones materiales, a una gama de patrones o formas básicas relativamente reducida” (Vanden B., 2000, p.17). Además de que estos arquetipos son comunes en todas las culturas y tiempos.

La explicación que Vanden Broeck propone parte de un punto de vista semántico, estas formas llegan a ser símbolos que el hombre ha rescatado, de cierta manera, con base en un trabajo de observación y abstracción del entorno y la naturaleza; esto se debe a su tendencia en querer comprenderlo y a explicarlo. Esta interpretaciones físicas son semejantes, puesto que el símbolo persigue una identificación universal: razonamientos que no distinguen razas, sino que dependen de la capacidad creativa y expresiva humana.

Vanden Broeck desarrolla una clasificación de las formas más recurrentes: círculo, anillo, círculos concéntricos, espirales, formas radiales cruces, cuadros, rombos y formas de verticalidad. Vanden Broeck menciona el objeto natural del cual parte la abstracción, posteriormente al símbolo-objeto o gráfico y los significados que el hombre les ha asignado. La explicación que expone para cada patrón es muy concreta y en ocasiones es carente de detalles, sin embargo nos permite realizar un cuadro con ilustraciones y conceptos importantes con lo que es posible identificar la similitud. Es importante mencionar que las ilustraciones pertenecen a otras fuentes y no a su libro pero cabe aclarar que en ejemplos sugeridos por el autor se han buscado. Los cuadros vacíos son los casos que no ha sido citado el ejemplo. (Figura. IV.14)

Se destaca que Vanden Broeck considera que el hombre desde la antigüedad ha tomado a la naturaleza como un modelo para la creación de artefactos. Autores como Christopher Alexander y Adrian Frutiger también consideran que los patrones en el diseño han sido tomados de la naturaleza, sea por su admiración o por el contacto que se tiene con ella.

PATRONES FORMADOS POR EL HOMBRE
VANDEN BROECK (pp. 17-24)

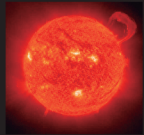



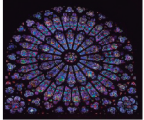




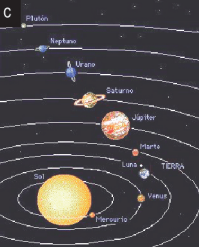


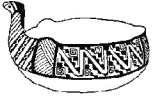




Modelo natural (Cualidades)	Interpretación al diseño simbólico	Interpretación al diseño práctico	Modelo natural (Cualidades)	Interpretación al diseño simbólico	Interpretación al diseño práctico
Círculo a  Sol	e  Calendario Maya		Formas radiantes i  Margarita	k  Motivo prehispánico relativo a las flores	o  Vitral de la Catedral de Notre Dame, Paris
Anillo b  Sexualidad humana	f  Juego de pelota		Cruz j  Planta de la familia de las rosáceas o leguminosas desérticas	l  Motivo prehispánico de Tres Zapotes, Veracruz	
Círculos concéntricos c  Sistema solar	g  Laberinto medieval		Cuadros y rombos m  Joyería prehispánica	p  Platito ornito o zoomorfos, periodo clásico. Santiago, Chile	
Espirales d  Caracol Nautilus		h  Escalera de caracol, Casa Batlló, Gaudí	Formas de verticalidad n  Venus de Lespugue Francia (cerca de 40,000 años A.C.)	q  Monumento a Cristóbal Colón, Barcelona España.	

Figura IV.14. Patrones formados por el hombre.

Bibliografía de imágenes.

a) Sol. <http://sitos.wordpress.com/2008/05/12/como-nace-y-muere-un-sol/>
 b) Sexualidad humana <http://www.fertinat.org/PaginaSexualidad/j0178531%5B1%5D.jpg> 22 Junio 2008
 c) Sistema solar http://www.vidaytierra.com/archivos/33/imagenes/sistema_solar.gif
 d) Caracol Nautilus <http://alalararito.com/wp-content/uploads/2007/06/nautilus.jpg> 22 Junio 2008
 e) Calendario Maya. <http://culturamayana.unblog.fr/>
 f) Juego de pelota. <http://www.mexico-tenoch.com/magico/cat31.gif>
 g) Laberinto medieval.

<http://www.futuropasado.com/images/laberintos02.gif>
 h) Escalera de caracol, Casa Batlló, Barcelona Foto: Angélica Castro, 2008
 i) Margarita http://www.decamaras.com/CMS/galeria/albums/userpics/normal_girasol.jpg 22 junio 2008
 j) Planta de la familia de las rosáceas o leguminosas desérticas http://lh3.ggpht.com/_v1IXIUFE0/RQ4tQLKYABI/AAAAAAAAAYk/coExNXL5WLY/P1030628.JPG
 k) Motivo prehispánico relativo a las flores Archivo General de la Nación, en Fabricio p.22
 l) Motivo prehispánico de Tres Zapotes, Veracruz de Jorge Enciso, en Fabricio p.23
 m) Joyería prehispánica http://www.raulybarra.com/museos/joyeria_prehispanica/

n) Venus de Lespugue Francia (cerca de 40,000 años A.C.) <http://www.eolapaz.com/domo-arte/arfot-pre-mueble.htm>
 o) Vitral de la Catedral de Notre Dame, Paris <http://jackieinlondon.blogspot.com/2007/09/la-catedral-de-notre-dame.html> 22 junio 2008
 p) Platito ornito o zoomorfos, periodo clásico. Santiago, Chile http://www.c5.cl/erural/tht/material_th2/dia_1_word/modulo_II/webs/navegar_en_seco/arte_diaguaita.htm
 q) Monumento a Cristóbal Colón, Barcelona España. http://www.barcelona-tourist-guide.com/sp/albums-sp/colon/pages/colon-01_jpg.html

Podemos decir que estos patrones hacen alusión indirecta a la naturaleza, ya que destaca los atributos figurativos geométricos de seres biológicos o astros, que para la sociedad proporcionan un carácter comunicativo-simbólico. Además, para las culturas antiguas y algunos grupos étnicos actuales, estos patrones aluden a la comunicación con las fuerzas o personajes sobrenaturales, la fertilidad y la reproducción; fenómenos muy venerados ya que de ellos se dependía la conservación de la especie humana. Estos patrones figurativos también son plasmados en los artefactos como elementos ornamentales y generan texturas. Por otro lado, estas formas geométricas han resuelto problemas mecánicos de gran relevancia para el avance de la tecnología. Un ejemplo de esto es la rueda.

Los patrones de operaciones de forma creadas por el hombre

El diseño industrial en general se basa en un lenguaje plástico o visual y funcional basado en forma y significados. Al combinar la forma y significado de manera organizada se genera una sintaxis. Vanden Broeck distingue estas sintaxis plásticas en algunos patrones en el diseño artificial bajo el título de operaciones mismos que identifica en la naturaleza. En la figura IV.15. se muestran cada concepto con su ejemplo.

Las interacciones que distingue como patrones, van más allá de la descripción física de la forma o figura del artefacto. Habla de relaciones de formas que se repiten; de combinaciones de formas que expresan un concepto más que una forma determinada. Evocan una relación considerada como un concepto formal.

Los patrones de la forma en la naturaleza según el punto de vista de la biónica en el diseño industrial

Distintas ramas de la ciencia como la física o la matemática-geometría se han dedicado a identificar los patrones de la configuración de seres orgánicos e inorgánicos desde una visión macro y microscópica; para Vanden Broeck estos son los modelos naturales propios de la biónica y los ordena en cuatro subgrupos que coinciden en cuatro cualidades distintas:

Subgrupo uno. "Patrones de sistemas naturales": Toda las formas en la naturaleza se determinan por el equilibrio de la interacción de fuerzas intrínsecas y extrínsecas. En este grupo se identifica unos pocos principios constructivos básicos de las forma, y son asociados también a unas formas básicas de las cuales dan lugar a la variedad de formas en la naturaleza. Estos principios formales indican lo que sucede durante los procesos formativos y son los flujos, la tensión superficial, el craquelamiento y el apilamiento compacto.

PATRONES DE OPERACIONES DE FORMAS CREADAS POR EL HOMBRE
VANDEN BROECK (pp. 25-32)

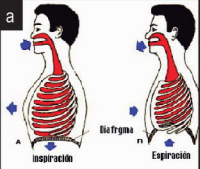



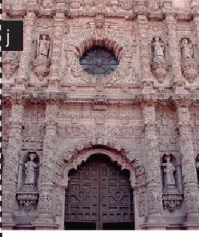



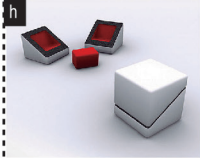
Modelo natural (Cualidades)	Interpretación al diseño simbólico	Interpretación al diseño práctico	Modelo natural (Cualidades)	Interpretación al diseño simbólico	Interpretación al diseño práctico
Expansión y contracción  <p>Respiración</p>	 <p>Vasija antropomorfa. Cultura La Ciénega, Precolombina (250-500)</p>	 <p>Ejercicio de Diseño Básico UAM. Tronco común UNAM.</p>	Jerarquizar		 <p>Gerarquía en la Arquitectura medieval en los poblados</p>
División		 <p>Muro, modular</p>	Aumentar y complidar		 <p>Catedral de Zacatecas, México. Barroco</p>
Articulación		 <p>1942 Volkswagen 4 Wheel Drive Beetle Type 87</p>	Reproducir-disminuir		 <p>Microchip</p>
Desmembrar		 <p>Mercedes McLaren-MP4</p>	Unificar		
Agrupar  <p>Mitin en Barcelona</p>					

Figura IV.15. Patrones de operaciones de formas creadas por el hombre.

Bibliografía de imágenes.

- a) Respiración.
<http://www.cverios.com/images/respiracion3.jpg>
- b) Mitin en barcelona
<http://blog.sindominio.net/blog/leodecerca/archivos/2006/07/>
- c) Vasija antropomorfa. Cultura La Ciénega, Precolombina (250-500)

http://www.arteceramico.com.ar/apuntes_culturas.htm

- d) Ejercicio de Diseño Básico UAM. Tronco común UNAM. Fabricio p.25
- e) Muro, modular
<http://www.forte.es/cat-pdf/ct-newforte.htm>
- f) 1942 Volkswagen 4 Wheel Drive Beetle Type 87
<http://oldcarandtruckpictures.com/Volkswagen/>
- g) Mercedes McLaren-MP4
http://img.infocoches.com/img/mercedes/2006-McLaren-MP4-21-Formula-1-Car/mercedes_2006-McLaren-MP4-21-Formula-1-Car-001_1.jpg

h) Sillas y mesa modular.
<http://www.decorahoy.com/categorias/muebles/page/2/>

- i) Gerarquía en la Arquitectura medieval en los poblados.
<http://arqueologiamedieval.com/fotos/Not05Najera-SEMG.jpg>
- j) Catedral de Zacatecas, México. Barroco
[http://enciclopedia.us.es/index.php/Catedral_de_Zacatecas_\(México\)](http://enciclopedia.us.es/index.php/Catedral_de_Zacatecas_(México))
- k) Microchip
<http://www.noticias-de.com/category/memoria>

Subgrupo dos. "Patrones de la forma según la organización de recursos": son las configuraciones que permiten una optimización de la interacción entre los elementos, así como de distribución de energía por la directividad, la ocupación uniforme del plano en el cual se proyectan y la economía para configurarse. Son las siguientes: la espiral, la explosión, el meandro y las ramificaciones.

Subgrupo tres. "Fluidos": son los patrones de la forma que se crea bajo los principios de la dinámica del flujo de la materia. La materia siempre está en movimiento gracias a la inducción de las fuerzas del medio. Los patrones son: la esfera, el meandro, el helicoide, la espiral y el vórtices, las ramificaciones, la tensión superficial, la superficies de Plateau, y un conjunto de fenómenos como la tensión, la superficie y el apilamiento compacto.

Subgrupo cuatro. "Esfera, crecimiento, espiral y muerte": son las formas que se perciben como constantes en el fenómeno del crecimiento de todos los seres orgánicos; se define con las siguientes etapas; la esfera, fase del nacimiento; espiral, proceso de desarrollo; estructuras verticales-helicoidales, fase de madurez; por último la espiral como fase final que se entiende como la muerte.

Para poder visualizar con mayor facilidad estos patrones los distribuimos en cuatro cuadros: IV.16, IV.17., IV.18, IV.19. Estos esquemas se dividen en tres columnas. Estas columnas parten de la información proporcionada por Valden Broeck, por lo que los cuadros vacíos son información no comentada en el libro. Así pues, en la primera aparece la representación de los modelos y definiciones. En la segunda las cualidades más relevantes en los sistemas naturales desde el punto de vista natural. En la tercera se ubican las representaciones geométricas del fenómeno, esto con el objeto de aclarar más la construcción de la forma en un sentido abstracto. Cabe decir que Vanden Broeckse apoya en los estudios geométricos de Peter S. Stevens y Steven Vogel.

La presentación esquemática de los contenidos de los patrones nos permite realizar una comparación de los mismos. Es posible notar que varios patrones de forma se incluyen en dos o más clasificaciones, como es el caso de las ramificaciones, esto nos indica que, además de aparecer en diversos tipos de fenómenos, significa que las propiedades de estos patrones son más amplias que otras y por tanto pueden proporcionar una gama más diversa de soluciones a los problemas de organización en el diseño industrial. (Figura IV.20)

Los patrones pueden considerar cualidades determinadas, la condición es que se repitan dichas cualidades y circunstancias para que puedan definirse como patrones, como la estructura esencial de forma y contexto. Esta es una condición del patrón, que da lugar a considerarlo como una configuración básica, fundamental, esencial, estructural. Es necesario que se considere la condición puesto que

PATRONES DE SISTEMAS NATURALES DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA BIÓNICA.
VANDEN BROECK (pp. 33-38)

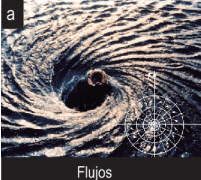

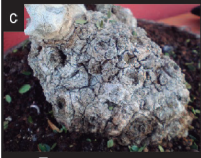


Modelo natural (Cualidades)	Identificación de atributo	Geometrización
<p>Flujos</p>  <p>a</p> <p>Flujos</p>	<p>Flujo de materia por la confrontación de fuerzas externas con internas.</p> <p>Otros ejemplos: Huesos y betas de madera.</p>	
<p>Tensión superficial</p>  <p>b</p> <p>Burbujas de mercurio formando una sola</p>	<p>Asociada a la capacidad contractiva de un líquido que se opone a las fuerzas disociativas externas (movimientos) produce específicas formas</p> <p>En la interacción de fluidos- (agua-gas, membrana celular-citoplasma) observamos una relación de contenedor-contenido, en donde el fluido más denso es el contenedor sin perder su cohesión.</p> <p>Las agregación celular genera formas geométricas de acomodo.</p> <p>Esto es en los cristales o en las células en formas orgánicas</p>	
<p>Articulación</p>  <p>c</p> <p>Tronco seco con craquelamientos</p>	<p>Aparecen en emulsiones (tierra con agua)</p> <p>Sucedan jerárquicamente: primero una cisión primaria, luego varias secundarias y muchas terciarias.</p>	
<p>Agrupar</p>  <p>d</p> <p>Panal de abejas</p>	<p>Se caracteriza por la búsqueda de economía de espacio promovida por la acción de fuerzas externas sobre varios elementos semejantes.</p> <p>Se foman hexágonos caracterizados por uniones triples.</p>	 <p>Octaedro truncado</p> <p>Dodecaedro rómbico</p>

Figura IV.16. Patrones de sistemas naturales desde el punto de vista de la biónica. Vanden Broeck (pp.33-38) Cuadro: Angélica Castro.

Bibliografía de imágenes.

- a) Vórtice en la superficie del agua. Foto Álvaro Muñoz Mendoza. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México 2007
<http://www.smf.mx/~dfp-smf/galeria07.html>
- b) Burbujas de mercurio formando una sola. Foto. Angélica Castro. Museo COSMOCAIXA Barcelona, 2007

- c) Tronco seco con craquelamientos.
<http://www.portalbonsai.com/images/20071206012834Portalbonsaipp008.jpg>
- d) Panal de abejas.
<http://www.dalequedale.com/media/blogs/historias/panal0.jpg>

PATRONES DE LA FORMA SEGÚN LA ORGANIZACIÓN DE RECURSOS.
VANDEN BROECK (pp. 34-39)


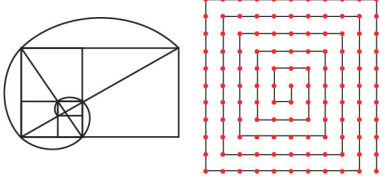

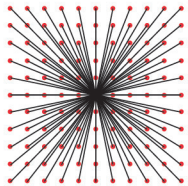

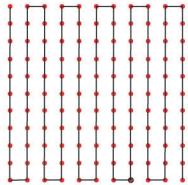
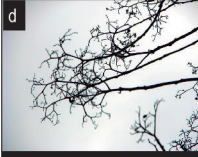
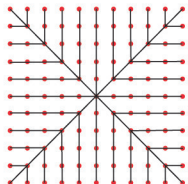

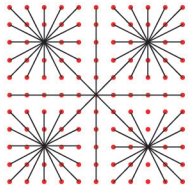
Modelo natural	Identificación de atributo	Geometrización
<p>Espiral</p> <p>a </p> <p>Cabra Girgentana de Sicilia</p>	<p>Forma económica: -Está constituida con pocos elementos. -La unión entre el primer punto y el último es indirecta.</p> <p>Ocupa espacio uniforme: -Recorre de manera sistemática un terreno o espacio. -Compacta recorridos lineales largos en el menor espacio</p> <p>Possible empleo: escaleras de caracol o de helicoide.</p> <p>Otros ejemplos dados por el autor: -Los cuernos presentan un desarrollo de espirales equiangular y helicoidal. -Involuciones espiraladas en la nariz del camello. Estas maximizan el recorrido del aire y permiten la máxima absorción de la humedad contenida en este. -Formación espiralada de cristales de proclorita. -Caracol Nautilus -Museo de F.L. Wright</p>	
<p>Explosión</p> <p>b </p> <p>Planta</p>	<p>Poco económica: -Requiere de muchos elementos. -Conecta directamente todos los puntos.</p> <p>-Es útil también por la rápida dispersión: cuando una piedra golpea el vidrio, las fuerzas deben ser dispersadas lo más</p> <p>rápido posible, esto por patrones de explosión.</p> <p>Las explosiones son útiles cuando hay pocos elementos.</p>	
<p>Meandros</p> <p>c </p> <p>Intestinos interpretados como mangueras de agua</p>	<p>Economía: - El recorrido es considerado económico. - Proporciona indirectividad entre todos los elementos.</p>	
<p>Ramificaciones</p> <p>d </p> <p>Ramas</p>	<p>-Jerarquizan con ramas de primero, segundo, tercer grado estableciendo una tipología jerárquica.</p>	
<p>Ramificaciones y explosión</p> <p>e </p> <p>Hoja de maple</p>	<p>La combinación de el modelo de explosión permite el establecimiento de centros intermedios, lográndose así un esquema más más económico y uniforme desde el punto de vista espacial</p>	

Figura IV.17. Patrones de la forma según la organización de recursos. (pp.33-38)
 Cuadro: Angélica Castro.

Bibliografía de imágenes.

a) Cabra Girgentana de Sicilia. Mundo Científico, La Recherche, No. 188, Marzo 1988, p.841
 b)Planta. Foto. Angélica Castro. Barcelona, 2008

c)Intestino humano
<http://www.aldeaeducativa.com/small/intestino.jpg>
 d) Ramas
http://www.emilio.com.mx/fotos/cache/ramas/rama1.jpg_595.jpg

e) Hoja de maple.
http://www.misaludonline.com/recursosIMG/alce_hoja_200111.jpg

CUADRO DE FLUIDOS. LA FORMA DEL AGUA
VANDEN BROECK (pp. 45-53)

Modelo natural	Identificación de atributo	Geometrización
<p>Esfera</p> <p>a </p> <p>Gotas de agua</p>	<p>Tiende a minimizar su superficie en relación al volumen y en última instancia utiliza la forma esférica.</p>	
<p>Meandro</p> <p>b </p> <p>Río</p>	<p>El prometido entre la tendencia natural del agua a formar una esfera (tendencia contractiva) y la acción de la fuerza de gravedad que jala al agua hacia abajo.</p> <p>El meandro manifiesta, en cada curva, la intención de retorno hacia arriba, finalmente vencida por la gravedad.</p>	
<p>Helicoide</p> <p>c </p> <p>Hélice con motor para mover agua con poca energía.</p>	<p>El agua en la superficie de un río fluye del interior hacia el exterior de la curva en donde se sumerge para regresar por debajo del río y emerger en el interior de la siguiente curva, más abajo.</p> <p>Este movimiento genera dos sistemas independientes de flujos helicoidales.</p>	
<p>Espiral y vórtices</p> <p>d </p> <p>Hongo</p>	<p>Las superficies de interfase que aparecen en contacto dinámico de dos fluidos de diferente naturaleza, velocidad temperatura o densidad, generan vórtices cuyo proceso de formación sigue una secuencia:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Ondulamiento de la superficie en contacto 2.- Sobreposición de los dos fluidos (las crestas de ambos teniendo a sobreponerse una a otra) 	<p>3.-Formación de vórtices espiralados.</p> <p>Ejemplos citados por el autor:</p> <ul style="list-style-type: none"> -El espiral y vórtices son sistemas cuyo flujo es muy rápido, como los hongos que salen de un día para otro. -Articulaciones de los insectos y artrópodos; es una combinación del adelgazamiento e involución de la membrana.
<p>Ramificaciones</p> <p>e </p> <p>Sistema circulatorio humano</p>	<p>El agua es el elemento circulatorio, lazo de unión entre sistemas.</p> <p>En la naturaleza se observa la tendencia de las corrientes de agua a interconectarse.</p>	
<p>Tensión superficial</p> <p>f </p>	<p>Es la fuerza contractiva que mantiene en cohesión a las moléculas del agua en la superficie en contacto con el aire u otro fluido.</p> <p>A esta fuerza se le asocia una serie de superficies mínimas características del agua a un cierto nivel de observación: la superficie de revolución de Plateau.</p>	

Figura IV.18. Cuadro de fluidos. La forma del agua. (pp.45-53)
 Cuadro: Angélica Castro.

Bibliografía de imágenes.

a) Gotas de agua. <http://www.rel-uita.org/agricultura/ambiente/fotos/gotas-3-350.JPG>

b) Curva de río pazzos.blogspot.com/2007_02_01_archive.html
 c) Hélice con motor para mover agua con poca energía <http://www.tunze.com/typo3temp/pics/aa9f3ccaa8.jpg>
 d) Hongo www.hongoscallampa.com.ar/Cursos.aspx

e) Sistema circulatorio humano http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/Grafik_blutkreislauf.jpg
 f) Gotas de agua en una superficie http://www.bancoimagenes.com/cd508/cd508f2_a.jpg

CUADRO DE FLUIDOS. LA FORMA DEL AGUA
VANDEN BROECK (pp. 45-53)



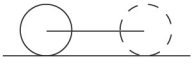

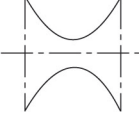
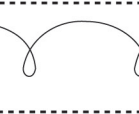

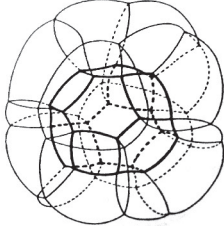
Modelo natural	Identificación de atributo	Geometrización
<p>Superficies de Platteau</p> <p>g</p> 	<p>Si se genera un sólido de revolución a partir de la trayectoria de uno de los focos de una elipse que se desplaza rotando sobre una línea, se obtiene un onduloide.</p>	
	<p>El centro de un círculo rodando sobre una recta describe una recta. El sólido de revolución descrito por una segunda recta, con respecto al eje de traslación, es un cilindro.</p>	
	<p>La recta al rodar sobre una base genera semicírculos que, revolucionados con respecto a la recta, forman esferas tangentes.</p>	
<p>Guisantes</p>	<p>La parábola produce, en revolución con respecto a su eje, una superficie llamada catenoide.</p>	
	<p>La hipérbola genera una superficie llamada nodoide, difícil de visualizar y que consiste en una superficie con involuciones.</p>	
	<p>Todas estas se presentan por separado o juntas esto es la salpidadura es un modelo en donde observamos la transición del cilindro a la esfera, pasando por el onduloide.</p>	
<p>Tensión, superficie y apilamiento compacto</p>	<p>A nivel de observación micro, el agua agitada interactúa con el aire formando burbujas en donde la presión del aire es compensada por la tensión superficial del agua.</p> <p>El acomodo de las burbujas de jabón en conglomerados, responde a reglas geométricas y matemáticas muy precisas.</p> <p>La intersección de los conglomerados flotantes forma patrones geométricos caracterizados por uniones triples.</p> <p>Las tangentes a los segmentos curvos que convergen en cada unión conforman ángulos de 120°. Cuando las burbujas son iguales, el patrón geométrico es una red hexagonal.</p> <p>En el espacio, las burbujas dentro de un conglomerado generan uniones cuádruples que tienden a formar ángulos de $109^\circ 28' 16''$. Cuando las burbujas son iguales se forman rombododecaedros.</p> <p>El rombododecaedro, recíproco del cuboctaedro, es un poliedro semirregular caracterizado por facetas romboidales.</p>	 <p>Piliedro de Kelvin. Apilamiento de burbujas ideales (simétricas y uniformes) Formado por hexágonos y cuadrados cuyos lados son convexos.</p>

Figura IV.18. Cuadro de fluidos. La forma del agua.
(pp. 45-53)
Cuadro: Angélica Castro.

Bibliografía de imágenes.

g) Guisantes
<http://eltiempodelamarmota.blogspot.com/2007/08/aqu-no-se-tira-nada.html>

CUADRO DE ESFERA, CRECIMIENTO, ESPIRAL Y MUERTE
VANDEN BROECK (pp. 55-62)





Modelo natural	Identificación de atributo	Geometrización
<p>Esfera y latencia</p> <p>a</p>  <p>Feto en vientre de la madre</p>	<p>Por su geometría, su función es la protección. Se asocia con el estado de espera.</p> <p>Otros ejemplos del autor: Semillas y huevos de ave.</p>	
<p>Espiral y desarrollo</p> <p>b</p>  <p>Girasol</p>	<p>Comienza por una esfera la cual se desarrolla en espiral.</p> <p>Otros ejemplos del autor: Algunas semillas.</p>	
<p>Estructuras espirales helicoidales</p> <p>c</p>  <p>Hélice con motor para mover agua con poca energía</p>	<p>Generalmente todas las estructuras verticales son helicoidales.</p> <p>Optimiza la distribución en el espacio.</p> <p>Otros ejemplos del autor: La colocación de las ramas en los troncos del árbol.</p>	
<p>Muerte y espiral</p> <p>d</p>  <p>Hoja seca</p>	<p>Se relaciona con los procesos de desactivación también.</p> <p>Al iniciar este proceso las hojas se retuercen en un patrón espiral o helicoidal, debido a la inhibición de la inyección de fluidos vitales.</p>	

Figura IV.19. Cuadro de esfera, crecimiento, espiral y muerte. (pp.55-62)
Cuadro: Angélica Castro.

Bibliografía de imágenes.

- a) Feto en vientre de la madre
<http://duragordura.blogspot.com/>
- b) Girasol
<http://www.explora.cl/otros/metro/img/girasol.jpg>
- c) Hélice con motor para mover agua con poca energía
<http://www.nucleodeaprendizagem.com.br/botanica2.htm>
- d) Hoja seca
<http://personal.telefonica.terra.es/web/poesiainfantil/imagenes/hoja.jpg>

no solo es el contorno figurativo de la forma como se puede ver, sino también las leyes de fuerzas (en el aspecto físico estudiado) que dan como resultado la figura final. La comprensión pues de la operatividad de la estructura a nivel de relaciones de los elementos es la clave para aplicar un patrón. Y de esta manera el patrón será solamente un apoyo para resolver el problema de diseño; es decir que ese patrón puede ser empleado por analogía. Cabe decir que el patrón no será una fórmula a la cual se recurre de manera automática y sin reflexión.

Los patrones de la forma investigados en el diseño industrial y en la arquitectura han sido destacados por las propiedades de carácter de ingeniería. Cabe decir que es menester del diseñador gráfico que si considera una analogía con la naturaleza requiere considerar las propiedades comunicativas del mismo. Y considerar que la forma externa o la estructura física no corresponde a ninguna propiedad por lo menos directa a las necesidades de la composición plástica.

Figura IV.20. Comparación de subgrupos de patrones dados por Vanden Broeck. Incluye el contenido de las figuras IV.16,17,18,19 presentados en este trabajo. Cuadro: Angélica Castro.

COMPARACION DE SUBGRPOS DE PATRONES DADOS POR VANDEN BROECK				
Subgrupo 1 Patrones de sistemas naturales	Subgrupo 2 Organización de recursos	Subgrupo 3 Fluidos	Subgrupo 4 Esfera, crecimiento, espiral y muerte	Patrones comunes
<ul style="list-style-type: none"> ● Flujos ● Tensión superficial ● Craquelados ● Apilamiento compacto 	<ul style="list-style-type: none"> ● Espiral ● Explosión ● Meandros ● Ramificaciones ● Ramificaciones y explosión 	<ul style="list-style-type: none"> ● Las formas del agua ● Esfera, agua ● Meandro y agua ● Helicoide y agua ● Espiral y vórtices ● Ramificaciones ● Tensión superficial ● Superficies de Plateau ● Tensión, superficie y ● apilamiento compacto 	<ul style="list-style-type: none"> ● Esfera y latencia ● Esfera ● Espiral y desarrollo ● Estructuras verticales-helicoidales ● Muerte y espiral 	<ul style="list-style-type: none"> Flujos Esfera Meandro Helicoide Espiral Ramificaciones Tensión superficial Apilamiento compacto Explosión Verticales

Patrones de la forma en la industria

De manera breve vamos a resumir la propuesta de patrones de la forma en la industrial que Vanden Broeck distingue. Consiste en formas a las cuales recurren los diseñadores o los ingenieros industriales; el listado lo podemos observar en la Figura IV.21. Son formas que no solamente tienen un uso, sus características les permiten tener una función común que puede ser empleada en una gran variedad de soluciones. La estructura ramificada puede observarse tanto en la estructura eléctrica como en la hidráulica de un edificio o una ciudad. A pesar de que Vanden Broeck no detalla las funciones (que hubiera sido bastante interesante) existen ejemplos que es conveniente profundizar en otro estudio multidisciplinario.

PATRONES DE LA FORMA EN LA INDUSTRIA. (PATRONES EN LA TÉCNICA) VANDEN BROECK

Modelo natural	Identificación de atributo
Esfera	Propiedad: mayor volúmen, menor superficie, solo un punto está en contacto con el suelo Uso: proteger. Aplicaciones: cascos, cisternas, paraguas concentradores y botellas
Espiral	Propiedad: permite el acomodo de un largo importante en un volúmen reducido. Uso: para sistemas de despachamiento gradual de alimentación continua Aplicaciones: mangueras, rollos de papel, disco de acetato
Helicoide	Propiedad: versión vertical de la espiral Uso: permite desplazamiento continuo y graduable y por lo tanto permite administrar la energía necesaria para efectuar dicho trabajo. Aplicaciones:
Meandro	Propiedad: compactar un recorrido en un área reducida y almacenar un elemento largo y delgado en un volumen compacto. Uso: permite extender un recorrido en un área limitada Aplicaciones: mecanismos de calefacción o enfriamiento con base en fluidos: radiadores, calentadores de aceite, refrigeradores, sistemas pasteurización, etc.
Ramificación	Propiedad: establece una organización con prioridades y jerarquías Uso: organización Aplicaciones: distribución de recursos (luz, agua), sistemas de recolección de basura, la red vial, org. de una empresa.
Radial o explosión	Propiedad: Uso: en sistemas en los que se requiere la dispersión centrífuga y multidireccional a partir de un punto o cuando la prioridad es la centralización. Aplicaciones:
Craquelamiento	Propiedad: Uso: Aplicaciones: asentamientos humanos, los dibujos de las superficies antiderrapantes en llantas y suelas de zapatos.
Acomodos compactos	Propiedad: noción de módulo que a través de la apilación o yuxtaposición permite construcciones mayores Uso: es solución a problemas de almacenamiento o administración de espacio reducido Aplicaciones: ladrillo

Figura IV.21. Patrones de la forma en la industria (patrones en la técnica) Vanden Broeck. Cuadro: Angélica Castro.

En esta investigación se recurrió a una comparación para saber si hay algunas similitudes y diferencias entre las formas en la industria y las formas constantes a través de la historia artesanal (Figura IV.22). Las formas más recurrentes fueron la estructura esférica, la radial explosiva y el espiral. Podemos suponer que esta coincidencia y también las diferencias radican en varios aspectos: a) La facilidad que tenga ésta para reproducirse. b) Versatilidad de materiales en los cuales se pueda crear. c) La gran cantidad de problemas de ingeniería básicos que puede resolver.

Podemos considerar que las formas recurrentes en la industria son aquellas que resuelven más problemas desde el punto de vista de la ingeniería y el coste de reproducción y mantenimiento. Y esto se debe a que una forma en la industria puede llegar a ser perfeccionada a partir de la observación y experimentación. Para Vanden Broeck son

**COMPARACION ENTRE PATRONES EN LA ARTESANÍA Y EN LA INDUSTRIA
SEGÚN VANDEN BROECK**

Patrones de formas creadas por hombres	Patrones de la forma en la industria	Patrones comunes
<ul style="list-style-type: none"> ● Círculo ● Anillo ● Círculos concéntricos ● Espiral ● Forma radiante ● Cruz ● Cuadros y rombos ● Formas y verticalidad 	<ul style="list-style-type: none"> ● Esfera ● Espiral ● Helicoide ● Meandro ● Ramificación ● Radial o explosión ● Craquelamiento ● Acomodos compactos 	<ul style="list-style-type: none"> ● Esfera- círculo ● Espiral ● Radial o explosión

dos actividades que ocurren en el proceso creativo.

A través de la observación se diseña un objeto, es decir que siempre se crea un modelo y a partir de él se pueden generar otros con pequeñas o grandes modificaciones. Dichas modificaciones son normalmente resultado de las pruebas de uso de dicho producto. Vanden Broeck considera las pruebas de grupo una técnica adecuada, donde se pone a prueba el modelo entre un grupo de personas o la sociedad al cual va dirigido. Posteriormente se vuelve a observar comprometiendo al grupo de especialistas a hacer cambios o tomar decisiones pertinentes. Al igual que en la naturaleza, la forma siempre se va mejorando. Sin embargo, la manera con la cual la naturaleza va “mejorando” sus formas y cualidades es mucho más lenta que la del hombre en la industria, misma observación dada por Steven Vogel.

Figura IV.22. Comparación entre patrones artísticos y en la industria según Vanden Broeck. Cuadro: Angélica Castro.

Se puede decir que en el diseño industrial se puede partir de un patrón o modelo base o esencial, considerando la posibilidad de modificar las cualidades necesarias para que cumpla el modelo nuevo con los requerimientos técnicos, estéticos, sociales, económicos que se solicitan.

-Comparación de los patrones de la forma con varios autores

Hasta el momento conocemos los patrones desde el punto de vista del diseño industrial. Ahora veremos cuáles de estos patrones se encuentran dentro de los clasificados como patrones de la forma en la naturaleza considerados por otros autores (Figura IV.23). Es posible proponer esta comparación puesto que en más de una vez Vanden Broeck cita la obra de Peter S. Stevens, arquitecto, escultor, pintor y científico, titulada *Patrones y pautas de la naturaleza*, la cual ya hemos mencionado en capítulos anteriores. Se consideró pertinente citar los patrones representados por Jorge Wagensberg (Wagensberg, 2007, pp.123-308). Físico director científico de la Fundación “la Caixa” hasta 2014 en Barcelona y escribió un libro de divulgación científica a partir de la exposición permanente de *La rebelión de las formas que trata de patrones de la naturaleza*¹⁵ en Cosmo Caixa. Consideramos que

¹⁵ Se puede profundizar en el estudio de los patterns revisando la obra de Philip Ball (Químico, doctor en Física, escritor científico): (1999) *The self-made tapestry. Pattern formation in nature*. New York: Oxford University Press

esta comparación nos permitirá observar, desde el punto de vista de otros investigadores (que no están relacionados con el diseño industrial), cuáles son las formas que consideran patrones de la forma en la naturaleza.

Otro motivo por el cual estos autores pueden compararse es porque tanto Wagensberg como Peter S. Stevens y Vanden Broeck tienen un método particular para la clasificación de los patrones; sin embargo, los estudios que han realizado van desde el punto de vista físico (mecánica y física de fluidos) y matemático (geométrico y topológico), lo que nos permite hacer una comparación entre ellos. (Figura IV.23)

**COMPARACION ENTRE PATRONES NATURALES Y ARTIFICIALES
SEGÚN VANDEN BROECK, PETER S. STEVEN Y JORGE WAGESBERG**

Patrones en la naturaleza por Vanden B.	Patrones en la naturaleza por Peter S. Stevens	Patrones en la naturaleza por Jorge Wagensberg	Patrones en la tecnología por Vanden B.	Patrones comunes
<ul style="list-style-type: none"> ● Flujos ● Esfera ● Meandro ● Helicoide ● Espiral ● Ramificaciones ● Tensión superficial ● Apilamiento compacto ● Explosión ● Verticales 	<ul style="list-style-type: none"> ● Espiral ● Explosión ● Ramificación ● Turbulencia ● Vórtice ● Tensión superficial ● Formas sinuosas ● Agrupamiento ● Fragmentación 	<ul style="list-style-type: none"> ● Esferas ● Hexágono ● Espiral ● Hélice ● Ángulo ● Onda ● Parábola ● Catenaria ● Fractales 	<ul style="list-style-type: none"> ● Esfera ● Espiral ● Helicoide ● Meandro ● Ramificación ● Radial o explosión ● Craquelamiento ● Acomodos compactos 	<ul style="list-style-type: none"> Esfera-Tensión superficial Meandro Helicoide-hélice Espiral Ramificaciones- craquelamier Radial o explosión Apilamiento compacto-Hexágr Fragmentación- Fractal

Figura IV.23. Comparación entre patrones naturales y artificiales según Vanden Broeck, Peter S. Steven y Jorge Wagesberg. Cuadro: Angélica Castro.

Patrones de la forma desde el punto de vista de la alteración de una variable: el tamaño

Aparecen otros patrones es decir, constancias o configuraciones repetidas de la forma que se manifiestan al alterar un factor directamente relacionado con ella, por ejemplo el tamaño. Son patrones en los cuales el modelo natural o artificial son considerados cuerpos físicos. Vamos a hablar de ello en los siguientes puntos.

A partir de ahora vamos a hablar de un aspecto que es semejante tanto para el diseño humano como también para la forma en la naturaleza. Partimos de la premisa de que ambos son cuerpos físicos y que están regidos por la ley de la gravedad. En este caso es un principio común que consideramos análogo de base, y que a partir de la observación de la naturaleza como un objeto físico, del cual se consideran los factores que le permiten funcionar y estas son las que se imitan. En el caso de las aves y el vuelo por ejemplo o la proporción del tamaño con el peso del cual hablaremos ahora.

Como todos sabemos la escala (tamaño), el peso y la proporción son relaciones cuantitativas entre los elementos que conforman un sistema biológico o un sistema artificial; a su vez nos proporcionan

cualidades de la forma y la estructura para poder cumplir con una función específica. D'Arcy Thompson explica cómo es que al variar la dimensión lineal de un pez, varía el volumen del mismo de manera considerable; cualidad que repercute en la capacidad de movimiento, así como también en la cualidades de su estructura interna y sus procesos biológicos entre otras cosas.

Uno de los principios conocidos en la ciencia es que tanto la forma de los sistemas orgánicos como los artificiales cambia si se varía el tamaño. Es necesario tomar en cuenta su relación con el peso, la proporción de las partes del objeto, las cualidades materiales del contexto, las cualidades de las estructuras y la locomoción de las funciones básicas en los objetos orgánicos: alimentarse, intercambios metabólicos, reproducción y desarrollo, coordinación y comunicación. Veamos cuáles son las consideraciones físicas que cumplen respecto al equilibrio de la variación tamaño-forma.

-Relación entre el Tamaño (escala) el peso y la función

La relación entre el tamaño, el peso y la función es directamente proporcional según los siguientes puntos.

a) La variación de la dimensión lineal es directamente proporcional a la volumétrica. Tenemos dos cubos con distintos tamaños (uno de 13 y el otro de 23) los datos dimensionales se muestran en la figura IV.24. Esta gráfica muestra que al duplicar la dimensión lineal de un cubo la superficie se multiplica por cuatro y el volumen por ocho. Este crecimiento es proporcional, sin embargo en los sistemas orgánicos y en los objetos no ocurre de esta manera debido a que hay otras condiciones que lo limita.

Explica Steven Vogel que el área aumenta según el cuadrado de la longitud, mientras que el volumen aumenta según el cubo de la longitud. "Cuando las cosas aumentan de tamaño, el volumen aumenta más drásticamente que el área. Por consiguiente, ser grande significa tener un gran interior respecto al exterior; ser pequeño significa tener un gran exterior respecto al interior" (Vogel, 2000, p.43).

b) La variación del volumen es directamente proporcional al peso. D'Arcy Thompson hace notar que, aunque el crecimiento lineal, superficial y volumétrico son parte de un mismo fenómeno, uno atrae más la atención que otro.

Si la escala en un pez varía de 10 a 12 cm. el peso puede duplicarse. Si el pez dobla su largo multiplicará su peso por ocho, por lo que es necesario establecer las relaciones entre ellos. Lo representa bajo el siguiente razonamiento:

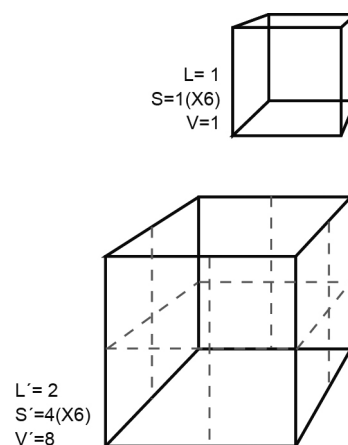


Figura IV.24. Variación de las dimensiones del cubo. Imagen: Angélica Castro.

“En todo objeto, la superficie S es proporcional a L^2 (siendo L la dimensión lineal). Asimismo, el volumen V es proporcional a L^3 . Por lo tanto, $S=k \cdot (L \times L)$ y $V=k' \cdot (L \times L \times L)$ en donde los factores k y k' son indicativos de la forma. Para un cubo estos factores son constantes: $k=6$ y $k'=1$. Pero matemáticamente, si la escala aumenta, los factores k y k' son constantes y característicos de una forma específica, como el caso del cubo, sin embargo en la naturaleza la fuerza de gravedad condiciona a la forma, así que los factores k y k' son variables; la forma se somete al equilibrio interdimensional y las constantes para cada “objeto” de la naturaleza son las relaciones S/V , L/S o L/V .” (Vanden, 2000, p.74)

-La relación de la estructura y escala

a) La relación entre resistencia y escala: “Cuando una estructura es más grande que la otra, la mayor pierde resistencia, ya que disminuye la superficie por unidad de volumen” (Vanden, 2000, p.74). Entendiendo como estructura al objeto en sí, la explicación de Vanden Broeck parte de la teoría de Galileo Galilei que expone que al variar el volumen de una manzana el peso aumenta en relación con la superficie resistente (la sección del tallo del fruto) y la progresión de la relación V/S ; la manzana cae al romperse el tallo. La relación entre el tamaño del objeto y la forma de éste se ve afectada en las distintas situaciones que él menciona:

La modificación de la forma por la fuerza de gravedad: En el proceso de crecimiento de los seres vivos sus formas van modificándose de acuerdo a los efectos de la gravedad que sufren, estos deben repartir la fuerza alrededor de todo su cuerpo para equilibrarla, el resultado son las configuraciones pertenecientes a los siguientes casos:

- Los frutos pequeños son redondos porque guardan las semillas.
- Los frutos más grandes, pero que crecen en las ramas de los árboles son alargados.
- Los frutos más pesados crecen al nivel del suelo (Vanden, 2000, p.75).

(con excepción de la papaya y el coco que crecen agrupados alrededor del tronco, modificando la atracción hacia tierra). La función que tienen todos ellos es la protección de las semillas, sin embargo la forma es alterada por la fuerza de gravedad.

c) La cualidades de la forma para el equilibrio de las fuerzas externas: los animales que son más grandes conforman sus estructuras óseas con huesos cortos y anchos para soportar el exceso de peso de la estructura ósea general. Los huesos, así como otros materiales, tienen la capacidad de ser flexibles, y al aplicarles una fuerza axial o fuerzas vivas (externas), como el aire, tienden a generar una curva; este fenómeno les impide “trozarse” y soportar cargas. Fue el matemático suizo Leonhard Paul Euler (1707-1783) quien demostró que el diámetro de una columna debe aumentar con la potencia $3/2$ de la altura; y aunque experimentó sólo con mampostería de madera, más adelante se adaptó el ejercicio para calcularse con otros materiales.

Para nuestro estudio podemos clasificar a la flexibilidad como un vínculo favorable en la construcción del sistema.

d) Los complementos estructurales de la forma para equilibrar las fuerzas internas: los objetos artificiales y naturales, altos y cortos también están expuestos a fuerzas muertas o fuerzas internas. Los muros y los techos se encuentran reforzados por estructuras internas similares a las estructura celulares (sandwich). Este tipo de soluciones se conocen desde la arquitectura romana, donde rellenaban las paredes con jarrones de barro. Actualmente este procedimiento consiste en la incorporación de estructuras metálicas.

e) La tensión de la forma para guardar el equilibrio de fuerzas internas que ejercen presión: las membranas que funcionan como contenedores, velarias, venas y arterias, tienen el papel de la delimitación del volumen. El peso de la membrana tiende a ser despreciable en relación con los demás parámetros (esto es válido mientras el espesor de la membrana sea inferior a 1/10). La relación matemática se muestra en la figura IV.25.

f) El peso de los grandes mamíferos depende del estado de la materia que lo soporta en su contexto: es el caso de los mamíferos marinos gigantes como la ballena que es soportada por el agua; la masa del agua reemplaza el volumen del animal y sólo en esas condiciones puede vivir, ya que si permaneciera en tierra se sofocaría por su propio peso.

g) El tamaño afecta también a la función: el caparazón hueco de los insectos y crustáceos sirve de protección contra el contexto y los depredadores, sin embargo si éste fuera más grande sería un estorbo para caminar. En animales grandes como el elefante, que es el tamaño máximo que puede alcanzar un animal en la tierra, la naturaleza opta por una estructura interna: el endoesqueleto. Reduciendo así la cantidad de material estructural rígido y, por lo tanto, el peso.

Explica Steven Vogel en relación con el crecimiento de los organismos vivos que es necesario que la altura, peso y forma estén proporcionadas para no afectar su función. Por ejemplo, los investigadores de Nike Research Center han observado que las personas altas tienen pies proporcionalmente grandes para poder compensar el peso sobre la superficie de la planta del pie. Este cálculo contempla un peso basado en el cubo de la altura; si la persona tiene sobrepeso, el pie no se hace más grande pero sí se aplanan un poco. (Vogel, B. 2000, p.46)

$$T = \frac{r \cdot p}{d}$$

Figura IV.25. Fórmula para el cálculo de la tensión con relación al radio, presión y espesor. La nomenclatura es la siguiente; r: radio de curvatura de la membrana p: presión (proporcional al cuadrado de la velocidad) d: espesor de la membrana T= tensión. Imagen: Angélica Castro.

- *Escala (tamaño) e intercambios con el medio*

“Todo intercambio con el medio: alimentación, respiración, eliminación y disipación del calor es función directa de la superficie” (Vanden, 2000, p.80)

La relación pérdida/producción de energía proporcional a S/V aumenta inversamente al tamaño. Un animal pequeño de sangre caliente produce más calor (unidad de masa en relación con el tiempo) que los más grandes, pero también pierde más calor debido a su mayor superficie por unidad de volumen. Estos animales deben buscar alimento constantemente. Un animal más pequeño que la musaraña (el menor de los mamíferos) no podría sobrevivir, puesto que necesitaría más energía de la que podría producir. En los insectos el endoesqueleto se encuentra permeable y sellado para reproducir al mínimo la pérdida energética por irradiación.

Son ejemplos de organismos complejos las raíces del árbol, los pulmones, los intestinos; así como los radiadores o las pasteurizadoras industriales. Consisten en patrones en forma de meandro así como ramificaciones que ocupan un mínimo de espacio. Aunque sus dimensiones son considerables proporcionan un intercambio de energía que, según su finalidad, consiste en el enfriamiento de los líquidos y la purificación del aire.

- *Locomoción y tamaño*

D'Arcy Thompson expresa lo ya citado por Herber Spenser “en el caso del animal acuático, existe... una clara ventaja, ya que cuanto más crece mayor es su velocidad. Esto es así porque la energía de que puede disponer depende de la masa de sus músculos; mientras que su desplazamiento a través del agua se opone, no a la gravedad, sino a la <<fricción de la piel>>...” (D'Arcy Thompson, 1980, p. 22)

Se representa con la siguiente fórmula llamada Ley de Froude de la correspondencia de velocidades considerada como un ejemplo sencillo y elegante de la teoría dimensional según D'Arcy Thompson. Y en palabras claras de D'Arcy Thompson significaría:

“...mientras mayor sea un barco o un pez, tenderá a moverse más aprisa, pero sólo en proporción con la raíz cuadrada del aumento de longitud. La velocidad (V) que alcanza el pez, depende del trabajo (W) que puede realizar y de la resistencia (R) que tiene que vencer” (D'Arcy Thompson, 1980, p. 22).

Los barcos petroleros tienden a tener dimensiones gigantescas (supertankers), minimizando así la superficie de fricción por unidad de volumen transportado; de esta manera se reduce el consumo de combustible.

-Funciones y tamaño

La relación del tamaño y la función, en realidad, no cambia, solamente se simplifica. Esta relación se interpreta como un patrón de relaciones entre fuerzas.

Las funciones básicas de todo ser vivo son la alimentación, intercambios metabólicos, reproducción, desarrollo, locomoción, eliminación de residuos del metabolismo, protección, coordinación y comunicación (Vanden, B. 2000, p.83). Una amiba se desarrolla con base en los mismos principios que un elefante; sin embargo, dependiendo de la necesidad por cumplir, las soluciones cambian para cumplir con funciones distintas y complejas.

En principio una amiba presenta una forma adecuada a su escala, esto le permite optimizar la relación superficie/volumen con el medio en el que vive; todos los órganos internos trabajan adecuadamente para aprovechar la energía que consume. Cuando la amiba crece, la membrana externa no puede asegurar su metabolismo y la masa es demasiado grande para ser mantenida en cohesión. La amiba crece hasta cierto límite y luego se divide, restableciendo el equilibrio original.

Si el organismo es más grande, la naturaleza genera otro tipo de reproducciones; la membrana presenta diferencias en distintas zonas, rigidizaciones o áreas de contacto con el exterior que se calcifican para cumplir con los requerimientos de organización; paralelamente otras zonas permanecen elásticas, con plegamientos que permiten la alimentación o respiración; progresivamente se irán conformando órganos especializados. Esto podemos verlo en la formación de un bebe. D'Arcy Thompson hace la relación de que si un insecto tuviera una superficie tan porosa como la humana (con relación a su masa), el insecto tendría una transpiración excesiva. (D'Arcy Thompson, 1980, p.19)

Por lo tanto, mientras más grande sea un ser vivo, más será necesario un endoesqueleto rígido que soporte los órganos; este endoesqueleto tendrá que tener un sistema para que el organismo pueda desplazarse, como el caso de los tejidos musculares. Todo el conjunto deberá ser cubierto y protegido por una membrana externa elástica o piel que tendrá distintos grosores y flexibilidades para poder permitir el movimiento y el desplazamiento del organismo. Asimismo necesitará recoger información del exterior para poder alimentarse, reproducirse y comunicarse, lo cual exigirá un sistema nervioso. De esta manera, el organismo deja de ser un sistema simple y al estar compuesto de otros subsistemas, su complejidad y tamaño será mayor.

Por otro lado, mientras más crezca, las condiciones de temperatura deberán ser constantes para tener un mejor funcionamiento en sus órganos (en el caso de animales homotérmicos). Mientras la complejidad aumenta, decrece la capacidad de adaptación al cambio, condición para la supervivencia.

Por último es importante señalar que la complejidad no es sinónimo de optimización, ni la sencillez de primitivismo; las soluciones de la naturaleza siempre son económicas y sencillas, sólo responden a las necesidades de su entorno. Este estudio lo podemos sintetizar en la figura IV.26.

Podemos decir que el análisis de la relación que hay entre el tamaño y la forma nos proporciona una estructura de relaciones. En primer lugar el tamaño es un factor que afecta, en gran medida, los resultados de un sistema orgánico o artificial, en lo que se refiere a su función, y depende de la armonía de los factores como el peso y la locomoción si puede llegar a definirse una forma adecuada.

Figura IV.26. Cuadro de variables y relaciones básicas para la definición de la forma. Este cuadro muestra cómo la forma es afectada por las variables: peso, estructura, tensión, fuerzas internas y externas, gravedad, intercambio con el medio y locomoción si se altera el tamaño.
Imagen: Angélica Castro.

**CUADRO DE VARIABLES Y RELACIONES BASICAS PARA LA DEFINICIÓN DE LA FORMA
VANDEN BROECK**

Variables		Relación	Resultado en la función
Tamaño +	→ Peso	La superficie / volumen Dimensión lineal / superficie Dimensión lineal / volumen	-----> Forma proporcionada y en equilibrio

	→ Estructura +	Resistencia -----> A menor tamaño menor resistencia	-----> Forma proporcionada y en equilibrio
	Fuerza de gravedad	→ La relación tamaño de las partes del objeto debe ir en equilibrio con las fuerzas de atracción de la gravedad.	-----> Crecimiento y desarrollo de la forma
	Fuerza externas	-----> La proporción entre tamaño y grosor cooperan para la capacidad de flexibilidad.	-----> Supervivencia, permanencia de la forma
	Fuerzas internas	-----> Equilibrio de las estructuras internas con las fuerzas internas del objeto.	-----> Forma estable
	Tensión	-----> Dimensión de la estructura interna en relación a la interacción de fuerzas internas.	-----> Formas internas eficientes
	Peso	-----> El peso del objeto depende de la resistencia de la materia que lo soporta.	-----> Adaptación en el medio
	Proporción	-----> El tamaño de las partes del objeto deben tener una relación proporcional adecuada a la interacción de fuerzas.	-----> Facilitar los procesos para la supervivencia.

→ Intercambio con el medio	-----> La relación pérdida/producción de energía proporcional a superficie /volumen, aumenta inversa al tamaño.	-----> Alimentación, respiración, eliminación, disipación de calor.	

→ Locomoción	-----> La energía disponible para la locomoción es proporcional a la superficie.	-----> Velocidad de desplazamiento	

→ Necesidad	-----> La necesidad no varía lo que varía son las maneras de resolverlo y mientras más grande es más complejo, sin embargo siempre se busca la solución más simple y eficiente.	-----> Economía de energía y optimicidad en los procesos de: Alimentación, intercambios metabólicos, reproducción y desarrollo, locomoción, coordinación,	

La diversidad de factores que influyen para definir una forma en un organismo biológico podemos interpretarlos como una característica de su complejidad. En un artefacto no será tan determinante como en la naturaleza misma. Cuando se requiere una solución que implica complejidad, el mundo de lo artificial, en ocasiones, no lo resuelve con un solo objeto, sino con varios. El cuerpo orgánico lo resuelve sólo con una parte de él.

Estas propiedades físicas son perfectamente observables en la tecnología artificial, D´Arcy Thompson hace una gran cantidad de analogías con puentes, incluso desde Galileo se observaba que tanto los organismos biológicos y los objetos experimentaban las mismas leyes físicas de acuerdo al contexto al que pertenecían. Vanden Broeck expone de manera clara y concreta, desde el punto de vista físico-mecánico, estas relaciones, puesto que en el área del diseño industrial, la función depende de la proporción de fuerzas y su fluidez.

Por parte del diseño gráfico, también el tamaño se identifica como uno de los elementos fundamentales para determinar una forma y que ésta sea funcional, sólo que su justificación y sus principios se basan en cuestiones muy distintas, tales como la óptica, la percepción y la interpretación. Esto es un contexto más comunicacional y no directamente relacionado con las leyes de la física y mecánica.

Los patrones de la forma de acuerdo al principio de curvatura

En las superficies de los objetos naturales aparece un principio común a los objetos artificiales: curvatura. Vanden Broeck describe los mismos experimentos que Peter S. Stevens hizo para exponer el fenómeno de formación de manera sencilla.

El primer ejemplo usa plastilina. Se toma una esfera de plastilina y se aplana en forma regular para formar un disco. Posteriormente se aplana en la parte central procurando que crezca más pronto el centro que el perímetro; la forma resultante es una copa. Si regresamos a la forma del disco original, pero en lugar del centro aplanamos el perímetro, notaremos que el crecimiento será más rápido en las orillas y se generará una forma de silla de montar. (Vanden,B. 2000, p.88)

-La curvatura genera la resistencia de la forma

En la industria del diseño de objetos artificiales encontramos un predominio por las formas planas, ya que desde el punto de vista de su fabricación son más económicas y permiten el apilamiento. Sin embargo éstas generan una serie de dificultades como la resistencia, característica importante para las superficies en el diseño industrial. Sobre el concepto de resistencia Steven Vogel expone varios casos:

si se infla un globo, en un inicio la esfera será pequeña, toda su curvatura es resistente puesto que no hay áreas rectas. Estas áreas se consiguen conforme se va inflando. En ese momento las paredes del globo son frágiles a una fuerza externa o interna, puesto que realizan una superficie muy tensa, la cual no podría soportar presiones extremas.

La naturaleza genera líneas curvas porque es muy complejo generar una línea totalmente recta. Cuando se extiende una cuerda, fijada por ambos extremos, siempre habrá una curva generada por la fuerza de gravedad y el peso. Para que la línea sea recta, habría que tensar la cuerda, efecto que genera una pérdida de resistencia y la imposibilidad de cumplir con su objetivo.

La naturaleza genera algunos trucos para poder generar superficies planas resistentes, esto puede ser observable en las hojas. Uno de los trucos es el empleo de vigas, las hojas al brotar de la rama de manera más o menos horizontal y mantener dicha postura para recibir sol, requieren de un soporte; esto lo hacen a través de las nervaduras en las superficies inferiores. Otra manera con la cual se detienen es mediante la generación de una ligera curva por dos superficies cóncavas dirigidas hacia abajo, una a cada lado del nervio (Vogel, 2000 p.65) Objetos como las alas de los aviones y las aspas de un ventilador cuentan con curvaturas para dar resistencia a la pieza y que al friccionar con el aire a gran velocidad no se doble. Esto explica que los objetos aerodinámicos se compongan de líneas curvas ya sea en partes o en su totalidad.

Otra manera con la cual la naturaleza proporciona resistencia a las superficies planas es mediante la generación de dobleces en forma de zigzag, como podemos notar en las conchas de mar, lo cual permite una curva. Estos canales se pueden realizar en materiales artificiales mediante el conocimiento de la geometría. Una hoja de papel al doblarse se reparte el material alejándolo del eje neutro de donde no es necesario siendo que los dobleces son ahora los que soportan el peso y no el grosor de la hoja. El concepto que tenemos detrás de la superficie estructurada es la resistencia de la forma.

Para profundizar en el tema sobre superficies curvas, Vanden Broeck hace una compilación de tipos de superficie: superficies continuas, de curvatura simple, superficies no desarrollables, regladas, con rigidizaciones localizadas, con placas estructuradas y superficies estructuradas complejas. El principio de curvatura es aplicable a todo objeto sea natural o artificial puesto que se genera a partir de leyes de la física, mismas leyes que inciden en cualquier cuerpo físico.

En la figura IV.27. se muestra una compilación de algunas de los principios de curvatura que coinciden en modelos naturales y en modelos artificiales. En la obra del arquitecto Antoni Gaudí podemos reconocer la aplicación de alguno de estos principios, mismos que hacen que su obra tenga una relación muy cercana con las formas naturales.

PATRONES DE SUPERFICIES SEGÚN EL PRINCIPIO DE CURVATURA

Modelo natural (Cualidades)	Interpretación al diseño industrial	Geometrización	Descripción
<p>Superficies continuas</p>	<p>Silla Pantón (1959-1960)</p>	<p>generatriz directriz</p>	<p>Generadas por la curvatura del plano</p> <p>Superficies que no tiene cambios bruscos de forma.</p> <p>La continuidad es una ventaja estructural que permite la fluidez de esfuerzos, enviando su concentración en sectores particularizados de la superficie.</p>
<p>Superficie de curvatura simple</p> <p>a</p> <p>Hueso</p> <p>La naturaleza evita este tipo de estructuras, evita las rectas. Los huesos no tienen una sección continua, el perfil no es recto, es común que la sección sea intermedia entre el círculo y el triángulo, en donde la sección de un extremo está desfasada con relación a la del extremo opuesto.</p>	<p>d</p> <p>Iglesia de Pampulha, Belo</p>	<p>1.- Son curvas que se generan de un plano y al extenderse vuelven a él.</p> <p>1.a</p> <p>eje</p> <p>directriz</p> <p>generatriz</p> <p>1.b</p> <p>directriz</p> <p>generatriz</p>	<p>a) Superficie cilíndrica de revolución. Conformada por una recta (generatriz) en rotación a un eje central. Todas las líneas rectas son paralelas entre sí, equidistantes al eje y perpendiculares a una misma línea curva cerrada (directriz).</p> <p>b) Superficie cilíndrica de no revolución. Conformada por una recta (generatriz) en rotación a una curva que no tiene eje al cual las rectas sean paralelas, sin embargo son perpendiculares a una misma línea curva abierta (directriz).</p>
<p>Superficies no desarrollables</p> <p>e</p> <p>Matraces</p> <p>Contenedores para productos químicos. La forma de gota es adecuada para la función de una óptima repartición de tensiones que contrarresta la atracción de la gravedad.</p> <p>b</p> <p>Semillero de Jacaranda</p>	<p>2.-Superficie reglada generada por el movimiento de una generatriz, manteniéndose en contacto con una directriz curva, teniendo, todas las disposiciones de la generatriz, un punto común, denominado vértice.</p> <p>Pueden ser superficies cónicas de revolución o de no revolución.</p>	<p>2.a</p> <p>vértice</p> <p>eje</p> <p>directriz</p> <p>generatriz</p> <p>2.b</p> <p>directriz</p> <p>generatriz</p>	<p>c) Superficie cónica de revolución. Superficie cónica en la cual, todas las posiciones de la generatriz, forman el mismo ángulo con un eje, que pasa por el vértice</p> <p>d) Superficie cónica de no revolución. Superficie cónica en la cual, no es posible definir un eje en el cual la directriz rote al rededor de él por lo que la generatriz tendrá distintos ángulos en lo que se refiere a la base.</p>
		<p>Ejemplo de superficie de revolución y doble curvatura:</p> <p>Esfera</p> <p>eje</p> <p>meridiana</p> <p>paralela</p> <p>punto tangente</p> <p>Hiperboloide parabólica</p> <p>Elíptica</p> <p>eje</p> <p>paralela</p> <p>meridiana</p> <p>Parabólica</p> <p>eje</p> <p>paralela</p> <p>meridiana</p> <p>Toro</p>	<p>Se caracterizan por dos curvaturas. Son más estables, más resistentes que las superficies desarrollables porque no surgen de un plano, solo un punto de este es tangente con la superficie, por lo que no tienden a aplanarse.</p> <p>Toda superficie de revolución es descrita mediante dos componentes constructivos: los meridianos (secciones verticales radiales) y los paralelos (secciones horizontales paralelas)</p>

Figura IV.27. Patrones de superficies según el principio de curvatura.

a) Hueso. Ilustración: Edgar Vargas en Vanden B. 2000, p.91
 b) Semillero de Jacaranda. http://farm3.static.flickr.com/2093/2256808509_88f5ee121a.jpg?v=0

c) Silla Pantón (1959-1960). <http://marcollen.blogspot.com/2007/08/puede-una-silla-cambiar-la-metalidad-de.htm>

d) Iglesia de Pampulha, Belo Horizonte, Brasil. http://lh6.ggpht.com/_yOTbtphxOA/SAK4cy4EMII/AAAAAAAAAJg/4-q3uH9v_CY/100_6931.JPGI

e) Matraces http://web.educastur.princast.es/proyectos/jimena/pj_franciscga/3eso/matraces.jpg

PATRONES DE SUPERFICIES SEGÚN EL PRINCIPIO DE CURVATURA

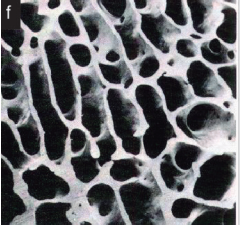

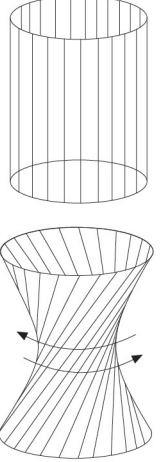

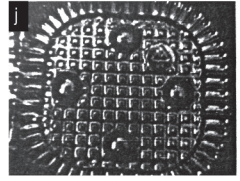
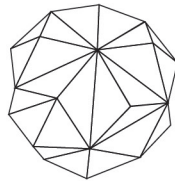
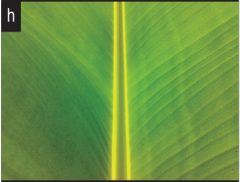
Modelo natural (Cualidades)	Interpretación al diseño industrial y arquitectónico	Geometrización	Descripción
<p>Superficies regladas</p>  <p>Huesos largos</p> <p>El hiperboloide es una forma que aparece con frecuencia en la naturaleza en las estructuras largas, según C. Bombardelli. Ejem. Las trabéculas óseas (los segmentos del tejido esponjoso óseo), particularmente resistente a esfuerzos axiales.</p>	 <p>Estadio Olímpico de Tokio (Obra de Kenzo Tange)</p> <p>Las conoides según sean un círculo, una elipse o una parábola lo que las genere, son superficies empleadas para cubiertas en voladizo, cuando están sujetas por el extremo curvo. Según M. Salvaori.</p> <p>Las hiperboloides de un manto son muy recurrentes en la arquitectura e ingeniería.</p>	<p>Hiperboloide cilíndrico y con torsión</p> 	<p>Superficies conoidales: Son generadas por el deslizamiento de una recta cuyos extremos se apoyan sobre dos curvas diferentes. Ejemplo el cilindro.</p> <p>Una recta inclinada deslizándose sobre dos círculos paralelos describe una superficie hiperboloide de un manto. Se puede lograr esta figura por torsión, a partir del cilindro.</p>
<p>Superficies con rigidizaciones localizadas</p>  <p>Cáscaras de castañas</p>	 <p>Envase de plástico estructurado con base en puntos.</p>	 <p>Volumen estructurado con base en líneas</p> <p>Desventajas: superficies discontinuas debido a que las rigidizaciones interrumpen la continuidad de su forma.</p> <p>Son menos eficientes que las superficies continuas porque las rigidizaciones constituyen focos potenciales de concentración de esfuerzos.</p>	<p>Ventaja estructural de la sectorización: la división del problema en subproblemas, disminuyendo así los esfuerzos, sobre todo en las superficies susceptibles de flexión cuyo espesor debe aumentar con la potencia $3/2$, $(1,5)$ del largo, debido al efecto de escala.</p> <p>En la sectorización la superficie trabaja como un conjunto de pequeñas superficies.</p> <p>Existen dos tipos de rigidizaciones cualitativamente distintos localizadas: en torno a una línea y en torno a un punto.</p> <p>En las rigidizaciones en torno a una línea, las rectas deberían ser evitadas por constituir potenciales bisagras o ejes de abatimiento que facilitan el cedimiento de una superficie de baja carga.</p> <p>La naturaleza emplea de manera extensiva la estructuración localizada en torno a los puntos. El principio satisface la sectorización y tiene una ventaja con relación a la rigidización en torno a una línea por ser más económica y menos discontinua.</p>
<p>Placas estructuradas</p>  <p>Hojas de plátano</p>	<p>Ejemplos en arquitectura: Para reforzar superficies delgadas, Pier Luigi Nervi, ingeniero italiano, recurrió a los diagramas de esfuerzo de los sistemas de trabéculas óseas para la disposición de las nervaduras de las pérgolas a la entrada del edificio de la UNESCO.</p> <p>Las bóvedas de las catedrales góticas muestran estas láminas reforzadas combinadas con contracurvas.</p>		<p>Superficies cuyo grosor y nervaduras son importantes para la eficiencia de la misma.</p>

Figura IV.27. Patrones de superficies según el principio de curvatura.
 f) Huesos largos <http://www.quiromasaje.jarcia.net/Atlas/Huesos%20Generalidades.htm>
 g) Cáscara de Castaña http://bp1.blogger.com/_NnRW1AcaC-E/RxVZkKtkull/

AAAAAAAAA320/castañas11.jpg
 h) Hoja de plátano http://farm2.static.flickr.com/1114/564601732_b81f4a-81fb.jpg?v=0
 i) Estadio Olímpico de Tokio (Obra de Kenzo Tange) <http://www.imcyc.com/revista/2000/junio2000/kenzo511.gif>

j) Envase de plástico estructurado con base en puntos. Laboratorio de diseño VIII. UAM. Vanden B. 2000, p. 97
 k) Volumen estructurado con base en líneas. Laboratorio de Diseño VIII, UAM. Vanden B. 2000, p.96

PATRONES DE SUPERFICIES SEGÚN EL PRINCIPIO DE CURVATURA


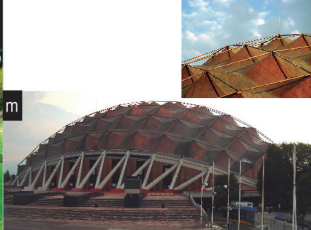




Modelo natural (Cualidades)	Interpretación al diseño industrial y arquitectónico	Geometrización	Descripción
<p>Superficies regladas</p>  <p>Agave</p> <p>Las hojas superficies resistentes a la flexión en cantiléver (voladizo), presentan forma de conoide y por lo tanto dobles curvaturas, además de terminar en punta, lo que les permite disminuir el espesor conforme avanza hacia el extremo y generar un punto que tensione la hoja.</p> <p>Hongos, algunos tienen formas cercanas a secciones de esferas combinadas con un sistema de placas perpendiculares que les confiere estructura.</p> <p>La superficie externa de las cactáceas esferoidales muestra diferentes principios: contracurvas, rigidizaciones localizadas en torno a líneas, puntos, etc.</p>	 <p>Palacio de los Deportes de la Ciudad de México. (1966-1968. Félix Candela, Antonio Peyri y Enrique Castañeda Tamborell)</p> <p>Palacio de los Deportes de la Ciudad de México.- estructurada por varios principios simultáneos: forma global esferoidal (doble curvatura), sectorización, rigidizaciones localizadas en torno a puntos y nevaduras formadas por una retícula que se superpone a la estructura, uniendo placas entre sí, lo cual onfiere cohesión al conjunto. Fabricio p.100</p> <p>Gaudi hizo una significativa innovación en los ondulados, desfazando las ondulaciones evitando la presencia de las rectas, inherentes al ondulado simple, que constituyen potenciales bisagras. De esta manera se puede disminuir el espesor de la superficie ondulada.</p> <p>Le Ricolais: aplicó el principio de las láminas onduladas. los ondulados muy delgados pero superpuestos y cruzados a 90 grados. de esta manera logró generar superficies ligeras y resistentes que se denominarían placas. El sistema llamado Isoflex por Le Ricolais, fué aplicado a superficies planas y tubos para su uso en puentes y macroestructuras.</p>	<p>n) Abstracción de cactáceas.</p>  <p>Forma global esferoidal con sectorizaciones</p>  <p>Estructuración en torno a puntos (espinas)</p>  <p>Geodesia</p>  <p>Contracurvas</p>	<p>Las cactáceas: superficie esferoidal muestra distintos principios estructurales: Contracurvas, rigidizaciones localizadas en torno a líneas, puntos.</p>

Figura IV.27. Patrones de superficies según el principio de curvatura.

l) Agave
<http://www.paisajes.org/fotos/plantas/images/agave%20ferox.jpg>
 m) Palacio de los deportes
https://es.wikipedia.org/wiki/Palacio_de_los_

Deportes_%28M%C3%A9xico%29
 n) Abstracción de cactáceas. Forma global esferoidal con sectorizaciones, estructuración en torno a puntos (espinas), geodesia, contracurvas. Imágenes tomadas de: Fabricio Vanden Broeck. 2000, p. 100-101

-Ángulos

Otras de las formas que podemos encontrar tanto en la naturaleza como en la ingeniería artificial son los ángulos rectos y los ángulos curvos. Steven Vogel los analiza para distinguir las diferencias y ventajas entre una ingeniería y otra. Nosotros lo retomamos porque son características de la forma empleadas por el diseño industrial y que son comunes en ambas áreas.

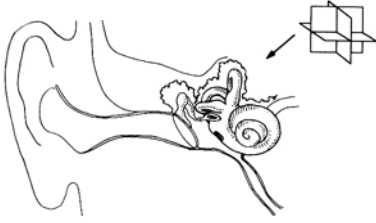


Figura IV.28. Tres canales semicirculares del oído (señalados con una flecha). Estos canales del oído interno forman un ángulo recto con los otros; los planos perpendiculares abstraen la relación de la tangente que hacen entre sí. (Vogel, 2000, p. 71)

Encontramos ángulos rectos en gran cantidad de artefactos: la mesa, la silla, los marcos de las puertas..., en realidad, muchas piezas unidas generan un vértice de 90° . Steven Vogel sugiere una explicación: una coincidencia con una formación en nuestro aparato auditivo (Figura IV.28). Dicha construcción cuenta con tres canales semicirculares que forman un plano en ángulo recto con los otros. Por lo que asocia esto con la necesidad del ser humano de sentirse equilibrado. La reflexión se extiende a que todo busca la verticalidad para no caer. (Vogel, 2000, p. 70).

La naturaleza también genera ángulos rectos. Prueba de ello es la verticalidad de los troncos de los árboles en relación con el suelo, algunas ramas también presentan ángulos de 90 grados con relación al tronco. Hay articulaciones en los sistemas óseos que permiten que los huesos tengan una relación de ángulo recto. Sin embargo, Steven Vogel dice que hay una preferencia en la industria humana por este ángulo, más que en la naturaleza.

Si hablamos de resistencia; en una curva las presiones que se ejercen, tanto del interior al exterior como de afuera hacia adentro, se distribuyen mejor, por lo que la forma permanece sin romperse. Los ángulos funcionan de manera distinta porque al recibir las fuerzas en el vértice no se distribuyen en los lados como en la curva, por lo que hay más riesgo a fragmentarse.

Sin embargo las formas angulares y rectas presentan otras ventajas. Los bloques rectangulares compuestos por ángulos rectos permiten empalmarse unos sobre otros. Esto ocurre en los edificios donde incluso los pisos pueden compartir estructuras adyacentes. También la división del espacio interno es más sencilla, a diferencia de un espacio con formas redondas. Para este ejemplo de apilamiento, las formas cuadradas tienden a ser compuestas por materiales resistentes para que puedan soportar el apilamiento. Si el objeto es de material poco firme y que puede ser adherido con algunas sustancias o cuerdas, requerirá de una estructura de soporte. El cuerpo humano tiene otra manera para poder resolver esto, su estructura ósea, está unida por tendones y cubierta por músculos, todo esto le da estabilidad, volumen y resistencia al cuerpo, por ello podemos estar erguidos.

Vogel habla sobre formas con ángulos que pueden cubrir espacios y los hexágonos son un ejemplo de ello. En la naturaleza los panales de abejas y avispa con formas hexagonales les permiten generar un volumen y dividirlo en secciones iguales. Dichas figura les permite ocupar menos material para su construcción, lo que se traduce en menos esfuerzo para lograr un resultado; es una forma muy económica en todo tipo de aspectos.¹⁶Un ejemplo muy sencillo en donde esta figura puede cubrir superficies desde la industria humana, son los mosaico con los cuales se cubre la avenida Paseo de Gracia en Barcelona.

¹⁶ Jorge Wagensberg en su libro *La rebelión de las formas* y Philip Ball en su libro *The self-Made Tapestry*, exponen la capacidad que tiene el hexágono para cubrir superficies..

-El triángulo

Es una forma que no es común en la naturaleza pero sí en la industria humana. Esta forma, para ser empleada, requiere tener tres puntos de apoyo e identificar el centro de equilibrio con la base para que no caiga. Una mesa de tres patas, si éstas se encuentran bien distribuidas, puede funcionar, aunque en muchas ocasiones, cuando hablamos de equilibrio en superficies planas es mejor emplear cuatro patas.

En la naturaleza los animales cuadrúpedos pueden perfectamente sostenerse en tres patas, su complexión corporal es flexible. Aunque el terreno sea irregular pueden encontrar el centro de equilibrio para no caer. En la industria tenemos el trípoide, soporte para la cámara que incluso nos permite extender las extremidades en caso de que el terreno sea irregular; aunque tiene un eje, es necesario darle las debidas longitudes para que pueda mantener el equilibrio y no caiga. No logra la misma destreza de las especies vivas cuadrúpedas, pero es posible lograrlo.

-Los ángulos puntiagudos y redondos

Las aristas emergen cuando dos componentes se unen, esto nos lleva a pensar en dos cualidades: una descrita por Steven Vogel, la cual nos habla de la fragilidad de los vértices agudos o puntiagudos, y la otra la propuesta por Jorge Wagensberg quien dice que es la concentración de fuerzas lo que permite penetrar en otras superficies.

Los vértices son frágiles porque al recibir una fuerza del exterior ésta sólo se proyecta a un único punto del objeto, mientras que en un vértice curvo o plano la fuerza recibida se distribuye hacia otros puntos, evitando que se rompan, a menos que la fuerza supere la resistencia. Es importante aclarar que la curva que da mayor rigidez a esta parte es la interna y no la externa.

Explica Steven Vogel:

Lo que determina hasta qué punto se ha debilitado el material con la curvatura no es tanto el ángulo total de la curva como, por raro que parezca, [sino] lo cerrado que sea el lado interno de este ángulo. Si se hace una curvatura deliberadamente menos cerrada, más suave, se gana mucho en resistencia (Vogel, 2000. p. 86).

En la naturaleza aparecen los ángulos curvos en las estructuras más flexibles, que son menos susceptibles a fisurarse. Steven Vogel dice:

la mayoría de las veces encontramos piezas sueltas de material, formadas en un sólo lugar con un redondeo incorporado al elemento básico como elemento meramente ocasional. Creo que, aquí, lo importante es el proceso de crecimiento. Cualesquieran que sean las complicaciones que acaeree, el crecimiento simplifica en gran medida la construcción de ángulos

redondeados en cada uno de los elementos estructurales... Allí donde la naturaleza forma una unión en ángulo punzante, normalmente es porque las piezas a unir forman parte de un mecanismo móvil, por ejemplo, la articulación del antebrazo y el brazo. (Vogel, 2000, p.87)

El empleo de los ángulos curvos externos e internos por parte de la naturaleza es un parámetro del cual aprender. En la ingeniería artificial los ángulos curvos pueden ser reforzado con materiales que permitan resistencia y flexibilidad, por ejemplo el plástico. Los ángulos curvos además proporcionan facilidad para limpiar, abrillantar y reducir concentraciones de fuerza, disminuyen el problema de fisuras y permiten economizar peso y materiales.

Dice Jorge Wagensberg que el ángulo tiene la función o sub-función de penetrar (Wagensberg, 200, pp. 219-229). En la naturaleza y en la vida cultural del ser humano encontramos funciones muy interesantes del ángulo entre ellas está el pinchar. Podemos encontrar ángulos en las espinas de las plantas, troncos de árboles y en algunos animales como el puercoespín, cuya utilidad se ha deducido que es la protección. La punta, normalmente afilada, puede penetrar en cualquier superficie más suave que ésta y penetrar haciendo que el depredador se retire inmediatamente. Desde el punto de vista de la física, lo que ocurrió es que al estar en contacto la punta con una superficie se ejerce una presión, la cual es la fuerza por unidad de superficie o, si se quiere, la fuerza resultante que se ejerce sobre una superficie dividida por el valor de dicha superficie. (Wagensberg, 2007, p.221). También podemos hablar de los cuernos de los animales como los de los toros o el narval, resultado de la transformación de la piel, pelo o incluso un diente.

Algunas funciones que tienen los ángulos es de penetrar para cortar y desgarrar, afinar la precisión del movimiento. Otra función es la de enganchar y sujetar incluso para escribir con los cincelos de piedra, punzones, madera y plumas de ave, hasta los estilógrafos y bolígrafos.

Estas pautas o principios en los cuales la ingeniería natural ha resuelto construir su configuración para poder sobrevivir han sido útiles para el diseño y arquitectura en el sentido.

A lo largo del estudio de los principios de la ingeniería natural, ha sido notable que para comprender la comparación entre los objetos y los seres orgánicos hay que partir de que la forma no puede considerarse como fija, sino que es una estructura de fuerzas dinámicas y en reposo. La forma orgánica o la artificial es físicamente dinámica, donde las partes se intercalan desde un punto de vista de fuerzas y materia. Podemos decir que en el diseño de objetos requiere de condiciones mecánicas. Estas leyes o condiciones mecánicas son comunes a las leyes que actúan sobre los cuerpos orgánicos y es en este aspecto en el cual podemos decir que los objetos pueden ser un modelo análogo, porque reproducen la estructura. Sin embargo, es

importante subrayar que la manera en la cual lo resuelven puede ser parcialmente semejante pero es imposible que sea igual. Los patrones de la forma contemplan siempre la acción de la fuerza mecánica ante una materia, y estos pueden estar clasificados.

Desde un punto metodológico podemos distinguir en el trabajo clasificatorio de Vanden Broeck que distingue dos grupos de patrones análogos entre el modelo natural como en el modelo artificial del diseño. Estos dos grupos parten de las siguientes observaciones: la observación de la naturaleza como modelo de soluciones técnicas y la reinterpretación de la naturaleza como elemento significativo para la comunicación. Observa los patrones de la naturaleza de carácter mecánicos como modelo para el diseño de objetos a partir de su forma, las cualidades de la forma así como las relaciones de las formas o sintaxis, como también los procesos o fenómenos dinámicos. La segunda clasificación la conforman los patrones de reinterpretación como elementos significativos es decir, los significados que han sido dados por los seres humanos a la forma artificial por la similitud en la experiencia de la convivencia con la naturaleza (Figura IV.29).

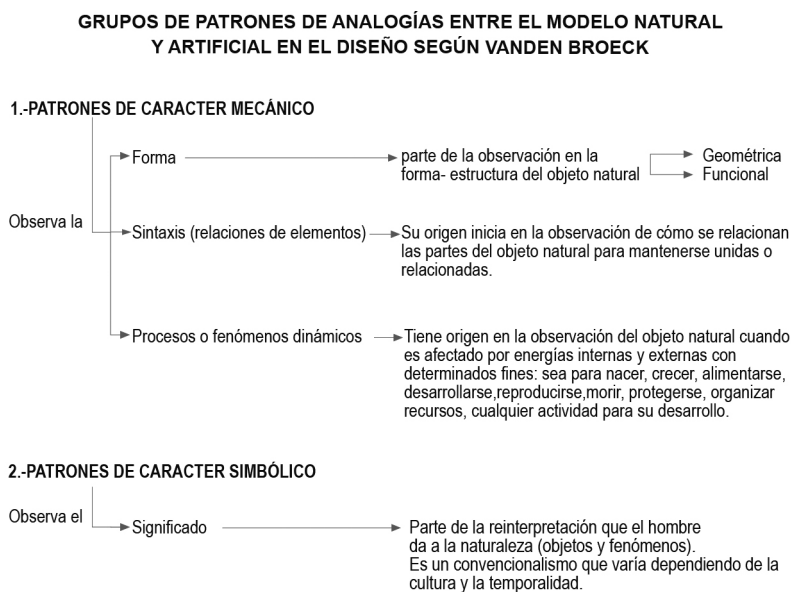


Figura IV.29. Grupo de patrones de analogías entre el modelo natural y artificial en el diseño según Vanden Broeck. Este cuadro ha sido una conclusión en síntesis a partir del estudio de los tipos de observaciones que el autor realiza. Cuadro sinóptico: Angélica Castro

Son dos grandes grupos de patrones los cuales se apoyan en el conocimiento de campos como son la física-mecánica y la física de fluidos, en general podemos hablar de ingeniería, también la geometría, la matemática; la geología estructural, la etología participan en ello. Esto muestra al diseño industrial como un área del diseño multidisciplinario cuando toma en cuenta a la naturaleza como modelo.

Solo como una observación al margen de la investigación, pero aunque la belleza siempre ha sido uno de los aspectos admirados en la

naturaleza, en esta propuesta se han identificado otros atributos no menos importantes. Podemos decir que la belleza en la analogía entre diseño y naturaleza considera en primer lugar la correlación de la funcionalidad con la forma, como una coherencia entre la forma y la función comprendida en la época clásica en el arte así como reconsiderada en las teorías del diseño que parten del modernismo.

IV.4. Analogías en el arte basadas en conceptos. Análisis del trabajo de Joop J. Beljon

En la búsqueda de patrones de la forma en el arte, encontramos la obra *Gramática del arte* del escultor, tipógrafo y escritor holandés Joop J. Beljon. Este libro se toma el título de “gramática” por ofrecer una serie de formas evidentes en el diseño, estas formas son las que constituyen un lenguaje. Y esto lo dice en la definición de diseño: *el diseño es lenguaje, comunicación...* (Beljon, 1993, p. 4). Sobre el lenguaje entiende:

“La pintura es lenguaje, la escultura es lenguaje, la arquitectura es lenguaje. Ese es mi mensaje.
Es el lenguaje lo que nos mantiene juntos y en contacto con la historia. En este sentido no hay diferencia entre el lenguaje de las palabras y el lenguaje de las formas.” (Beljon, 1993. p. 4)

Profundizando un poco más sobre el significado de lenguaje y forma dice:

La expresión metafórica de lo que significa el lenguaje la encontré en “El laberinto de la soledad” de Octavio Paz. Dice así: “Recuerdo que una amiga a quien hacía notar la belleza de Berkeley, me decía: Sí, esto es muy hermoso, pero no logro comprenderlo del todo. Aquí hasta los pájaros hablan en inglés. Cómo quieres que me gusten las flores si no conozco su nombre verdadero, su nombre inglés, un nombre que se ha difundido ya a los colores y a los pétalos, un nombre que ya es la cosa misma”. Escuela de Arte San Carlos, México D.F. 1987 (Beljon, 1993, p. 4)

Podemos distinguir que esta obra se basa en la observación de formas en la naturaleza, formas comunes de los objetos artificiales, en objetos que producen formas, en las formas básicas del diseño y los tipos de sentimientos que provocan las formas. Estas formas no están descritas desde lo matemático o geométrico, deduce el concepto del cual parten, y en diversas ocasiones el concepto (según lo que se ha visto en esta investigación) se basa en el funcionamiento o las connotaciones de lo que la forma evoca.

Los conceptos están formulados en sustantivo y en verbo infinitivo. El verbo en una oración es la acción que realiza el sujeto, en términos de proporcionar información, es la palabra que relaciona, que permite interacción o vincula a los sujetos, es el que le da sentido a las ideas, es la palabra dinámica. En toda composición artística o con fines de comunicación, las imágenes que “realizan algo” (como correr, cami-

nar, brincar, volar, comer, hablar) llaman más la atención que las que sólo presentan a un elemento que no exprese algo.

Joop J. Beljon concretiza su trabajo en cien conceptos del lenguaje plástico clasificados en los siguientes siete grupos:

- 1.- Formas no tocadas por las manos del hombre.
- 2.- Formas que realizan lo que su nombre implica o describe.
- 3.- Significados de la tierra por los antepasados.
- 4.- El espíritu del lugar.
- 5.- Elementos geométricos básicos desde el punto de vista expresivo y social.
- 6.- Normas con las que se rige el diseño visual.
- 7.- Conceptos que encierran emociones y que imprimen una cualidad seductora a la forma.

Joop J. Beljon propone esta clasificación de formas siendo consciente que tanto los conceptos como las interpretaciones de los mismos pueden ser reconsideradas y ampliadas por los lectores y especialistas en diseño, puesto que es un lenguaje activo.

La investigación realizada se desarrolló en la clase "Arte Urbano y Principios de Diseño" que él mismo fundó al ser director de la Real Academia de Bellas Artes de la Haya, en la actual estaban reclutados estudiantes procedentes de otros departamentos. Entre ellos había escultores, diseñadores gráficos y hasta arquitectos. (Beljon, 1993, p.240)¹⁷ Este equipo multidisciplinario permitió enriquecer la investigación desde muchos puntos de vista. Ya que las formas que se observaron pudieron ser identificadas en la naturaleza, la cultura, objetos cotidianos, en obras de arte y de diseño.

Para fines de esta tesis (identificar la analogía) hablaremos sólo de las formas no tocadas por las manos del hombre. Son 18 conceptos que parten de formas que solo emergen de la naturaleza o factores culturales que parten de necesidades concretas. Los hemos sintetizado para este trabajo en un cuadro bajo cuatro puntos:

- 1.- La definición del autor para cada una de las formas o modelos.
- 2.- El ejemplo del concepto en un objeto natural (en caso que lo haya).
- 3.- El ejemplo del concepto en un objeto artificial.
- 4.- El significado pragmático del modelo. (Figura IV. 30)

Diferencia entre concepto ejemplificado y analogía en el trabajo de Joop J. Beljon

En el trabajo de Joop J. Beljon no proporciona ninguna información sobre su pretensión por generar analogía en donde compara un mo-

¹⁷ Las investigaciones fueron llevadas a cabo en estas clases está contenido en los tomos, "Zoe Deo Je Dat" y "Ogen Open", colección de ensayos cortos sobre temas morfológicos (principios de diseño) que concluye como Gramática del Arte. p. 240

Figura IV.30. Formas no tocadas por el hombre. Beljon (1993, 2-42) Cuadro: Angélica Castro

FORMAS NO TOCADAS POR EL HOMBRE
 JOOP J. BELJON (1993 pp. 2-42)

Concepto	Definición	Ejemplos en la naturaleza	Ejemplos en el arte	Signo pragmático del modelo
1-2.-Huellas	Superficies marcadas empleadas como matrices que reproducen la forma en positivo y en negativo.	Marcas en cualquier superficie.	Obras en cincel Hokusai, pintor japonés Pinta un lienzo azul con las patas de unos gallos entintadas de rojo.	La reproducción en negativo permite resaltar el detalle y es más pregnante.
3.-Apilar	Técnica de construcción.	Capas de la corteza de un árbol	Arquitectura de Frank Lloyd Wright.	Empleado en la composición para proporcionar articulación a los constituyentes del todo.
4.-Haces	Hilos que se reúnen en un punto.	Pelos de animales liados en manojos convertidos en brochas. Ramas de hojas secas de árboles en escobas.	El acto de escribir, es la acción de juntar frases.	Coherencia Unidad
5.-Forma entallada	Contracción y expansión		Corse para dama, en el siglo XVI. Jarras, vasijas, vasos.	Fertilidad, juventud
6.-Empaquetar	Envoltura	Cáscaras de naranja y de plátano y otras frutas. Nueces. Capullos de ciertos animales, las flores sin abrir, la tierra como un planeta envuelto de nubes.	Los egipcios empaquetaban a sus muertos.	
7.-Hender -Escindir		Artesanías de madera, mimbre o piedra.		
8.-Arrugar	Hecho directamente por contacto manual o generado por una herramienta, plegamiento de la materia suficientemente rígida que al ser modificada por una fuerza no pierde su identidad.		Escultor francés Cesar, arrugó coches bajo una prensa "coche empacado".	Variación en la conformación de la materia. Aviva el carácter de la misma.
9.-Fluir	Mares y ríos	Escritura con la letra cursiva Arquitectura modernista Esculturas griegas Arquitectura gótica	Dirección hacia un rumbo, movimiento interrumpido y fijado	
10.-Plegar		Mathias Goeritz diseñó su cruz plegable (para ser guardada en el bolsillo de su propietario, misionero de África).	Proporciona rigidez y elasticidad resistencia a la materia débil. Economiza el espacio.	
11.-Conectar	Técnica de unión entre dos partes		En la madera: ensambladuras machiembreado, de muescas, de solapa. En el hierro: ribetes Cuerdas: nudos Telas: puntadas	Acentúa estructura de la construcción. Realce de su expresividad.
12.-Anudar			Empleado por los marineros, montañeros, y en la vida cotidiana. Ilustraciones celtas	Elemento de supervivencia promesa, deseo
13.-Tejer			Ropa y accesorios	
14.-Agrietar	Acción de razgar			Resultado definitivo e irreversible
15.-La forma inflada	Fuerza identificada en el material que irradia desde el interior hacia el interior de la piel	Pompas de jabón, vasos sanguíneos (estructuras neumáticas)	Esculturas de Lachaise y Zitman El paracaidas	Equilibrio y fuerza
16.-Lámina	Los materiales tienen propiedades que influyen para su manipulación		Trabajo de Alexander Calder. Gerrit Rietvelt	
17.-Colección	Conjunto de cosas que son parecidas en algunos aspectos pero no son idénticas.			La colección parte desde el punto de vista del tema. Morfologistas japoneses. "La semejanza mitiga la diferencia". en la Rima, por el poeta Gerard Manley
18.-Radiación	Formas en abanico	Ondas del agua cuando cae una roca. Flores Árboles		Rejas y pavimentos Esquema de ondas de radio Esquema de la luz del sol, del universo

delo con otro, pero si identifica un concepto que puede manifestarse en distintos contextos y entre ellos en la naturaleza. Busca ejemplificar un concepto en distintas manifestaciones. También los distintos contextos permiten describir el concepto con más detalle en sus cualidades dirigidas a la función. Entonces podemos decir que realiza una observación análoga con la cual abstrae lo más importante de la forma para la explicación del concepto al cual “ nombra”.

De los conceptos de diseño expuestos por Beljon se ha distinguido que habla de dos aspectos: la función en el sentido del funcionamiento de la forma y las connotaciones que esta emite. Por ejemplo: para el concepto “empaquetar”, parte de la tradición de embalsamar de los egipcios, también hace referencia a las cáscaras de frutas entre ellas la naranja. La descripción no se realiza a partir de las cualidades físicas de los ejemplos sino de la función que ejercen cada una en su contexto que es el guardar, proteger y retener que de cierta manera podemos decir que es la esencia de la composición.

Los conceptos deducidos por Beljon no todos tienen un respaldo bibliográfico de corte científico, son convencionalismos hechos a partir de observar la repetición de la forma en el diseño. Por ejemplo en el concepto agrietar, no ha sido explicado desde la ciencia, porque en la ciencia aún no hay una respuesta definitiva hacia la generación y desarrollo de la forma ramificada. Beljon realiza sus propias reflexiones considerando también un conocimiento generalizado del término. Volviendo al concepto “agrietar”, lo califica como “el elemento de fatalidad” (Beljon, 1993, p.35) siendo que esta característica es la que le da su atractivo; una vez agrietada la pieza o la forma ya no puede regresar a su estado original, el cambio es irreversible. Así pues, sus conceptos tienen una tendencia a hablar de la función y connotaciones como parte de su estructura.

La función y las connotaciones son parte de lo que el diseño pretende comunicar. Los conceptos dados por Joop J. Beljon y sus ejemplos son solo una manifestación de muchas representaciones de cada concepto, la creatividad del diseñador puede generar otras configuraciones del mismo, a partir del estudio de la estructura. Los ejemplos naturales, o artificiales (aunque no se profundizó mucho en su descripción) son válidos como modelos analógicos en donde la estructura de su constitución propone una función similar.

Para conocer si había alguna similaridad entre los patrones propuestos por Joop. J. Beljon, Vanden Broeck y la hipótesis personal inicial de la cual se habló al principio de esta tesis; se realizó un cuadro comparativo (Figura IV.31). De la propuesta de Beljon se retomaron aquellos que tuvieran una semejanza con los términos empleados en las otras dos tesis. Los títulos de los patrones, en el caso de Beljon, se redactaron bajo el nombre de los términos dados por los otros dos autores, con el cuidado de considerar los contenidos de Beljon.

RELACIÓN DE PATRONES DE FORMA
POR VANDEN B., BELJON Y CASTRO (HIPÓTESIS INICIAL)

Patrones en la naturaleza por Vanden B.	Patrones de Formas no tocadas por el hombre, por Peter Beljon	Patrones en la naturaleza por Castro
● Esfera-Tensión superficial	● Apilar	● E.C. Espiral y hélice
● Meandro	● Haces	● E.C. Anillada
● Helicoide-hélice	● Agrietar	● E.C. Radial o Explosiva
● Espiral	● Radiación	● E.C. Lineal
● Ramificaciones-	● Espiral	● E.C. Ramificada
● craquelamiento	● La coherencia o la no existencia del caos	● E.C. Modular
● Radial o explosión	● Principio y final	● E.C. Semifractal
● Apilamiento compacto		
● Hexágono		
● Fragmentación-Fractal		

Figura IV.31. Relación de patrones de forma por Vanden B., Beljon y Castro (Hipótesis inicial). Cuadro comparativo: Angélica Castro

Podemos distinguir que los patrones naturales propuestos como hipótesis, son incluidos tanto en la propuesta de Beljon y de Vanden. Ambos en dos ámbitos distintos el primero en el diseño industrial y el segundo en el arte. Esto nos permite considerar un acuerdo cuando se habla de los patrones básicos de la naturaleza en el ámbito del diseño sin afirmar que sean los únicos. Otro aspecto es que estas estructuras pueden ser funcionales en distintos ámbitos del diseño y el arte; considerando la interpretación particular en cada uno. Aspecto que trata de proponer la hipótesis inicial. Siendo que el material que ahora se ha analizado ha sido relevante para confirmar que se parte del acuerdo de una información común, como lo es la lista de los patrones de la naturaleza, sin embargo falta el desarrollo de la analogía entre la estructura natural y la estructura de la composición.

El ejercicio de aplicar la estructura natural al diseño gráfico no es sencilla y es muy posible que se pueda encontrar aspectos teóricos interesantes, sin embargo se ha identificado algo muy importante sobre esta hipótesis, que se basa en la reinterpretación geométrica de las formas de la naturaleza considerando que esta sea una abstracción de puntos relacionales. Esta reflexión ha permitido replantear la hipótesis, en busca de una analogía entre modelos pero sin considerar la estructura natural en este estudio.

Conclusión

El objetivo de revisar propuestas teóricas donde emplearan los patrones de la naturaleza en el diseño, es considerar tanto cuáles son los patrones que estiman como básicos y que pueden ser aplicados en el diseño. Así como también la reinterpretación de los mismos.

Se observa que los patrones de estructuras en el diseño, tanto en el diseño industrial, arquitectónico y gráfico, consideran la similitud geométrica con los patrones naturales, pero no es posible interpretar que la relación es entre el diseño y la naturaleza, lo más adecuado es decir que ambos modelos pueden ser analizados bajo los mismos

conceptos geométricos. Una vez dicho esto podremos decir que las formas geométricas son las que sistematizan la forma perceptible o real, y al ser reproducida en un objeto, composición plástica o espacio arquitectónico puede coincidir con la estructura geométrica a la figura de formas orgánicas, y pueden ser análogas (siempre y cuando se identifique la misma figura en los dos modelos). Es un modelo análogo y geométrico.

La analogía empleada con fines nemotécnicos requiere de ser planteada con un estudio complementario sobre lo que es la estructura en la composición gráfica y los patrones de la naturaleza. El conocimiento sobre la geometría puede ser una argumentación para explicar el vínculo entre los dos modelos. Sin embargo cabe decir que la composición visual no solamente se organiza desde el aspecto geométrico, existen dos aspectos del signo y de la composición que son importantes para la organización y son el perceptual y el semiótico. La interpretación realizada en las reflexiones sobre estructura son meramente los inicios de la búsqueda de un concepto más elaborado que hable sobre la organización de los elementos en la composición. Esto vamos a profundizar en el capítulo 6.

La propuesta de Christopher Alexander, nos evidencia que el centro puede ser una pauta de organización. Cualquier elemento puede ser centro de acuerdo al protagonismo que se le de. Dicho de otra manera, dependiendo de la jerarquía dada por cualidades y cargas significativas al elemento de la composición, los demás elementos se distinguirán como secundarios y de esta manera se genera la organización. La propuesta de 15 cualidades ofrece alternativas para establecer las jerarquías convenidas para el diseño.

Cabe destacar que el proceso de análisis que fue realizando en la primera parte de su obra (Libro I) es basado en la observación. Si bien las explicaciones científicas o bibliográficas sobre las composiciones naturales se basaban en datos científicos, en lo que se refiere al aspecto de la composición arquitectónica o plástica eran definidos bajo la observación y reinterpretaciones personales. La teoría del diseño tienen bases en áreas o campos de la ciencia muy definidos y que incluso pueden haber otros marcos de estudio que pueden cooperar para generar explicaciones de diversos ángulos sobre la manera en la cual se organiza una composición; lo que se considera pertinente es que dichos conocimientos sean aplicables de manera directa o reinterpretados coherentemente a las necesidades propias de la composición plástica.

La propuesta teórica de Joop J. Beljon es un caso similar a la propuesta de patrones de vitalidad de Christopher Alexander; en el sentido que ambos fueron obtenidos a partir de la observación. Por otra parte Beljon no estableció una comparación simétrica entre el concepto identificado y la búsqueda de ejemplos naturales y artificiales

de manera equitativa. Beljon prestó más interés por la descripción del concepto independientemente del origen del ejemplo que emplear el método análogo.

Podemos decir que la similitud entre los patrones de las estructuras del diseño y los patrones de la morfología viva en algunas propuestas teóricas se basa no tanto en la manera con la cual se produce, sino en la motivación que tiene el diseñador, el investigador y el científico por conocer el origen de la diversidad, es decir, la forma que se repite una forma "de origen". El hecho de definir un pattern significa que se observó que esta forma o cualidad se repite en una diversidad de situaciones, organismos o composiciones. El observar patrones en fenómenos, conductas y composiciones permite generar pautas.

En lo que respecta al área del diseño industrial las pautas morfológicas de los modelos artificiales y los modelos orgánicos coinciden en el aspecto geométrico lo mismo que ha sucedido con la relación de la plástica y la morfología de algunas plantas en la filotaxis, en donde existe una similitud en la proporción de sus dimensiones o también en la formación de espirales. Sin embargo, la biología dista mucho de ser una pauta para que pueda haber una analogía cercana. De cualquier manera, los avances realizados por cada una de las disciplinas del diseño, en particular el diseño industrial, en la sistematización de patrones geométricos, ha cooperado para la resolución de problemas físicos-mecánicos y estéticos.

Este capítulo aporta a la estructura relacional que como definición no puede ser definida como patrón. Los patrones son conclusiones de la repetición de una configuración, una estructura, y la estructura relacional no puede definirse desde un principio de esta manera hasta no considerar primero qué es, y posteriormente localizarla bajo análisis en diversas composiciones.

Sin embargo, nos permite considerar una pregunta: ¿la naturaleza guarda pautas para relacionarse?. Esta pregunta es considerada en el capítulo en el que se habla sobre sistemas.

Capítulo V.

La analogía como hipótesis inicial en la argumentación teórica del diseño

Introducción

En la historia de la teoría del diseño arquitectónico, industrial y gráfico distinguimos teóricos importantes, entre ellos Van de Velde, Frei Otto y Paul Klee, quienes a través de sus notas, libros o artículos han plasmado algunas reflexiones sobre la naturaleza y el diseño. También consideramos importante revisar las reflexiones de Antoni Gaudí, ya que en su obra también ha considerado a la naturaleza como un elemento fundamental.

Estos Arquitectos, diseñadores y artistas consideran que la naturaleza es un modelo al cual es posible observar detenidamente y deducir alguna pauta esencial; ellos, por su experiencia, la reinterpretaron para que fuera útil para el diseño. Podemos decir que sus propuestas son ejemplos de argumentos teóricos o lineamientos de la práctica que consideran a la naturaleza útil para formular hipótesis iniciales, que después serán reinterpretadas por la reflexión de las necesidades prácticas y el acervo teórico de cada disciplina en concreto.

Por otra parte en este capítulo nos ha interesado hacer énfasis en el trabajo de Paul Klee, el cual nos propone un modelo de observación importante para esta investigación. Klee aporta dos aspectos: el primero es sobre el concepto de “estructura” el cual no se basa en las características físicas de la forma, sino en que la estructura, para él, son “relaciones”; en segundo lugar, la observación de estructuras en distintos sistemas, tanto naturales como artificiales. Es decir, identifica pautas de funcionamiento y relaciones entre las partes de los componentes, las cuales considera útiles para incorporar en el diseño industrial de objetos.

V.1. La teoría de la línea de Henry Van de Velde.

Contextualización general de la teoría.

Durante la búsqueda de analogías se indagó en los fundamentos teóricos del Art Nouveau (cuyo periodo se desarrolla entre finales del siglo XIX y principios del XX¹) por ser un estilo que daba gran valor a

¹ Nickolas Pevsner en su libro *Los orígenes de la Arquitectura moderna y el diseño* (1978) dice que el Art Nouveau alcanza su primera madurez con la obra de Victor Horta, una casa en el número 6 de la calle Paul-Émile Janson, en Bruselas, casa que fue proyectada en el año 1892 y que se construyó

organismos naturales, dadas las formas sinuosas, figuras de organismos vivos que manejaba así como también figuras femeninas, la diversidad de la flora y la fauna.

Sin embargo al estudiar de manera un poco más detallada el movimiento se encontraron dos arquitectos que propusieron observar la naturaleza. Nos referimos a Henry Van de Velde (1863-1957) y Antoni Gaudí (1852-1926), quienes fueron representantes importantes de este movimiento en dos aspectos, Henry Van de Velde por su aporte teórico desde el Art and Craft al Modernismo, y Antoni Gaudí por la coherente manera de interpretar la forma y el volumen, generando así un lenguaje concreto que identifica al Modernisme catalán.

Cabe hacer un paréntesis para citar la bibliografía base que se consultó para el estudio de la historia general tanto del Art Nouveau internacional, entre ellos la obra de Nikolaus Pevsner titulada *Los orígenes de la arquitectura Moderna* quien nos proporciona una idea general del movimiento, Henry Russell Hitchcock *Arquitectura del siglo XIX y XX* en la que también ha sido útil por describir de manera más detallada la obra de cada arquitecto y su influencia en el movimiento. Y por último Gabriele Fahr-Becker con su obra *El modernismo* proporciona unas excelentes fotografías sobre obras del Art Nouveau clasificadas geográficamente así como la descripción de las escuelas más importantes del Art Nouveau internacional y artistas entre ellos Henry Van de Velde y Antoni Gaudí. Como una referencia más importantes para comprender el Modernisme Catalán, se ha tomado como base el artículo de Anna Calvera, Mireia Freixa y Teresa M. Salas bajo el nombre de *Rethinking the Significance of Catalán Modernisme in the History of Design in Barcelona* en donde se describe de manera muy clara la influencia del Art Nouveau en el diseño en Cataluña, específicamente Barcelona. Su estudio sobre el desarrollo del Modernisme Catalán lo contextualizaron en el ámbito artístico, cultural, tecnológico, comercial sociológico y político de la época. Cabe decir que existe una extensa bibliografía sobre el tema que vale la pena profundizar en una siguiente investigación, pero que con estas fuentes podemos generarnos una visión general y particular a la vez de la diferencia y cualidades de las obras de Henry Van de Velde y Antoni Gaudí en cada uno de sus contextos.

También en la lectura de la bibliografía mencionada notamos que ambos arquitectos observaron algunas cualidades de la naturaleza y las reinterpretaron a la teoría del diseño y la arquitectura, basado en los principios de la arquitectura y no los biológicos. El contexto histórico-teórico del Modernisme y Art Nouveau no confirma que los fundamentos teóricos estuviera basada en teorías o leyes del ámbito de la

al año siguiente. Añade que este fue el paso del estilo de la pequeña escala a la grande, y del estilo a la arquitectura. Henry Russell Hitchcock en su libro *Arquitectura: siglos diecinueve y veinte*, (1981) habla también del origen del Art Nouveau coincidiendo también con lo redactado por Pevsner. Y describe otras manifestaciones del mismo movimiento en Estados Unidos como el trabajo de Sullivan, Tiffani, de Gaudí en Barcelona que no fue hasta que se publicaron en revistas no se sabía de ello en otras partes. Pero tal parece que la manifestación de dicho movimiento se comienza a gestar antes de los años 1892.

ciencias naturales. Si bien los artistas admiraban los avances en el conocimiento de la biología particularmente la botánica y la zoología, pero el arte y el diseño no pretendía reinterpretar las leyes científicas, simplemente las admiraba y veía en las formas naturales una fuente de creatividad en conceptos plásticos y en forma; las interpretaciones en el diseño industrial, arquitectura y diseño gráfico tenían un carácter poético y no científico.

El Art Nouveau lo podemos entender desde un punto de vista muy general, como un movimiento artístico, intelectual, social, tecnológico y económico que se manifestó en distintas partes del mundo en donde también se desarrolló con características propias según sus intereses en los ámbitos ya descritos. Se conoce pues este movimiento como *Modernismo* en España, *Art Nouveau* en Francia, *Jugendstil* en Alemania, *Sezession* en Austria, *Style* en Bélgica, *Liberty* en Italia. En este trabajo vamos a llamarlo Art Nouveau al movimiento internacional y vamos a particularizar en el Modernismo catalán como tal.

El Art Nouveau en la arquitectura y el diseño en Europa toma como inspiración la ideología y quehacer de John Ruskin y William Morris en el denominado Art and Craft. El Art and Craft pretendía oponerse a la producción en serie de artefactos que sacrificaban la estética de la forma y desplazaba al artesano y artista sustituyéndolo por máquinas, a lo cual consideraban generar un movimiento en donde el arte, los oficios y la maquinaria pudieran trabajar en conjunto, sin que el producto perdiera la estética y expresión. Afirmaba también que el arte debía de manifestarse en todos los espacios y objetos que fueran de utilidad para el ser humano. El trabajo de William Morris fue muy variado, se desarrolló en varios ámbitos de la decoración, delineadores industriales (diseñadores industriales), ebanistería, y el diseño gráfico, diseño de fuentes y diseño editorial. Podemos encontrar muestras de diseño textil, tapices de pared pintados a mano; las portadas y páginas de libros; las fuentes tipográficas, los objetos de decoración y de uso cotidiano, así como en la arquitectura (nos limitamos a hablar solo dentro del ámbito de la plástica puesto que también influyó en otro tipo de artes como la literatura y pintura). Los signos más importantes que empleaba era la forma femenina, flores, hojas, enredaderas como elementos ornamentales. Los objetos eran tan detallados que sus costes eran inalcanzables fuera de los círculos burgueses, lo que no cubría del todo los ideales de William Morris.

Algunos aspectos identificados con más claridad son de un contexto social: en primer lugar un contexto político y económico detrás del movimiento, el arte debía llegar a todo el pueblo, así como también, la industrialización no podía permitir desplazar la labor del artesano. Desde el punto de vista de la estética y expresión plástica, había una fuerte inquietud de replantear los parámetros estéticos y teóricos, se pretendía integrar las pautas estéticas y técnicas de construcción medievales o históricas, representativas de cada lugar con normas y

metodologías nuevas que permitieran emplear los materiales contemporáneos. Lo dice Mireia Freixa, Anna Calvera y Teresa M. Salas en el siguiente párrafo al referirse específicamente al Modernisme Catalán.

En arquitectura y bellas artes en general, el movimiento también representó un redescubrimiento de las antigüedades medievales y monumentos de la ciudad como también el estudio de la construcción y tradiciones técnicas pertenecientes de la Edad Media, o técnicas de la arquitectura islámica². (2011. p.185)

Los elementos retomados de la naturaleza fueron un recurso de inspiración, como lo comentamos al inicio. Nickolas Pevsner hace notar una diferencia entre dos tendencias generales las cuales retoman la naturaleza, una de ellas es la tendencia de la escuela francesa particularmente la escuela de Nancy, en donde había una predilección por la ornamentación icónica o naturalista, imitativa de la flora y la fauna como un elemento que integraban a la pieza de diseño dándole una interpretación poética, no tanto científica. La figura natural era evidente, con cierto grado de modificación, pero era evidente. Sin embargo había otra línea con la cual se identificaba Henry Van de Velde, donde la forma natural tenía un grado de abstracción que partía de la observación de la naturaleza y posteriormente identificar un concepto que era llevado a la forma del objeto. Y para Henry Van de Velde, ese elemento fue la línea bajo el concepto de la fuerza y su vitalidad. El ornamento para Van de Velde tenía otro sentido el cual deriva de la observación y reflexión sobre la línea plástica.

El belga Henry Van de Velde, uno de los teóricos más importantes de la época del Art Nouveau, retoma la naturaleza observando sólo algunas características que le imprime a la línea; de esta manera se aleja de la aplicación icónica de la flora y figura femenina, justificando esto en su teoría de la línea, de la cual hablaremos a continuación.

V.2. La interpretación de la línea plástica y la línea en la naturaleza. Propuesta de Henry Van de Velde



Figura.V.1.Ornaments de fruits. Vers 1892, Pastel. Dimensión: 47x49. Imagen tomada de: Guimard Horta Van de Velde, Pionniers Du XX siècle., Paris: Musée des arts décoratifs. Organisée par l'Union centrale des Arts décoratifs. Del 10 Marzo al 31 Mayo, 1971. (Figura 46. Pag 81)

Henry Van de Velde (1863 – 1957) fue un pintor, diseñador de interiores, arquitecto, teórico muy importante en el movimiento del Art Nouveau. Posterior a sus estudios en Amberes, en la Academia de Bellas Artes de (ciudad natal) continuó su formación en el taller parisino del pintor Durant en el año 1885. Posteriormente motivado por las exposiciones y publicaciones del “Circle des Vingt” (Círculo de los XX), un grupo de pintores belgas en el cual ingresa. Allí conoce al artista inglés Alfred William Finch (1854-1930). El artista inglés lo puso en contacto con los escritos de John Ruskin y William Morris, así como con la artesanía inglesa. Henry Van de Velde empatizó con las ideas reformistas de los ingleses las cuales exclamaban que el arte debía estar al alcance del pueblo. La obra de William Morris fue también su

² La traducción es responsabilidad mía. A continuación se transcribe la cita original: In architecture and fine arts in general, the movement also represented a rediscovery of medieval antiques and monuments throughout the country as well as the study of constructive and technical traditions coming from the Middle Ages, or techniques from Islamic architecture. (Freixa, Calvera, Salas, 2011, p.185)



Figura.V.2. "Vela de ángeles" Tapicería realizada por Henry Van de Velde. (1893) Aplicaciones, lana y seda. Dimensión: 140 x 233 cm. expuesta en el Museum Bellerive, Zurich. Imagen tomada de: Gabriele Fahr-Becker. (2008) *El modernismo*. Alemania: H.F. Ullmann/ Tandem Verlag GmbH.(p.156)

inspiración desde el punto de vista estético e incorporó tapices diseñados por el artista inglés en alguna de sus primeros muebles que posteriormente cambio por unos propios (Fahr-Becker, 2008, p.157) .

Posteriormente dejó la pintura como menciona Gabriele Fahr-Becker, por que le parecía individualista sin embargo en su trabajo pictórico ya había comenzado su estudio sobre la línea. Podemos observarlo en la obra en pastel *Ornaments de Fruits* (1892) (Figura V.1), la tapicería titulada *Vela de ángeles*, de 1893 (Figura. V.2) y la publicidad para *TROPON Biscuits* (1898) (Figura V.3).

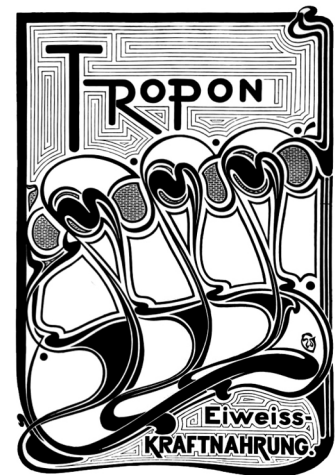


Figura.V.3. "Tropon Biscuits" Placard Publicitaire. (1898) Impresión en violeta y anaranjado. Dimensión: 27 x 24,5. Imagen tomada de: Guimard Horta Van de Velde, *Pionniers Du XX siècle.*, Paris: Musée des arts décoratifs. Organisée par l'Union centrale des Arts décoratifs. Del 10 Marzo al 31 Mayo, 1971. (Figura 58. Pag 87)

Más adelante, expandió su conocimiento y experimentación sobre el arte en el diseño de muebles y decoración, hasta llegar a la arquitectura. Entre muchas de sus obras se encuentra su propia casa *Bloemenwerf, Uccle* (figura V.4), en el año 1896 desarrolla junto con los franceses George Lemmen, Denis, Bernard y Rason los interiores de las cuatro estancias de la galería L'Art Nouveau galería regentada por Samuel Bing en París y aunado a la estancia también decoró una habitación de reposo con lo cual participó en la Exposición de Artes aplicadas de Dresde de 1897, esta obra le ofreció el reconocimiento internacional. Otra de las tantas obras en donde expresa la fluidez de la línea y la abstracción de la forma es el *Bureau plat* (escritorio liso) y *sillón*, alrededor de 1898-1899 modelo 1896 que se muestra en la figura V.5. La forma curva del escritorio es protagonista tanto de los detalles como las manijas de los cajones, es protagonista de la estructura del escritorio, su movimiento es elegante.



Figura.V.4. "Casa Bloemenwerf, Uccle" Construida por el mismo Henry Van de Velde, influenciado por el espíritu de la casa de William Morris. Henry Van de Velde realizó su proyecto bajo sus propios principios personales sobre la forma, empleando líneas sencillas. Imagen tomada de: Gabriele Fahr-Becker. (2008) *El modernismo*. Alemania: H.F. Ullmann/ Tandem Verlag GmbH.(p.157)

Henry Van de Velde estaba convencido de sus propuesta teórica de la línea y su fuerza como un ornamento, necesario en las piezas de diseño, arte y arquitectura. Idea que fue motivo para un debate que sostuvo Henry Van de Velde y Muthesius miembros de la Deutschland Werkbund (Munich) en la exposición de la Colonia 1914. Muthesius tenía la convicción en la tipificación, para una mejor producción. El diálogo lo cita Pevsner así:

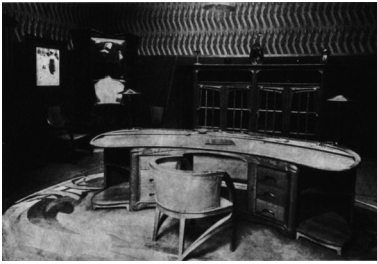


Figura.V.5. Despacho y escritorio. Exhibido en la exposición de 1897 de la Sezession muni-quesa. Bureau plat: 128 x 267 x 122 cm. Altura del sillón: 72 cm. Roble esculpido, bronce, cobre. Lámparas: cobre rojo. Tablero del escritorio y forro del sillón: cuero. Imagen tomada de: Gabriele Fahr-Becker. (2008) *El modernismo*. Alemania: H.F. Ullmann/ Tandem Verlag GmbH., p.154

En palabras de Klaus-Jürgen Sembach: "Con su forma curva y el móvil juego de sus líneas este escritorio intenta cautivar al usuario y atraerlo completamente a su hechizo. En cierto modo quiere mostrar que puede presentarle apoyo en su trabajo y que posee todos los requisitos necesarios para la concentración. Por así decirlo, el mueble se anuncia a sí mismo". (Tomado de Fahr-Becker, 2008, p.154)

Muthesius dijo: "La arquitectura y el conjunto de la actividad de la Werkbund avanza hacia la estandarización" (Typisierung)...Solo la estandarización puede, desde ahora en adelante, introducir un gusto verdadero y universal. Van de Velde repuso: "Mientras haya artistas en la Werkbund...protestarán contra toda sugerencia de un canon de estandarización. El artista, de acuerdo con su íntima manera de ser, es un ferviente individualista, un libre y espontáneo creador. Nunca se someterá voluntariamente a una disciplina que le obligue a admitir un tipo, un canon". (1968, p.181)

Su carrera pedagógica también fue de gran trascendencia para el diseño. En el año 1899 viaja a Weimar, Alemania en donde en el año 1905 abre el Gran Ducado Escuela de Artes y Oficios (Kunstgewerbeschule Institut) en donde siguió difundiendo la idea de establecer una colaboración entre la capacidad de la fabricación en máquina con el arte, para que las piezas no perdieran la expresión humana con la cual tanto quien la crea como quien la utiliza se identifiquen. Esta escuela fue predecesora directa de la Bauhaus (1919 a 1933) quien fue dirigida por Walter Gropius quien también continuó en esa misma línea de pensamiento, evolucionando según las necesidades del momento.

Esta breve descripción de la trayectoria de Henry Van de Velde nos proporciona una aproximación al contexto en el cual se desarrolla y se promueve su teoría. A continuación se hablará de los puntos más importantes de la misma.

La línea y la fuerza natural

El trabajo práctico y "académico" de Henry Van de Velde es importante así como también el aporte de carácter intelectual-teórico conocida como la teoría de la línea. Esta es publicada en *Formules d'une esthétique Moderne* (1923) (*Fórmulas de una estética Moderna*), de la cual contamos con una traducción de uno de los temas titulado *La ligne est une force. La línea es una fuerza* publicada por Pere Hereu, Josep María Montaner, Jordi Oliveras en *Textos de Arquitectura de la Modernidad*.

Estos textos concretamente son de interés en esta investigación porque en ese texto Henry Van de Velde hace una comparación de carácter análoga entre la naturaleza y la línea, como una primera etapa de la argumentación de la fuerza de la línea en el diseño; así mismo explica qué es el ornamento³.

Henry Van de Velde propone que la forma del Art Nouveau se basaba en el ornamento, entendiéndolo por este, (en términos generales) el

³ Como Nickolas Pevsner señala que la manera intelectual en la cual Henry Van de Velde transformó la naturaleza en ornamento fue radical y pocos fueron los que se mostraron como él, ya que en el Art Nouveau, sobre todo en la escuela de Nancy (ya mencionada anteriormente) había una fuerte tendencia opuesta, que retomaba las figuras de mujeres, plantas, flores, estilizadas, incluso creando un lenguaje simbólico con ellas. Con este naturalismo únicamente se conseguía una forma poética y bella. La forma abstracta era una síntesis de la forma que vendría en un futuro que no era inmediato, Henry Van de Velde se había adelantado a la época.

o los elementos que constituían la estructura del objeto, la forma o espacio. Para Henry Van de Velde la línea era la que generaba la estructura, la línea daba la forma y ésta era esencial o necesarias puesto que cumplía con una funcionalidad en el mismo diseño o composición. Esta línea se encontraba también en la naturaleza.

Henry Van de Velde concibe la idea de la línea precisamente de la observación y reflexión de la naturaleza pero dejó a un lado la fuerte influencia de la imitación figurativa que se entendía en el Art Nouveau que embellecía, y propuso un trabajo de abstracción tanto de la figura, solo a la línea. El arquitecto Inglés Charles Francis Annesley Voysey (1857-1941) que también había participado en el movimiento Art and Craft, dijo

Ir a la naturaleza es, desde luego, ir a la fuente principal, pero antes de acercarse a la planta viva, el hombre debe pasar por un proceso de selección y análisis. Las formas naturales han de ser reducidas a meros símbolos (Tomado de Pevsner, 1968, P.75)

Para Henry Van de Velde el movimiento de la línea es lo más importante, para él se asemeja a los fluidos, es impetuosa y marca un sentido direccional o varios. La analogía se detalla más en el siguiente párrafo:

...<<En este tipo de línea operan las mismas fuerzas que la naturaleza ha impregnado al viento, al fuego y al agua. Cuando el arroyo se precipita contra una piedra que se opone a su curso, se desvía y dirige sus aguas hacia la orilla opuesta donde escarba y erosiona los bordes. Cuando el viento choca con las poderosas cimas de las montañas y se rompe contra esas masas inquebrantables y cuando el fuego se desencadena bajo bóvedas de piedras se extiende, corre y se lanza buscando salidas.>> (Van de Velde citado por Hereu, Montaner & Oliveras, 1994, p.95. También en Van de Velde, 1923, p.64)⁴

Las líneas evocan la fuerza que las crea, las líneas son trayectorias de energía, se van creando simultáneamente energía y materia. Si la fuerza cambia de dirección la línea también lo hace; así mismo puede encontrarse con otras fuerzas cuya trayectoria pueda reunirse, o interactuar de alguna manera. Esta interacción en la naturaleza se resuelve mediante choque, unión, separación y diversas maneras. De la misma manera ocurre en la composición y la nombra como línea-fuerza. Así Henry Van de Velde expone la analogía en su libro *Formules d'une esthétique Moderne* cita:

<<La línea es una fuerza cuyas actividades son análogas a las de todas las fuerzas naturales elementales; cuando se reúnen varias líneas-fuerza y ejercen sus actividades en sentido contrario, provocan los mismos resultados que cuando las fuerzas naturales se oponen entre sí en las mismas condiciones! >> (Van de Velde traducido al español en Hereu, Montaner,

4 << En de pareilles lignes, les mêmes forces que celles qui dans la nature ont pénétré le vent, le feu et l'eau sont opérantes! Le ruisseau qui se précipite contre une pierre s'opposant à son cours se détourne et dirige ses eaux vers la rive opposée dont elles fouillent et font s'écrouler les bords! Le vent, fonçant sur les cimes puissantes des montagnes, se brise sur ces masses inébranlables, et le feu, déchaîné sous les voûtes de pierre, s'étend, court et s'élançe pour chercher des issues! >>
¶¶ Van De Velde, H. (1923) *Formules d'une esthétique Moderne*, Bruxelles: L'Equerre Société coopérative d'édition et de propagande intellectuelle. En el artículo Ce Retour a la conception sensuelle de la beauté ne pouvait échapper ni aux philosophes ni aux esthéticiens. (Van de Velde, 1923, p.64)

Oliveras, 1994, p.95, en idioma original en Van de Velde, 1923, p.64)⁵

La fuerza a la cual se refiere el teórico belga es la fuerza que surge del artista o diseñador, su misma energía se imprime en la línea al ser trazada y es lo que genera la trayectoria del material, sea madera, metal o trazo de carboncillo. En palabras de Henry Van de Velde:

<<La línea toma su fuerza de la energía de quien la ha trazado>>. (Van de Velde traducido al español en Hereu, Montaner, Oliveras, 1994, p.95, en idioma original en Van de Velde, 1923, p.64)⁶

Esta misma fuerza dada a la línea es también percibida por el espectador, al hacer el mismo recorrido podría decirse que el espectador empatiza con dicha línea-fuerza uniendo o sintonizando con su misma fuerza. Podríamos interpretar que es por ello que una línea puede tener el efecto de expresar algo. Hereu, Montaner y Oliveras explican en la introducción al tema de *La línea es una fuerza*, que para Henry Van de Velde sentimos las líneas que definen la configuración del objeto, así como también ellas manifiestan la vitalidad que el diseñador les atribuye, la propia vida objetivada. El diseñador o quien crea el objeto transmite su vitalidad a partir de la línea. Lo único que debe hacer la línea es explicarse, a partir de la fuerza, su acentuación y distinción (1994, p.94).

Cabe decir que la teoría de la línea no solo considera una comparación análoga entre la fuerza natural y la “fuerza” o “energía” emocional, la analogía queda como un nivel inicial de la argumentación, el segundo nivel podríamos decir que consiste en explicar el hecho que estas fuerzas pueden ser afines incluso se complementan (en lo subjetivo). Lo que para nosotros representaría que lo primero fue una analogía que más adelante ha sido reformulada para fines meramente plásticos. Henry Van de Velde sostiene la reinterpretación en la teoría de la *Empatía* en alemán conocida como *Einfühlung*. Incluye la empatía como el vínculo o el fenómeno que hace cohesión entre la pieza de arte-artista, y el arte-espectador. Un tema de mucho interés para el diseñador gráfico pero que es conveniente tratarlo en otro momento para no desviar la atención de la analogía.

Otras propiedades que distingue de la línea son que se puede considerar como un elemento fundamental por ser tanto forma como un elemento emergente entre la relación de dos espacios delimitados o dos tonalidades. La delimitación sería la línea que se dibuja en esta relación de toque. Dicho de otra manera, la línea genera relaciones entre dos o más espacios, dependiendo de su sinuosidad. Las líneas también son emergentes cuando hay un cambio de color.

⁵<<La ligne est une force dont les activités sont pareilles à celles de toutes les forces élémentaires naturelles: plusieurs lignes-forces mises en présence, exerçant leurs activités en sens contraire, provoquent les mêmes résultats que les forces naturelles opposées l’une à l’autre, dans les mêmes conditions!>> Van De Velde, H. (1923) Formules d’une esthétique Moderne, Bruxelles: L’Equerre Société coopérative d’édition et de propagande intellectuelle. En el artículo Ce Retour a la conception sensuelle de la beauté ne pouvait échapper ni aux philosophes ni aux esthéticiens. (Van de Velde, 1923, p.64)

⁶<<la ligne emprunte sa force à l’énergie de celui qui l’a créée!>>Van De Velde, H. (1923) Formules d’une esthétique Moderne, Bruxelles: L’Equerre Société coopérative d’édition et de propagande intellectuelle. En el artículo Ce Retour a la conception sensuelle de la beauté ne pouvait échapper ni aux philosophes ni aux esthéticiens. (Van de Velde, 1923, p.64)

El ritmo y jerarquía que se establece entre los espacios depende de las variaciones del grosor y las proximidades de las líneas, la mínima reflexión, todo ello es con lo cual se puede comprender la dimensión y la profundidad de cada uno de los planos y volúmenes. De esta manera la línea ejerce un efecto expresivo lo que lleva a decir a Henry Van de Velde que la línea es más “parlante” que la palabra escrita. A través de ella se puede identificar un lenguaje al que la sensibilidad humana puede acceder independientemente de la cultura y el tiempo.

Henry Van de Velde realiza una interpretación de diversos estilos a partir de la observación de la línea. La composición se compone de líneas que con características determinadas como la egipcia, la clásica griega, la gótica, la rococó expresa distintos sentimientos por sus diversas cualidades. Solo para observar hasta dónde ha llegado la teoría de la línea en la comprensión de la composición, vale la pena citar una fracción sobre el estilo rococó:

La línea rococó se caracteriza por sonrisas pícaras, los aires de minuetos y contradanzas reemplazan al sonido amenazante del bronce y a la gravedad de las cargas de la caballería; ilas pisadas leves de los escarpines reemplazan al ruido sordo de las botas con espuelas! ¡En cuanto a la superficie que la línea barroca intentaba destacar valiéndose de un continuo entrecocar de olas, ahora brillan con brusco resplandor de facetas multicolores, semejantes a las que brotan de la superficie del agua fustigada, por otra parte, sin mala intención!.(Van de Velde traducido al español en Hereu, Montaner, Oliveras, 1994, p.109, en idioma original en Van de Velde, 1923, p.75)⁷

El ornamento desde el punto de vista de Henry Van de Velde.

Como habíamos comentado en el inicio de este capítulo, para algunos teóricos la naturaleza ha sido una fuente de inspiración y han propuesto analogías, sin embargo la comparación hecha no está limitada al un nivel figurativo o simplemente identificar las similitudes. Sino que hay un proceso de reflexión y abstracción en lo que se observa para proponer una teoría o conceptos que son propios para resolver las necesidades particulares del diseño y del arte. En el caso de la analogía entre el diseño y la naturaleza que propone Henry Van de Velde lo hace de manera evidente: parte de la observación de las fuerzas, deduce que hay una línea y posteriormente llega al concepto ornamentación, una ornamentación responsable o generadora de la estructura del artefacto o espacio. Esta postura le hace ver como un artista-diseñador distinto a sus contemporáneos, y también es lo que le permite generar una línea dentro del movimiento Art Nouveau y posteriormente el modernismo. Gabriele Fahr-Becker cita el texto de Van de Velde:

La diferencia que hay entre el nuevo ornamento y el ornamento naturalista es tan grande como la que hay entre algo consciente, correcto, y algo falso, entre algo sano, que da fuerza porque es como debe ser, y otra cosa que está dejada al capricho que alguna vez toma en alguna parte un

⁷ <<la ligne emprunte sa force à l'énergie de celui qui l'a tracée!>>Van De Velde, H. (1923) Formules d'une esthétique Moderne, Bruxelles: L'Équerre Société coopérative d'édition et de propagande intellectuelle. En el artículo Ce Retour a la conception sensuelle de la beauté ne pouvait échapper ni aux philosophes ni aux esthéticiens. (Van de Velde, 1923, p.64)

motivo de la naturaleza, pero que con igual derecho podría haber querido lo contrario; entre algo guiado por las eficaces leyes de la armonía de las formas y determinado por ellas y algo desordenado, caótico, que surge del maravilloso encantamiento de todas las cosas con las leyes de la naturaleza.

Quien esté penetrado de estas leyes y de la influencia que unas líneas tienen sobre otras no podrá sentirse imparcial. Tan pronto como una línea ha sido trazada, la que se enfrenta a ella no puede ya liberarse del concepto que está encerrando en cada una de las partes de la primera; a su vez, la segunda línea actúa sobre la primera, que ahora se modifica, se remodela por relación a una tercera y a todas las demás que todavía seguirán.

Ahora es preciso llevar todas las líneas, de las que más tarde surgirán formas, a una armonía en la que todas las acciones queden calculadas y neutralizadas. Esta es la tarea de quien se dedica a la nueva ornamentación. Todo el mundo conoce los distintos nombres, ridículos y llevados al ridículo, que se han dado a la nueva ornamentación: esta noche sólo puedo aconsejar a ustedes que la llamen "natural"... El nombre importa poco; pero lo que sí importa es que el concepto de esta ornamentación sea expuesto con claridad. Entonces ya exigirá la ley de la adaptación que ese ornamento se fusione exactamente con la arquitectura moderna, es decir, con aquella arquitectura que toma del arte de los ingenieros más de lo que toma del arte del arquitecto, y cuya base creadora brota de los cálculos de la fuerza y de la resistencia.

Henry van de Velde, discurso de ingreso en la Real Academia de Bellas Artes de Amberes [Bélgica], 1893. Publicado en: *L'art Moderne*, 1893/1894 (citado en Fahr-Becker, 2008, p.160)

El ornamento influyó mucho en la generación de las formas del objeto, incluso, Henry Van de Velde explica que la forma en sí deduce qué ornamento requiere; el ornamento es parte de la forma, su función es complementar. La línea lo integra todo:

La línea se encarga de evocar aquellos complementos de los cuales la forma aún no está dotada pero que presentimos indispensables. Esas relaciones son de estructura y la línea, que es la que las establece, tiene la finalidad de sugerir el esfuerzo de una energía, tanto allí donde la línea de la forma revele elasticidad de la línea y de la forma evoquen la acción de una dirección energética procedente del interior de la forma. (Van de Velde en Hereu, Montaner, Oliveras, 1994, p.95, también en Van de Velde, 1923, p.65)⁸

La línea fue el elemento central para reinterpretar y valorar la ornamentación como parte estructural de la composición. Van de Velde propone el término ornamentación estructuro-lineal y dinamográfica; también tomó la línea como referencia para su observación y descripción de los distintos ornamentos en las tendencias del arte europeas, asiáticas y árabes. El ímpetu de la línea se modula dependiendo de si se tiene un ritmo predecible y constante, como los motivos geométricos; o si es excesiva, incontrolable y expansiva como en el rococó.

⁸ La ligne se charge d'évoquer ces compléments dont la forme est dépourvue encore mais que nous pressentons indispensables. Ces rapports sont des rapports de structure et l'office de la ligne, qui les établit, est de suggérer l'effort d'une énergie là où la ligne de la forme manifeste une flexion dont la cause ne paraît pas évidente; là où les effets de la tension sur l'élasticité de la ligne de la forme évoquent l'action d'une direction énergétique, partie de l'intérieur de la forme.¶¶ (Van De Velde, H. (1923) *Formules d'une esthétique Moderne*, Bruxelles: L'Equerre Société coopérative d'édition et de propagande intellectuelle. En el artículo *Ce retour à la conception sensuelle de la beauté ne pouvait échapper ni aux philosophes ni aux esthéticiens*. P65)

El tipo de analogía en la cual se basa Henry Van de Velde, podemos decir que es indirecta, puesto que si bien en la naturaleza hay fuerzas físicas, en lo psicológico son simbólicas. Por lo que la comparación no puede ser comprobable (las leyes de los fluidos no pueden ser las mismas que la percepción de una línea sinuosa), la analogía solamente puede ser aceptada y plausible por ser una manera de explicar la compleja comunicación a partir del lenguaje de las formas.

La teoría de la línea plantea una analogía en la cual se observa la línea generada por las fuerzas naturales en interacción con la materia. La línea que dibuja la trayectoria de esta acción ha sido el inicio o el concepto que toma Henry Van de Velde para la interpretación de la línea plástica. La trayectoria es una línea que la distingue desde el lienzo de una pintura, en donde la fuerza es totalmente subjetiva, hasta la línea física y tangible como lo genera el volumen en los objetos y la arquitectura.

Consideramos que esta analogía inicial en la teoría de Henry Van de Velde es abandonada al momento de generar una reinterpretación particular para el diseño, en donde los conceptos de "fuerza" "materia" en lo plástico se convierte a la línea-fuerza y ornamento que concretiza la forma de un objeto, figura o un espacio.

La teoría de la línea no solo permite hacer descripciones de la composición, sino dar una pauta explicativa del discurso visual y proporciona unas pautas para que el diseñador pueda abordar y comprender la composición a partir de un elemento concreto que generara toda la forma. Uno de los puntos más importantes pueden ser que se puede comprender que la línea genera la forma y por ello se manifiesta una vida natural (entendiendo por "natural" coherente), que emerge, que convive con diversas líneas. También se puede entender que la el movimiento de la línea generará la belleza. La línea es un ornamento que surge por la misma necesidad de estar en la composición por generar la estructura.

Henry Van de Velde generó así un lenguaje que pudiera caracterizar al movimiento y un lenguaje que era totalmente distinto a los lenguajes propuestos por los clásicos, donde los valores de la estética, los elementos plásticos tienen otra manera de interactuar y de ser interpretados por los artistas o diseñadores.

V.3. De la observación de la naturaleza al ornamento. Propuesta de Antoni Gaudí

Antoni Gaudí es una figura de la arquitectura en el Modernisme Catalán de Barcelona con la afición de observar y admirar a la naturaleza. Gracias a los estudios de su obra en la compilación de sus notas editada por Laura Mercader bajo el nombre *Antonio Gaudí, Escritos*

y *documentos*, hemos podido comprender el sentido filosófico que lo relacionaba con la naturaleza. Daniel Giralt – Miracle, Gaudí. *La recerca de la Forma. Espai, geometria, estructura i construcció* nos ha orientado en identificar sus estudios de ingeniería y física a partir de las geometrías que comparten algunas formas naturales. Por último la obra de Mireia Freixa “[...] donant la forma apropiada a l’ús i als materials [...]” En Bassegoda J., Freixa M., Giralt-Miracle, G., Guéné-Loyer, Salas.M.T. (2002) *Gaudí. Art i disseny*; en donde explica claramente (entre otros conceptos) el concepto de Ornamento desde la obra de Gaudí.

Las preguntas con las cuales iniciamos la investigación sobre Antoni Gaudí son ¿cuáles son las cualidades de la naturaleza que Gaudí pudo reinterpretar para solucionar problemas concretos de diseño? Así como también nos preguntamos si a partir de la observación de algún o algunos ser o seres orgánico (s) ha tenido inspiración como hipótesis iniciales para resolver algún concepto concreto.

A partir de la lectura de la bibliografía mencionada, no se ha podido resolver de manera detallada estas preguntas, inclusive a lo largo del estudio se vio que es un tema que requiere más bibliografía y por supuesto diálogo con los especialistas. Por lo que este apartado pretende abordar de manera general cual es el sentido del empleo de las formas naturales en la obra de Antoni Gaudí. Una respuesta que y que se acerca a que podamos considerar que Antoni Gaudí toma en consideración la analogía solo como hipótesis inicial en su proyecto puesto que la intención de emplear la naturaleza sobrepasa el naturalismo.

Pudimos comprender que Gaudí propone un sentido distinto para los elementos naturales que eran frecuentes en el Art Nouveau. Los elementos naturales deben ser parte de la estructura, deben generar la forma de la composición. Es decir, ser *ornamentos*. Esto fue parte de la peculiaridad de su obra considerada como Modernisme catalán. En este breve estudio proponemos (sin pretender ser determinantes) considerar tres caracteres en los cuales se retoma la forma de la naturaleza como *ornamento*: el carácter de estructura-física, el carácter integrador, el carácter simbólico. Como lo dice Mireia Freixa:

...l’ornament esdevenia un element bàsic per definir l’estil, però a més a més, havia de complir el repte d’integrar-se harmònicament al sistema estructural de l’edifici o dell’objecte, realçat tant el valor simbòlic com el funcional o tècnic. (Freixa, 2002, p. 62)<

El ornamento bajo el punto de vista de Antoni Gaudí

Antoni Gaudí i Cornet (25 de junio de 1852 – 10 junio 1926) fue un arquitecto se dice que desde su infancia tenía una gran afición por la observación de las formas de la naturaleza, más adelante profundizó su estudio desde el punto de vista geométrico y como estructura de fuerzas buscando dos beneficios importantes: facilitar el proceso constructivo empleando al máximo los beneficios de las técnicas arquitectónicas ya conocidas y asegurar la estabilidad del edificio.

El contexto histórico en el cual se encontraba Antoni Gaudí impulsa a la búsqueda de un estilo propio y una teoría que la sustente. En la época en la que Gaudí ya practicaba como arquitecto, en Europa se gestaba el movimiento Art Nouveau internacional bajo la tendencia francesa e inglesa, en la cual los arquitectos y diseñadores se identificaban con las líneas sinuosas e imágenes femeninas así como organismos vivos como ornamentos en los espacios y en objetos. Sin embargo Gaudí no se dejó influir por esta tendencia naturalista y profundizó en su estilo (Fundació Caixa de Pensions, 1986 p.67).

Gaudí manifestaba desacuerdo al naturalismo en la decoración tanto de objetos, espacios, edificios y afinidad a la abstracción de la forma natural para llegar a su concepto de funcionalidad, insistía en cada una de sus obras en una aplicación más comprometida con la forma en la arquitectura. Sus primeras notas sugieren esta idea cuando habla sobre la definición de lo que son los motivos ornamentales: *“Procedencia de la naturaleza para la estructura según la función que desempeñan cada uno de los órganos del cuerpo de la construcción”* (citado en Freixa, 2002, p.73). Y en escritos posteriores en donde se marca las nuevas orientaciones:

“Si se pudiese encontrar un sistema en el que la idea de la naturaleza pudiese descarnada de todo lo supérfluo, o mejor, si así como para un ser vivo es indispensable todo un organismo para la vida, para la representación de este ser vivo basta una forma simplificada, es decir, que no se trata de llevar la fotografía del objeto, sino su forma sintética” (citado en Freixa, 2002, p.74)

...

“El llibre, sempre obert i que cal esforçar-se a lleguir, és el de la Naturalesa [...] Hi ha dues revelacions: l’una doctrinària de la Moral i de la Religió, l’altra guiadora pels fets, que és el gran llibre de la Naturalesa”. (citado en Freixa, 2002, p. 74)

La arquitectura de Antoni Gaudí representa en todo sentido al Modernisme catalán⁹ entendido como éste la búsqueda de un estilo que

⁹ Me gustaría hacer señalar una característica que nos ayuda a distinguir las diferencias del Modernisme catalán al resto de Europa, por ejemplo en Inglaterra el movimiento surge de manera reaccionaria a dos cosas de manera muy fuerte, una a los estilos clásicos y la otra a la reacción hacia la industrialización, la despersonalización de los objetos y el desempleo de los obreros artesanos. En caso de Cataluña, ha sido reaccionario al Renaixença y generar un estilo con principios cosmopolitas, rescatando las diversas técnicas del medioevo de la región y también la integración de otras artes como la literatura y música. Integraron al artesano y técnicas nuevas también debido a la demanda de la fabricación de artefactos. Para profundizar más en este punto recomiendo leer el ensayo: Sala.M.T., Calvera,A. & Freixa.M. (2013) Rethinking the Significance of Catalán Modernisme in the History of Design in Barcelona. En *From Industry to Art Shaping a Design Market Through Luxury and Fine Crafts (Barcelona 1714-1914) Essays on local history*, Gragmon-UB Research Unit on Contemporary Art and Design Histories (eds) Calvera,A. (PR) España:GG. (p.176-210)

partiera de los conocimientos de la arquitectura ya realizada en la región (como el mudéjar) y los estudios del arte gótico, así como la estética y técnica de la época Medieval. Gaudí y otros arquitectos modernistas como Lluís Domènech i Montaner se ocuparon de estudiar, preservar y reinterpretar estos antiguos estilos de manera muy personal (Sala, Calvera & Freixa. 2013, pp.185-186).

Cabe decir que la teoría como la práctica de Antoni Gaudí tienen como base entre varias inspiraciones la influencia de la obra de Eugène Viollet-le-Duc. Gaudí como también varios profesores y estudiantes arquitectos de la Escuela de Arquitectura de Barcelona fueron influenciados por Viollet-le-Duc a través de sus obras el *Dictionnaire Raisonné de l'architecture française du XI au XVI* y el *Dictionnaire Raisonné d'architecture française de l'époque carlovingienne à la renaissance*. Viollet-le-Duc propone atender a la arquitectura como una disciplina integral del diseño, del espacio y la decoración como una sola composición. Gaudí y otros entendieron que los elementos empleados debían tener una participación lógica, razonada, y por lo tanto funcional en la composición arquitectónica, cualidades que pretende la idea de ornamento.

Gaudí decía: “[...] donant la forma apropiada a l'ús i als materials [...]” (Freixa, 2002, p. 59), donde muestra su preocupación por la forma y la coherencia de ésta con el ornamento, frase que publicó en el año 1878 en la revista *La Renaixensa*¹⁰ (citado en Freixa, 2002, p. 59).

Desde la práctica y reflexiones de Antoni Gaudí el concepto de ornamento Mireia Freixa distingue que tiene una primera cualidad la cual es *integrar-se a l'estructura de l'objecte sense sobreposar-s'hi*. (2002, p. 67) “La ornamentación es un medio por el cual se reviste de ciertas cualidades de forma a un objeto” (Gaudí, 2002, p. 91) La integración consideraba tanto los aspectos físicos, como los aspectos estéticos y simbólicos. Hay otras dos cualidades más. El ornamento contribuye a valorar las cualidades de la arquitectura, del objeto y la decoración, precisamente porque no es un elemento que confunda con formas inútiles. Y por último, el ornamento también proporciona belleza a la arquitectura y al objeto. Estos tres principios los hemos considerado en esta investigación como los caracteres del ornamento mencionados en la introducción: el carácter de estructura-física, el carácter integrador, el carácter simbólico.

-El carácter de estructura física del ornamento.

Una de las necesidades básicas de la arquitectura son las estructuras físicas. Estas estructuras son las que soportan el peso del edificio y que a su vez generan el espacio. Gaudí estudia la geometría a profundidad, las retoma, y las aplica a la construcción con maestría. Al-

10 La referencia original es *La Renaixensa* con el título “L'exposició d'Arts Decoratives en l'Institut del Foment del Treball Nacional”, primera parte, núm 52 (1 de febrero del 1881) pag 709-711; segunda parte número 53 (2 febrero del 1881) pág 739-740.

gunas de estas formas son fácilmente identificables en la naturaleza.

Para hablar de los conocimientos de geometría de Gaudí, ha sido muy ilustrativo la consulta de la obra de Daniel Giralt-Miracle titulado *Gaudí. La recerca de la forma. Espai, geometria, estructura i construcció*,¹¹ en el cual se realizó una selección y compilación de ejemplos del trabajo de Gaudí en este aspecto.

Giralt-Miracle distingue del trabajo arquitectónico de Gaudí unas soluciones constantes que nombra “patrones”. Distingue patrones geométricos de la forma y los clasifica como patrones geométricos de sintaxis. La sintaxis en la semiótica, se refiere a la relación de los signos; en la interpretación arquitectónica podemos entenderlo como las soluciones dadas en donde dos o más elementos participan interactuando y así generan la forma. Giralt-Miracle presenta varios patrones que resumimos en la figura.V.6

Patrones geométricos de sintaxis

Giralt-Miracle hace una explicación técnica y estética de cada uno de estos conceptos con excepción de la fractalidad que solamente es relacionada con la ramificación de un árbol, sin embargo, no expone si cada una de estas sintaxis son retomadas por Gaudí desde la naturaleza pero hemos complementado esta información a partir de varias fuentes.

Vitrubio por ejemplo, habla de su aprendizaje a partir de la observación de la naturaleza particularmente la simetría; manifestaba en la naturaleza por ejemplo en el cuerpo humano y una gran cantidad de organismos que cuentan con la simetría lateral. A la simetría se le atribuyeron interpretaciones de nivel filosófico y epistemológicos que referían a la belleza y al Creador, significados que le daban un valor a la arquitectura.

En otras fuentes encontramos algunos datos sobre sus observaciones que Antoni Gaudí hizo sobre la naturaleza que coinciden con los patrones, citaremos varios ejemplos.

Con relación a la *modulación*, se conoce que Antoni Gaudi tenía una afición por la observación de las abejas y panales, incluso se registró que incidentalmente su hermano Francesc publicó un artículo en la revista *Centre de Lectura de Reus* sobre las abejas. Las abejas y panales las empleó como inspiración y también las plasmó en su edificio tanto de manera icónica como estructural, siendo ejemplo de

¹¹ También traducida en formato electrónico bajo el título Geometría Gaudiana traducción precisa;. Geometría Gaudiana. Recuperado de http://66.102.9.104/search?q=cache:fcB6BLOlWMJ:www.seacex.com/documentos/gaudi_geometria.pdf+Paraboloide+Hiperbólica+Jacques+Binet&hl=es&ct=clink&cd=1&gl=es (Consulta, 25 agosto 2008).

Figura.V.6. (Abajo) Patrones geométricos en la obra de Gaudí. Por Daniel Giralt-Miracle. Giralt – Miracle, D. (Dir.).(2002). *Gaudí. La recerca de la Forma. Espai, geometria, estructura i construcció*. Barcelona: Ed Lunwerg Editores, Ajuntament de Barcelona, Sociedad Estatal para la Acción Cultural Exterior (SEACEX) (pp. 30-31). Cuadro: Angélica Castro

PATRONES GEOMÉTRICOS DE SINTAXIS EN LA OBRA DE GAUDÍ POR DANIEL GIRALT-MIRACLE (pp.30-31)

1.- Translación



Definición: Es el proceso de repetir todo desplazamiento formando las cenefas.

Obras: Bellesguards, Los arcos del Colegio de les Teresianes, El rosario de esferas del Parc Güell.

Imagen tomada de:
Giralt-Miracle, Gaudí. p.30

2.- Simetrización

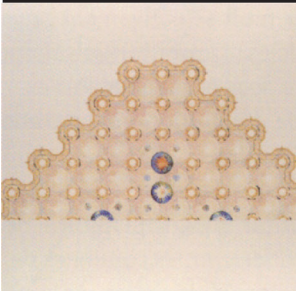


Definición: Es el proceso que utiliza planos de simetría para generar objetos de simetría especular.

Obras: Fachada de la Casa Batlló, Escalinatas de acceso al Parque Güell, Las plantas del Palau Episcopal d' Astorga y la Sagrada Familia.

Imagen tomada de:
Giralt-Miracle, Gaudí. p.31

3.- Modulación

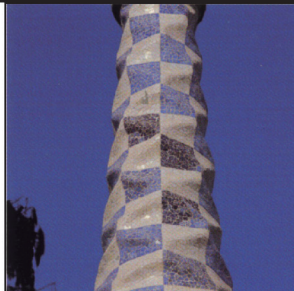


Definición: Estrategia de ordenar el espacio.

Obras: El Parc Güell, Sagrada Familia Casa Milà.

Foto: Giralt-Miracle, Gaudí. p.31

4.- La generación helicoidal



Definición: Hace en una combinación compleja del helicoide: dos vueltas en un mismo eje, posteriormente lo traslada en dirección del eje, originando hélice cilíndricas, helicoides y rampas helicoidales.

Obras: Columnas, escaleras de caracol, chimeneas.

Foto: Giralt-Miracle, Gaudí. p.31

5.- Redondeo de las formas



Definición: Suavizar las puntas o ángulos y contornos suaves a partir de parábolas, arcos de círculo, perfiles sinuosos.

Obras: Entrada del Parc Güell, Fachada de la casa Milà, Columnas de la Sagrada Familia.

Foto: Giralt-Miracle, Gaudí. p.31

6.- Marcación

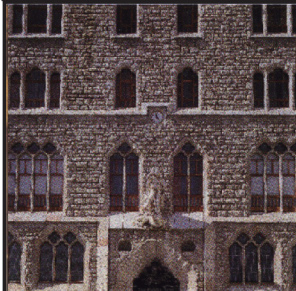


Definición: Operación compleja de intersectar o acoplar diversas figuras.

Obras: Sagrada Familia con la marcación de superficies regladas y elipsoidales, especialmente con la creación de pináculos.

Foto: Giralt-Miracle, Gaudí. p.31

7.- El vaciado



Definición: Obtener un cuerpo espacial mediante la sustracción de partes determinadas.

Obras: El arco de la puerta principal del Palau Episcopal d' Astorga. El friso creadas de algunas puertas de la casa Milà después de haber retirado el material con un diente. Las figuras geométricas como los nudos de las terminaciones de columnas de la Sagrada Familia o las intersecciones de superficies que se observan en el techo.

Foto: Giralt-Miracle, Gaudí. p.31

8.- La disección

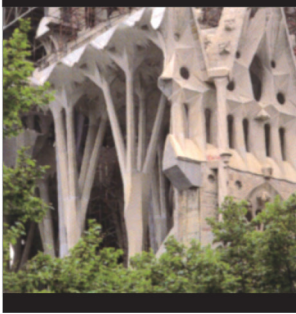


Definición: Copia selectiva de objetos espaciales.

Obras: Partes de la hiperboloide de una hoja y la paraboloides hiperbólicas en el techo y ventanas de la Sagrada Familia.

Foto: Giralt-Miracle, Gaudí. p.31

9.- La fractalidad



Definición: Principio que parte del crecimiento de las ramas de los árboles.

Obras: En la Sagrada Familia el centro de la fachada se origina con un tronco que a partir de nudos elipsoidales se multiplican en nueve columnas en las que distribuye las cargas superiores.

Foto: Giralt-Miracle, Gaudí. p.31

10.- La autosemejanza



Definición: El principio de utilizar la misma forma repetida en distintas medidas o escalas distintas.

Obras: El uso repetido de paraboloides hiperbólicas gigantes y a la vez emplearlas en escala menores como decoración.

esto las cúpulas cubiertas por hexágonos, figura geométrica que repetía constantemente para poder saturar un espacio y aprovecharlo al máximo, además de la repartición de las formas a través de los ángulos de las líneas, cumpliendo así con el módulo (Crippa, Bassegoda, Morell, Navarcués, Navés, 2001,p.61).

En la fisionomía de algunas especies acuáticas, es común la *redondez de las formas*. Por ejemplo, en los delfines, tiburones y ballenas esta *redondez de la forma* les ayuda a desplazarse con velocidad por el fondo del mar, proporciona también un dinamismo en esta relación con la fricción.

El concepto de *espacios extraídos* Girart-Miracles considera que es un concepto básico para la arquitectura. Antoni Gaudí recupera el modelo de los hormigueros que existen gracias a los espacios generados por las hormigas.

Como *disección* se entiende que es la traslación de una solución de un contexto a otro, incluyendo modificaciones óptimas para su adaptación del modelo original al producto final. En el esquema se distingue la geometrización de una hoja y ésta, a su vez, es reinterpretada para generar una forma geométrica óptima que resuelva el capitel del pilar en la Sagrada Familia.

La *marcación*, que es la operación de intersectar, es un modelo que podemos encontrar en la naturaleza. Es lo que permite unir a dos huesos, lo que une dos objetos distintos o superficies distintas. La generación helicoidal mejor conocida como espiral, puede ser encontrada fácilmente en la naturaleza, en el mundo de lo microscópico encontramos los espirilos y en el macroscópico como en los cuernos de algunos animales y conchas. Gaudí lo empleaba en sus chimeneas, simulando el movimiento turbulento ascendente que dibuja el humo cuando sube.

A partir de ello podemos completar la primera reflexión del cuadro de sintaxis con lo siguiente: si bien, el método de estudio de la naturaleza hecho por Antoni Gaudí no se quedó en un estudio de observación de la misma no profundizó en los principios biológicos, pasa a un plano físico de éste, porque no sería posible emplear la naturaleza en la arquitectura de manera directa, necesita pasar al plano de la abstracción morfológica y al estudio de sus necesidades de ingeniería. Gaudí establece una analogía indirecta, pero también podemos considerar que parte de la analogía como una hipótesis inicial y posteriormente distingue cuáles son las cualidades útiles para la arquitectura, apartándose de la representación icónica del ser orgánico apegándose a la geometría.

Formas curvas planas

“Les formes continues són les perfectes”. Antoni Gaudí (citado en Giralt-Miracle. 2002, p.34)

En el Art Nouveau las curvas eran parte del lenguaje plástico. Antoni Gaudí aprovechó su función en la arquitectura aplicándolas en fachadas, techos, escaleras, muebles y también desde el punto de vista funcional. En los arcos la misma estructura permite que la distribución de las fuerzas se reparta para poder soportar las losas. En los muebles y objetos, la línea curva les proporcionaba una morfología que asemeja el contorno del cuerpo humano o a diversos seres orgánicos. La finalidad del arquitecto catalán era que la forma fuera un resultado del manejo de la materia, la funcionalidad y la estética; la geometría le proporcionó resolver los aspectos técnicos y estéticos de manera eficiente, con formas muy sencillas. La geometría cooperó para que pudiera conseguir el carácter de ornamento en el aspecto estructural físico.

Las formas expresadas con sencillez tienen mayor grandeza.
La multiplicación de molduras induce necesariamente a la complicación de los motivos ornamentales.
Las molduras corridas roban a las distintas partes constitutivas de un objeto su papel especial y por consiguiente la estructura se presenta confusa, nacido de aquí que cada objeto y cada uno de sus miembros deben tener forma propia y adecuada, constituyendo esto, ya por sí sólo, una ornamentación, que se puede enriquecer más o menos según el carácter que se trate de imprimir.
Las formas derivadas de la geometría dan gran distinción y claridad. (Gaudí, 2002, p. 70)

Giralt-Miracle cita 5 tipos de curvas reconocidas en el trabajo de Antoni Gaudí como constantes, estas son principalmente: la catenaria, espirales, curva sinusoidal, cónicas y curvas redondeadas. También recurre frecuentemente a las superficies regladas de las cuales Giralt-Miracle considera presentes con frecuencia las siguientes: el cilindro, helicoides, conos, superficies conoidales rectas, hiperboloide de una hoja y paraboloides hiperbólicas. Son formas que cooperan con el manejo de la materia de manera “económica” Se ha resumido su descripción en la figura.V.7 y figura V.8. de esta investigación.

Vale la pena subrayar que Antoni Gaudí tenía un amplio conocimiento sobre geometría que incluso ya era empleado por estilos arquitectónicos anteriores. Su mérito fue aplicar algunas de ellas en un estilo nuevo, por ejemplo el arco catenario incluido en la figura V.7. estudiado desde la antigüedad por el astrónomo, matemático, filósofo y físico italiano Galileo Galilei (1564-1642) hasta Robert Hooke ¹², en 1670. Gaudí lo retoma

¹² La curva catenaria fue distinguida en la antigüedad por el astrónomo, matemático, filósofo y físico italiano Galileo Galilei (1564-1642). El filósofo matemático y naturalista alemán Joachin Jungius (1587-1657) distingue la diferencia entre arco catenario y la parábola, definida como “catenaria” del latín catena, cadena por el matemático, físico y astrónomo holandés Christiaan Huygens, durante sus estudios para definir a la familia de curvas con estas características, Huygens fue motivado por Mersenne. Posteriormente el escocés David Gregory (Gregorie) escribió un tratado sobre ello en 1691 y Leonhard Euler demostró que la curva rotada sobre el eje x puede producir una forma

y mejora su aplicación.

-El carácter integrador del ornamento.

La idea de ornamentación que proponía Violet-le-Duc ha partido del principio de integración entre la decoración de interiores con la arquitectura. Hélène Guèné sintetiza lo que es ornamento a partir de su reflexión sobre el trabajo decoración y reconstrucción que hizo Viollet-le-Duc del castillo Pierrefonds (1866-1868) en París:

L'ornament ja no és el comentari de la funció, de l'estructura o de la representació, i ja no està al servei de l'arquitectura; esdevé ell mateix arquitectura. (Guèné, 2002, p.37)

En el modernisme Catalán este concepto se lleva a la práctica y se amplía al exterior, permitiendo una convivencia armónica entre el edificio y el exterior.

Ara li toca a ell explicar una silueta, una massa, un volum, un pla, una obertura o un espai, sense cap restricció. L'ornament ha ha esdevingut el comentari del relat espacial. El modernisme catalán, més que cap altre, és la il·lustració perfecta i original d'aquest fenomen naixent. (Guèné, 2002, p.37)

El empleo de la escultura naturalista ha tenido distintos objetivos, uno de ellos es el de la integración entre el contexto de la arquitectura y el edificio, es decir generar un vínculo entre el interior y el exterior. Las fachadas o puertas de hierro son decoradas con la flora y fauna del contexto, de esta manera el edificio no era un objeto extraño ni agresivo para el lugar, el respeto por el espacio se manifestaba en la integración. La flora y fauna quedaba inmortalizada en las fachadas de los edificios, como los girasoles de la casa Capricho, que tuvieron que ser destruidos para dar lugar a la construcción.


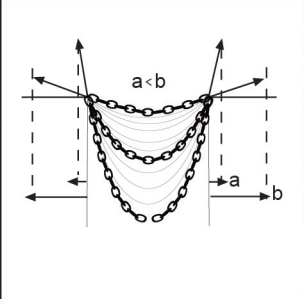

Las texturas generadas a partir de la repetición de figuras naturales o compuestas por trozos de material sea piedras o mosaicos, también tienen un papel importante como elementos que permiten una mimetización o/e integración del edificio con el contexto. En la obra de Antoni Gaudí las texturas formaron parte de la estructura. Las texturas con trozos de mosaicos en la casa Batllò, así como en el parque Güell, nos permiten disfrutar del acento de volúmenes. También la textura lograda por el color puede evocar superficies acuosas que



tridimensional, considerada tras el plan, como una superficie mínima descubierta denominada catenoide. Desde el punto de vista de la aplicación en la arquitectura, fue empleado de manera casual y no claramente en el gótico. En el año 1670, Robert Hooke plantea a la Royal Society de Londres la investigación sobre cuál es la forma ideal de un arco, resultado que él consideró dado en el año 1675, escrito en un anagrama en un apéndice de su Description of Helioscopes. Pero no llegó a revelar la solución, sólo en el 1705, después de su muerte su albacea lo develaría. "Ut pendet continuu flexile, sic stabit contiguu rigidum inversum", igual que cuelga un hilo flexible pero invertido se sostendrá un arco rígido. Gregory añadió un matiz interesante, el arco catenario invertido es la forma ideal de un arco, y si los demás arcos funcionan es porque tienen una catenaria en su interior. sin embargo es hasta Gaudí que se emplea de manera sistemática, y hasta es definido como un arco que presenta una estabilidad mayor que cualquier otro.

Figura.V.7. (Abajo). *Patrones geométricos de curvas planas en la obra de Gaudí.* Imágenes y contenidos tomados de Giralt – Miracle, D. (Dir.).(2002). *Gaudí. La recerca de la Forma. Espai, geometria, estructura i construcció.* Barcelona: Ed Lunweg Editores, Ajuntament de Barcelona, Societat Estatal para la Acció Cultural Exterior (SEACEX). p.p.34-36. Cuadro realizado por: Angélica Castro

Figura.V.8. (Abajo) *Patrones geométricos de superficies regladas en la obra de Gaudí.* Imágenes y contenidos tomados de Giralt – Miracle, D. (Dir.).(2002). *Gaudí. La recerca de la Forma. Espai, geometria, estructura i construcció.* Barcelona: Ed Lunweg Editores, Ajuntament de Barcelona, Societat Estatal para la Acció Cultural Exterior (SEACEX). p. 36-40. Cuadro realizado por: Angélica Castro






PATRONES GEOMÉTRICOS DE CURVAS PLANAS EN LA OBRA DE GAUDÍ
POR DANIEL GIRALT-MIRACLE (pp.34-35)

1.- Catenaria		2.-Espirales	
			<p>Definición: La espiral de Arquímedes: "Si una línea recta que permanece fija en un extremo, se le hace girar en el plano con velocidad constante, hasta hacerla volver de nuevo a la posición de la que ha partido, y junto con la recta que gira, se mueve un punto sobre la recta, también a velocidad constante iniciando su movimiento desde el extremo fijo, el punto describe en el plano una espiral"</p> <p>Tomado: http://www.uch.ceu.es/principal/eponimos_cientificos/eponimos/Arquimedes.pdf</p>
<p>Foto: Arco catenario de la Casa Milà. Giralt-Miracle, Gaudí., p.34</p> <p>Obras: La cooperativa L'Obrera Mataronense, Col·legi de les Teresianes, Mirador del a Finca Güell, Las Portes del Palou Güell, Los cuadros de los pavellones de la Finca Güell y de la Casa Milà.</p>	<p>Ilustración: Giralt-Miracle, Gaudí, p.97</p> <p>Definición: Curva formada por una cadena suspendida libremente de dos extremos.</p>	<p>Foto: Espirales de la Casa Milà. Giralt-Miracle, Gaudí. p.35</p> <p>Función: Motivo decorativo</p> <p>Obras: Las rejas del Parc de la Ciutadella, El balcón de la Casa Vicens, El dragón de la Finca Güell, Los mosaicos del Passeig de Gràcia, El timbre de la Casa Calvet, La escalera de la Sagrada Familia.</p>	<p>Espirales logarítmica, equiangular o logística, las rectas desde el origen son cortadas con un ángulo igual.</p> <p>Modelo natural: Estos dos tipos de espiral son omnipresentes en la naturaleza (conchas de caracol, el girasol, cuernos, colas).</p>

3.-Sinusoide		4.-Cónicas	
	<p>Definición: Propias del movimiento serpenteante, las sombras de las hélices espaciales.</p> <p>Modelo natural: En los movimientos serpenteantes, en las olas del mar, sombras de las hélices espaciales.</p>		<p>Definición: la circunferencia, elipse, parábolas, hipérbolas son curvas provenientes de los distintos cortes del cono, y éste es una superficie reglada. En la época de Antoni Gaudí había un gran interés por el estudio de estas figuras geométricas.</p>
<p>Foto: Banco del Parc Güell. Giralt-Miracle, Gaudí. p.34</p> <p>Obras: El banco del Parc Güell, El muro de la casa Miralles, Diversas decoraciones en las Escoles Provisionals de la Sagrada Família, en su propio Taller.</p>		<p>Foto: Banco del Parc Güell. Giralt-Miracle, Gaudí. p.34</p> <p>Obras: El banco del Parc Güell</p>	

5.-Curvas redondeadas
<p>Obras: Puertas, sofás, balcones, ventanas, escaleras, fachadas, el pavellón de la entrada del Parc Güell, Casa Milà.</p> <p>Definición: curvas topológicamente equivalentes a un círculo, que se obtienen por deformación continua del mismo. Son formas características del modernismo.</p> <p>Objetivo: Decoración y forma general del edificio.</p>

**PATRONES GEOMÉTRICOS DE SUPERFICIES REGLADAS
EN LA OBRA DE GAUDÍ. POR DANIEL GIRALT-MIRACLE (pp.36-40)**

<p>1.- Cilindro</p>		<p>2.-Helicoides</p>	
	<p>Definición: Superficie reglada generada por una recta que gira paralelamente en un eje.</p> <p>Foto: Torre cilíndrica de El Capricho. Giralt-Miracle, Gaudí. p.36</p> <p>Obras: Base de las torres de la Casa Vicens, Torres y cubiertas del pabellón de la Finca Güell, Parc Güell, Torre principal del Capricho, Torres del Palau Episcopal d'Astorga, Casa Fernández Andrés (Casa de los botines)</p>		<p>Definición: Una superficie generada por el movimiento de una recta que se mueve paralelamente a un plano, se apoya en una recta perpendicular a éste y en una hélice asociada a un cilindro perpendicular al plano que tiene como eje central una recta fijada. Así pues se origina al provocar un movimiento helicoidal (rotación, entorno de eje, compuesta con translación de dirección paralela a éste.)</p> <p>Foto: Pilares del Parque Güell. Giralt-Miracle, Gaudí. p.35</p> <p>Obras: Las escaleras de caracol construidas con piedra, madera en El Capricho, Sagrada Familia, Palau Güell, Casa Milà, La cripta de la Colònia Güell.</p>
<p>3.-Conos</p>		<p>4.-Superficies conoidales rectas</p>	
	<p>Definición: Todas las rectas que, al pasar por un punto apoyan en una curva espacial (que no contiene el punto dado) dan lugar a una superficie conoidal. Cuando esta curva es una circunferencia o una elipse, tenemos los conos circulares o elípticos tradicionales.</p> <p>Foto: Cono de la cúpula del Palau Güell. Giralt-Miracle, Gaudí. p.38</p> <p>Obras: Torres del Palau Episcopal d'Astorga, Torres de la Casa de los Botines de Lleó, Palau Episcopal.</p>	<p>Obras: Escoles Provisionals de la Sagrada Família, La cubierta del almacén de esculturas del taller de Gaudí.</p>	<p>Definición: Superficie reglada determinada por una recta, un plano perpendicular y una curva en el espacio, y son formadas por todas las rectas que se apoyan en la recta dada y en los puntos correspondientes de la curva fijada y todas estas rectas son paralelas al plano dado.</p>
<p>5.-Hiperboloide de una hoja</p>		<p>6.-Paraboloides hiperbólicas</p>	
	<p>Definición: Son superficies formadas por rectas que se apoyan en dos elipses iguales y paralelos, y que unen un conjunto bien definido de puntos correspondientes entre las dos elipses. Estas superficies tienen dos familias de rectas generadoras, las unas en un sentido y otras en sentido contrario, y representan un caso especial entre el cono elíptico y el cilindro elíptico. El caso común de revolución se origina a partir de un giro de una hipérbola entorno al eje de simetría que no corta la curva.</p> <p>Función: Forma óptima como una campana Formas también empleadas para facilitar la iluminación</p> <p>Obras: Columnas del Parc Gèll, el Palau Güell, Las cuadras de la Finca Güell y la Casa Calvet, Los ventanales de la Sagrada Familia.</p> <p>Foto: Parc Güell. Giralt-Miracle, Gaudí. p.38</p>		<p>Definición: Superficie reglada formada por rectas que se apoyan en dos rectas que se encuentran en el espacio de manera ordenada. De acuerdo al teorema de Jacques Binet, dada cualquier superficie S torcida, reglada y no desarrollable, y una recta r de S, la superficie formada por todas las rectas de los vectores normales a S a lo largo de r es el paraboloides hiperbólico. En consecuencia, esa superficie tiene un papel relevante en toda la geometría diferencial de superficies regladas. Hay que subrayar que la superficie del producto $z = x \cdot y$ y de números reales es un paraboloides hiperbólico.</p> <p>Obras: Glorieta del campo de las Higueras de la Finca Güell, Acabados en las chimeneas del Palau Güell, Zonas del techo de la cripta de la Colònia Güell en el pórtico, Cubierta del pabellón de la entrada del Parc Güell, Sagrada Família.</p> <p>Foto: Pináculos de la Sagrada Família. Giralt-Miracle, Gaudí. p.39</p>

reflejan los rayos del sol. Las texturas son elementos integradores con el contexto. El caso de los pilares del Parck Güell, que al mimetizarse con las texturas de los troncos de las palmeras generan una armonía con la naturaleza dando la sensación que la construcción es parte del contexto natural. Por otro lado, encontramos la reja de la casa de Pedralbes, en la que la abstracción de hojas de palmeras cubre la superficie, cerrando parcialmente el espacio pero permitiendo a su vez que se pueda observar hacia la parte interior de la propiedad, que igualmente es un jardín. Es decir, los elementos que dividen los espacios no los dividen de manera brusca, sino gradual, dando lugar a la apreciación de uno y otro con jerarquía, con un orden de aparición que da a cada uno el debido tiempo para ser apreciado de acuerdo con el tiempo que individuo se encuentre frente a ellos. De esta manera también se armoniza la interacción de ambos contextos. A esto se le llama ornamento.

La integración multidimensional de los elementos de una composición evoca una belleza que el artista así como el diseñador persiguen en su obra. Y dentro de la filosofía de Viollet-le-Duc y de Antoni Gaudí también se reinterpreto este concepto. Se entiende que el ornamento coopera embelleciendo la composición, pero bajo un criterio distinto al naturalismo en la arquitectura:

“Para que un objeto sea altamente Bello, es preciso que su forma nada tenga de supérfluo sino que las condiciones materiales lo hagan útil, teniendo en cuenta el material de que se dispone y los usos que ha de prestar, de aquí nacerá la forma general” (Gaudí, 2002, p.42)

Un concepto de belleza formulado desde la funcionalidad que puede tener cada elemento que constituya la forma. (Freixa, 2002, p. 67). Esta reflexión implica que cada elemento que se agregue, requiere tener una participación activa dentro de la composición. Lo que conlleva a un acto de abstracción, síntesis. En el Modernisme catalán las ondulaciones de la línea tienen un sentido.

-El carácter simbólico en el ornamento

Mireia Freixa sintetiza en una frase lo que es el valor semántico del ornamento considerándolo como: “... es donat per la aplicació dels *motius*” (Freixa, 2002, p.71). El arte siempre ha tratado de imitar a la naturaleza y el Art Nouveau no ha sido la excepción. Tanto Viollet-le-Duc como Antoni Gaudí comenzaron a destacar otra manera de poder observarla. Y entre los aspectos físicos de ingeniería que ya hemos hablado de ellos, proponen la simbología. Antoni Gaudí propone un lenguaje a partir de las figuras naturales las cuales integra como ornamentos a los edificios y objetos y se conoce como escultura naturalista.

La escultura naturalista consiste en representar de manera más icónica la naturaleza, sin embargo el arquitecto catalán trasciende solo

la representación icónica en una figura abstracta que acentúa el carácter simbólico. Antoni Gaudí afirma que “[...] la ornamentación para que sea interesante ha de representar objetos que nos recuerden ideas poéticas, constituyan motivos” (Citado en Freixa, 2002, p.71). Para Mireia Freixa se refiere al significado del ornamento. Por ejemplo algunos edificios cuentan con seres vivos pertenecientes a la zona de Cataluña en donde se encuentran construidos y por los muros corren lagartos, tortugas, serpientes, aves, árboles, aunque pueden haber seres mitológicos como dragones que representando la identidad de la región tanto en lo físico como en lo cultural.

La escultura que toman lugar de ornamentos también pretende darle *carácter*¹³ al edificio. Esto les proporciona una expresividad del uso, una interpretación a través de la forma que los distingue de ser edificios públicos, civiles, militares, religiosos, o particulares. Si el carácter no solo consiste en la escultura sino en toda la estructura del edificio, pero la escultura forma parte de él. Podemos notarlo en la Sagrada Familia, todo el edificio se encuentra relacionado con un símbolo religioso. Las esculturas no son adosadas por azar, sino que cada una narra el contenido del carácter del edificio, inclusive las esculturas de la flora y fauna forman parte de la simbología religiosa que aporta Gaudí en la interpretación de las creencias religiosas.

Aunado al valor simbólico de la escultura, para Antoni Gaudí debe manifestarse dentro de una sintaxis. En la escultura naturalista se debe guardar el detalle y el contexto de la escultura para que pueda realmente ser considerado una composición en unión con el edificio.

“La estatuaria moderna ha partido de un principio que descansa en el estudio del natural, sorprendiéndolo y fotografiándolo, pero necesariamente que esto nos induce primero, al objeto, que para ser completo debe reunir no sólo la forma sino el color, y cuando esto tenga, entonces le falta el movimiento y luego la sensibilidad y la vida, por lo que el mejor objetivo de este caso es la escenografía y no la escultura ornamental; y segundo, que a un ente o ser, al ponerse en escena, deben acompañarle todos los accesorios de la escena, de lo contrario no es más que una creación exótica arrancada del mundo donde residía y que está penando para volver...” (Gaudí, 2002, p. 91)

El carácter simbólico no llega a ser una analogía, puesto que el significado de una composición artificial no es lo mismo que el significado de un organismo dentro de un ambiente natural. El significado es un valor añadido a la forma que cumple con el efecto comunicacional y por ende cultural. Por lo que es un carácter que si bien puede partir de las cualidades de la conducta de la fauna o las cualidades estéticas de la flora y si estas se asocian a valores humanos espirituales o conductas humanas, se consideran reinterpretaciones culturales general-

¹³ Para Antoni Gaudí “El carácter es el criterio de la ornamentación” (Gaudí, 2002, p.43). Laura Mercader editora del libro de Gaudí, Escritos y documentos dice que el término “carácter” ha sido empleado en la arquitectura por primera vez en el Livre d’architecture contenant les principes généraux de cert art (París: 1745, pág.11 y ss) del arquitecto francés Germain Boffrand (1667-1754) y Gaudí lo emplea con el mismo sentido. (Gaudí, 2002,p.43). Es un concepto muy interesante para estudiarlo con mayor cuidado en una siguiente investigación en la que profundicemos sobre la práctica y teoría del arquitecto catalán.

mente de sentido místico. Se pueden considerar como metáforas y no analogías según esta investigación.

La obra de Antoni Gaudí está descrita por otros arquitectos desde un punto de la metáfora. Se han hecho interpretaciones de la fachada de la casa Milà, (Barcelona), como acantilados rocosos, realizando una montaña urbana. Varios tratadistas la identifican con distintas montañas; Joan Matamala la identifica como acantilados de Sant Miquel del Fai; el escultor Vicenç Vilarrubias pensó en la playa de Pareis, al norte de la isla de Mallorca y Joan Bergós, con los riscos de Fra Gue-rau en el Priorat. (Fundació Caixa de Pensions, 1986 p.144). También se han interpretado algunas chimeneas como piedras erosionadas justamente las del terrado de la misma casa Milà (Fundació Caixa de Pensions, 1986, p.146). Es parte de la narrativa de la composición que evoca los ornamentos.

La naturaleza para Gaudí parece que ha sido contexto, ha sido fuente de creatividad para conceptos simbólicos y también para soluciones estructurales. Pero la Geometría ha sido quien ha hecho posible llevar a cabo la integración, la estructura física y la forma.

La cualidad que podemos considerar como analogía que Gaudí observó en la naturaleza ha sido el aspecto de ingeniería, la estructura de fuerzas de la forma natural. Para su ejecución identifica esas formas en la geometría euclidiana y a partir de allí genera diversas estructuras. Propiamente sería una analogía indirecta.

Sin embargo, Antoni Gaudí también emplea la naturaleza como un elemento abstracto con atributos de su morfología que cooperan para integración del modelo artificial al contexto ambiental. También propone un significado a la naturaleza, un lenguaje simbólicos que proporciona un significado y expresión a la arquitectura y al objeto. Estos dos atributos o caracteres del ornamento (como nos hemos referido en este estudio) son particulares de la concepción de la arquitectura y el diseño y no son considerados analogía. Son propios de la reinterpretación de la naturaleza al diseño y a la arquitectura.

A partir de este estudio consideramos que Gaudí observó la naturaleza, la consideró como punto de partida para realizar soluciones prácticas considerando el concepto de *ornamento*. Entendemos por *ornamento* la coherencia entre forma y materia y funcionalidad. El concepto *ornamento* ha marcado una diferencia de considerar la obra de Gaudí como una analogía con la forma de seres orgánicos a considerar la analogía solo como parte del proceso de observación o hipótesis inicial para poder conseguir una respuesta particular para la arquitectura y diseño.

Cabe añadir a esta conclusión que el hecho de considerar a la naturaleza como un modelo del cual se puede reinterpretar a través de la síntesis, abstracción en el diseño y la arquitectura contribuye a la originalidad de la composición. Esto ha sido una de las enseñanzas de Antoni Gaudí en el Modernisme catalán así como la teoría de la línea de Henry Van de Velde en el Art Nouveau internacional. Y Gaudí lo interpreta de la siguiente manera:

“Ser original és atansar-se als orígens” (Puig, 1981 Gaudí, 1982) no s’ha d’interpretar com un simple retorn o imitació de les formes i les estructures procedents de la naturalesa (geologia, mineralogia, botànica i anatomia)... sinó com un refer el camí que posa l’accent en el “procés inventiu com a tal” i “ no reperteix un lloc comú” (Pane, 1984), com ha apuntat Roberto Pane, com “na recerca de les problemàtiques en el seu propi origen”. (Autors diversos, 1978 en paraules d’ Alexandre Cirici. Citado por Giralt-Miracle, 2002, pp. 20-21)

V.4. La tensión y flexibilidad en la ingeniería de la arquitectura y naturaleza. Propuesta de Frei Otto

El arquitecto alemán Frei Paul Otto (1925-2015), teórico y profesor, es considerado, uno de los líderes en los estudios sobre la arquitectura y las formas orgánicas. Su estudio basado en la naturaleza lo lleva a proponer importantes avances en la construcción de mallas, estructuras tensadas (fue una autoridad en este tema) y de membrana de bajo peso. Inspirado en las estructuras de las pompas de jabón, genera formas cuyas curvaturas se interpretan como orgánicas, dadas solamente por el estudio de la colocación de las estructuras soportantes.

El trabajo de Otto es un ejemplo de la observación de la naturaleza para generar propuestas innovadoras en las áreas de arquitectura y diseño industrial. Parte del empleo pragmático del conocimiento sobre la naturaleza en dos sentidos; uno de ellos es en aplicar los conocimientos biológicos que afectan la arquitectura por estar en contacto con la naturaleza o un contexto natural, y el segundo es emplear los conocimientos sobre áreas comunes de la biología y la arquitectura como lo es en el aspecto físico, con el objeto de innovar las soluciones artificiales en el área de la construcción y diseño. A continuación se expondrá con más detalle a qué se refieren estos dos puntos.

En el reporte del coloquium IL3 Biology and Building (Otto, 1971) celebrado en Alemania (el ocho y nueve de mayo de 1971), señala que es indispensable la relación bilateral entre la biología y la arquitectura, una colaboración bilateral que siempre contribuirá positivamente al conocimiento de la ciencia y el bienestar humano en los dos sentidos ya citados. La biología es la que estudia la naturaleza a profundidad y la arquitectura trata la construcción artificial. El arquitecto no profundiza en el conocimiento de cómo se comporta la naturaleza, a

su vez, el biólogo no conoce a profundidad el desarrollo de la construcción artificial, misma que afecta a la naturaleza y la dinámica de construcción-contexto natural es ahora más compleja. Es por ello que Otto motiva a trabajar en conjunto¹⁴.

La colaboración entre ambas disciplinas se ha dado en principio de manera complementaria. El arquitecto trata de diseñar un contexto para que el ser humano, de manera individual, en pareja o en sociedad, pueda desenvolverse con facilidad y de la manera más sana.

Bajo esta premisa, el arquitecto observa el contexto natural desde diversos aspectos, desde un espacio con temperaturas cambiantes, un sistema vegetal y animal amplio con el cual debe convivir. Asimismo puede observar la naturaleza desde su funcionamiento y desde su forma para poder resolver problemas como, por ejemplo, la manera con la cual se puede construir una vivienda, la canalización del agua, etc. El arquitecto estudia la biología de manera selectiva, observando sólo determinados conceptos y en ocasiones es imposible llegar a saber todo lo que conlleva su diseño ante los procesos y en sí la vida del ecosistema. Actualmente este es un tema primordial no sólo en la arquitectura, sino en toda disciplina que genere un producto.

Por otro lado, el biólogo también estudia la arquitectura de los seres orgánicos. Por ejemplo las estructuras óseas soportadas gracias al equilibrio de fuerzas o la distribución de las venas en el cuerpo humano. Los biólogos observan la arquitectura de manera totalitaria y con conocimientos más profundos de arquitectura podrían llegar a encontrar más aspectos del organismo analizado. Ambas disciplinas se enriquecen con el conocimiento de ambas áreas.

Technical products often taken similar forms in the area of comparable tasks. Thus, it is reasonable that biologist and designers set out together to discover the specific relationships of biological and technical constructions. Architects who work with processes of form discovery and development as well as with questions of the mutual adaptation of building and man are particularly helpful in finding long-sought answers. (Otto, 1971, p.11)

Así mismo, la biología es una fuente de información con relación a soluciones prácticas relacionadas con la forma entre otras cosas. Frei Otto dice:

Los puntos de contacto más importantes entre los enormes campos de la biología y la construcción son:
Forma, construcción, el desarrollo y procesos de optimización, la estructura animal y humana y entre los individuos, en singular, en pares, en grupos y en masas, con los más diversos patrones de conductas y sin embargo, ciertos modos de comportamiento en el hábitat del hombre¹⁵. (Otto, 1971, p.9)

¹⁴ El arquitecto Vitruvio Polión en los Diez libros de la arquitectura (1787) , capítulo 1, dice: "La *Architectura es una ciencia adornada de otras muchas disciplinas y conocimientos, por el juicio de la cual pasan las obras de las otras artes...*" (Vitrubio, 1787. p.3). En este mismo capítulo hace alusión al conocimiento de la Geometría, la música, la literatura, la aritmética, y en otros hace ver que el conocimiento del clima, del agua, los astros es un conocimiento útil para el arquitecto.

¹⁵ La traducción es responsabilidad mía, sugiero que se lea la cita original: "The most important contact points between the huge fields of biology and building are: Forms, constructions, growth and form optimization processes, the structures of animals and men and among them individuals, singly, in pairs, in groups and masses, with the most diverse behavior patterns and nevertheless certain behavioral modes in the biological-technical total Lebensraum of man. (Otto, 1971, p.9)

El estudio de la forma y procesos biológicos en la arquitectura siempre ha sido un tema que se ha estudiado frecuentemente a lo largo de la historia de la teoría del diseño y en su práctica. Primero, la forma se ha considerado como una Gestalt (una buena forma) con una estética que no se ha podido explicar del todo, sin embargo con la cual nos sentimos identificados. Se seguirá recurriendo a la naturaleza porque la ciencia descubre y puede explicar con mayor claridad más formas, fenómenos y procesos. La tecnología en la ciencia ha hecho que se puedan observar micro-organismos que no son posibles de percibir a simple vista. Así como registrar procesos y predecirlos a través de cálculos matemáticos y tecnología para registrar y procesar información.

Frei Otto contempla hay la posibilidad de que la tecnología y la biología pueden coincidir en ser influidas por las mismas leyes.

Basicamente, las mismas leyes de la creación de la forma pueden se aplican a la biología y a la tecnología , sin embargo con la diferencia que la biología está limitada a relativamente pocas formas básicas y a un estrechamente limitado grupo de materiales, lo cual la tecnología no. El rango de posibilidades en la tecnología es grande, sin embargo, este no ha sido explorado.¹⁶ (Otto, 1971, p. 9)

Es posible interpretarlo de esta manera: el mundo de la forma en la tecnología tendrá límites de acuerdo a los materiales y leyes físicas. Las formas en el mundo del artista, sólo tendrán límites en la mente del artista, los cambios, tanto en el arte y tecnología, son mucho más rápidos. Sin embargo las formas en la naturaleza son aparentemente limitadas porque se ha llegado a interpretar que parten de la repetición de formas básicas y pocos materiales. Pero su diversidad es dada también por su capacidad autopoietica (autorregeneración). Aunque dicho proceso, dependiendo de la magnitud que sea, puede ser que lleve segundos o que representen décadas.

En el segundo enfoque, donde la biología y la arquitectura comparten ciertas leyes para la generación de la forma, es lo que nos llevó a estudiar el trabajo de Frei Otto como un diseñador que retoma a la naturaleza observando sus cualidades y aplicándolas de manera abstracta e inteligente para resolver problemas específicos en el diseño. A continuación vamos a realizar una breve descripción de su trabajo.

¹⁶ La traducción ha sido realizada para esta investigación. La cita original es la siguiente: *Basically, the same laws of form creation apply in biology and technology, however, with the difference that biology is bound to relatively few basic forms and a narrowly limited group of materials, while technology is not. Technology's range of possibilities is greater, however, it has been little exploited.* (Otto, 1971, p. 9)

Conceptos similares entre la forma natural y la arquitectura en el trabajo de Frei Otto

El arquitecto alemán Frei Otto en su estudio sobre las construcciones ligeras identifica que hay leyes de la física que son comunes tanto para la forma natural como para la tecnología, y no necesariamente la forma debe ser similar.

Las leyes descubiertas de la forma y de los procesos para la forma óptima por la selección en los modernas construcciones ligeras es análogo a los de la biología.

Las estructuras biológicas y tecnológicas pueden ser medibles y comparadas, a fondo en todos los rangos de magnitudes. (Otto, 1971, p. 11)¹⁷

Propone entonces el concepto "BIC" el cual es un concepto que consiste en calcular la resistencia de los materiales con determinada dimensión y a los cuales se les aplica determinada fuerza. La fórmula es: $BIC = m / (F \cdot S)$ cuando m es igual a masa de la estructura o del material, F significa la fuerza que la estructura transmite y S es la dimensión en la que se transmite la fuerza. La unidad de medida de BIC son los Kilopondios. Considera que BIC es uno de los más importantes factores de selección en la tecnología de las construcciones ligeras y aparentemente también en las construcciones biológicas¹⁸.

Algunas de las medidas que se han obtenido con relación al BIC en el mundo de lo natural y artificial son las siguientes:

Algodón animal y pelo natural 0.025 gm/kpm

Lino, telas hiladas y seda: 0.015 gm/kpm

El acero para las varillas: 0.200 m/kmp

Alambre de acero y seda artificial 0.015 gm/kpm

El conocimiento del BIC permite definir en la construcción que materiales, longitudes y relaciones es conveniente que tengan para que puedan ser ligeras y que resistan la mayor cantidad de fuerza. No vamos a profundizar en el aspecto técnico de su propuesta en esta investigación; puesto que la intención es resaltar que tanto en la construcción artificial como en la natural puede aplicarse esta fórmula. Cabe también cuestionar si el hecho que una fórmula sea aplicable hace que dos construcciones con origen distinto (natural y artificial) son análogas. Podemos decir que sí son análogas puesto que lo que se compara es el BIC, cualidad que ambos comparten tanto con un mismo valor o como también en que ambas construcciones son cuerpos u objetos físicos a los cuales se les puede calcular el BIC.

¹⁷ La traducción ha sido realizada para esta investigación. La cita original se escribe en seguida: *The laws of form discovery and the processes form optimization through selection in modern lightweight construction are analogous to those of biology. Biological and technological structure can be thoroughly measured and compared, and indeed in all ranges of magnitudes.* (Otto, 1971, p. 11).

¹⁸ Esta afirmación Frei Otto la dice así: *The BIC is one of the most important selection factors in technical lightweight construction and apparently also in all biological constructions.* (Otto, 1971, p.11)

La estructura de tensores de fuerzas

Frei Otto también observa particularmente las membranas y conchas y sus cualidades de resistencia de fuerzas así como su ligereza para la interpretación de las mismas en la construcción de estructuras ligeras.

Las membranas son suaves y plegables, éstas solo pueden estar en tensión-estiramiento (estrés). La concha es rígida y dura, puede soportar cualquier tipo de tensión, pero requiere un considerable aumento de material.

La tensión de estiramiento (tensión-stressed) y las estructuras de soporte de carga plana (plane load-bearing structures), en la biología, se pueden encontrar en la piel, tanto en el interior como en el exterior de una gran cantidad de elementos. Frei Otto señala: abrigos de piel, intestinos, huevos, larvas, gusanos, langostas y las redes de las arañas. Considerando que la piel siempre va a estar generada por tejidos. En el aspecto artificial, bajo los mismos parámetros encontramos objetos como los neumáticos, las velas de los barcos, toldos y paracaídas, los cuales son membranas capaces de ser flexibles y retener fuerzas internas y externas.

La proporción BIC en los tejidos, tanto los naturales como los artificiales, (piel animal, piel, telas de araña así como sus semejantes en el mundo tecnológico) tiene un rango parecido de proporción BIC que va de los 0.04 gm/kmp hasta los 0.02 gm/kpm en las mismas magnitudes. Incluso coinciden en que las propiedades biológicas como la genética y los avances tecnológicos pueden generar membranas con características muy similares, sin embargo, ninguna de las dos tecnologías puede definir la forma. La forma de la membrana así como todas sus características finales es definida por la interacción de las fuerzas.

Frei Otto explica que el comportamiento de las membranas sigue las leyes de construcción, es decir, que pueden contener o retener líquidos, aire, tejidos o tubos, así como los neumáticos o los órganos sexuales humanos. Esta forma es dada por la fuerza interna y externa del aire o líquidos. Este cambio se considera parte de la conducta biológica del ser vivo, así como también puede ser las manchas de color, los olores, fragancias y las armas como los cuernos.

Sobre el estudio de las conchas son modelos posiblemente útiles para la construcción de estructuras ligeras, sin embargo, Frei Otto menciona que aún (al rededor de los años 1970's) no se ha podido distinguir bien si es posible que haya una imitación en o alguna relación entre lo natural y lo tecnológico.

La imitación a la naturaleza

Frei Otto está de acuerdo con que la tecnología genera sus propias respuestas, con la diversidad que le es posible de acuerdo a los materiales que se pueden generar. Proporcionar una solución imitando un material natural es sumamente caro. El estudio de ingeniería sobre la resistencia de los materiales nos puede llevar a la conclusión que la analogía con la naturaleza es sólo un punto de partida, una hipótesis inicial en donde se conocen los principios físicos, y estos son los que se llevan a prueba con materiales que el ser humano pueda fabricar.

La naturaleza fabrica sus propios materiales, el ser humano, quizá, toma como materia prima recursos naturales, sin embargo realiza combinaciones para que resistan sus construcciones como son los grandes rascacielos, o las estructuras ligeras, las cuales, la naturaleza no se ve en necesidad de construir; sólo el ser humano genera esta necesidad para sí mismo. Es entonces que la biología en este caso de la biotecnología, aunque los resultados se parezcan más a la configuración de organismos biológicos, requieren de soluciones particulares.

Ronal Conrad (1934-) arquitecto alemán que se especializa en tenso-estructura se refiere a los estudios de Frei Otto en su libro *Frei Otto: Estructuras* (1973), sobre "Las estructuras orgánicas", transcribe la versión traducida de un artículo llamado "Lebende und technische Konstruktionen" (Estructuras vivas y estructuras técnicas) Menciona varios ejemplos de estructuras de organismos analizados, desde las diatomeas en donde era necesario el uso del microscopio hasta las conchas de los cangrejos y las aves poniendo atención a su capacidad de resistencia como estructura. Habla sobre la comparación entre las estructuras orgánicas y artificiales que:

Si se desea establecer una comparación lógica entre las estructuras orgánicas y las estructuras arquitectónicas, ésta será únicamente válida si en ambas se presentan solicitaciones iguales o similares. Estas comparaciones tienen un valor relativo, ya que las estructuras arquitectónicas están sometidas a estados de cargas poco complicadas y a acciones generalmente estáticas. Estos estudios deberían servir de incentivo para que en el campo estructura de la construcción, campo que se puede estudiar con leyes físicas, se utilicen los conceptos y cálculos con la misma precisión y los mismos procedimientos metódicos que se emplean en otros sectores de la técnica, con el fin de que se pueda determinar la eficacia y gasto de energía constructiva en una estructura arquitectónica. (Conrad, 1973, p. 115)

Es claro que Frei Otto observa y analiza la naturaleza pero replantea lo que observa para generar nuevas soluciones en la arquitectura, es decir, que la observación de una posible solución en los modelos naturales puede ser una hipótesis inicial la cual es llevada bajo la experimentación y adecuación al modelo artificial.

El estudio de la forma y la forma relacionada con la naturaleza ha sido recurrente en la arquitectura y en el diseño industrial y Frei Otto aún motiva a estudiarla:

“El problema sobre la forma debe ser re-examinada en cada uno de los siglos. El arquitecto con su manera de pensamiento integral es el más adecuado para cuestionar la forma. No solo es una cuestión de ver nuevas formas sino “reconocer” y desarrollar las nuevas formas¹⁹” (Otto, 1971, p. 9).

La tecnología para estudiar la forma en las ciencias naturales proporciona cada vez más detalle. El conocimiento de aspectos nuevos en la naturaleza pueden ser replanteados y reinterpretados en el diseño.

V.5. De la observación a la teoría de la forma para el diseño. Propuesta de Paul Klee

Paul Klee, pintor suizo, (1879-1940) fue uno de los profesores teóricos y prácticos de la escuela alemana de diseño Bauhaus, fundada por Walter Gropius. Ingresó en enero del año 1921, primero como maestro (maestro) de encuadernación y posteriormente de pintura sobre vidrio y pintura mural, lo cual lo llevó a dar más forma a sus escritos, que antes de entrar a la escuela sólo formaban parte de sus diarios y cartas enviadas a su esposa Lily, una pianista de prestigio.

Las cátedras de Klee eran muy bien presentadas, no creía que hubiera un estilo único, por lo cual hablaba de los procesos con los cuales había llegado a sus obras; parte de su teoría se basaba en la observación de la naturaleza. Uno de los libros que escribió para la cátedra de teoría del diseño fue *Pedagogical Sketchbook*, del cual vamos a hablar en esta tesis.

En la introducción de este libro Sibyl Moholy-Nagy habla del interés de Klee por la naturaleza con la frase inicial del texto:

“Para el artista comunicarse con la naturaleza sigue siendo la condición más esencial. El artista es un ser humano; así mismo natural, parte de la naturaleza y dentro del espacio natural”²⁰(Klee, 1972, p.7).

A través de estas notas podemos entender que, para Klee, la comunicación con la naturaleza era esencial en su trabajo, observa la naturaleza no para copiar o justificar el diseño, sino para observar sus componentes físicos, funcionamiento y ciclos, de allí deduce parámetros para el diseño.

¹⁹ La traducción fue realizada para esta investigación, sin embargo es recomendable leer la cita original que se escribe a continuación: “The question of form must be re-examined in every decade in every century. The architect with his integral thought mode is best suited to question form. It is not just a question of seeing new forms but rather “recognizing” and developing new forms.”(Otto, 1971, p. 9).

²⁰ La cita fue traducida para esta investigación y a continuación se escribe la cita original: “For the artist communication with nature remains the most essential condition. The artist is human; himself nature; part of nature within nature space” (Klee, 1972, p.7)

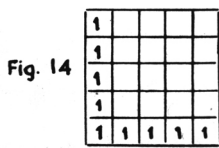
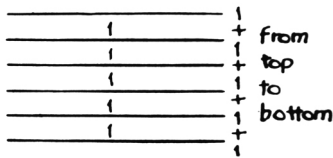
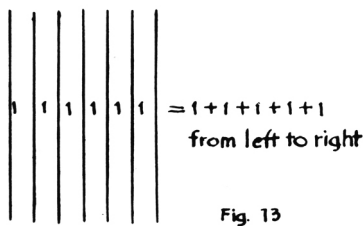


Figura.V.9. Ritmo "primitivo" en dos direcciones. Imagen tomada de Klee, P. (1968) *Pedagogical Sketchbook*, Published London; Boston: Faber and Faber, p.23

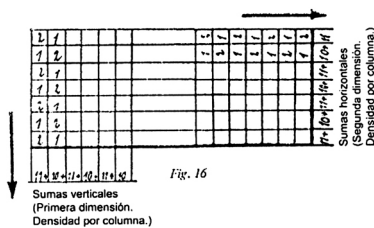


Figura.V.10. Estructura densimétrica. Título original: *quantitative structure, moving to two dimensions (The Chessboard)*. Podemos suponer que Klee trata de evidenciar los ritmos con los números y hace un cálculo de densidad numérica. Imagen tomada de Klee, P. (1968) *Pedagogical Sketchbook*, Published London; Boston: Faber and Faber, p.23

Figura.V.11. Ritmo a) ejercicio realizado por Klee para evidenciar el ritmo $11+10+11...=1+1+1$.

b) La unidad sixpartita, es decir que todos los valores sumaran 6. Si esta unidad se repite el ritmo se representa gráficamente como la figura C.

c) Al repetirse la uidad $6+6+6+6= 1111$, se genera una estructura.

Bibliografía de imágenes:
Imagen a) y b) son tomadas de Klee, P. (1968) *Pedagogical Sketchbook*, Published London; Boston: Faber and Faber, p.23. c) Imagen: Angélica Castro

Su pensamiento era inductivo, partía de la observación de lo concreto y lo llevaba a la generalización, lo contrario a lo que el arte académico del Renacimiento estaba acostumbrado a un razonamiento deductivo, es decir que partían de los principios generales externos de la belleza absoluta y los cánones de belleza. Klee revolucionó esto.

Como un hombre muy joven él ha hablado con su arte como "andacht zum kleinen" (devoción a las cosas pequeñas) en el microcosmos de su propia visión del mundo él adoró el macrocosmos del universo. Esta era su revolución.²¹ (Sibyl Mohoy-Nagy, en Klee, 1972, p.5)

La propuesta de Klee considera otra manera de interpretar la estructura de la composición plástica, así mismo identifica la estructura de otros sistemas u organismos para aplicarlo al diseño.

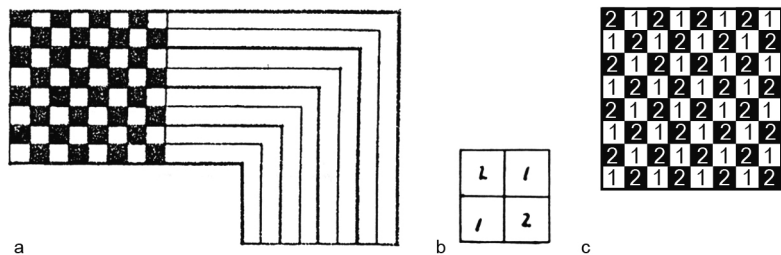
La estructura

Klee realiza una serie de ejercicios con los cuales muestra que en la composición la estructura se define a partir de la repetición de determinadas relaciones. El ritmo es una pauta o regla para ser evidente la repetición de algo, por ejemplo, la aparición de líneas o la no-aparición de líneas en un espacio. De acuerdo a la frecuencia de esta aparición, no-aparición, o presencia de línea-espacio, se podrá definir una regla como él lo señala bajo un modelo matemático de adición de unidades. En el primer ejercicio se muestra un ritmo básico, que consiste en "línea-espacio-línea-espacio..." (figura.V.9 y V.10)

Estos valores, horizontales y verticales, los suma para evidenciar su repetición:

$$11+10+11+10+11+10=(11+10)+(11+10)+ (11+10)=21+21+21= 1+1+1$$

Este ritmo puede representarse gráficamente como lo hace en la figura V.11a.



²¹ As a very young man he had spoken of his art as "andacht zum kleinen" (devotion to small things) in the microcosm of his own visual world he worshipped the macrocosm of the universe. This was his revolution. (Sibyl Mohoy-Nagy, en Klee, 1972, p.5)

Explica esquemáticamente el razonamiento matemático que a continuación se expone.

$$\begin{array}{r}
 6+6+6+6=IIII \\
 + \\
 6+6+6+6=IIII \\
 + \\
 6+6+6+6=IIII \\
 + \\
 6+6+6+6=IIII
 \end{array}$$

En este análisis, Klee indica que este ritmo es “*puramente repetitivo y por lo tanto estructural*” (Klee, 1968, p.23). Lo que nos da otra cualidad de lo que es una estructura: la repetición de unas normas, cuando ocurre esta repetición, siendo la combinación o complejidad que sea, hay estructura. Cuando hablábamos del caos matemático, la repetición de los números no ocurría, no había una estructura definida, sin embargo, el mismo hecho de que no la hubiera era la estructura caótica. Esto nos permite, en el aspecto gráfico, concretizar un poco más y enriquecer qué es estructura.

El sistema

En las reflexiones de carácter teórico de Paul Klee encontramos también la importancia de la observación de pautas, o patrones en diversos sistemas, para posteriormente ser interpretados como pautas estructurales en el diseño de objetos. Es decir, se considera el método empírico de observación para deducir una analogía que al principio funciona como hipótesis inicial con la posibilidad de ser reinterpretada según el modelo (un objeto en este caso) que se busca. Los ejercicios se presentan a continuación.

En la observación hecha hacia el cuerpo humano, Klee selecciona cuatro elementos, los huesos, tendones, músculos y cerebro (Figura V.12 y v.13). Las cualidades particulares físicas de los hueso, músculo y tendones como la rigidez del hueso, la flexibilidad y resistencia del músculo y tendones, solo indican un aspecto del cuerpo humano. La descripción individual de los elementos no representa todo lo que es el cuerpo humano. Por otro lado, cada una de sus partes al encontrarse aislados, no alcanzan a desarrollar toda su actividad. El funcionamiento de las partes solo se observa solo cuando todos se encuentra en interacción.

Klee sintetiza que los huesos son los que dan forma y soporte a todo el esqueleto, los músculos son aquellos que permiten que los huesos tomen posturas angulares al flexionarse o estirarse. Los tendones transmiten el movimiento a los músculos, los cuales tienen la capacidad de aplicar la fuerza necesaria para realmente mover los huesos. Por último el cerebro transmite la orden de movimiento gracias a las

22 “purely repetitive and therefore structural” (Klee, 1968, p.23).

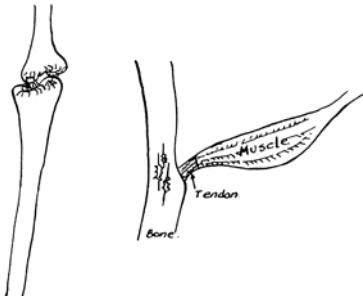


Figura.V.12. Hueso, músculo, tendón
Tomada de Klee, Paul. Pedagogical Sketchbook, (1968) Published London; Boston: Faber and Faber, p.27

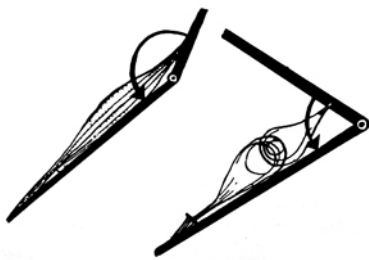


Figura.V.13. Funcionamiento del músculo. El músculo al contraerse y extenderse permite que los huesos generen un ángulo entre sí Tomada de Klee, Paul. Pedagogical Sketchbook, (1968) Published London; Boston: Faber and Faber, p.27

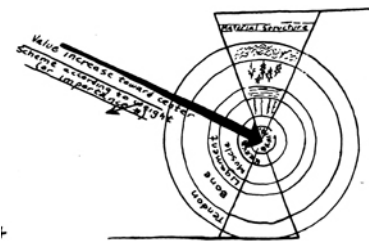


Figura.V.14. Clasificación de los elementos del sistema según la importancia de la función en el sistema. Tomada de Klee, Paul. Pedagogical Sketchbook, (1968) Published London; Boston: Faber and Faber, p.29



Figura.V.15. Martillo hidráulico, título original: "waterwheel and hammer". Tomada de Klee, Paul. Pedagogical Sketchbook, (1968) Published London; Boston: Faber and Faber, p.30

conexiones nerviosas. Ante ello, Klee distingue que los huesos tienen una función pasiva, los músculos una función media y el cerebro una función activa. (Figura V.14)

Veamos esta misma jerarquización de funciones: el análisis del martillo hidráulico define a la cascada como el elemento activo, ya que es quien mueve la rueda; las ruedas son el elemento medio, su movimiento golpea con las paletas al martillo, que es definido como elemento pasivo. (Figura V.15)

En el sistema del molino de agua, Klee consideró que la pendiente de la montaña, la gravedad y los obstáculos de la montaña son el elemento activo, la diagonal o pendiente de la montaña es la media y la rueda del molino es el elemento pasivo. (Figura V.16)

En las plantas, los órganos masculinos (antenas) son el elemento activo, el polen (cargado por los insectos) es el elemento medio, y el órgano femenino (fruto) es el pasivo.

Klee motiva a realizar una observación sobre las relaciones y no solo una observación para las descripciones, como lo habíamos explicado. Esta idea también la sugiere a los pintores como artistas. El artista cultiva una capacidad de observación ante el objeto en lo que Klee llama "el pasado" o la "historia" es decir observar detalladamente el objeto, en todas sus partes y sus cualidades físicas y plasmarlas, mientras más parecidas sean era mayor su capacidad para reproducirlas. Klee sugiere ahora que su capacidad de observación la profundice más y de la anatomía pasa a la fisiología, al funcionamiento. El artista no capta solo la superficialidad del objeto sino el cómo funcionan, y esto es lo que interpreta y lo plasma²³. El artista es un observador, un especialista en observar al objeto. Para Klee el observar al objeto era entablar una comunicación con él mismo, el Tu y Yo, llevar lo observado del exterior a tener contacto con el interior del artista para que éste pueda interpretarlo implícito de sí mismo y exteriorizarlo en la obra. Cuando el artista se desmarca de simplemente interpretar a la naturaleza de manera óptica, significa que la comunicación tienen una profundidad de mayor calidad, ya que para Klee, la naturaleza es un conjunto de leyes por los cuales algo tiene movimiento:

¿Qué es al fin y al cabo la naturaleza? se trata desde luego de la ley según la cual la naturaleza funciona y tal como la ley se descubre cada vez al artista. (Diario 1905) (Klee, 2007, p.43)

De esta manera Klee en sus enseñanzas en la Bauhaus promovió una interpretación del objeto o de lo externo al individuo-artista distinto. La innovación en el arte ha advertido que siempre ha conllevado a la observación y relación con la naturaleza, lo cual no rechaza, pero sí rechaza que sea la naturaleza un recurso de novedad, cuando es la

²³ Aquí defiende que la fotografía, si bien es un avance tecnológico y científico, no le resta ningún mérito o valor al artista. Puesto que el artista ha evolucionado también y Klee promueve esta evolución.

capacidad del artista de observar lo externo lo que debe evolucionar.

“No hay que rebajar la alegría que inspiran las vías nuevas, pero el vasto campo de la memoria histórica debe guardarnos de una búsqueda compulsiva de la novedad a costa de lo natural” (Klee, 2007, p.43)

Como se había dicho, Klee hace esta reflexión sobre la obra del artista pintor; sin embargo, él como teórico también observa la naturaleza y los objetos para deducir conceptos que pueden cooperar en el diseño de otros objetos. Klee sugiere que los tres elementos activos, pasivos y medios aparezcan en los objetos diseñados. Son elementos básicos y no tienen que ser parecidos al músculo, la abeja, al molino o al martillo, simplemente que el rol activo, pasivo y medio deben aparecer con el elemento que sea conveniente para el diseño. Esta es una síntesis abstracta intelectual a partir de la observación particular de la naturaleza.

Con estos dos ejercicios: el intelectual-teórico y el intelectual-práctico (en su obra) podemos decir que su opinión sobre inferir en la naturaleza para buscar innovación no es una sugerencia que vaya en contra de la presente tesis; es una guía importante que nos permite aclarar un principio básico: la síntesis-abstracción de lo que se observa y la aplicación a un contexto distinto con necesidades concretas.

Podemos considerar que Klee, después del análisis de diversos modelos, identifica partes o elementos que se manifiestan en diversos sistemas distintos y que tienen la misma función. Esto puede considerarse homología en principio sin embargo por no haber una argumentación hecha, es conveniente considerarla como una analogía con el carácter de hipótesis inicial para posteriormente abstraer conceptos esenciales y útiles para el diseño.

Klee no observa las partes de los modelos como elementos aislados, observa cómo funcionan en su totalidad y deduce la función de cada una de sus partes de acuerdo al objetivo total del modelo sea orgánico o artificial, al sistema. A partir de ello Klee sugiere observar las interacciones o relaciones entre los elementos, y con ello deduce bajo un carácter hipotético un patrón que puede ser aplicable a los modelos artificiales diseñados.

Conclusión

Los trabajos teóricos como prácticos de estos artistas, arquitectos y diseñadores nos permiten entender cómo es que la analogía puede ser un método sólo para la generación de hipótesis iniciales. Partir de una analogía como hipótesis, implica que una vez identificado un problema a resolver se observe la naturaleza como un modelo que propone una solución útil o proponga una cualidad a experimental en el modelo artificial. A esto seguiría un proceso de abstracción de

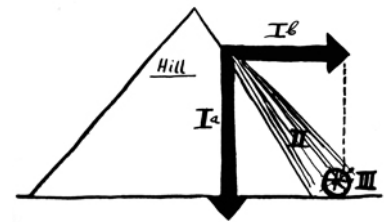


Figura.V.16. Molino de agua, título original: "watermill". Tomada de Klee, Paul. Pedagogical Sketchbook, (1968) Published London; Boston: Faber and Faber, p.31

conceptos de un modelo y reinterpretación al diseño con el fin de dar respuesta al problema particular.

En el trabajo de Gaudí y basados en la bibliografía consultada puede distinguirse que la naturaleza es reinterpretada desde sus cualidades como estructuras físicas, como una forma abstracta de integración así como un símbolo. Estas cualidades son abstracciones del modelo natural y su funcionalidad en la arquitectura permite que la arquitectura crea un espacio con estructuras novedosas, expresivo y estético.

Hemos visto que la analogía que propone Gaudí en lo que se refiere a las formas geométricas correspondía a una analogía indirecta, puesto que la interpretación geométrica ya es una abstracción de una forma real. Sin embargo el concepto de ornamento ha permitido en repensar la aplicación de las formas en la arquitectura. Por lo que de una analogía, se llega a una propuesta particular y óptima tanto para la tecnología como para ser habitable.

El trabajo tanto teórico como práctico de Henry Van de Velde coincide en lo básico: la observación de la naturaleza. En este caso interpretamos en esta investigación que ha sido un empleo de las analogías desde un nivel subjetivo o connotativo, considerando una metáfora retórica. La línea es un elemento plástico cuyo dinamismo es semejante a la fuerza del flujo de agua, y la trayectoria de la energía en movimiento; a su vez es relacionada con la intencionalidad del autor, una intencionalidad interpretada como energía.

Debido a la escasa bibliografía con la cual se contó sobre las teorías de Henry Van de Velde no nos es posible confirmar que esta relación haya podido ser una hipótesis inicial. Sin embargo la observación de las cualidades del agua en movimiento fueron útiles para expresar desde el lenguaje las cualidades expresivas de la línea plástica de manera clara, empleando una metáfora. Metáfora que posteriormente fue abandonada para que la línea tuviera una interpretación desde los requerimientos plásticos de la expresión y su funcionamiento.

Asimismo, Frei Otto realiza un estudio con un carácter análogo inicial, en donde distingue que las resistencias entre los materiales puede ser igual tanto en la naturaleza como en los objetos. De esta manera distingue información relacionada a la mecánica y propone las estructuras ligeras bajo este concepto. Podemos decir que la observación de la naturaleza en su aspecto mecánico fue un punto de partida o fue un punto de comprobación de su hipótesis inicial, misma que desarrolla posteriormente para aplicarla al diseño de objetos concretos.

Y finalmente el aporte de Paul Klee nos presenta un ejemplo de observación de pautas en el diseño a partir de la observación de otros sistemas. Al principio puede considerarse que surge una analogía por el

hecho de encontrar similitudes. Dichas similitudes son tres conceptos que propone en el diseño, lo cual consideramos que es una abstracción de lo observado, una síntesis que pasa reinterpretada para ser funcional al diseño de objetos.

Este capítulo ha sido un conjunto de ejemplos de cómo se puede pasar de la hipótesis inicial a un concepto útil en el diseño. Todo ello solamente se puede conseguir por etapas, con base a la prueba en la práctica del modelo teórico propuesto.

El método de Paul Klee para observar los sistemas ha sido fundamental en esta investigación. Primero para poder considerar que la estructura es un conjunto de pautas que se repiten generando así una regla en el sistema.

En segundo lugar, considerar observar las relaciones de los elementos del sistema y no las partes que lo componen en la descripción de los elementos implica una abstracción. Podemos llamar al ejercicio de observar lo invisible como observación abstracta. La observación abstracta de las relaciones conlleva a distinguir las interacciones entre los elementos, lo que permite que funcione el sistema. Esto nos da pie a proponer que la composición plástica se basa en relaciones o se puede reinterpretar a partir de sus relaciones y no a partir de sus elementos. Una de las cualidades que definen al modelo teórico Estructura Relacional.

El ejercicio de observar y abstraer genera la diferencia entre distinguir similitudes entre los modelos e imitarlas, a reinterpretar una cualidad y aplicarla a un modelo nuevo. Es decir partir de una hipótesis de solución para llegar a una solución concreta y óptima para el problema planteado.

En el diseño gráfico así como en el diseño arquitectónico y el industrial, generar analogías no es equivocado y no demerita el valor del diseño, siempre y cuando la composición final cumpla con el uso que deba de tener, y que también esta solución plástica pueda ser factible desde el punto de vista de los factores tanto técnicos, sociales, ecológicos, económicos.

En el desarrollo del capítulo I al V de esta investigación, como podremos notar, los teóricos que han sido partícipes de los contenidos trabajan en el área del diseño industrial y arquitectura. En el lapso de tiempo en el cual se ha revisado las teorías del diseño de la forma, la analogía con la naturaleza no es uno de los métodos o estrategias identificadas con facilidad en el diseño gráfico. Sin embargo no podremos decir que no haya habido aplicaciones, sobre todo en el ámbito de la analogía como método para estimular la creatividad. La ausencia de la analogía a la cual nos referimos es en la teoría del diseño gráfico, que haya un planteamiento que resuelva las pautas

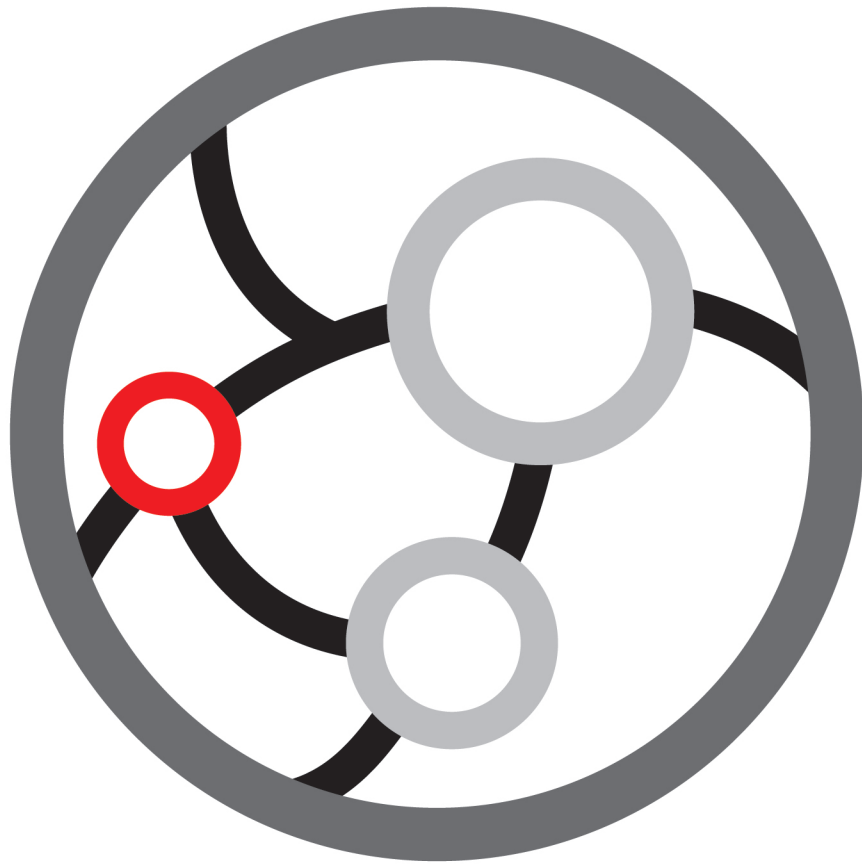
de la composición con pautas biológicas. Si bien en el lenguaje podemos atribuir términos derivados de estas áreas, como es el caso del “peso” “equilibrio” “atracción” que son referentes a la física y que son apreciaciones psicológicas, sin embargo no son comprobables con la misma física, son solamente convencionalismos dentro del lenguaje de la plástica y por ello es que se siguen empleando, porque define o describe las cualidades de interacción de la forma. Pero no puede ser probado con los mismos métodos científicos de la física. Es lo que podremos decir que el término se empleó retóricamente. Así que la analogía directa no puede existir entre el diseño gráfico (la composición visual gráfica) y los organismos vivos.

Si nos preguntamos: ¿es necesario establecer una analogía directa con la naturaleza para explicar las relaciones de la forma?, la respuesta hasta ahora es que no es necesario.

Sin embargo el método de analogía, los modelos analógicos y la analogía como método para estimular la creatividad si pueden ser empleados en el proceso proyectual de la composición gráfica. Son herramientas en las que nos permiten encontrar soluciones. Lo que es muy diferente a decir que el resultado final, sobre todo si se hace una analogía con la naturaleza es que sea análoga directamente con ella.

Paul Klee pudo encontrar una estructura común entre diversos sistemas, estos sistemas coincidían que eran sistemas mecánicos, aunque uno fuera biológico y los otros artificiales, lo que se comparaba eran que todos los sistemas se regían por principios físicos. Por lo que era fácil establecer la analogía, inclusive llegar a la homología si se quisiera.

La teoría de sistemas, como vamos a ver en el siguiente capítulo, también reinterpreta términos en sistemas con orígenes distintos, sin embargo tienen una cualidad fundamental todos, que es por lo que se identifican como sistemas y es el fenómeno de la autopoiesis. Un sistema económico poco tiene que ver con el social, o con la biología, sin embargo no son los elementos lo que se compara, sino la dinámica de operar y de generarse. Como se comentaba se verá con más detalle en el siguiente capítulo.



PARTE I. LA ANALOGÍA



**PARTE II. MODELOS TEÓRICOS PARA
LA ESTRUCTURA RELACIONAL**



PARTE III. ESTRUCTURA RELACIONAL

Capítulo VI.

La teoría de sistemas como modelo conceptual para la estructura relacional

Introducción

Paul Klee observó distintos sistemas o realidades de los cuales identificó una estructura útil para el diseño de objetos. La identificación de elemento activo, medio y pasivo constituye una estructura que se repite en otros sistemas, independientemente de cuál sea el elemento activo, medio y pasivo, pero Paul Klee observó que son tres interacciones que aparecen en los sistemas y que permite que funcionen adecuadamente.

La teoría de sistemas parte de la observación de estructuras de diversos tipos de sistemas y subsistemas. A partir de estas estructuras ha teorizado la manera en la cual los sistemas como los biológicos, químicos, físicos, económicos, psicológicos y sociales por mencionar algunos funcionan. No se pretende decir que todos los sistemas funcionen igual, sino que hay una estructura básica implícita que los caracteriza como sistemas, pero también una particularidad para distinguirlos como un sistema concreto. Son los conceptos que parten de las relaciones, fenómenos, funciones los que conforman un lenguaje que los teóricos lo van adaptando a una significación particular dependiendo del origen de cada sistema. Por ejemplo, un sistema de cualquier ámbito para ser sistema debe cumplir con el fenómeno de autopoiesis, que significa la autorregeneración o autorregulación. Todos los sistemas realizan una autopoiesis de acuerdo a sus cualidades, sin embargo el efecto de autopoiesis debe cumplir con la autorregulación.

La teoría de sistemas habla de estructuras, no como pautas geométricas sino como las pautas de relación, y también considera muy importante las relaciones e interacciones entre los elementos. Un sistema parte de las relaciones de sus elementos, sin ello no podría generarse. La teoría de sistemas considera la importancia de las relaciones en distintos aspectos de la "vida" o la existencia del sistema y por ello es que en esta tesis se considera importante su estudio.

La teoría de sistemas en esta tesis será considerada como un modelo análogo desde el punto de vista conceptual. Es decir, se observará cómo las relaciones influyen en la conformación del sistema. El objetivo es considerar si hay una similitud sin fines comparativos, sino

para reconsiderar las relaciones de las figuras/formas/signos en la composición. Como habíamos dicho, la información del modelo análogo coopera al modelo base para enriquecer la interpretación en un aspecto específico.

La teoría de sistemas fue creada por Bertalanffy. Bertalanffy observa los sistemas químicos, físicos, biológicos y económicos en su libro *Teoría General de Sistemas*. Otros teóricos en distintas áreas desarrollan también estudios especializados sobre los sistemas sociales, como el alemán Niklas Luhmann, en su libro *Introduction to Systems Theory* y *Art as a Social System* en donde explica algunas ideas referentes a la diferenciación del sistema como una cualidad importante para la existencia del mismo. Asimismo otros teóricos en el área de la biología como Humberto Maturana y Francisco Varela han propuesto definiciones importantes en su libro *El árbol del conocimiento* que como la definición de estructura. Paralelamente, Edgar Morin en su libro *El Método* habla sobre la organización y relaciones que han dado pauta a que seleccionemos esta teoría como parte de la argumentación del modelo que hable sobre la estructura de relaciones.

De la revisión de los conceptos básicos de esta teoría consideramos tres aportes importantes para nuestro estudio, profundizaremos en cada uno de ellos más adelante:

- 1.-La teoría de sistemas expone que un sistema se conforma gracias a la relación de los elementos que lo constituyen.
- 2.- A través de la teoría de sistemas se puede identificar cuál es el desempeño de las relaciones en la organización del sistema.
- 3.- En la teoría de sistemas se distingue que cada sistema desarrolla sus propias pautas de relación.

Así como se observaron estos tres aportes generales, también se observaron límites de la interpretación de la teoría de sistemas con relación a la composición visual. El límite es que un sistema es sistema sólo si cumple con el comportamiento o la cualidad de ser autopoiético. El término autopoiesis viene del área de la biología; Maturana y Varela lo proponen en 1972 y en grandes rasgos podemos sintetizarlo como la cualidad del sistema para autoregularse. Esto se basa originalmente en la observación de la auto-regeneración de las células gracias a sus procesos químicos. Es decir, es aplicado a todos los seres vivos que tienen una constante autorregulación de sí mismos. Asimismo, los sistemas sociales y psíquicos también cumplen con esta función.

Una composición visual gráfica no cumple con la autopoiesis, puesto que los elementos visuales no pueden cambiar sus componentes para organizarse por sí solos. La composición visual gráfica como una composición plástica considerada como un objeto con figuras/

formas/signos no se considera autopoietica. Sin embargo puede formularse como hipótesis que mediante otro enfoque, la composición gráfica pueda considerar esta cualidad¹.

Es importante para este estudio decir que la composición visual gráfica no es un sistema en términos de la teoría de sistemas. Pero podemos tener en cuenta esta teoría y considerarla como una teoría que en la cual se observa un conjunto de elementos como sistema y han distinguido sus pautas de formación y automantenimiento. Por lo que estamos interesados en solo observar los sistemas bajo tres aspectos, la relación de los elementos, cómo las relaciones generan estructuras, y cómo las relaciones trascienden la organización de un sistema. Podemos emplearlos como un modelo análogo en donde no todas sus cualidades son idénticas. Asimismo cada concepto se reinterpretará en función de las necesidades de la composición visual gráfica.

A continuación vamos a exponer cómo los sistemas se generan gracias a las relaciones de los elementos presentes, cuál es la trascendencia de las relaciones en la organización, y cuáles son las pautas de relación generales que señala la teoría.

En este capítulo tenemos como objetivo que a partir de la revisión de las distintas definiciones sobre estructura, organización y relaciones, obtendremos pautas para observar las relaciones en la composición visual.

VI.1. La importancia de las relaciones de los elementos en los sistemas y la composición gráfica

El sistema se conforma por las relaciones de los elementos.

El sistema es un conjunto de elementos en interacción. Bertalanffy, creador de la Teoría General de Sistemas, ofrece una definición más formal de lo que es sistema²:

...como un complejo de elementos interactuantes. Interacción significa que los elementos, p , están en relaciones, R , de suerte que el comportamiento de un elemento p en R es diferente de su comportamiento en otra relación R' . Si los comportamientos en R y R' no difieren, no hay interacción y los elementos se comportan independientemente con respecto a las relaciones R y R' . (Bertalanffy, 1989, p.56)

Esta definición nos muestra dos cualidades para generar un sistema, una son las relaciones entre los elementos, y la otra que estas relacio-

¹ En el proceso de investigación sobre los conceptos básicos de la teoría de sistemas, en lo particular en los sistemas sociales desde Niklas Luhmann, los medios de comunicación son los que facilitan la relación entre elementos del sistema, lo que permite que se genere el sistema. Lo que podemos interpretar que la composición visual es un facilitador de las comunicaciones de en el sistema. El considerar la composición del sistema implica otra interpretación de los mismos conceptos de la teoría de sistemas, un compromiso que puede proponerse cuando se consiga un dominio de dichos términos. Ahora es prematuro realizar dicho trabajo.

² Cabe decir que Bertalanffy ha propuesto una fórmula matemática para representar qué es un sistema, dicha fórmula puede ser consultada en su libro Teoría General de los Sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones. (1989) México: Fondo de Cultura Económica, S.A. de C.V. (p.56)

nes son particulares entre ellas y les permiten conformar un sistema. Es decir, las relaciones que unos elementos guardan entre sí, son diferenciables entre las relaciones que guardan con otros.

Existen otras definiciones, como la propuesta por el filósofo sistémico Edgar Morin, en su libro *El Método*³ subraya que la definición de sistema debe involucrar dos rasgos esenciales que también coinciden con la definición de Bertalanffy: la totalidad o globalidad y el rasgo relacional, dos conceptos complementarios entre ellos. (Morin, 1977. pp.124-125). Morin encuentra estos conceptos en varias definiciones dadas por especialistas en el pensamiento sistémico:

Un sistema es “un conjunto de partes” (Leibniz, 1666), “todo conjunto de componentes definible” (Maturana, 1972)... “Un sistema es un conjunto de unidades en interrelaciones mutuas” (A system is a set of unities with relationship among them) (von Bertalanffy, 1956), es la “unidad resultante de las partes en mutua interacción” (Ackoff, 1960), es “un todo (whole) que funciona como todo en virtud de los elementos (partes que lo constituyen)” (Rappaport, 1969). Otras definiciones nos indican que un sistema no está necesariamente ni principalmente compuesto de “partes”, algunos de ellos pueden ser considerados como “conjunto de estados” (Mesarovic, 1962) incluso conjuntos de eventos (lo que es válido para todo el sistema cuya organización es activa, o de reacciones (lo que vale para los organismos vivos). En fin, la definición de Ferdinand de Saussure (que era sistémica más que estructuralista) está particularmente bien articulada, y hace surgir, sobre todo, uniéndolo al de totalidad y al de interrelación, el concepto de organización: el sistema es “una totalidad organizada, hecha de elementos solidarios que o pueden ser definidos más que los unos con relación a los otros en función de su lugar en esta totalidad” (Saussure, 1931). (Morin, 1977, p. 25)

Edgar Morin concluye que un sistema es una “unidad global organizada de interacciones entre elementos, acciones o individuos”. (Morin, 1977, p. 124)

Cabe decir que para los diversos autores sistémicos, las relaciones que se generan en un sistema tienen distinto sentido: Morin propone que en un sistema la cualidad de las relaciones dadas entre un conjunto de elementos permite que estos generen una unidad, sin embargo para otros autores como Niklas Luhmann, las relaciones de los elementos (entre otras dinámicas) generan diferencias entre el sistema y el contexto.

Las relaciones del sistema dependen de la función que genera la operación del mismo

Cuando hablamos de un sistema, estamos hablando de un conjunto de elementos que interactúan. Su interacción depende de la operación que estos van a desarrollar. La operación del sistema es la acción a través de la cual se genera el sistema. Por ejemplo en la teoría de sistemas sociales, la operación es la comunicación. Así pues en

³ Una de las propuestas de Morin es el estudio de la complejidad y organización de los sistemas.

los sistemas sociales la comunicación (que no necesariamente tiene que ser el lenguaje verbal) implica que los elementos interactúen desarrollando tareas específicas y a partir de ello emerge la organización del sistema.

Francis Halsall resume en tres características de un sistema basado en las funciones (lo que llamamos "tareas") de los elementos del sistema. La traducción de estos puntos es la siguiente:

- a) Debe tener un tipo de orden significativo para su organización, en otras palabras estos necesitan ser organizados en una forma significativa.
- b) El orden de esta organización debe permitir el desarrollo de una función identificable.
- c) Los componentes individuales del sistema necesitan ser aptos para desarrollar las funciones que contribuyen a la operación sistémica para todo el sistema ⁴

En otras palabras un sistema considera:

- a) La organización del sistema parte de su significación.
- b) las pautas de la organización cooperan para una función identificable
- c) Las funciones de los elementos deben cooperar con la operación del sistema.

Estos tres puntos son los que definen un sistema desde el punto de vista de Francis Halsall y que ilustra con un ejemplo singular: un cajón de calcetines. En un cajón, la colección de calcetines no es un sistema, puesto que estos no interactúan por sí mismos, aunque estén clasificados por tamaño, color o textura. No tienen una función por sí mismos ni en conjunto, incluso el mismo cajón tampoco genera una dinámica que los identifique como sistema. Lo contrario a las neuronas, organizadas de manera significativa y desarrollando una función que de manera individual no podrían ejecutar. Las neuronas tienen una actividad por sí mismas y por la característica de lo que hacen se aprecian como un sistema neuronal o sistema nervioso. De acuerdo con las cualidades distinguidas en el sistema, los elementos que conforman la organización pueden interactuar porque participan en la búsqueda de una finalidad.

Desde el punto de vista sistémico los elementos de la composición al ser elementos sin interrelación activa independiente no podrían ser considerados como sistema. Pero lo que interesa destacar es la importancia que tiene la función de los elementos para la generación del sistema. Esto es, que los elementos se relacionan a partir de una función, y dicha función es una de las pautas que proporciona organi-

⁴ Cita original: a) *The must be some kind of meaningful order to their arrangement, in other words they need to be organised in a meanful way.* b) *The order of this organisation must enable the performance of an identifiable function.* c) *The individual components of the system need to be able to perform functions which contribuit to the systemic operation of the whole system.* (Halsall, 2008, p. 23-24).



Figura.VI.1. Ejemplo de composición en donde la interacción de las formas-figuras-signos permiten dar significados distintos por su interacción. Fotografía de: Angélica Castro, Proyecto: Colecciones en observación. Lugar: Museo de Ciències Naturals de Barcelona, Barcelona, 2007. Esta foto fue tomada bajo la autorización del Museo, así como también de los visitantes y sólo se otorga su empleo para los fines pedagógicos de esta investigación, así como para la asignatura Taller de Fotografía, del programa de Doctorado Recerca en Diseny, impartido por la Dra. M.Dolors Tapias Gil de la Facultat de Belles Arts, Universitat de Barcelona. De cualquier manera se ocultó la identidad de los personajes mediante la máscara en los ojos.



Figura.VI.2. Ejemplo de composición en donde la interacción de las formas-figuras-signos permiten dar significados distintos por su interacción. Fotografía de: Angélica Castro, Proyecto: Colecciones en observación. Lugar: Museo de Ciències Naturals de Barcelona, Barcelona, 2007. Esta foto fue tomada bajo la autorización del Museo, así como también de los visitantes y sólo se otorga su empleo para los fines pedagógicos de esta investigación, así como para la asignatura Taller de Fotografía, del programa de Doctorado Recerca en Diseny, impartido por la Dra. M.Dolors Tapias Gil de la Facultat de Belles Arts, Universitat de Barcelona.

zación. Si reinterpretamos esta cualidad de sistema en la composición gráfica, podemos decir que la composición tiene como finalidad la comunicación de una idea, por lo que los elementos plásticos seleccionados se relacionan bajo este objetivo, donde cada uno tiene una cualidad física/perceptual/semiótica para promover una o varias ideas que van a hacer referencia a un objeto, servicio o ideología.

Como ejemplo podemos observar la composición fotográfica de la figura VI.1. El concepto de la fotografía es: el museo como un espacio en el cual tanto los modelos disecados como los visitantes se “observan” de manera mutua es (metafóricamente hablando), es decir, mostrar una interacción. Para ello las tomas fotográficas se realizaron de manera espontánea bajo los siguientes parámetros: Un primer parámetro fue el encuadre, este debía confundir la percepción de qué es lo que está dentro y qué está fuera de la vitrina del museo para acentuar la interacción directa, cercana, sin objetos de por medio. Otro parámetro fue acentuar la interacción de postura corporal de los visitantes y considerar la postura corporal de los modelos disecados. Se consideró la mirada o gesto corporal al momento que el visitante estuviera frente al modelo.

La figura VI.1. muestra un particular y afortunado ejemplo, uno de los visitantes realizó una interacción con un pez a partir de su postura y de dirigir la mirada hacia él. Aunado a ello, realizó una interacción mucho más significativa con el globo que portaba. La interacción se acentúa cuando el pescado disecado que observó es el pez globo. La funcionalidad del globo como un elemento secundario en la composición, se vuelve un elemento esencial, puesto que reforzó la interacción entre el pez y el espectador desde el punto de vista de la forma y de los significados connotativos.

En el segundo ejemplo (figura VI.2) el visitante, un homínido observa las estructuras óseas de los simios; ambos mantienen una postura de curiosidad por aquello extraño o conocido que se encuentra frente a ellos. El objetivo fue crear una composición en donde los elementos interaccionaran a partir de la postura frontal en la cual se sugiriera un contacto visual y de esta manera una interacción entre los elementos. La postura es uno de los atributos que permite relacionarlos, también se encuentra el hecho que los simios y los humanos, según la teoría de la evolución comparten un mismo origen evolutivo. El estar juntos, ofrece la oportunidad de pensar en esta relación que llega a ser un significado evocado por la interacción de los mismos. Si los signos estuvieran colocados de manera individual, serían solamente “un hombre” y “dos esqueletos” y significarían aquellos atributos de descripción que pueden identificarlos.

En las dos composiciones, la intencionalidad definió la organización de los elementos, las pautas de relación e interacción de los mismos. La forma y los significados de los elementos cooperaron activamente para ello.

Bajo las explicaciones y ejemplos dados podemos sugerir que la interrelación y el objetivo común son dos cualidades que también corresponden a la organización de la composición plástica.⁵ Podemos sintetizarlo en la siguiente definición de composición:

La composición plástica es la organización de los elementos bajo pautas de relación guiadas por la intencionalidad comunicativa.

La relación genera cualidades emergentes de los elementos del sistema y la composición gráfica

Volviendo a los ejemplos mostrados, en la figura VI.1 encontramos que la imagen no hubiera tenido la misma significación si el visitante estuviera observando un pez de otra especie. El globo en sí, es un elemento que, dependiendo del contexto, puede tener varios significados, como ser evocación de un evento festivo; pero al encontrarse en este contexto y relacionándose con un pez globo, el globo se convierte en un figura/forma/signo cuya connotación es una abstracción conceptual del pez, un modelo analógico del modelo real, su función pasó a ser un objeto pedagógico.

En la segunda fotografía, el hecho de que el visitante observara los esqueletos de miembros que forman parte de la evolución de la especie, le atribuye una connotación distinta que se puede interpretar como: el pasado observará al presente y viceversa. Los esqueletos dejan de ser restos óseos de una especie expuestos en el museo de ciencias, llegan a ser una especie viva debido a la postura de su cuerpo, pero a su vez, indica el pasado evolutivo y el deterioro de la materia para indicar "pasado".

En estas composiciones los elementos que se interrelacionan adquieren propiedades en distintos aspectos, diferentes a si se encontraran aislados o en otra composición. A esto se le llama propiedad o característica emergente. Estas propiedades son detectadas por la teoría de sistemas.

Los elementos del sistema adquieren características emergentes, al igual que el sistema se define por emergencias globales. Edgar Morin, dice que un sistema posee algo más que sus componentes; los elementos de un sistema adquieren propiedades nuevas que emergen al interactuar entre sí. Dichas propiedades no aparecen si a los elementos si se les observa aisladamente. Morin distingue dos tipos de emergencias: *emergencias globales y las micro-emergencias*.

5 Me gustaría mencionar una definición de composición hecha por Fabris y Germani que considera a la organización como parte de su significado. Sin embargo está generada bajo principios teóricos distintos a esta tesis: Composición significa organizar, diseñar, es decir: DISPONER EN EL ESPACIO-FORMATO DISTINTOS SIGNOS Los elementos gráficos son objetivos, poseen una tensión propia, una energía intrínseca, un lenguaje particular. Estas exigencias requieren la actividad motriz del ojo y de la mano. SEGÚN UNA IDEA DIRECTRIZ Uso de la inteligencia, la razón, la fantasía creadora. PARA OBTENER UN EFECTO DESEADO. Suscitar un interés MEDIANTE UNA FORMA ESTÉTICAMENTE AGRADABLE Y FACILMENTE LEGIBLE. Medios físico-psicológicos para una buena percepción a través de los órganos sensoriales perceptivos. Estas exigencias requieren la acción y la expresión del intelecto. (Germani-Fabris, 1973, pp.16-17)

A las emergencias globales les corresponde al axioma: “El todo es más que la suma de sus partes”⁶. El conjunto en sí adquiere cualidades propias de la interacción de diversos elementos. Ejemplo, el conjunto de células, emergerá un órgano cuya función no puede ser posible sin la interacción y función en conjunto de las células componentes. (Morin, 1999, p. 29)

Por otro lado, los elementos del sistema cuentan con características propias cuando se observan de manera individual, pero, en el momento en el que interactúan en el sistema, emergen otras cualidades individuales distintas. A esto se le llama la *micro-emergencia*. Edgar Morin lo explica con la frase “la parte es más que la parte” (Morin, 1999, p. 131). Por ejemplo, en el sistema social el individuo desarrolla cualidades individuales como el lenguaje, el arte, la artesanía.” Así vemos sistemas donde la emergencias globales *retroactúan* en micro-emergencias sobre las partes. A partir de ahora, no sólo el todo es más que la suma de las partes, sino que la parte es en y por el todo, más que la parte” (Morin, 1999, p. 131).

Pautas de relación general como estructuras que constituyen al sistema

Las relaciones o interrelaciones que generan el sistema tienden a generar una pauta, esta pauta de relaciones es a lo que se le conoce como estructura. Dicho de otra manera, la estructura del sistema son las reglas o pautas de las relaciones.

En el pensamiento sistémico social, desde el punto de vista de Niklas Luhmann, se considera que estas normas son las que delimitan al sistema y lo diferencian.

En la composición plástica, en términos generales, puede ocurrir lo mismo que en el sistema. El diseñador puede identificar pautas para seleccionar elementos y establecer las relaciones necesarias para conformar la composición, a partir de la investigación del problema de comunicación a resolver, de los antecedentes del problema, del usuario, de los aspectos técnicos para resolverlo, de la deducción de un o varios conceptos a comunicar, solo por mencionar algunas de los aspectos que desde un punto metodológico se sugiere tener en cuenta.

Desde el punto de vista sistémico, este concepto de estructura aporta un significado que nos permite ofrecer otro sentido a lo que en el diseño gráfico conocemos como estructura.

En el diseño es común que cuando hablamos de estructura se entienda que se habla de rejillas o de retículas, incluso de trazos geométricos esenciales que parten de los elementos visuales, también es

⁶ Axioma que proviene de la Psicología Gestalt o psicología de la Forma, corriente psicológica que surge en Alemania a principios del siglo XX. Sus principales ponentes son Max Wertheimer, Wolfgang Köhler, Kurt Koffka y Kurt Lewin.

común se defina como estructura a las cualidades de los elementos y los elementos que lo componen. Y podemos decir que sí, pero es necesario identificar esos trazos como estructuras de carácter geométrico; cuando la composición propone una relación de signos mucho más compleja y en distintos niveles: en el geométrico, el perceptual y el semiótico (más adelante profundizaré en este punto), el concepto de estructura debe abarcarlos.

En este modelo lo que proponemos es hablar de la estructura como pauta de relaciones en la composición, como lo es en el sistema. Podemos proponer que:

La estructura son los elementos y las pautas de relación identificados y generadas progresivamente durante la formulación del concepto a comunicar que le dará un sentido significativo a la composición, redefiniéndose en el proceso de bocetaje.

Y por ende podemos formular la primera definición de *la estructura relacional* (término que titula al modelo): *son las pautas de relación propuestas de acuerdo a los objetivos o finalidades y que definen a la composición.*

Cabe decir que la *estructura relacional*, la estructura de relaciones, cuando se finaliza la composición puede verse de manera clara, el diseñador o quien analice la composición puede encontrar la interpretación lógica de la presencia de los figuras/formas/signos (en resumen, de los elementos plásticos). Sin embargo los diseñadores gráficos podemos decir que el proceso de creación no se presenta de manera lineal, deductiva. El proceso de diseño, en el cual no vamos a profundizar ahora, pero se considera un proceso no lineal, es decir, las deducciones de la formulación de un concepto o la selección de imágenes ocurre por el análisis y por un proceso mental de deducción complejo por parte del diseñador y que puede ser recursivo y progresivo (que puede revisar la información recabada del problema a comunicar como también puede generar avances ya sea mejorando una idea o alejándose de ella creando otras alternativas más viables). Por ello decimos que la *estructura relacional* se construye de manera progresiva. Al momento que el diseñador considera que las relaciones establecidas así como también los elementos plásticos y sus atributos físicos, perceptuales y semióticos son suficientes para expresar el concepto, en ese momento la composición se define como concluida. Cuando se percibe la unidad, donde todo tiene un mismo sentido.

Vamos a comenzar por explicar estas propiedades de la estructura en el pensamiento sistémico y que vemos que son útiles para la composición visual.

La estructura coopera para establece la diferenciación y formación del sistema

En la teoría de sistemas sociales, Niklas Luhmann señala la cualidad de diferenciación⁷ del sistema en el contexto en el cual se encuentre. La diferenciación del sistema y del contexto es fundamental⁸, la diferenciación es la que define al sistema y depende de dos aspectos: la funcionalidad y la selección de las relaciones.

Sobre el aspecto de la funcionalidad cabe decir que el sistema hace un ejercicio de identificar qué es lo que se encuentra relacionado y qué no es parte de él, de esta manera delimita su forma con relación al contexto. El primer aspecto vamos a explicarlo bajo la interpretación de Halsall. Él entiende que la funcionalidad del sistema es lo que le permitirá distinguirse como sistema, la traducción es la siguiente:

Un sistema en orden de ser identificado como tal, debe tener coherencia y debe ser reconocible por sus propios derechos [reglas]. Este sentido de identidad individual de un sistema esta relacionada con su función en la medida en que la identidad del sistema está constituido por realizar una función reconocible (o variedad de funciones) con el tiempo. Por lo tanto se puede diferenciar tanto del entorno como de otros sistemas. Además, mediante el uso de la función(es) (más que de la estructura) como un criterio para la identidad, el sistema puede conservar su reconocible y distintiva identidad sobre el tiempo a pesar que su estructura haya tenido que adaptarse o evolucionar. (Halsall, 2008, pp. 26-27)⁹

Se considera muy adecuada la idea que la funcionalidad constante (a través del tiempo) del sistema es lo que define su identidad en comparación a otros sistemas y al contexto. Un conjunto de elementos reunidos y generando relaciones requieren que estas relaciones

7 El origen del concepto de diferenciación del sistema, es el aporte de Niklas Luhmann a la teoría de sistemas. Niklas Luhmann distingue la diferencia y la interpreta en los sistemas sociales basado en la Teoría de la forma del matemático y filósofo inglés Spencer Brown. Spencer Brown propone unas leyes de la Forma, desde el punto de vista de la lógica matemática para dar una explicación a la dicotomía de S-O (Espíritu y materia) problema que se plantea la teoría de sistemas. Y lo plantea desde la teoría de la cibernética. La teoría de la cibernética de primer orden habla de Observed System o el sistema observado, y la teoría de la cibernética de segundo orden habla de Observing Systems es decir observando el sistema. Cuando el observador se introduce en lo observado se exige diferenciar entre el campo de problemas o el objeto y el proceso en que se efectúa el observador, esto significa considerar cómo observa el observador lo que está observando. El Dr. José Rodríguez de Rivera lo explica de la siguiente manera:

"La primera distinción que vemos al observar al observador en su operación de observar es la existente entre observador y observar. Observar es la operación, observador es el sistema en que se realizan las operaciones de observación (en recursividad a otras observaciones previas, o anticipando otras etc.) – pero siempre marcando la diferencia entre esas operaciones y lo otro (el entorno).

Niklas Luhmann, siguiendo a Spencer, subraya un aspecto filosófico que trasciende el mero cálculo formal: la observación es la unidad de la diferencia entre distinción y designación. Con esto se afirma el carácter paradójico (lo uno es lo distinto, lo distinto es lo uno) de toda observación, o de todo saber. Esta consideración nos lleva al postulado de la complejidad". (Rodríguez, S.F. en línea)

8 Es importante decir que el término "context" Niklas Luhmann lo interpreta de manera distinta que Bateson. Mientras que el Segundo se refiere a los elementos del objeto observado, para Niklas Luhmann es lo que no forma parte del sistema.

9 La cita original es la siguiente:

A system, in order to be identified as such, must have coherence and must be recognisable its own right. This sense of the individual identity of a system is related to its function in so far as the system's identity is constituted by its performing a recognisable function (or variety of functions) over time. It is by virtue of its function (or functions) that the system acquires and maintains both a clear identity and distinguishable boundaries. It can thus be differentiated both from its environment and other systems. Further, through the use of function(s) (rather than structure) as the criterion for identity, the system can retain its recognisable and distinct identity over time even though its structure may have adapted and evolved. (Halsall, 2008, pp. 26-27)

sean partícipes de una funcionalidad global común, para que puedan definirse como sistemas.

Sin embargo si hablamos de la existencia del sistema aunado a la definición del mismo, la estructura también tiene un papel importante y esto podría complementar la participación de la estructura en la funcionalidad del sistema. La estructura define el tipo de relaciones que se requieren para poder generar esas funciones. Así pues el segundo aspecto es la definición del sistema de acuerdo a la selección de relaciones.

Niklas Luhmann apoya la interpretación del término *estructura* dado por Corsi, Esporito & Baraldi en el *Glosario sobre la teoría Social de Niklas Luhmann*, que dice:

“La estructura son las condiciones que delimitan el ámbito de relación de las operaciones en un sistema: son las condiciones de la autopoiesis del sistema. El concepto de estructura indica, por tanto, la selección de las relaciones entre elementos que son admitidas en un sistema.” (Corsi, Esposito & Baraldi, p. 73)

Cabe subrayar que la estructura son normas para seleccionar las relaciones entre los elementos de los sistemas sociales. La presencia de estructura es fundamental, porque con la ausencia de estructuras (pautas de relaciones) el sistema no sería capaz de establecer cómo proceder en las propias operaciones, se encontraría de frente con la indeterminación de las relaciones y por lo tanto con la imposibilidad de continuar la propia autopoiesis¹⁰ (Corsi, Esposito & Baraldi, 1996, p. 73). Por ello un sistema no está hecho por cualquier relación de todos los elementos, sino que estos son seleccionados. En los sistemas sociales, las normas de relación son dadas por las comunicaciones (operaciones del sistema social); mientras que en los sistemas psicológicos las normas son dadas por los pensamientos (operaciones del sistema psicológico).

“Las selecciones que adquieren una importancia estructural son las que delimitan las posibilidades de combinar los elementos, ya sean estas comunicaciones o pensamientos” (Corsi, Esposito & Baraldi, 1996, p. 73).

Así pues, las estructuras son llamadas selección de selecciones. “Las estructuras son las que definen el ámbito de las conexiones, (primera selección) con lo cual el sistema produce los propios elementos (segunda selección).” (Corsi, Esposito & Baraldi, p. 73). La idea de la importancia de la estructura es:

... “las estructuras son las únicas que pueden determinar lo que existe y es posible. La existencia de un sistema, entonces, coincide con su capacidad de mantener un límite en las reacciones con el ambiente: la reproducción autopoiética de las operaciones genera al mismo tiempo la unidad de

¹⁰ Recordemos que la autopoiesis es el mecanismo de autorregulación o auto-organización del sistema, manteniendo las relaciones necesarias en distintos contextos para que el sistema continúe existiendo. Si un sistema social existe cuando constantemente comunica (es decir realiza su operación) y no cuenta con las pautas de cómo realizarlo, el sistema desaparece.

los elementos, la unidad del sistema al cual pertenecen y el límite entre el mismo sistema y entorno.” (Corsi, Esposito & Baraldi, 1996, p. 33).

A esto se le llama *determinación estructural*. A través de la determinación estructural, el sistema evidencia su identidad y su diferencia. A su vez, la determinación estructural facilita que un sistema social genere comunicaciones (la operación del sistema social), si no lo hace, deja de existir. Tal como el cuerpo de un organismo vivo deja de estar vivo cuando ya no reproduce sus propias células (operación propia de los sistemas biológicos). Gracias a que las operaciones generan más operaciones, definen las relaciones con el ambiente las cuales las efectúan sólo en los propios términos del sistema.

Esto nos permite interpretar que la comunicación dada en los sistemas sociales tienen un código propio en las significaciones e interpretaciones a nivel del mismo sistema. Es decir, Niklas Luhmann considera al Arte como sistema social¹¹ cuya operación son los objetos artísticos. El objeto artístico debe cumplir con una estética considerada como bella o no bella para que pueda diferenciarse del objeto convencional (entre muchos otros factores).

Así pues, el ejercicio o la operación que hace el sistema social en sus relaciones definen al sistema, así como también la capacidad de determinación estructural, de seleccionar sus pautas. Estos dos aspectos pueden ser identificados tanto en la composición como en el proceso proyectual.

Se propone que el concepto de determinación estructural dada por Niklas Luhmann nos permite realizar una reinterpretación en el ámbito de la composición plástica, donde la función de la composición se puede interpretar como la comunicación de un concepto a partir del concepto es posible definir algunas pautas de selección y relaciones de los elementos que la integran. También, a partir del concepto, la composición se diferencia de transmitir determinados contenidos particulares a un concepto de origen.

Si se parte de comunicar el concepto: “producto es pan artesanal cuya calidad ha implicado la práctica de elaborarlo durante tres generaciones” es posible definir elementos, así como también cualidades de los mismos y relaciones de figura, forma y signos.

Si realizamos una descripción breve y general de cómo puede trabajar el diseñador, podemos decir que para realizar cualquier composición se parte de uno o varios conceptos para comunicar. Dichos conceptos pueden ser palabras o un texto en el cual se describa qué es el objeto/servicio/idea que se quiere comunicar. A partir de este concepto, el diseñador comienza el trabajo de selección de figuras/ forma/signo y las relaciones de los mismos a manera de bocetaje.

¹¹ Es importante decir que cuando Niklas Luhmann habla del Arte y del objeto de arte, no habla desde el punto de vista de la plástica, sino que al Arte lo considera un sistema social y al objeto-arte como la operación que tiene un carácter comunicativo, por ello el Arte se considera un sistema social.

Aplicando el concepto de estructura, podremos interpretar que las relaciones establecidas entre los elementos constituyen la estructura de la composición, pauta de relaciones que cooperan para la organización de la composición gráfica.

Los puntos nodales de las estructuras

La estructura de un sistema también jerarquiza las pautas de relación.

Para explicar a qué nos referimos con la jerarquización de las relaciones y elementos, es conveniente revisar la definición de estructura dada por los biólogos sistémicos Humberto Maturana (1928-) y Francisco Varela (1946-2001) que evidencian este vínculo¹²:

“Se entiende por estructura de algo a los componentes y relaciones que concretamente constituyen una unidad particular realizando su organización” (Maturana & Varela, 1984, p.28).

Vamos a explicarlo con el ejemplo del sistema “felino”:

...para hablar de una de las estructura del sistema felino, haremos mención de partes y las relaciones entre sus partes más específicas, por ejemplo, los gatos tienen un hueso hyoid, es un hueso duro que se encuentra debajo de la lengua y que les permite maullar pero no rugir. Este hueso lo tienen los felinos ¹³en general, sólo que en el grupo de las panteras se ha desarrollado como una pieza cartilaginosa que les permite rugir y no maullar. Esta característica particular entre los componentes y relaciones del sistema felino ha permitido hablar de una estructura gato, ya no de una organización que es propia del sistema felinos (un universo). (Castro, 2004, p. 76-77)

En el ejemplo podemos identificar que, aunque tanto la pantera como el gato tienen muchos elementos y relaciones en común lo cual los hace pertenecientes a un mismo sistema general, o en términos sistémicos tienen una misma organización perteneciente a los felinos. Sin embargo cada elemento tiene una estructura que permite diferenciarlos y ser subsistemas. Estos elementos y relaciones marcan una jerarquía con otros elementos y relaciones. Porque son esenciales, básicas, puesto que gracias a ellas se diferencian de otros sistemas.

Este elemento y/o relación lo podemos llamar para la representación como *elemento o relación nodal* o en su conjunto *punto nodal de la estructura*. Es decir, es la pauta de relación o el elemento básico para una composición.

¹² Dado que vamos a concentrarnos en el término de “estructura”, es conveniente que se mencione la definición que Maturana y Varela ofrecen del concepto “organización” para tener una comprensión de ambos bajo la línea sistémica biológica: “Se entiende por organización a las relaciones que deben darse entre los componentes de algo para que se lo reconozca como miembro de una clase específica. Se entiende por estructura de algo a los componentes y relaciones que concretamente constituyen una unidad particular realizando su organización” (Maturana & Varela, 1984, p.28).

¹³ Los felinos se clasifican en dos grupos, las panteras y los gatos, una de sus diferencias físicas es en el hueso hyoid, entre otras cosas.

La identificación de los elementos y relaciones nodales es útil, puesto que el sistema tiene cierto margen para soportar algunos cambios, como añadir más elementos o retirar elementos, así también la modificación de las pautas de relación y mantener la organización. Sin embargo cuando la estructura sufre una alteración importante de estos elementos y relaciones nodales ya no podrá adaptarse y será destruida. La identificación de estos elementos y normas de relación permitiría protegerlos u observarlos.

Vamos a observar un ejemplo diseñado para la explicación de estructura en los términos de una composición, en este caso el diseño de la letra R.

Ejemplo: La composición "R-mayúscula Times New Roman" consiste en determinados elementos y relaciones señalados en la figura VI.3.a y b. Las pautas de relación y los componentes de la composición de manera muy específica constituyen la estructura relacional de la composición. En la letra "R" Times New Roman, si faltara alguno de los serif, o si el serif fuera modificado a nivel de trazo, la estructura comenzaría a cambiar generando otra fuente. Sin embargo puede seguir siendo una "R". El serif puede ser un elemento nodal para la estructura "R Times New Roman" pero no para la estructura de la letra "R".

La letra "R" considera una estructura esencial más simplificada (Figura VI.3.c), basada también en la presencia y ausencia de elementos, pero los elementos considerados mínimos o básicos puesto que no se hace alusión a ser perteneciente a una fuente, sino a ser perteneciente a una configuración "letra del alfabeto". Podemos ver el análisis de identificación de elementos y relaciones esenciales en la letra "R", donde el asta puede ser un elemento que no es un elemento nodal; pero al eliminar la cola, la letra R se identifica como "P" por lo que la "cola" si es un elemento nodal.

El contexto del sistema y contexto relacional de la composición gráfica

Las relaciones entre los elementos de una composición comienzan en el momento en que uno de ellos se coloca dentro de un espacio que se considere visual. El espacio visual puede ser también un espacio virtual o un soporte físico tangible. Incluso cuando se habla de espacio podremos hablar también de un espacio histórico, político y cultural en el cual se coloca el signo que se pretende relacionar. Pero no vamos a hablar de este espacio; por ahora vamos a concentrarnos en un espacio físico, tangible, delimitado por el diseñador.

El espacio puede ser también interpretado como el contexto en el cual el elemento gráfico va a relacionarse con otros, le llamaremos *contexto relacional*. Asimismo el contexto relacional delimita la com-

posición, definiendo aquello que forma parte de un mensaje o un concepto. Un cartel está delimitado por el propio sustrato y no se confunde con otros elementos que puedan estar pegados a un lado. Define aquello que es parte de la composición y lo que no lo es. Pero los elementos que se encuentran alrededor son parte del contexto, los elementos secundarios.

En el ámbito del pensamiento sistémico, para Bateson, el contexto es el ámbito de relaciones del objeto observado, y en general define a lo observado.

Bateson señala que es muy importante entender el contexto, pues este describe y define el mundo “...And the context is linked to another undefined notion called “meaning” (Bateson, 2002, p. 14) reflexionemos sobre ¿Cómo se define la trompa de elefante desde la filogenética¹⁴ y la genética?, Bateson considera que en el crecimiento de un organismo hay una comunicación, de acuerdo a la interacción de los genes hasta las células para formar ese órgano. Pero en el caso del elefante, la trompa es considerada nariz, por su ubicación entre los dos ojos y la boca. La formación espacial tuvo un papel importante dentro del contexto, según Bateson, en embriología, todos los órganos se definen por la forma y no por la función, puesto que aún no la tienen cuando son fetos. Si se definiera por la función, la relación sería entre la creatura y el contexto y a esto le llama “temporal context”.

Un ejemplo importante para Bateson es el trabajo realizado por Johann Wolfgang von Goethe, escritor, poeta, filósofo y naturalista del siglo XVIII-XIX que se destacaba por su manera de definir a los organismos: desde el contexto.

“A stem is that which bears leaves.”
 “A leaf is that which has a bud in its angle.”
 “A stem is what was once a bud in that position.”
 (Bateson, 2002, p.15)¹⁵

En sí, la composición es un conjunto de elementos interrelacionados o relacionados entre sí en un espacio, y cada uno de ellos conforma los otros elementos un contexto. Cada uno de los figura-forma-signo influye al otro y permite definir cuál es el papel que cada uno toma para poder comunicar el concepto, sea que se defina la jerarquía, el contorno, la forma o la significación.

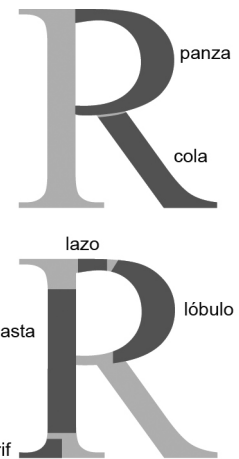


Fig. VI.3.a. Elementos de la letra “R” fuente Time New Roman.



Fig. VI.3.b. Relaciones nodales de la letra “R”

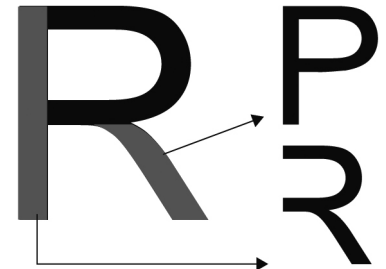


Fig. VI.3.c. Elementos y relaciones nodales de la letra “R”

Figura.VI.3. Análisis de la estructura de la letra R. Imagen de: Angélica Castro,

14 La clasificación filogenética es aquella organización científica de los grupos de organismos de acuerdo a su relación genética evolutiva. La filogénesis es la historia de la evolución del organismo, a pesar de que es un término retomado de la lingüística, es empleado principalmente en la biología.

15 La traducción es: “Un tallo es donde brotan las hojas”. “Una hoja es aquello que ha sido un brote en un ángulo”. “Un tallo es lo que fue un brote en esa posición.”

VI.2. Definición general de la estructura relacional

Después de haber conocido varias definiciones sobre la relación de los elementos en el sistema, desde la visión sistémica notamos que la importancia de la estructura en el diseño de la composición gráfica tiene similitudes, como ya las hemos explicado en cada uno de los puntos. La estructura se refiere a las relaciones entre los elementos, ahora vamos a comprender que la composición tiene un grado de complejidad, si observamos a los elementos plásticos desde las relaciones que guardan entre ellos, el campo visual que los contiene y como elementos significativos para establecer una comunicación.

Normalmente, el estudio de la estructura plástica en el diseño gráfico hace referencia a los aspectos geométricos del signo, dejando a un lado las cualidades perceptivas y semióticas. Estas cualidades del signo o los signos de la composición son estudiadas de manera aislada, aunque en la práctica sabemos que hay una relación entre todas para poder comunicar un concepto. En los estudios teóricos no he sabido encontrar un concepto que englobe a esta interacción.

En la teoría del diseño se han identificado algunas pautas, como son, por ejemplo, los estudios de la proporción de la forma, la perspectiva (relación con el espacio tridimensional y bidimensional), el ritmo, el equilibrio y la tensión. Lo que pretendemos en este trabajo es considerarlas como pautas que acentúan la intención comunicativa de la composición a través de las relaciones que proponen a los signos.

Al modelo teórico-diseño se le llama *estructura relacional*. Entendemos por estructura relacional *al conjunto de pautas o reglas dadas en las relaciones de la composición, considerando las relaciones del elemento plástico consigo mismo, las relaciones de los elementos con otros elementos, la relación con el campo visual y la relación con el o los concepto(s) a comunicar. La estructura relacional describe las pautas de relación que proponen la composición.*

En la teoría del signo y las teorías de la forma propuestas en el diseño gráfico encontramos tres características principales: la cualidad geométrica de la forma, la cualidad perceptiva y la cualidad significativa (cuando la forma toma la identidad de signo). Todas ellas serán retomadas como cualidades de la misma composición. En este caso, al hablar de las relaciones de los signos, es propio retomar estos estudios considerando únicamente aquellos que hablen sobre relaciones. Y lo haremos en los capítulos siguientes.

Bajo estos términos, la estructura relacional, se puede considerar como una meta-estructura de la composición, que describe las relaciones dadas en la composición. Pero ¿cuáles son esas relaciones?, ¿cómo las vamos a clasificar?

Esta clasificación toma como base al pensamiento sistémico de Gregory Bateson, y la argumentación inicial de su conocida frase “la pauta que conecta”, concepto que hace alusión al hecho de observar las relaciones de objetos o fenómenos para identificar niveles de relación y metapautas que puedan ser trasladadas a otros fenómenos y explicarlos. A continuación expongo su propuesta.

La estructura relacional como una metaestructura

Las relaciones que se dan en la composición visual son complejas. Cuando hablamos de una composición sabemos que participa uno o varios elementos en tres entidades distintas, el elemento visual puede ser figura, también puede ser forma, y al mismo tiempo es signo. Cuando el elemento tiene estas tres entidades su manera de relacionarse se multiplica, puesto que puede relacionarse con varios elementos en cualquiera de sus entidades o niveles.

Un color rojo no sólo es color rojo como una tonalidad estimulante o una característica física del objeto; también es un significante con significado(s). Cuando diseñamos decidimos cuál o cuáles de estos niveles se están relacionando y de qué manera.

Al ver esta complejidad es conveniente realizar una clasificación de relaciones. Esta misma ha sido inspirada por la observación de relaciones que hace Gregory Bateson, y que resuelve a través de una clasificación basada en la lógica que a continuación explico con detalle.

“La pauta que conecta” de Gregory Bateson

Uno de los pensadores sistémicos más importantes del siglo XX es Gregory Bateson, quien motiva a investigar a partir de la observación que trasciende la descripción de lo que se ve, y pasa a la observación de las relaciones. Bateson fue un científico y filósofo multidisciplinario, especialista en diversas áreas como la psicología, la sociología y la biología, lo que le permitió observar lo esencial de las relaciones basadas en la comunicación entre seres vivos. Profundizó sobre problemas mentales de diversos niveles como la esquizofrenia, y distinguió que podían haber patrones en las comunicaciones que desencadenaban estos estados patológicos.

Gregory Bateson ha escrito varias obras, entre ellas, *Mind and Nature. A necessary Unity*, un libro con fines pedagógicos, donde proporciona algunas pautas de valor epistemológico sobre cómo conocer el mundo, y que todo investigador debe considerar al investigar. Su manera de redactar parecería informal, no le da el carácter de una

metodología científica; sin embargo promueve una actitud científica para abordar la investigación desde la observación de las relaciones y la deducción de patrones para conseguir homologías, lo cual son dos de las finalidades del pensamiento sistémico.

Gregory Bateson distinguió que observar el mundo a través de la interacción con los otros elementos, así como el contexto, proporcionaba una explicación más importante sobre el universo. Esto trata de inculcarlo incluso en los estudiantes de arte ¹⁶. Bateson les planteó la siguiente pregunta con la condición de que su respuesta debía describir que el pattern es una cualidad de los organismos vivos:

What is the pattern which connect the crab to the lobster and the orchid to the primrose and all the four or them to me? And me to you? And all the six of us to the amoeba in one direction and to the back-ward schizophrenic in another... What is the pattern which connects all the living creatures? (Bateson, 2002, p.7.)¹⁷

Las respuestas sobre la comparación del cangrejo y la langosta fueron diversas, la primera característica común que observaron entre estos crustáceos fue que ambos cuerpos son simétricos, una cualidad que no define de ninguna manera a un ser orgánico, solamente lo describe como cualquier objeto. Dice Gregory Bateson: “*Very good. You mean it’s composed, like a painting? (No response)*” (Bateson, 2002, p. 9)¹⁸.

La respuesta pasó de observar la simetría, a la asimetría y al final llegó a la conclusión de que ambos crustáceos tenían la misma relación con las partes de su cuerpo. Respuesta que Bateson aplaudió, pues logró ofrecer más información sobre estos organismos. Bateson subraya: “*Never quantities, always shapes, forms and relations. This was, indeed, something that characterized the crab as a member of creatura, a living thing*”(Bateson, 2002, p. 9)¹⁹.

Estas comparaciones entre organismos son recurrentes en las ciencias biológicas con fines clasificatorios. La homología estudia tipos de similitudes. La homología filogenética distingue el parecido formal entre las extremidades de dos animales, como puede ser el humano y el caballo, o el cangrejo y la langosta. La homología serial (serial homology) distingue la repetición rítmica de la forma de un órgano en un mismo organismo, un ejemplo de eso sería el cambio de forma de las

¹⁶ Entre ellos Tyler Volk en el año 1977, y que asistía al día de seminario libre, donde Bateson impartía sus cátedras, la misma época en la cual estaba escribiendo su libro *Mind and Nature*. Volk, más tarde escribe el libro *Metapatterns Across Space, Time, and Mind*, editado en 1995.

¹⁷ Cuál es la pauta que conecta al cangrejo con la langosta y la orquídea con la primavera, y los cuatro conmigo? Y yo a tí? y estos seis con la ameaba en una dirección y con el contexto del esquizofrénico en otra... ¿Cuál es el patrón que conecta a todas las creaturas vivas?

¹⁸ Traducción “Muy bien. Tu quieres decir que eso está compuesto, ¿como una pintura? (No responde)”

¹⁹ Nunca cantidades, siempre perfiles, formas y relaciones. Esto era, finalmente, algo que caracterizaba al cangrejo como miembro de las creaturas, un objeto viviente” (Bateson, 2002, p. 9)

hojas de una planta o los tres pares de patas de un insecto. Bateson define la phylogenetic homology como²⁰:

"A formal resemblance between two organisms such that the relations between certain parts of A are similar to the relations between corresponding parts of B. Such formal resemblance is considered to be evidence of evolutionary relatedness." (Bateson, 2002, p.212)²¹

A partir de la identificación de estos tipos de homologías, Gregory Bateson hace evidente que dentro de las relaciones que propuso, éstas consideran distintos niveles de comparaciones, lo que sustenta con el empleo de los tipos lógicos de Russell²².

- 1.-The parts of any member of *Creatura* are to be compared with other parts of the same individual to give first-order connection. [Or serial homology]
- 2.- Crabs are to be compared with lobsters or men with horses to find similar relations between parts (i.e. to give second-order connections). [Or phylogenetic homology]
- 3.-The comparison between crabs and lobsters is to be compared with the comparison between man and horse to provide third-order connections. (Bateson, 2002, p. 10)²³

Los tipos lógicos de Russell

Los tipos lógicos de Russell es una propuesta que soluciona la paradoja conocida como "el círculo vicioso". Es un trabajo que Bertrand Arthur William Russell (1872-1970) realiza con uno de sus maestros de la Universidad de Cambridge, Alfred North Whitehead, con quien escribió el libro *Principia Mathematica* entre 1910 y 1913. Esta paradoja consiste en suponer que una colección de objetos puede contener miembros que sólo pueden ser definidos por medio de la colección como un todo. Podríamos retomar el siguiente ejemplo citado por Palacio Fernández (2008):

Podemos pensar que la colección de todas las proposiciones contiene una proposición que versa así mismo sobre todas las proposiciones como podría ser la siguiente: Todas las proposiciones son o verdaderas o falsas.

²⁰ La primera definición de homología fue propuesta por el paleontólogo inglés Richard Owen, quien propone postulados que dan soporte a la teoría de la evolución, a pesar de ser un personaje ideológicamente conservador y científicamente partidario del fixismo y del creacionismo, lo que lo hacía contrario a la postura de la evolución por selección natural de Darwin. Sin embargo su definición de homología fue fundamental. Para Owen, había un mismo órgano que desempeñaban funciones diferentes en especies biológicas diferentes, así como también una misma función podía estar realizada por órganos distintos en diversas especies. (Barona V. 2003, pp. 200-201) Otras fuentes afirman que Owen dio a conocer el término en 1843 como: "the same organ in different animals under every variety of form and function". Ray Lankester definió como homólogos a aquellos caracteres en dos especies que "tienen un solo representante en un ancestro común". Actualmente, a partir de estas definiciones básicas se ha revisado el término desde la biología y la genética y se han definido qué es la homología y las pautas para poder identificarla.

²¹ Una semejanza formal entre dos organismos tales que las relaciones entre algunas partes de A sean similares a las relaciones entre las correspondientes partes de B. Tal parecido formal correspondiente es considerada como una evidencia de la relación evolutiva" (Bateson, 2002, p.212).

²² López Mateos, Manuel (1978). *Los Conjuntos*. México D.F.: Publicaciones del Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias, UNAM, citado online en <http://filosofiyargumentacion.blogspot.com.es/2014/05/historia-de-la-logica-3-la-logica.html>.

²³ La información de los corchetes son mías.

En esta proposición, “todas las proposiciones” es a la vez perteneciente de “todas las proposiciones”, esto cualquier miembro es perteneciente a sí mismo.

Otro ejemplo conocido que plantea la paradoja es la historia del barbero de Russell.

“En un lejano poblado de un antiguo emir había un barbero llamado As-Samet diestro en afeitar cabezas y barbas, maestro en escamondar pies y en poner sanguijuelas. Un día el emir se dio cuenta de la falta de barberos en el emirato y ordenó que los barberos sólo afeitaran a aquellas personas que no pudieran hacerlo por sí mismas. Cierta día el emir llamó a As-Samet para que lo afeitara y él le contó sus angustias:

—En mi pueblo soy el único barbero. No puedo afeitar al barbero de mi pueblo, ¡que soy yo!, ya que si lo hago, entonces puedo afeitarme por mí mismo, por lo tanto ¡no debería afeitarme! Pero, si por el contrario no me afeito, entonces algún barbero debería afeitarme, ¡pero yo soy el único barbero de allí!

El emir pensó que sus pensamientos eran tan profundos, que lo premió con la mano de la más virtuosa de sus hijas. Así, el barbero As-Samet vivió para siempre feliz y barbón.”

Para romper con la paradoja, Bertrand Russell propone los tipos lógicos, los cuales tienen la finalidad de generar una discontinuidad entre los miembros y una clase. Por lo que la clase no puede ser miembro de sí misma y tampoco uno de los miembros puede ser la clase, puesto que el término “clase” está destinado para un nivel abstracto superior, es decir, un tipo lógico superior.

Además de aplicar los tipos lógicos en los conocimientos sobre biología, Gregory Bateson aplica la teoría de los tipos lógicos para identificar las jerarquías en las comunicaciones humanas, por ejemplo, el juego, el no juego, la fantasía, el sacramento y la metáfora tienen señales para ser distinguidas como tales. Cuando estas señales no se manifiestan existe una confusión en la comunicación, tal que puede repercutir en la conducta y le llamó *doble vínculo*²⁴. Por ejemplo en el caso de la comunicación entre madre e hijo, generan una relación de doble vínculo, es decir la emisión de mensajes en las cuales se coloca a uno de los individuos en una contradicción como dar mensajes verbales o en actos que digan: “eres libre de hacer tu vida, pero si no me atiendes no eres responsable”. Una paradoja que en el transcurso de la vida del individuo o individuos generará problemas de conducta en sus relaciones, puesto que no podrá identificar con claridad cada situación ni los mensajes.

Además de emplear los tipos lógicos para poder identificar los niveles de comunicación, Gregory Bateson considera a los tipos lógicos, útiles dentro del proceso de “conocer” y los emplea en el ejemplo de la biología, donde cada comparación se encuentra clasificada de

²⁴ La explicación de cómo se relacionan los tipos lógicos con el doble vínculo se puede encontrar en el libro *Mind and Nature a Necessary Unity*, p. 106-119

manera jerárquica de acuerdo a su grado o nivel de abstracción. Así como, también, el la distinción de tipos de comunicación.

Podemos pues comprender la clasificación de las comparaciones en tres niveles: primer nivel, la comparación entre los elementos de un solo elemento consigo mismo (a comparado con $a' = a$), para encontrar relaciones casi denotativas; en el segundo nivel está una relación que compara las primeras relaciones que serán comparadas con las relaciones denotativas de otro organismo (A comparado con B= C); y en el tercer nivel, las relaciones encontradas entre este par de individuos, se podrán encontrar relaciones entre otro par de relaciones, es decir, la relación de relaciones (C comparado con D= E), lo que Bateson llama Metapatterns y en lo cual basa su teoría.

Clasificación de niveles de relacionales en la composición

El modelo de los tipos lógicos lo podemos emplear en la clasificación de las relaciones en distintos niveles, dependiendo de lo que se observe y compare. Así pues tendríamos la siguiente jerarquía:

Relaciones de primer orden

Definiríamos relación de primer orden a la comparación de la configuración del signo consigo mismo, con el campo y con otros signos desde su composición geométrica. Esto incluye comparar las relaciones dimensionales y espaciales (ubicación en el campo). Le llamaremos estructura relacional de nivel geométrico.

Relación de segundo orden

Corresponde a la relación de los elementos de la composición como estímulos físicos que se configuran como forma. Esta relación depende de la relación figurativa geométrica, dándoles sentido a la composición figurativa como formas reconocibles por la experiencia. A esta relación le llamaremos estructura relacional de nivel perceptual.

Relación de tercer orden

Esta relación consiste en la interacción de las formas con sus cualidades como significado, no sólo como formas que representan objetos externos con un nombre, sino que en la composición se relaciona la cualidad significativa del signo, es decir el significado denotativo como connotativo. La relación de estas cualidades es lo que da lugar a lo que conocemos como sintaxis, desde los términos de la semiótica. A esta tercera relación le llamaremos estructura relacional de nivel significativo-comunicacional.

Relación de cuarto orden

Es la relación que considera las tres relaciones en conjunto, identificando las pautas esenciales o el material significativo esencial que constituye la expresión del concepto. A esta estructura le llamaremos meta-estructura.

Si bien, cuando el diseñador realiza el proceso de boceto, quizá no piense en estos niveles de manera ordenada, pero es necesario que en el momento en el que la composición se encuentre con un determinado grado de avance, se revisen cada uno de ellos para verificar la coherencia en la expresión del concepto deseado.

Es importante resaltar que, cada una de estas clasificaciones, no hablan de cualidades aisladas del signo ni de cualidades descriptivas, sino de las relaciones, las pautas relacionales y de las figuras-formas-significados.

Otro de los conceptos útiles de Gregory Bateson para comprender las relación desde lo sistémico es el hecho de interpretar que todo lo que interaccione tiene una relación, como una historia.

La clasificación de la estructura relacional en estos niveles no implica solamente una jerarquía ordenada o el estudio por separado de las relaciones. Al contrario, es una clasificación que da lugar a evidenciar la complejidad de las relaciones de la composición, ya que las mismas relaciones son incluidas unas en otras, es decir, el segundo nivel incluye la relación del primero. Lo podremos entender bajo este otro ejemplo: para que pueda percibirse un objeto como forma se requiere de una estructura geométrica hecha, porque el proceso perceptivo identifica a la geometría como una información para reconocer el objeto. Por lo que si las partes del objeto no presentan una relación que genere volumen, plano, o una dimensión intermedia, o no está materializado bajo alguna organización, será difícil que se perciba; sería como un rompecabezas donde las piezas, además de estar disgregadas, sus huecos no coincidirían con los complementos que tienen salientes. De esta manera no podrían ni relacionarse ni completarse y sería imposible reconocer las figuras. Así pues, las relaciones dependen de las relaciones. Y solamente estudiaremos algunos conceptos plásticos relacionales como son la perspectiva y la proporción; son relaciones geométricas que influyen en la relación de figura-fondo y las texturas, conceptos pertenecientes al nivel perceptual.²⁵

Conclusión

La revisión de la teoría de sistemas tiene el objeto de proporcionarnos información sobre cuál es el significado de la estructura y la relación de los elementos dentro de un sistema y cómo afecta a la organi-

²⁵ Esta clasificación de la estructura relacional tiene diferencias con otros modelos, como lo es el presentado por Fabris & Germani, quienes definen las tensiones como diferentes tipos de relaciones: de influencia: "...agrupan sólo factores por los que cada uno de los elementos compositivos influye recíprocamente sobre todos los demás". Y relaciones de conformidad: "...de toda la parte visible y material de la composición, considerada como un conjunto de elementos convivientes, puesto que, en la realidad, ningún signo puede ser percibido como único y aislado" (1973, p. 96). Así, por ejemplo, el ritmo es un factor. Son clasificaciones que van de acuerdo con la epistemología o manera de abordar el tema. En nuestro caso se ha querido profundizar más en la naturaleza de la relación y por ello se requiere de una clasificación más detallada y compleja a la vez, puesto que no aísla los conceptos sino que incluso los relaciona. Para tener una mayor referencia de su clasificación mencionaré la subclasificación de las relaciones de influencia que considera tres tipos: de valor o cromática, de movimiento o espaciales, de proporción o formales. (1973. pp.98-99)

zación. A partir de ello, reconsideraremos el significado que tienen las relaciones en la composición gráfica para poder observar otros aspectos de las mismas.

La clasificación de las relaciones a partir de la visión de Gregory Bateson y los tipos lógicos porque pone en evidencia la complejidad que tienen los elementos plásticos. A pesar de que las relaciones de las figuras/formas/signos hayan sido deducidas sin la relación del concepto de Bateson de “la pauta que conecta” cabe decir que nos pone en evidencia la complejidad que las relaciones entre la clasificación de organismo, la clasificación de comunicaciones, así mismo los elementos plásticos lo tienen.

En las explicaciones que podemos leer sobre la proporción, siempre se hace alusión a la percepción y no solo al nivel geométrico. Igualmente al exponer la perspectiva como un método técnico para generar tres dimensiones, se habla de la percepción espacial, de la misma manera al hablar de la forma se habla en ocasiones de sus significados y no de términos lumínicos o de formas reconocibles. Una figura, no puede ser figura sin ser reconocible, una forma no es forma si no se sabe qué es, cuál es su contexto y se asocia con un significado. El lenguaje explicativo de las relaciones de los elementos estamos acostumbrados que no habla en el mismo nivel de la relación que se observa.

Esto no se considera un error, sino solamente una observación para reflexionar. Qué pasaría si realmente consideráramos que para hablar de una forma, se debe hacer consideración a la relación de figuras, en los términos de figuras, y así sucesivamente. Sin embargo al hablar de la relación de figuras se hace alusión a la forma y para hablar de signo, es necesario considerar la relación de formas (la sintaxis); es decir, se habla de la relación de las relaciones de un nivel inferior. El aporte de los tipos lógicos es mostrar la complejidad del lenguaje visual y que es necesario que la estructura relacional lo evidencie.

Capítulo VII.

Principios del modelo topológico útiles para la definición del concepto *estructura relacional*

Introducción

En este capítulo se propone construir un modelo análogo a la composición plástica con carácter topológico, en el cual puedan estar representadas las relaciones en los dos niveles: geométrico y perceptual por lo pronto. Dicho modelo topológico será considerado como una meta-estructura de la composición.

La topología, en términos generales es una geometría que estudia la invariancia de las relaciones los puntos de una figura cuando esta ha sufrido una transformación. Se entiende por transformaciones de la figura una torsión, estiramiento, incluso hacer un nudo sin romper la figura.

Esta principio general de la topología nos permite plantearnos varias preguntas, primero si realmente la topología puede ser una herramienta de interpretación de las relaciones en la composición gráfica. En segundo lugar si es posible identificar los conceptos topológicos en la dinámica de la composición gráfica para que el modelo geométrico pueda ser análogo a ella.

Partiendo de estas preguntas dividimos el contenido de este capítulo en tres partes. La primera consiste en la explicación de lo que es la topología. La segunda parte explica los conceptos básicos como son espacio topológico, vecindad o entorno, frontera, región o conjunto. La tercera parte describe la interpretación del modelo topológico como modelo análogo a la estructura relacional.

En este capítulo cabe destacar que los conceptos empleados han tenido base en bibliografía especializada en topología, considerando los textos que expongan los conceptos de manera sencilla para que podamos emplearlos sin tener un conocimiento avanzado sobre el tema. Por otro lado, una fuente básica para el desarrollo de este capítulo es la Teoría del Campo de Attilio Marcolli, desarrollada en su libro *Teoría del Campo. Curso de educación visual* (1978) en su capítulo sobre "Campo Topológico". Su propuesta ha influenciado en dos aspectos en esta tesis: uno de ellos ha sido la introducción a los conceptos básicos de topología y otro refiere ha ser una guía para crear la propia interpretación de la topología en el ámbito del diseño

gráfico delimitando la propuesta a aplicar la topología como el modelo que puede plasmar una meta-lectura específicamente dado con las relaciones de la composición.

La aplicación de la topología que realiza Attilio Marcolli, parte de la teoría del campo del psicólogo Kurt Lewin, quien estudia las relaciones del ser humano y sus cambios a través de su vida y las representa bajo un modelo análogo topológico. Attilio Marcolli aplica la teoría de Kurt Lewin para apoyar su tesis sobre el origen del diseño o proyecto parte de bases fenomenológicas relacionadas a la psicología humana, es decir que el diseño surge a partir de la conducta humana, misma que se basa en relaciones y comunicaciones.

Aunque Attilio Marcolli se preocupa por dar la explicación sobre el diseño en general, aparece una inclinación hacia los ejemplos del diseño urbanístico y del arquitectónico. Considera que la ciudad es un espacio topológico de relaciones o conexiones de tipo de comunicación y de movimiento (locomoción). Por otro lado, Attilio Marcolli aplica la teoría del campo también en el proceso proyectual y lo considera como una dinámica de comunicación, una dinámica de organización de grupo con el fin de resolución del problema de diseño; dicho aspecto también es considerado en la teoría de Kurt Lewin.

La propuesta de esta tesis no explica la composición desde el punto de vista fenomenológico, sin embargo si suponemos que aunque se hable de una composición plástica, la reinterpretación hecha tanto por el diseñador como por el receptor implica una intelectualidad y una manera de interpretar símbolos. Esta parte aunque es de mucho interés en el ámbito del diseño será motivo para otro estudio. Por ahora, la explicación de la aplicación de la topología parte en la creación de la composición plástica.

VIII.1. Qué es la topología

La topología es una rama de la matemática de las más jóvenes a comparación de otras ramas como el álgebra, la geometría, teoría de los números. Su objetivo ha sido el estudio de la forma de la naturaleza o de los objetos, identificando las semejanzas entre dos o más de ellos.

Otra manera de definir topología es la siguiente: "Topology: the study of those properties of geometric figures that are unchanged when the shape of the figure is twisted, stretched, shrunk, or otherwise distorted without breaking" (Henderson, Griesbach, Duncan & Todd, 1982, p.577).

La topología aparece en el s. XVII y se considera a Leonhard Euler (1707-1783) como el pionero en esta área, al resolver el problema de

los puentes de Königsberg.¹ Le denominó *analysis situs*, que significa, análisis de la posición. Viene de dos palabras griegas, **τοπος** que significa lugar, y **λογια** estudio. Aunque se considera a Jules Henri Poincaré (1854-1912) quien realiza el desarrollo sistemático de esta geometría en 1895.

Ahora se comprende la topología como el estudio de los objetos geométricos y su comportamiento cuando se deforman elásticamente, es decir cuando los objetos se pueden estirar, torcer, pero su forma no se rompe.²

Estos efectos de deformación o transformación son bien conocidos en nuestra vida cotidiana, incluso en las caricaturas, podemos recordar cuando los personajes estiran sus cuellos o sus brazos para alcanzar objetos como el super héroe el “hombre elástico”, son parte de la ficción basada en principios topológicos en donde la forma no se rompe, solo se estira, se transforma en otra (como la cabeza del famoso gato Tom cuando se mete en una botella) pero sigue manteniendo la relación de los elementos que lo componen (los ojos siguen apareciendo, el hocico, la cola, las patas) y al final esta transformación es reversible, es decir pueden volver a su estado normal.

Desde la topología, cuando se deforma una figura, las relaciones de sus partes permanecen igual, solo las distancias se alteran. La distancia métrica o longitud no es importante como tampoco lo son los ángulos y las áreas; estos términos son solo importantes en la geometría euclidiana. Para la Topología lo esencial son las relaciones entre los puntos, aunque la distancia métrica aumente, si la relación de continuidad permanece es una forma Topológica.

Volvamos a hacer referencia a un ejemplo muy simple pero ilustrativo. En el caso de la deformación del gato de Tom; cuando su cara es deformada por un golpe o se introduce dentro de un objeto, el ojo (punto A) está a lado de otro ojo (punto B) y esta relación se mantiene independientemente de la deformación. Puede aproximarse o alejarse pero nunca ser discontinuos.

Otro ejemplo para entender la transformación topológica para quienes no somos especialistas, es la frase popular entre los topólogos que dice, que para ellos es igual la forma de una taza que la forma de



Figura.VII.1. Mapa de la ciudad de Königsberg Prusia, con la gráfica que presenta el problema de los puentes de Königsberg. Imagen recuperada de http://es.wikipedia.org/wiki/Leonhard_Euler#mediaviewer/File:Königsberg_bridges.png. [Consultada: 2014]

¹El problema consiste en que un ciudadano de Königsber Prusia Oriental (actualmente Kaliningrado, en Rusia) se propuso dar un paseo cruzando todos los puentes ubicados sobre el río Preguel pasando por todos una sola vez. La pregunta fue ¿cómo debe cruzar los puentes para realizar el paseo? En el año 1736, el matemático suizo Leonard Euler respondió a este problema mediante lo que le llamó *geometriam situs*, actualmente denominado topología. Este problema fue la base para el desarrollo de la teoría de grafos.

²La topología a través de su historia se ha desarrollado de manera intuitiva en tres teorías: La *teoría de grafos*: que busca las relaciones de los puntos sin que ninguna relación se repita. La teoría de nudos, que parte de la observación del nudo hecho con un hilo o cuerda unida entre sí por los dos extremos, la cual puede ser deformable entre ello doblado. Cada uno de los dobleces son puntos dobles y estos son los puntos que se estudian cuando la forma sufre otra deformación o transformación. Se ha aplicado a la biología en el estudio de ADN como una figura de doble hélice compleja que se considera que tiene las cualidades de un nudo. *Teoría de superficies*, su objetivo es el estudio de las superficies compactas, y es la teoría que se ha desarrollado con mayor rigor matemático. Siendo que el estudio de la topología es la variedad o multiplicidad de las formas. Consiste en la deformación de planos manteniendo la relación de los puntos originales.

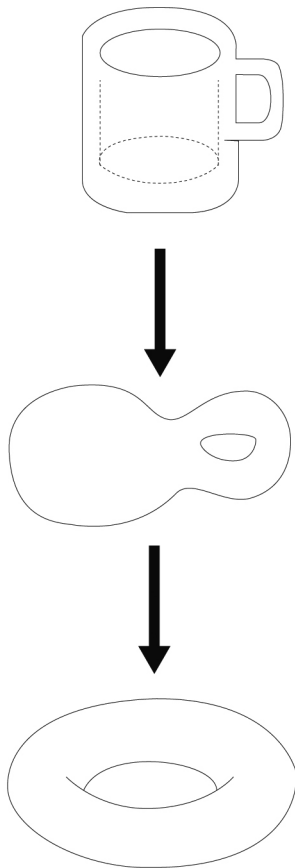


Figura.VII.2. Representación de la transformación topológica de una forma a otra. Imagen de Angélica Castro.

un donut. Esta frase, nos evoca una propiedad importante, en la cual las formas pueden tener cualidades en común, y estas son las relaciones de los puntos que la componen. A esto se le llama homeomorfismo. Desde el punto de vista topológico, la homeomorfismo se refiere a las propiedades constantes al comparar la forma inicial y la final (lo explicaremos con profundidad en el siguiente punto). (Figura VII.2)

Las transformaciones y la invariancia topológica

Como vimos anteriormente la topología admite varias transformaciones (estirar, torcer, arrugar, pero no romper). Estas transformaciones topológicas obedecen a dos caracteres, el carácter de correspondencia biunívocas y el carácter de correspondencia bicontinuas que hay entre los puntos de las dos figuras.

Esto se representa así: $p \in A \leftrightarrow p' \in A'$ y se leería, los puntos p que pertenecen a A tienen correspondencia con los elementos p' que pertenecen a A' .

La correspondencia biunívoca en la transformación se refiere a que cada punto p de A corresponde a los puntos de p' incluidos en A' .

La transformación bicontinua significa que si tomamos dos puntos de A , p y q y movemos p de manera que la distancia de q tienda a cero, entonces, la distancia de p' y q' pertenecientes a A' debe tender a cero recíprocamente. En algunos textos esto mismo se expone como la transformación debe ser “uno a uno”, o también: “cada punto estará aplicado a un punto imagen único que, a su vez, tendrá como imagen un punto original cuando se considera la transformación inversa” (The open University, 1974. pp.14-15).

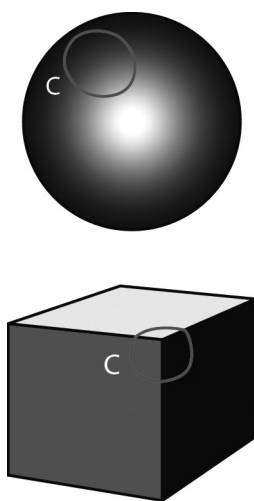


Figura.VII.3. Transformación topológica de la esfera. Donde “C” es la invariable topológica. Es decir, “C” es el área de la esfera que ha permanecido igual al inicio y al final de la transformación. Imagen: Angélica Castro

Entendemos por “imagen” la figura consecuente con la transformación de estiramiento. La topología compara una figura inicial a la cual se le aplicará la transformación, con la imagen final que es el resultado de esta transformación.

La siguiente definición de topología reúne las condiciones ya mencionadas.

La topología es el estudio de las propiedades de las estructuras que permanecen invariables en las transformaciones bicontinuas. Tales transformaciones se llaman “transformaciones topológicas” (The open University, 1974. p.15).

La cualidad de bicontinuidad conlleva a otra cualidad de las formas topológicas que es la *invariable topológica*. Esta podemos observarla con el siguiente ejemplo:

En la superficie de una esfera se traza un círculo el cual va a dividir a la esfera en dos partes distintas. Esto implica que para ir de un punto de una de esas partes de la superficie hacia un punto situado en la otra parte (interna del círculo), es necesario pasar a través de la curva "C". (Figura VII. 3)

Si a esta esfera se le aplica una transformación topológica para convertirla en cubo, vamos a observar que la circunferencia "C" permanece igual. A esto se le llama invariable topológica de la transformación. Es la cualidad de la forma que no cambia aunque la forma haya sufrido una transformación.

Otro ejemplo muy conocido es la explicación dada con la figura llamada "toro" para mostrar lo que no es la invariancia topológica. El toro es una forma de "dona, o donut". Se marcan dos áreas con dos circunferencias cerradas. La manera en la cual se señalan las áreas es distinta (Figura VII.4) Las dos circunferencias son cerradas pero son distintas, en la C1 el toro no se corta, pero en C2 si realiza una separación de la curva. Si comparamos la manera en la cual C1 y C2 dividen el toro, solamente coincide C1, pero no es posible trazar C2 en la esfera. Esto significa que no todas las propiedades de toro se encuentran en la esfera, por lo que el toro y la esfera no son topológicamente equivalentes. Ambos trazos deben darse de la misma manera en las dos figuras para que pueda decirse que la esfera se transforma en Toro.

Entonces, se dice que:

El número de curvas cerradas que se pueden trazar sobre una superficie particular sin que la curva quede dividida en partes distinta es un invariable topológico, esto es, continúa siendo el mismo a través de cualquier transformación topológica de la superficie (The Open University, 1974. p.16).

Un toro solo se puede ser dividido en dos partes por una circunferencia como lo muestra la figura VII.5

Observemos ahora otro ejemplo en el cual hay una transformación bicontinua, es decir, uno a uno. Se traza una curva, que se corta en un punto, y se realiza un nudo, pegando el extremo en el punto inicial. El proceso se muestra a continuación en tres pasos. A pesar de que hubo un corte para la elaboración de la gráfica, la transformación ha sido continua uno a uno puesto que el orden de los puntos que constituyen la curva, mantienen el mismo orden. Si evidenciamos los puntos, la secuencia quedaría como lo muestra la figura VII.6.

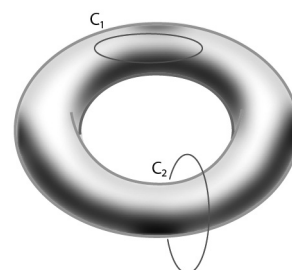
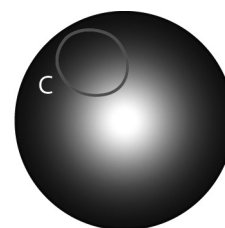


Figura.VII.4. Observación de propiedades de la esfera y el toro para concluir si son topológicamente semejantes. De los dos cortes C1 Y C2 el corte C2 no se da en la esfera, por lo que el toro y la esfera no son topológicamente semejantes.

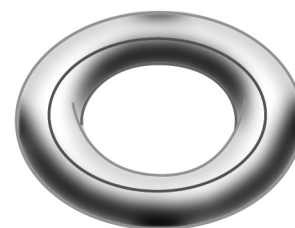


Figura.VII.5. Toro topológico. Fig VII. 5. En la figura del toro, solamente se puede trazar una circunferencia cerrada sin que se divida el toro. Imagen de Angélica Castro

VIII.2. Conceptos básicos de topología

Espacio topológico

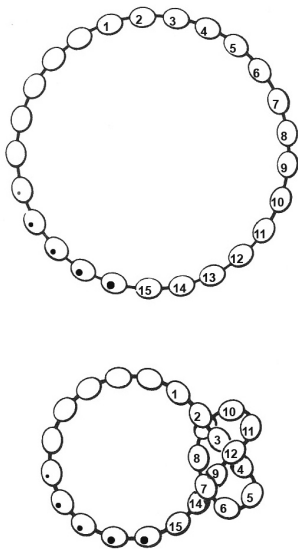


Figura.VII.6. Representación de la continuidad de los puntos evidenciando la transformación topológica en la figura inicial a la figura final. Imagen tomada de The Open University, 1974. p.17

El espacio topológico es un estructura matemática que define de manera formal los conceptos de convergencia, conectividad, vecindad, empleando subconjuntos de un conjunto dado. Y se representa (X, τ)

El espacio topológico en un conjunto se refiere a las interacciones que suceden dentro de él entre sus elementos. La simbología que se utiliza en esta explicación es la siguiente: \emptyset significa conjunto vacío, es decir que es un conjunto sin elementos y siempre está presente en cualquier Universo. La T es el conjunto topología. Las cualidades de un espacio topológico básicas son las siguientes:

- 1.- \emptyset and X are in T [La interpretación formal es: $\emptyset \in T, X \in T$]³
 - 2.- The union of the elements of any subcollection of T is in T [La interpretación formal es: $\forall S \subset T, \cup a \in S a \in T$]
 - 3.- The intersection of the elements of any finite subcollection of T is in T. [La interpretación formal es: $(a, b \in T) \Rightarrow (a \cap b \in T)$]
- A set X for which a topology T has been specified is called a *topological space*.
- ...
- If X is a topological space with topology T , we say that a subset U of X is an open set of X if U belongs to the collection T. Using this terminology, one can say that a topological space is a set X together with a collection of subsets of X, called open sets, such that \emptyset and X are both open, and such that arbitrary unions and finite intersections of open sets are open. (Munkres, 2000, p. 76)

Es útil citar el ejemplo gráfico para aclarar mejor lo que se refiere el espacio topológico (figura VII.7):

Contamos con un conjunto X, y sus elementos: $X= \{a,b,c\}$ En este conjunto hay una diversidad de topologías, se pueden crear diversos subconjuntos con estos elementos. Munkres muestra algunos de ellos.

El diagrama 3 se muestra la topología del conjunto abierto es X, $\emptyset, \{a,b\}$, y $\{b,c\}$. La topología del diagrama 1 contiene solo X y \emptyset , Mientras la topología del diagrama 9, contiene todos los conjuntos de X. Es posible obtener todas las topologías en X, combinando a, b, y c.

En la figura VII.8 se presentan dos ejemplos donde no hay topología puesto que no se cumplen con las tres condiciones.

En la interpretación para la teoría psicológica de Lewin el espacio topológico es el espacio de vida, con un carácter naturaleza física, so-

³ Los corchetes son míos.

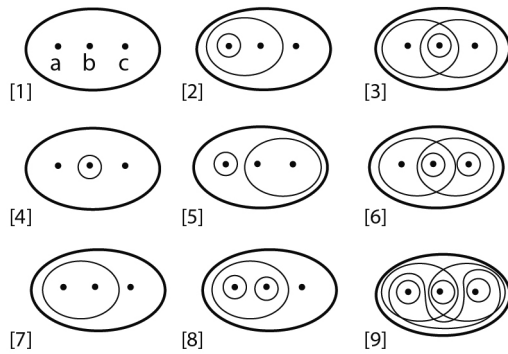


Figura.VII.7. Representación gráfica del espacio topológico en X. Es el espacio de relaciones que pueden crearse con la combinación de los elementos a,b,c. Incluye el conjunto abierto, X, \emptyset y distintos subconjuntos de X. Imagen tomada de Munkres, 2000, p. 76. Se han añadido la enumeración de cada gráfica para una mejor referencia.

cial, conceptual de lazos de relación de regiones, impulsos y fuerzas, movimientos. Todas las relaciones tienen un carácter espacial. Y la representación de esta explicación sobre espacio de libre movimiento podemos observar su representación en la figura VII.9.

Cada persona vive en un espacio de vida que le permite ciertos movimientos y que le impide otros. El espacio está, pues delimitado por un confín, y en su interior puede surgir barreras que impiden a la persona (A) comunicarse con la persona (B). Para un niño (B), por ejemplo, los impedimentos son a menudo mucho más amplios que el espacio de libre movimiento en el que puede moverse: *i* son las regiones inalcanzables para él en razón de su insuficiente habilidad motriz, y *p* son las regiones prohibidas en las que podría caer en graves peligros, o en las que hay objetos que podría romper. (Marcolli, 1978, p. 146)

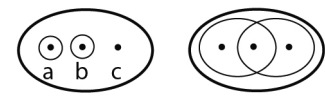


Figura.VII.8. Representación gráfica de espacios no topológicos. Imagen tomada de Munkres, 2000, p. 76. Se han añadido la enumeración de cada gráfica para una mejor referencia.

Las vecindades o entorno

“Vecindad” refiere a “cercanía” o “entorno” un concepto con carácter topológico cualitativo. Es decir, que un elemento del conjunto puede alejarse sin abandonar al conjunto. Podemos decir también que son los números o elementos que se encuentran en una zona concreta y todos son próximos.

El concepto vecindad suple al concepto de “distancia” que alude a cualidades métricas que refieren a la geometría euclidiana. Podemos decir que es una distancia topológica.

La vecindad se define con un parámetro que puede ser representado de la siguiente manera, por ejemplo

$$N(x,r, R_n)$$

Donde al punto $x \in R_n$ (que se lee: el punto “x” que pertenece a R_n) se le puede definir un conjunto de puntos cercanos $y \in R_n$ (que se lee: el punto “y” que pertenece a R_n) tales que $d(x,y) < r$ (que se lee: la distancia de “x,y”⁴ sean menor que el radio). En donde r es un número real mayor a 0

4 Donde “(x,y)” son coordenadas o conjuntos de pares ordenados

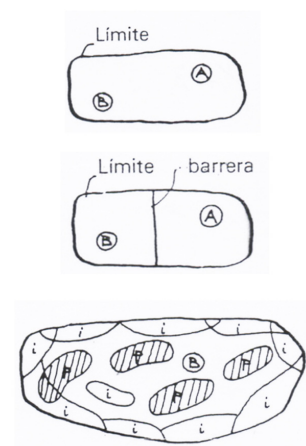


Figura.VII.9. Representación topológica de las relaciones del niño. Imagen tomada de Marcolli, A. (1978). Teoría del campo. Curso de educación visual. España: Xarait Ediciones y Alberto Corazón Editor. p. 146.

Los puntos incluidos en este rango forma una vecindad o entorno de x en R^n . Otra manera de entenderlo es que los puntos de R^n son aquellos cuya distancia a " x " es menor que r .

La gráfica se muestra como figura VII.10:

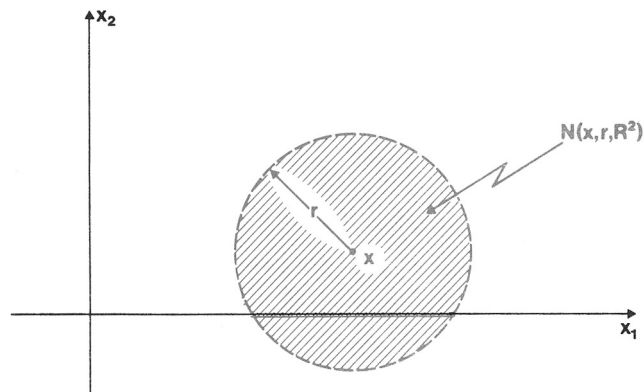


Figura.VII.10. En esta gráfica de dos dimensiones la vecindad está formada por el conjunto de puntos que está dentro del círculo de centro x y radio r . Imagen tomada de *The Open University*, 1974, p. 18.

Otro ejemplo es el siguiente. Se tiene el conjunto universo R^n , el cual incluye al conjunto S . Este conjunto incluye a " x " y la vecindad de " x ", se puede definir como cualquier $r > 0$. Esta vecindad se puede representar de la misma manera $N(x,r,S)$. La gráfica se muestra como figura VII.11.

Se puede sintetizar que vecindad o entorno se refiere a la proximidad de los elementos que se encuentran en el espacio topológico. Podemos decir que son "relaciones próximas"

Frontera

La vecindad es un concepto que habla de todos los puntos incluidos en un área, pero la frontera no está incluida en ella. Es lo que delimita al conjunto.

El concepto frontera es el conjunto de puntos que sus vecindades se encuentran parcialmente dentro del círculo y parcialmente fuera de él. Esta definición la consideraremos como básica.

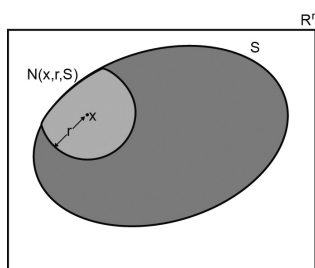


Figura.VII.11. Gráfica que muestra el concepto vecindades. En esta gráfica de dos dimensiones la vecindad está formada por el conjunto de puntos que está dentro del círculo con centro x y radio r . Imagen tomada de *The Open University*, 1974, p. 19.

También se encuentra la explicación en términos de teoría de conjuntos como:

Si $X \subseteq S \subseteq R^n$, entonces un punto $p \in S$ es un punto frontera de X en S si toda vecindad de p en S incluye al menos un punto de X y al menos un punto de S que no esté en X . La frontera de X en S es el subconjunto de R que consiste en todos los puntos fronteras de X

Marcolli simplifica el término frontera a una línea que delimitan una zona y no a un conjunto de puntos (Marcolli,1978,p.147). Esta diferencia no tiene ningún problema, lo que es necesario identificar es que la frontera no está incluida en la vecindad, como lo expone la topología,

es decir es una línea que delimita. La línea topológica es aquella que no se corta a sí misma y tienden a ser semejante en términos topológicos a la curva de Jordan, en la figura VII.12. podemos encontrar dos ejemplos de comparaciones.

Otro término muy importante para nuestro estudio es la conexión que es una línea que vincula dos puntos de espacio, sean en el exterior, del interior al exterior o en el interior de la región o incluso pasar sobre la frontera. En la figura VII.12 las imágenes A y B generan una figura de Jordan a partir de conexiones.

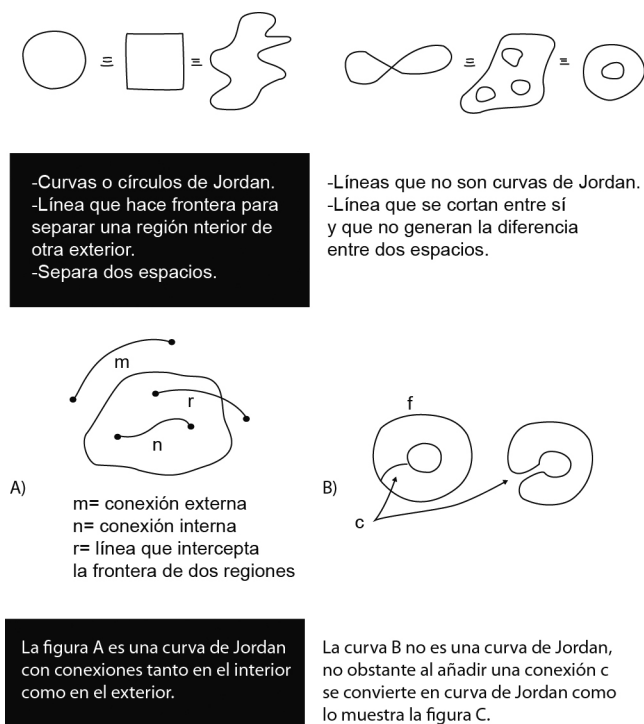


Figura.VII.12. Diferencias entre líneas curvas de Jordan y las líneas que no son curvas de Jordan. Imagen tomada de Attilio Marcolli, *Teoría del Campo, Curso de educación visual.* (1978), Xarait Ediciones y Alberto Corazón Editor. p.147

Región topológica o conjunto y sus relaciones

La región topológica es todo conjunto delimitado por un contorno. Entendemos por contorno topológico la frontera.

Las regiones proponen relaciones a partir de varias cualidades: en primer lugar las regiones están conectadas en su propio ambiente. Lo que quiere decir que todos los elementos que pertenecen a ese conjunto se encuentran relacionados o conectados porque están dentro de una misma región. (Figura VII.13)

La segunda cualidad es que la región o el conjunto puede ser abierto o cerrado ⁵ desde el punto de vista de la teoría topológica. Marcolli

⁵ Conjuntos abiertos y cerrados. Los límites de los conjuntos en los espacios topológicos son importantes, puesto que esto nos hace referencia a las relaciones que se pueden establecer. Sobre todo por la pertenencia de elementos a un conjunto. Un conjunto abierto consiste en que los elementos que lo constituyen no tocan el borde, existe un área que puede ser infinita entre los

entiende como regiones cerradas, regiones ilimitadas (abiertas) y regiones limitadas. (Figura VII.13)

La tercera cualidad de la región es que puede presentar conexiones y ser simple o múltiplemente conectada. (Figura VII.13)

La cuarta cualidad es que la conexión de las regiones no es fija, sino que es interactiva, en una interpretación psicológica se dice que se realiza mediante una conexión de *locomoción*, que Marcolli describe refiriéndose a los desplazamientos físicos de las personas a través de medios de transporte adecuados. Y la otra conexión es por *comunicación*, interpretando ello los medios reales por los cuales el individuo se comunica con otros. Por la presencia de la(s) conexión(es) de locomoción y la comunicación las regiones se vuelven regiones abiertas, propias para la interpretación de la conducta del individuo en su contexto a través del tiempo. (Figura VII.13)

El trabajo de Kurt Lewin es realmente completo en su interpretación topológica ya que esta se encuentra también explicada desde el punto de vista matemático sobre las relaciones humanas. Cabe decir que detrás de este interés, estaba el objetivo de generar un modelo científico y por ello se basó en las matemáticas para fortalecer las explicaciones de la conducta humana; ya que en ese momento la Psicología, carecía de ser considerada una ciencia con un método apropiado.

El trabajo de Marcolli, realiza una representación gráfica sobre estudios urbanísticos y composiciones plásticas solamente con las bases dadas en este capítulo. Consideramos entonces que para el análisis de una composición gráfica y la propuesta a un modelo análogo topológico de la composición podremos realizarlo a partir de estos conceptos.

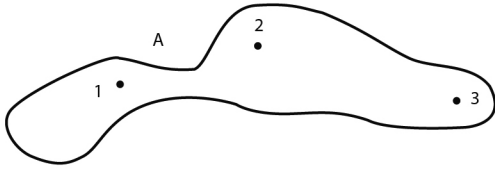
VII.3. Interpretación del modelo topológico como análogo a la estructura relacional

Hemos visto que en los modelos de Marcolli y de Kurt Lewin la topología facilita la posibilidad de explicar las relaciones en dos ámbitos distintos tanto en el diseño arquitectónico y urbanístico como la composición de espacios interconectados así como también en la conducta humana. Ambos generaron un modelo a partir de la puesta en evidencia de las relaciones.

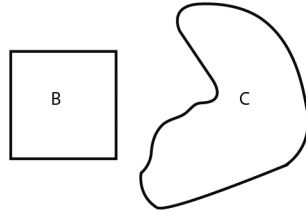
elementos del conjunto y la frontera. Es decir, del punto central x y posterior al límite del radio, existe un área en la cual, los elementos que la componen también son pertenecientes al conjunto. Por ejemplo tenemos la métrica de 0 a 1 siendo 0 y 1 los límites, pero los números que anteceden tanto al 0 como al 1 pueden ser infinitos. Como 0,9,0,99,0,999 etc. De manera intuitiva se dice que los elementos del conjunto nunca podrán llegar a la frontera. Las condiciones de los conjuntos cerrados son los siguientes:

1. $A \in \tau$ y X están en τ .
2. Si $\{A_i\}$, $i \in I$ es una familia de elementos de τ , entonces su unión es un elemento de τ .
3. Si $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ es una familia finita de elementos de τ , entonces su intersección también es un elemento de τ .

Primera cualidad: regiones están conectadas en su propio ambiente.

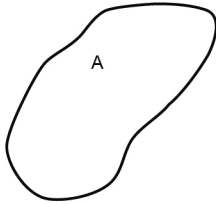


La región incluye los puntos 1-2-3 los cuales se relacionan o están conectados por pertenecer a la misma región.

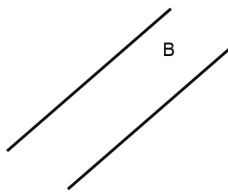


Los puntos que pertenecen a las regiones A,B,C no se encuentran conectados.

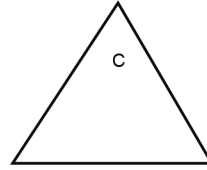
Segunda cualidad: la región o el conjunto puede ser abierto o cerrado



Regiones cerradas

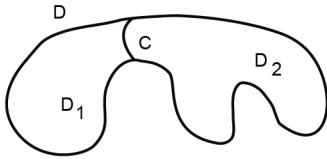


Regiones ilimitadas

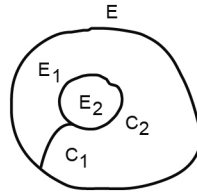


Región limitada

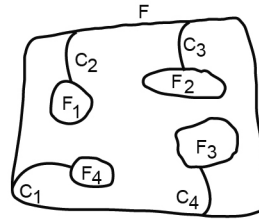
Tercera cualidad: las conexiones pueden ser simples, dobles o múltiples



D=Región simplemente conectada
C= Conector

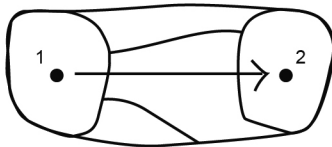


E=Región doblemente conectada
C= Conector

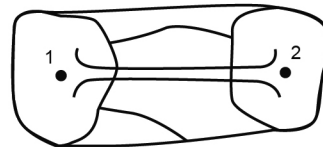


F=Región múltiplemente conectada
C= Conector

Cuarta cualidad: las conexiones pueden ser simples, dobles o múltiples

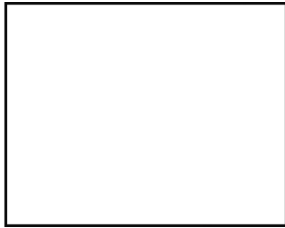


Conexión de locomoción

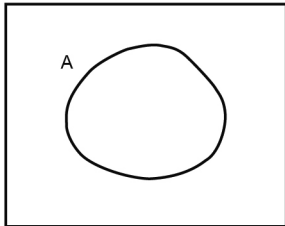


Conexión de locomoción y comunicación

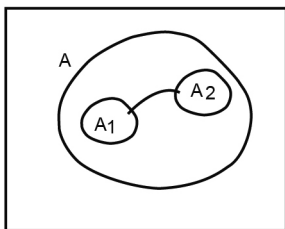
Figura.VII.13. Cualidades en la conexión de las regiones. Imágenes tomadas de Attilio Marcolli, *Teoría del Campo, Curso de educación visual*. (1978), Xarait Ediciones y Alberto Corazón Editor. pp.148-149. Cuadro de: Angélica Castro



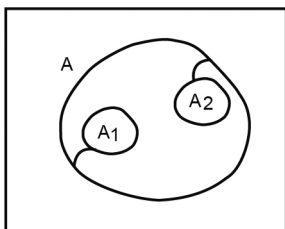
a) El campo topológico como un campo conceptual.



b) Conjunto A ó regiones como composición.



c) Conexión interior, entre elementos.



d) Conexión exterior, entre elementos y concepto.

En la figura VII.14 se presenta una propuesta basada en la aplicación de los conceptos topológicos y la representación de las relaciones de los elementos de la composición gráfica.

Cabe decir que este modelo consiste en identificar las relaciones, no en la reproducción geométrica de la composición. Este esquema o modelo topológico es análogo a la composición, es decir es una reinterpretación en donde se muestra solo una de las cualidades de la misma.

El espacio topológico como espacio conceptual

El espacio topológico será considerado como el concepto de comunicación desde el cual se plantea una composición gráfica. Su representación puede ser como lo muestra la figura 14.a.

La composición como región ó conjunto y sus conexiones

La composición tiene el carácter de ser un conjunto o región conformada por elementos relacionados. Los elementos incluidos en la composición constituyen subconjuntos, desde el punto de vista topológico los elementos del conjunto pertenecen a él mediante su proximidad o vecindad de sus relaciones; en el caso de los elementos plásticos la vecindad depende de la relación que establezcan con el concepto y con los demás elementos del conjunto, como lo muestra la figura 14.b. En este caso se habla de los elementos gráficos concretos como son la tipografía, la imagen, el fondo, las texturas, etc. Son elementos tangibles plásticos que se encuentre presentes en la composición.

No obstante la región implica además de los elementos plásticos incluye las relaciones. En este estudio se pretende evidenciar las relaciones entre los elementos plásticos. Las relaciones se consideran como las conexiones y que pueden darse por cualidades internas de los elementos las cuales son consideradas como conexiones internas como aparecen en la figura 14.c.

Al hablar de las conexiones, Marcolli las considera como ejemplos de vías de transporte en un conjunto urbanístico, una puerta o una ventana pueden ser considerados como conexiones puesto que permiten la relación entre dos espacios. En la composición gráfica los elementos plásticos se conectan o se relacionan por asociaciones o combinaciones, dichas asociaciones o combinaciones se establecen por las convenciones tanto de forma o de significados. Como convenciones plásticas nos referimos a todos los conceptos teóricos que se han propuesto en las teorías de la forma en el diseño gráfico. Algunas de ellas son la proporción, el ritmo, la perspectiva, la distinción de

Figura.VII.14. Términos básicos de la topología útiles para la estructura relacional. Imagen: Angélica Castro.

la figura y fondo, el contraste de tonalidad y forma por mencionar algunos. Y dichas relaciones deben guiar al receptor a comprender el concepto que se pretende comunicar.

El movimiento o transformación

La interpretación de la transformación topológica a lo que es la estructura relacional es un punto que aun no se encuentra bien desarrollado en este modelo. Sin embargo me gustaría presentar las primeras reflexiones como una primera interpretación y punto de partida.

La topología, como habíamos dicho en el principio del capítulo consiste en las cualidades que una figura mantiene como constantes al momento de ser alterada. Es decir, la topología estudia las invariancias de la figura en la transformación. ¿Cómo podremos interpretar la transformación, en una composición gráfica que no tiene movimiento físico, que es una imagen fija? ¿cuál sería la transformación topológica? Como podemos notar, es importante la interpretación debido a que la propuesta topológica no podría solamente hablar de las relaciones, sino de una transformación manteniendo relaciones. Si fuera el caso de no llegar a interpretarlo solo cumpliría con algunos atributos de carácter topológico.

Haciendo una reflexión empírica podemos decir que una transformación implica movimiento, al igual que un cambio; un objeto tiene un contorno triangular y al momento de estirarse los lados generando una curva, puede convertirse en un círculo. Este desplazamiento es un movimiento. El movimiento que implica un desplazamiento, un estar en un sitio y posteriormente en otro, lo que le podría pasar a una línea, a un punto, o a cualquier elemento plástico. La transformación topológica nos refiere pues a los movimientos o desplazamientos de los componentes de la forma sin que se pierdan las relaciones (Se puede leer

Recordemos el capítulo IV, en la propuesta de Christopher Alexander y la búsqueda de la "vitalidad" en la composición. Para poder identificar la vitalidad en las imágenes fijas, bajo sus explicaciones se interpretó que la misma imagen representaba la secuencia de un movimiento, y que la posición en la que se encontraba dicha imagen, o la forma que tenía implicaba una secuencia de imágenes, tanto que le antecedían como imágenes que le precedían. La escena de la fotografía era solamente una imagen congelada de ese movimiento. La representación de un objeto en movimiento latente.

A partir de la experiencia o la imaginación, el espectador puede suponer la dirección o trayectoria que sigue un objeto en movimiento, por ejemplo en la figura IV,12c.; la mano de la chica en movimiento

puede suponer que puede bajarla. A partir de ello generar otra imagen, una imagen consecutiva en movimiento, incluso puede evocar también objetos que no aparecen en la composición impresa. A esto se le podría llamar movimiento y también transformación topológica. Si seguimos la definición matemática.

Para continuar esta investigación considero oportuno indagar sobre la creación de secuencia de imágenes creadas o la secuencia de imágenes predecibles por el observador a partir de una imagen fija desde el punto de vista psicológico. Para poder considerar teóricamente la presencia del movimiento.

Conclusión

Este proyecto ha sido un primer acercamiento hacia el lenguaje topológico y su interpretación a la esquematización de las relaciones entre los elementos de una composición. Lo cual puede contemplar algunas debilidades en el planteamiento desde el punto de vista topológico si lo llevamos a una evaluación rigurosa. Como todo modelo teórico, para que llegue a un grado de aceptación y de consolidación se requiere la práctica tanto del autor como de varios diseñadores. Esto implica invitar por un lado a la experimentación del modelo, así como también a la profundización de los términos de topología bajo la tutela continua de especialistas. En el capítulo XI se propone la aplicación del mismo.

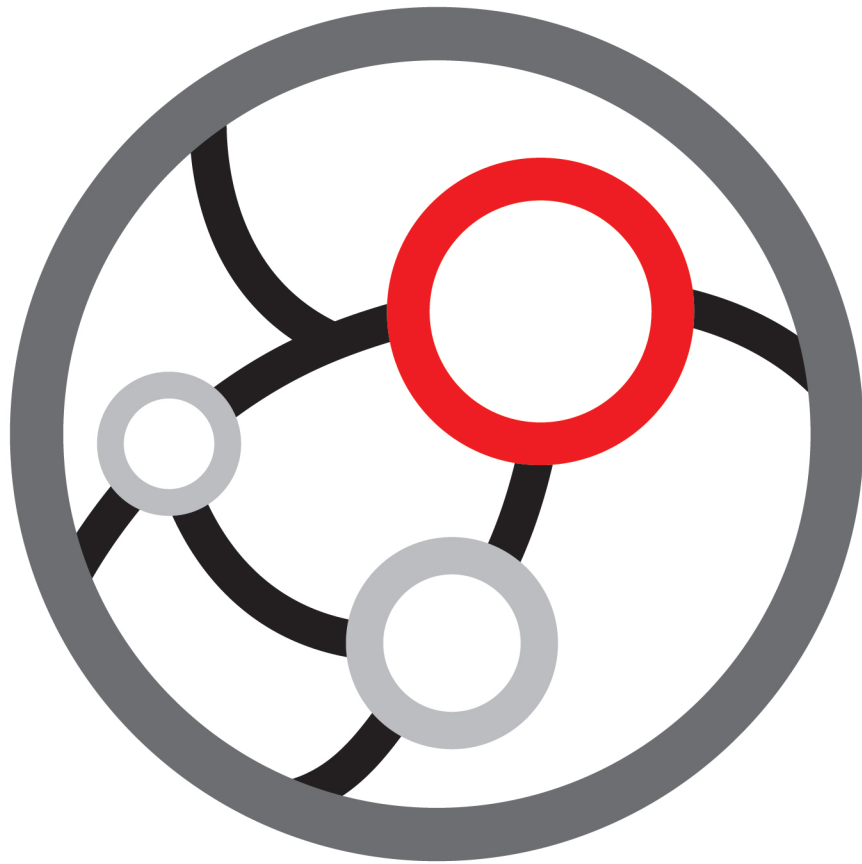
Cabe decir también que a pesar que no se ha llegado a profundizar más sobre los conceptos topológicos, se puede considerar que estos términos son suficientes para poder establecer una meta-estructura de las relaciones entre los elementos de la composición plástica. Así mismo considerar que la representación de las relaciones a partir de un diagrama topológico puede considerarse como un modelo análogo de la composición.

Es importante que profundicemos en este último párrafo. El hecho que el diagrama topológico se considere un modelo análogo de la composición implica estar consciente (por la trayectoria de esta investigación) que la analogía entre el diseño y la naturaleza se ha considerado siempre a partir de la colaboración de la geometría. La geometría ha sido la herramienta que ha descrito las proporciones y así mismo evidencia la armonización de las partes de los elementos con el todo. Sin embargo es necesario subrayar que si se argumenta a través de la geometría, no existe una analogía entre el diseño y la naturaleza, no de manera directa. Es solo a través de la geometría que puede haber una similitud. En este caso hablamos que algunos modelos geométricos pueden considerarse análogos en algún o algunos aspectos de la naturaleza, y en algunos casos también pueden ser aplicados al diseño.

Esto nos lleva a decir que la representación topológica de las relaciones en este caso se construye a partir de las cualidades de la misma composición, sin tener ninguna relación con la naturaleza. A pesar de que la topología también es una herramienta empleada para representar la modificación de la forma biológica, para no caer en la misma metáfora que se ha planteado en la historia del arte y del diseño, es fundamental subrayar que en esta tesis la representación topológica solo es análoga a la misma composición gráfica, bajo sus propios principios plásticos, tanto geométricos como perceptuales, semióticos (aunque no sean contemplados en esta tesis) y de comunicación.

La topología proporciona a la definición de la estructura relacional, la interpretación gráfica de la misma. Esta representación incluye únicamente los elementos con los cuales se cuenta en la composición en sus tres niveles de relación. Este modelo es pues una meta-estructura por la descripción abstracta de los mismos.

La topología proporciona un lenguaje al diseñador para expresarse únicamente en las cualidades de las relaciones de manera abstracta a manera de esquema, o propiamente dicho como un modelo análogo de la composición y no en hacer una descripción de cada elemento. Mismas relaciones que el diseñador puede observar o proponer en la composición y que pueden ser múltiples. Sin embargo es necesario que haya algunas rectoras para que la composición misma pueda mostrarnos una intencionalidad clara hacia uno o varios conceptos.



PARTE I. LA ANALOGÍA



**PARTE II. MODELOS TEÓRICOS PARA
LA ESTRUCTURA RELACIONAL**



PARTE III. ESTRUCTURA RELACIONAL

Capítulo VIII.

El concepto de comunicación y la estructura relacional

Introducción

La *estructura relacional* se ha comenzado a definir en el capítulo VI como un conjunto de normas de relación entre los elementos de la composición en sus tres niveles, es decir como figura-forma-signo. También se ha dicho en el capítulo VII que la *estructura relacional* se evidencia con la representación de un modelo análogo a la composición de carácter topológico.

Al inicio de escribir este capítulo se pensó en afirmar que una vez que comenzamos a definir el modelo podemos proponer que las relaciones de la composición (las que generarán la *estructura relacional*) pueden originarse a partir del concepto en la composición plástica gráfica. Esta afirmación que tiene la finalidad de cooperar con la definición de lo que es la *estructura relacional* desde el proceso proyectual requiere de más bases. Faltaba reflexionar aún en que el modelo se lleve a la práctica bajo un método, un método que falta diseñar. Por lo que la afirmación se plantea como una hipótesis de la cual solo consideraremos un desarrollo inicial teórico.

Dicha hipótesis depende de una definición sobre *concepto* y *concepto de comunicación* (un concepto más específico en el diseño gráfico). Por lo que se consideró como un primer ejercicio de investigación buscar el término concepto en otras áreas del conocimiento como es el arte y la ciencia y posteriormente proponer una definición considerando pautas que describan las relaciones de los elementos plásticos.

En esta investigación se indagó en dos áreas del conocimiento que han tratado el término concepto claramente: la lógica y el arte. En la lógica se ha revisado particularmente la definición de concepto bajo el criterio del mexicano Eli de Gortari (1918-1991), lógico, filósofo e historiador de la ciencia. En su libro *Iniciación a la lógica* (1969) concretamente en el capítulo III titulado "Conceptos", describe de manera clara las cualidades más importantes del término enfocado a la ciencia (pp.39-64).

El arte particularmente la pintura y el diseño gráfico a lo largo de la historia ha compartido algunas reflexiones teóricas sobre la plástica

(como los métodos de proporción, los conceptos de belleza), la expresión (en cada una de los estilos o lenguajes plásticos) así como las técnicas de realización. Por ello consideramos que estudiar el concepto bajo el arte contribuiría de manera positiva a definir concepto de comunicación en el diseño gráfico. Se ha estudiado los aportes teóricos sobre la definición del arte conceptual¹ del norteamericano filósofo y artista Henry Flynt (1940-), artista norteamericano Edward Kienholz (1927-1994) especialista en instalaciones y artista escultor y pintor norteamericano Sol LeWitt (1928-2007) como los ponentes principales del arte conceptual. Desde el punto de vista del diseño se consultó la opinión dada por el doctor en diseño Fernando García Santibáñez Saucedo (2011) quien en la Facultad del Hábitat Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México ha impartido la cátedra de "Concepto"² en donde se discutía sobre la definición del *concepto de comunicación*.

La lógica y el arte representan dos extremos en los cuales se va a estudiar un mismo término, y con ello distinguir las cualidades que definen al concepto en el diseño gráfico.

Es honesto decir que este capítulo aún no manifiesta la profundidad que se requiere para argumentar completamente la definición del *concepto de comunicación*. Esta debilidad está identificada por la dificultad de encontrar fuentes bibliográficas que hablen del término *concepto de comunicación* como tal, misma razón que da paso a la necesidad de abordarlo ahora. También se está consciente que no se ha tomado en cuenta buscar el concepto en textos de teoría o metodología del diseño industrial o de Arquitectura ya que se buscaba el enfoque del diseño enfocado a la comunicación. Ha sido hasta que se concluyó este capítulo que se encontraron otras fuentes en el diseño industrial que si bien, no tiene el mismo objetivo que el diseño gráfico hay definiciones y enfoques que pueden reinterpretarse. Esto da lugar a continuar el desarrollo del tema en una próxima investigación.

Sin embargo lo dicho en el párrafo anterior no demerita o resta valor al trabajo realizado en este capítulo. Es razonable considerar estos contenidos como un primer enfoque para abordar la definición del término *concepto de comunicación*. Con ello es posible conseguir una primera definición del *concepto de comunicación* desde el punto de vista de la *estructura relacional*.

¹ Cabe decir que por ahora no se ha realizado una investigación contextual de las definiciones o ideas que Henry Flynt, Edward Kienholz y Sol LeWitt (1928-2007) del arte conceptual. Sin embargo este primer contacto con la obra y planteamientos sobre lo que es el arte conceptual, ha sugerido preguntas como ¿la teoría del diseño gráfico recibió alguna influencia del arte conceptual? ¿el diseño gráfico en su manifestación práctica fue influenciado por el arte conceptual, en caso de haberlo, de qué manera se hacía evidente el concepto en las composiciones de diseño gráfico? Es un tema de interés para profundizar en una investigación posterior sobre la definición del concepto en el diseño gráfico.

² El curso de Concepto era dirigido a nivel Licenciatura para estudiantes de diseño gráfico dentro del periodo 1994-1995). Desafortunadamente no se cuenta con los apuntes de esta asignatura, sin embargo, el Dr en Diseño Fernando García ha colaborado en el año 2011 en contestar por email a las preguntas sobre *concepto de comunicación, idea de comunicación*.

VIII.1- Definición de concepto científico desde la Lógica

La definición del concepto científico tiene varias propiedades y se han considerado solo aquellas que puedan proporcionar pautas a observar o considerar de una definición de concepto para el proyecto gráfico.

- a) El *concepto* expresa los conocimientos acerca de un proceso y/o elementos participantes en el proceso.
- b) El *concepto científico* cuenta con una intención y con una extensión.
- c) El *concepto científico* se redefine constantemente a través de la diferenciación.

A continuación los explicamos:

- a) El *concepto* expresa los conocimientos acerca de la realidad
En lógica, el *concepto científico* "es la síntesis en la cual se expresan los conocimientos adquiridos acerca de un proceso o grupo de procesos, de una de sus propiedades o de alguna relación entre diversos procesos" (Gortari, 1969, p. 39)

Un *concepto científico*, sea elemental o complejo, se conforma a través de la reconstrucción razonada de datos conocidos, relacionados y organizados para conformar una representación unitaria sobre lo estudiado. Es posible que las descripciones de la realidad no sean del todo completas en un principio, sin embargo la primera conceptualización es una búsqueda más detallada sobre los componentes del concepto; a partir de ello se inicia la actualización a través de la continua investigación a lo largo de la historia (tiempo).

La información que proporciona el concepto científico es abstracta, es decir que considera sólo una parte del problema observado y lo delimita de otras cualidades o propiedades que no son tomadas en cuenta.

- b) El concepto científico cuenta con una intención y con una extensión
Eli de Gortari explica que un concepto científico siempre tiene un contenido concreto, "el ...contenido expresado en el concepto es una forma de la existencia objetiva o una relación objetiva entre forma de existencia" (Gortari. 1969. p.42). Estos contenidos abarca el aspecto cualitativo y el aspecto cuantitativo de este contenido y/o de los procesos contenidos en el concepto.

Al aspecto cualitativo se le denomina también intención del concepto, refiere al grupo de cualidades de los procesos que están incluidos en el concepto. Como aspecto cuantitativo se refiere a la extensión o la cantidad de procesos que incluye.

Cuando hablamos de extensión significa aquellas leyes que se refieren a cómo funciona el universo, es el más grande o genérico. A su vez cada concepto puede ser simultáneamente genérico y específico.

Es genérico cuando representa a un conjunto de procesos individuales, y es específico porque también es elemento de otros procesos.

c) El *concepto científico* se redefine constantemente a través de la diferenciación

Definir un *concepto científico* es más complejo que redactar un enunciado o interpretar los procesos con fórmulas. La definición de un *concepto* requiere de muchas pruebas y resultados. Al concluir, se formula como noción general, la cual muestra un grado alcanzado en la ciencia. Dicha definición considera sólo un proceso o cualidad, aquella que lo diferencie de otros conceptos.

Cuando un *concepto* es nuevo se realiza una definición estática, en ese caso es necesario que se identifique su lugar dentro de una clasificación, determinando su género próximo, es decir, el orden superior al cual se encuentra subordinado. También es necesario identificar las diferencias específicas, que son aquellas cualidades distintas a cualquier otro concepto que se encuentra en el mismo nivel clasificatorio; de esta manera se definen las especies del mismo género.

La definición del *concepto* también incluye la distinción de acuerdo a la clasificación, tanto en clase como en género. Cuando el *concepto* ya es conocido solamente se realiza una definición estática. Asimismo las diferencias específicas del concepto permitirán distinguirlo de otros conceptos que se encuentren al mismo nivel.

Otra manera de definir el concepto científico es mediante la definición dialéctica. Cuando se formula un nuevo concepto, partiendo de conceptos ya conocidos, se puede distinguir la cualidad limitante, y ésta es la que puede definir al *concepto*. Este tipo de definición permite la superación del *concepto* anterior y evidencia las limitantes de un dominio diferente al cual corresponde el *concepto* nuevo.

El *concepto científico* participa solo de manera extrínseca con el *concepto* empleado en el diseño gráfico. En el diseño gráfico tiene lugar el concepto de comunicación. Las diferencias entre ambos conceptos es que el científico tiene el objetivo de explicar y comprobar la realidad observada. Mientras que el *concepto de comunicación* en el diseño tiene por objetivo comunicar una idea, que puede no representar una realidad con exactitud o que tampoco se pueda comprobar. La comunicación acepta metáforas o analogías, dos maneras de manejar el lenguaje tanto el verbal como el no verbal o visual. Si la ciencia se basa en las premisas a partir de la metáfora y la analogía, sería difícil de corroborar o comprobar los contenidos.

Sin embargo observamos que la definición de concepto de comunicación gráfico puede contar con la descripción detallada, tanto de elementos como de procesos. Tiene también un parámetro límite sobre qué, cuáles y cuántas cualidades o elementos se involucrarán en

la descripción. Estos dos parámetros serán útiles para más adelante poder dar una explicación amplia de cómo podemos definir el *concepto comunicación*.

Una vez revisados algunos aspectos de la definición del *concepto científico*, pasemos a revisar cuáles son las pautas para la definición del *concepto* desde el arte conceptual, particularmente la pintura.

VIII.2.- Definición del *concepto* en el arte conceptual y diseño gráfico

En el arte conceptual el *concepto* es definido como un elemento esencial para expresar una idea que será comprendida a través de la palabra (lenguaje) y que puede considerarse independiente de la materia.

El arte conceptual parte de reflexiones hechas en distintos movimientos: el dadaísmo, el cubismo, el surrealismo, el ready made, entre otros, fueron pasos que se dieron hacia la desmaterialización de objeto artístico, o de la obra de arte como objeto real que ocupa un lugar en el espacio, dando con esto protagonismo a la idea; su principal cuestionamiento era si el objeto y la capacidad de plasmar sus cualidades perceptivas eran lo que definía al arte.

Sin embargo fue hasta los años sesenta cuando se propuso una tendencia definida como arte conceptual. Henry Flynt y el grupo Fluxus fueron quienes definieron al conjunto de diseños como 'concept art'. Al inicio de 1961 en su ensayo sobre el arte conceptual que dice:

El Arte Conceptual es ante todo un arte en el cual la materia son conceptos, como la materia de por ejemplo la música es sonido. Desde los conceptos se está estrechamente vinculado al lenguaje, el arte conceptual es el tipo de arte donde la materia es el lenguaje... Desde la filosofía del lenguaje, nosotros tenemos conocimiento que un concepto puede ser pensado como la intención de un nombre; esta es la relación entre concepto y lenguaje³ (Flynt,1961, en línea).

Edward Kienholz, en los años cincuentas, realizó obras con objetos más grandes que una escala natural, lo cual era muy costoso (Figura VIII.1), así que en 1963 produjo lo que llamó "concept tableaux", que consistía en las instrucciones para realizar una obra de arte, que el artista podía realizar si así lo deseaba. (Figura VIII.2)

Por último citaremos a Sol LeWitt, cuya obra tiene una influencia de la escuela De Stijl, Constructivismo y Bauhaus. Sus obras son diversos dibujos, estructuras, libros de artista, pinturas, murales, grafismos y series numeradas de objetos que van desde vajillas hasta joyeros, de

³La traducción es realizada para esta investigación, sin embargo se sugiere que se lea la cita original que a continuación se escribe: Concept art is first of all an art of which the material is concepts, as the material of e.g. music is sound. Since concepts are closely bound with language, concept art is a kind of art of which the material is language. ... From the philosophy of language, we learn that a concept may as well be thought of as the intension of a name; this is the relation between concepts and language. (Flynt,1961, en línea)

Figura.V.III.1. "Roxys" Edward Kienholz. (1962) El primer "walk-through.tableau". Imagen rescatada de: <https://www.pinterest.com/pin/181481059955888668/> (Consultado: 26 enero 2015)

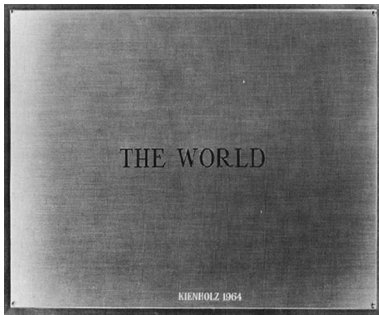


Figura.V.III.2. (imagen arriba y derecha) "The world" Edward Kienholz. (1964) Ejemplo de Concept tableaux. Imagen recuperada de http://archivioiditra.altervista.org/ING/arch_KIEN_tableu.html (Consultado el 26 enero 2015).

THE WORLD 1964

This is a tableau to be built at Hope, Idaho. Hope, Idaho is a little town of about one hundred souls situated on the shores of Lake Wend Oreille about forty miles South of the Canadian border. Above the town on a grassy meadow is the cemetery and beyond the cemetery, on a five acre piece of ground, I plan to sign the world as the most awesome "found object" I have ever come across. I chose this place because of the natural beauty that is there and because the world really does need hope. The total project imagined in profile would include the water from which all life originated, the community aspect of that life, and the eventual death of all life.

This tableau will be a simple rectangle of concrete, about five feet thick, fifteen feet wide and forty feet long. On the Southwest corner I plan to inscribe "THE WORLD . . . Kienholz 1964 ()." However, I would never attempt such an act for myself alone. I only want to be the first of many persons who might care to come to Hope to sign this peaceful corner of the world as a symbolic gesture of true acceptance and reaffirmation of it.

No one will have the right to judge what anyone else may choose to write. If, for instance, someone wants to use his space (on the world) to write something stupid or obscene, that is his decision or problem only. (The Fuck You's will have to stand with the Jesus Saves'.)

When the surface is finally covered with names and inscriptions (chisels and hammers will be stored there), more concrete slabs will be added.

The State of Idaho is vaguely interested in this tableau and may eventually maintain and expand it as a state project.

PRICE:	Part One	\$ 10,000.00
	Part Two	\$ 1,000.00
	Part Three	Land, materials and artist's wages

muebles a azulejos. En su obra también tiene un papel destacado la fotografía y la escritura.

Su trabajo parte del minimalismo para continuar en el arte conceptual, donde considera que la obra es un boceto cuya materialización no es lo esencial, lo más importante es el *concepto*, es decir la idea del contenido que trasmite. Por ello, la materialización llega a ser secundaria, incluso se puede omitir. Los libros de artista son precisamente redacciones de cómo se realizan las obras, desde la concepción de la idea hasta su realización, sin ser realizadas.

Citamos un párrafo de la primera redacción que publicó sobre arte conceptual en el artículo «Paragraphs on Conceptual Arts» En el verano de 1967, en la revista Artforum. Dirigía Philip Leider:

Yo referiría al tipo de arte en el cual yo estoy involucrado como arte conceptual. En el arte conceptual la idea de concepto es el aspecto más importante del trabajo. Cuando un artista usa una forma conceptual de arte, ello significa que toda la planeación y decisiones han sido hechas con anterioridad y la ejecución es un asunto superficial. La idea se convierte en la máquina que hace el arte. Este tipo de arte no es teórico o ilustrativo de la teoría; este es intuitivo, este esta involucrado con todo tipo de proceso mental y sin ningún propósito. este es usualmente libre de la dependencia de la habilidad del artista como una manualidad. Esta es la objetividad del artista quien es involucrado con el arte conceptual para hacer su trabajo mentalmente interesante al espectador, y por lo general el quiere que se convierta en una árida emoción. No hay ninguna razón para suponer, sin embargo, que el artista conceptual va a aburrir al espectador. Es solo la expectativa de una patada emocional, a la que se condiciona al arte expresionista de costumbre, que disuadirá al espectador a percibir este arte.

...El arte conceptual esta hecho para atraer la mente del observador más que sus ojos o emociones⁴ (Sol LeWitt, 1967, en línea).

Pueden distinguirse varias series de trabajo; mencionaremos dos principales. Una de ellas son obras bidimensionales plasmadas en muros (wall drawings), muros pintados en su totalidad y cuya vida sólo abarcaba el tiempo de la exposición, al finalizar se borraban. El elemento principal son las líneas en "ashurado" de tonos básicos primarios y secundarios. (Figura VIII.3) Estas líneas conforman las figuras geométricas euclidianas básicas: cuadrado, círculo y triángulo. En otra serie de obras el elemento principal fue el cubo, a partir de su repetición se generan una diversidad de figuras que delimitan los espacios sólo con sus contornos. (Figura VIII. 4)

4 I will refer to the kind of art in which I am involved as conceptual art. In conceptual art the idea or concept is the most important aspect of the work. When an artist uses a conceptual form of art, it means that all of the planning and decisions are made beforehand and the execution is a perfunctory affair. The idea becomes a machine that makes the art. This kind of art is not theoretical or illustrative of theories; it is intuitive, it is involved with all types of mental processes and it is purposeless. It is usually free from the dependence on the skill of the artist as a craftsman. It is the objective of the artist who is concerned with conceptual art to make his work mentally interesting to the spectator, and therefore usually he would want it to become emotionally dry. There is no reason to suppose, however, that the conceptual artist is out to bore the viewer. It is only the expectation of an emotional kick, to which one conditioned to expressionist art is accustomed, that would deter the viewer from perceiving this art.
... Conceptual art is made to engage the mind of the viewer rather than his eye or emotions. (Sol LeWitt, 1967, en línea)



Figura.V.III.3. "Escultura de cubos" Sol LeWitt. Imagen rescatada de <http://www.dailyicon.net/category/life/page/19/> [Consultada: 27-enero 2015].

Jean-François Pirson comenta la experiencia de la contemplación de la obra realizada con cubos de Sol LeWitt:

Por su sistema de fabricación y por su dimensión, el cubo actúa como un espejo. No se sitúa en el centro de un espacio o de una mirada, sino que deviene uno de los elementos de la relación establecida entre el objeto, el espacio y el espectador. Remite al espectador a sí mismo, es decir, a su desplazamiento en el espacio engendrado por él. Esta experiencia física de desplazamiento ante el objeto sobre el que resbala la mirada, no es solamente una experiencia de espacio, sino que se convierte también en una experiencia de tiempo. (Pirson, Jean François, 1988 p.40 y citado en Maderuelo. 2008. p.131)

Sol LeWitt realiza en 1965 un manifiesto o una lista de ideas con las cuales define lo que es el conceptualismo en el arte. Uno de los puntos define *concepto* e *idea* basándose en el reduccionismo lingüístico de Ferdinand de Saussure, quien diferenciaba los conceptos mentales de las palabras:

9.-El *concepto* y la *idea* son diferentes. El primero implica una dirección general mientras que el segundo es el componente. Las ideas ejecutan el *concepto*. (Sol LeWitt, 1965, publicado en Página12.com)

El *concepto* en el arte conceptual es interpretado por una *idea*, la cual el artista construye y hace que el público pueda interpretar la obra a partir de allí.

Considerar la idea como la "ejecución del concepto" y el concepto como la "dirección general" coincide mucho con lo que en lo personal refiero desde el punto de vista del diseño gráfico. El diseñador construye la composición a partir de elementos a los cuales les da cualidades expresivas; en la idea se identifican los elementos sean imágenes, tipografías, cualidades y relaciones que son coherentes



Figura.V.III.4. "Muro pintado" Sol LeWitt. Imagen rescatada de <http://publicdelivery.org/sol-lewitt-wall-drawings/> (Consultada: 27 enero 2015).

para la expresión de o los conceptos determinados. En otras palabras la *idea* detalla las cualidades expresivas y comunicativas de los elementos plásticos de una o varias composiciones. Estas cualidades deben repetirse en las diversas composiciones (o sistema de medios) para generar una unidad y para apoyar el mensaje comunicado.

En la opinión de García Santibáñez (2011) el término de *idea* como lo estamos estudiando coincide con lo que llamamos *idea de comunicación*.

Sobre la *idea de comunicación*:

La *idea de comunicación* es una propuesta reflexiva que intenta comunicar un planteamiento manifiesto en una solución gráfica, la cual implica precisar en sí la esencia comunicativa de las soluciones visuales a trabajar. Para esto hay dos enfoques interpretativos para su proposición:

1). El primero va de la esencia o la parte al todo. Éste es determinado por los elementos de expresión que habrán de servir como guías referenciales en el desarrollo de criterios que se evidencien en todo el sistema. Estos referentes de expresión precisan del significado específico que habrá de manejarse y evocarse en cada solución gráfica. Es un control de calidad que especifica la interpretación con que deberá ser entendido un mensaje, comprobado tanto por las imágenes, tipografía, composición, técnica y expresión de las mismas, así como por los mensajes textuales descritos.

2) El segundo va del todo a la parte o a su esencia. En éste se proponen y explican los tratamientos que habrán de estar presentes en todos los medios para enfatizar el sistema propuesto. Esta segunda propuesta es más bien una interpretación de los elementos generales del sistema, mediante el planteamiento de una estrategia que se espera, puede ayudar a comunicar los objetivos requeridos. La expresión particular o específica de cada propuesta gráfica en los distintos medios es definida, posteriormente, en el momento de estar generando la hipótesis formal de cada medio. (García Santibáñez, 2011)

La definición dada por García Santibáñez coincide con lo dicho, particularmente en que la *idea de comunicación* así como la *idea* en el arte contemporáneo refieren a las cualidades expresivas de los elementos plásticos, cualidades materiales, tangibles y perceptibles. Es decir la *idea de comunicación* plantea el vehículo o materialización del concepto. Lo que evidencia la diferencia con el *concepto* que trata sobre significados de la sintaxis, cualidades intangibles de la interacción de los signos y lo significativo de la imagen y tipografía para el diseñador quien construye y el receptor que reinterpreta.

Profundizando en la desmaterialización del arte se ha buscado la definición de Ferrater, en su libro de filosofía en el cual distingue la diferencia de *concepto*, palabra y objeto, que es lo que se trataba de realizar también en el arte:

Si los *conceptos* pueden ser el contenido significativo de determinadas palabras, las palabras no son los *conceptos*, sino únicamente los signos, los símbolos de las significaciones. (Ferrater. 1996. p. 59)

Para diferenciar el *concepto* del objeto se debe entender:

Si es verdad que todo *concepto* se refiere a un objeto en el sentido más general de este vocablo, el *concepto* no es el objeto, ni siquiera lo reproduce, sino que es simplemente su correlato intencional. (Ferrater. 1996. p. 59)

Podemos entender que en el arte conceptual se trata de aislar el *concepto* de la materia, siendo que el primero es el que realmente tiene el mensaje y lleva la intencionalidad del artista, haciendo partícipe al observador de su libre interpretación. En el diseño gráfico, la materialización sí nos importa, hay una razón muy clara por la cual nos interesa mucho, porque la mayoría de las veces la forma es la figura de un producto, el nombre de una empresa o entidad cultural etc. Entonces queremos comunicar bajo un *concepto*, nos interesa que la figura-forma-signo se memorice para que el receptor la busque y se relacione de alguna manera con ella.

VIII.3.- Definición de *concepto* en el diseño gráfico

En el proceso proyectual del diseño gráfico aparece un *concepto* desde el encargo, y se genera de la investigación del objeto/producto/servicio/idea (abreviaremos estas palabras como OPSI) que se vaya a promover. Este *concepto* es general que podemos nombrarlo *concepto-realidad*. Es decir, es la definición de un (OPSI) con la mayor y más detallada explicación de lo que es y su proceso. Tiene la peculiaridad que, dependiendo de su naturaleza, es posible que tenga pautas para evaluar su validez. Es decir, a comprobar las cualidades del (OPSI) a partir de sus propios parámetros. Tomemos por ejemplo un producto, un ordenador. Sus diseñadores y fabricantes tienen métodos para probar su eficacia, tanto en velocidad, capacidad de memoria, nitidez de la pantalla, facilidad para generar gráficos, etc; todas estas cualidades se intentan probar de alguna forma. Las pruebas tendrán una manera de ser evaluadas bajo determinadas pautas (juicios), así como también los resultados repetitivos serán las cualidades definitivas del producto (inferencias). Es entonces cuando el ordenador tendrá un *concepto* determinado de acuerdo a estas cualidades.

Aunque el diseñador se basa en el *concepto-realidad*, el *concepto gráfico* que se maneja tiene un carácter comunicativo. Es decir, no se define bajo la noción del *concepto científico*, ya que él sería un extremo, pero tampoco es el extremo opuesto, como lo que es el *concepto* en el arte conceptual. El *concepto gráfico* es entonces una definición resaltando las cualidades que son convenientes para que el destinatario final del OPSI.

Así pues, podemos entender que una composición visual sea cartel, marca o cualquier medio que contenga una composición plástica, tiene el objetivo de comunicar algo que parte de una realidad, de ese *concepto-realidad*, sea una idea o hablar de un objeto o servicio

determinado y definido por el cliente. Esto que se pretende comunicar lo consideramos como el *concepto de comunicación*, que a partir de lo que significa “*concepto*”, en el arte y la ciencia, podemos definirlo particularmente en función de las necesidades del diseño:

El *concepto de comunicación* es una redacción escrita con la extensión necesaria para poder:

a) Describir los elementos y procesos con sus cualidades y relaciones más representativas que quieran ser dadas a conocer.

b) Bajo una selección de características delimitadas que quieran ser dadas a conocer con la intención de definirlo y diferenciarlo de otras ideas/objetos/servicios

c) Establece una relación-asociación lejana o cercana con la realidad. El *concepto* es la esencia del mensaje, el objetivo del *concepto* es comunicar. Si se quisiera formular una pregunta para deducir el *concepto* sería: ¿qué es?

En este trabajo se propone que el *concepto de comunicación* describa y/o haga evidente las los elementos partícipes en la composición y las relaciones en los tres niveles: geométrico, perceptual y semiótico. Es decir, que dentro de la descripción se involucren también relaciones entre lo que es el objeto y el servicio o la idea a promover.

Estas pautas de relación se podrán definir con detalle en la *idea de comunicación*. En donde el diseñador propone de manera verbal los elementos particulares, sus cualidades y las relaciones de manera detallada en todos los niveles: geométrico, perceptual y semiótico.

Así pues, en esta redacción podremos encontrar la descripción de los tipos de proporciones que podemos emplear, si la figura se podrá plasmar en contraste con el fondo y si los signos adquirirán un significado bajo alguna figura retórica.

El *concepto de comunicación* pretende identificar al OPSI como una unidad distinguible de otras; establece la diferencia entre otros OPSI. Asimismo, la *idea de comunicación* es aquella que genera la diferencia específica de la composición visual.

Para ejemplificar lo que es un *concepto de comunicación* podemos tomar como ejemplo el producto Coca cola, este producto con más de 150 años de presencia constante a nivel mundial, tiene un *concepto* como producto: bebida refrescante azucarada. Cabe destacar que su *concepto* a comunicar ha cambiado en cada época, incluso en cada país. Podemos decir que el *concepto*, ahora, año 2014-15, en España, puede ser: Coca-cola producto-empresa comprometida con el ser humano. Este *concepto* a comunicar está lejos de lo que

realmente es el producto, sin embargo llegar a estas asociaciones solamente es posible a través de una larga secuencia de mensajes, donde la empresa no se posiciona del mercado, solamente lo mantiene cautivo. Sus mensajes pueden ser cada vez más sofisticados porque ya no necesita que le reconozcan sólo por lo que vende.

En el aspecto de la *idea de comunicación*, también en el caso de la Coca-Cola se generan elementos plásticos que son reconocibles como particulares del producto-empresa, desde la marca, el color, la botella y determinados personajes que son característicos en cada temporada. Con esto se genera un código de comunicación visual por el cual se les reconoce.

Otros ejemplos de *concepto* e *idea de comunicación* son el auto perfecto, el perfume que despierta el romance, en lugar de decir que es aroma de rosas, la medicina que devuelve la vitalidad finalizando con el resfriado o el yogurt que mantendrá el equilibrio digestivo. Todos estas cualidades son seleccionados de acuerdo a los atributos del producto, al *concepto-realidad* sean sus cualidades tangibles o procesos.

En el *concepto de comunicación*, y en la *idea de comunicación*, es en donde se puede distinguir la intención del diseñador. Es decir, la selección del *concepto*, así como las cualidades de la composición, son parte de la manera con la cual el diseñador propone dar un mensaje.

El *concepto* de comunicación se concentrará en estas cualidades, funciones o procesos del producto que lo distingan, que lo hagan único, que se defina, que lo diferencien y con lo cual se identifique en ese momento. Las intenciones (las cualidades) de un *concepto* siempre serán mayores que la definición. En otras palabras, un OPSI encontrará su lugar, es decir, será delimitado de acuerdo a las cualidades físicas, funcionales, económicas, benéficas a la sociedad, tecnológicas, estéticas, morales entre otras. Posteriormente el *concepto* debe seleccionar aquellas cualidades que sean distintas a la competencia. Esto lo identificará de un grupo que se reconocerá como distinto y el público podrá saber con qué identificarse y elegir. El *concepto de comunicación* debe evidenciar la distinción.

Conclusión

Con estas interpretaciones, podemos concluir que el *concepto* de comunicación para el modelo estructura relacional es la definición esencial y particular que verbaliza las cualidades y relaciones de las propiedades del objeto, producto, servicio, idea, o *concepto gráfico* mismas que son interpretadas en figura/forma/signo.

La *idea de comunicación* desde el enfoque del modelo estructura relacional es la descripción detallada de los elementos y las relaciones que reinterpretan al *concepto gráfico*.

Como se dijo al inicio de este capítulo, el decir que la estructura relacional puede dar inicio en el *concepto de comunicación* es una hipótesis, es posible que pueda ser comprobada si se realiza un ejercicio, en donde el proceso proyectual incluya la redacción de las relaciones cuando se formulen tanto el *concepto* como la *idea de comunicación*.

Aunado a ello también será posible decir que el *concepto de comunicación* es el vínculo para que la estructura relacional como modelo teórico sea puesto en práctica. Las relaciones de los elementos no solamente son identificadas al final del proceso de creación, cuando el medio es expuesto y el diseñador ajeno a él interpreta el *concepto* y las relaciones, sino que el mismo diseñador puede crearlo desde el *concepto*.

Sin embargo, aún se considera que vale la pena revisar antecedentes del término *concepto*. Unas de las investigaciones que han sido identificadas para estudiar es la tesis doctoral de Miquel Mallol Esquefa (2001) en *La nominació de l'artefacte en el procés de disseny*. En el capítulo tres titulado *Concepte d'una particularitat projectada*. Departamento de Historia de la filosofía, Estética i filosofia de la cultura de la Facultat de Filosofia en la Universitat de Barcelona. Barcelona, España.

Miquel Mallol propone el término *concepto de una particularidad* y lo define a partir de la investigación detallada de la propuesta de trabajos de dos áreas, el proceso proyectual y la metodología de diseño. Entre los autores analizados se encuentran John Christopher Jones, Bernard de Birkbeck, Josep María Martí Font y Christopher Alexander.

Cada uno de los trabajos ha aportado un aspecto a la definición, por mencionar algunos de ellos: En primer lugar considera que tanto el *tipo* como el *concepto de una particularidad* son dos términos complementarios y necesarios en el proceso de diseño de los artefactos. En segundo lugar la comparación entre *tipo* y *concepto de una particularidad* permite que se delimita la definición de este último.

El *tipo* considera la síntesis de cualidades esenciales o básicas dadas en una categoría, en palabras de Miquel Mallol:

... el *Tipo* pretende describir la realidad de una serie de artefactos a la cual se ha de incorporar el que se está proyectando; pero para decidir cuales son los miembros de la serie es necesario que parezca posible hacer explícita la manera como cada uno de ellos responde unitariamente (decididamente) a un conjunto fundamental de requerimientos comunes⁵ (p.405).

El *concepto de una particularidad* se considera la esencia o la diferencia de la unidad de la categoría. Como lo define Miquel Mallol:

⁵ La traducción del catalán al castellano ha sido realizada para esta investigación, a continuación se escribe la cita original: "...el *Tipus* pretén descriure la realitat d'una sèrie d'artefactes a la qual ha d'incorporar el que s'està projectant; però per decidir quins són els membres de la sèrie cal que sembla possible fer explícita la manera com cada un d'ells respon unitàriament (decididament) a un conjunt fonamental de requeriments comuns" (Mallol, 2001, p.405)

...el concepto de una particularidad pretende expresar verbalmente la especificidad que tiene, de hecho, el artefacto que se proyecta, para decidir su propia capacidad de dar una respuesta íntegra a un conjunto de requerimientos reales (que también forman una unidad por el hecho de ser los que generan, en un momento determinado, el proceso de diseño⁶ (p.406).

También realiza un análisis detallado del libro Ensayo sobre la síntesis de la forma de Christopher Alexander. En el cual distingue la contextualización de la propuesta de Alexander que influye en la definición del concepto en cuatro aspectos, que Miquel Malloí introduce en la definición señalados en paréntesis:

El concepto de una particularidad es una entidad de determinación del artefacto que se proyecta en el proceso de diseño (procesualidad), como instrumento del pensamiento personal de los diseñadores (fundamento psicológico) y que se construye en la conjunción de diversos conceptos más generales sobre temática propia siguiendo las reglas básicas de coherencia de la matemática básica (fundamento formal)⁷ (2001, p.429).

La definición del concepto de una particularidad coincide en lo que se refiere al concepto de comunicación, en que hace referencia a la unidad, lo mismo que la composición para comunicar un mensaje particular que representa a un OPSI concreto. Sin embargo la observación de esta similitud es necesario que se argumente con más cuidado en otro estudio.

⁶ La traducción del catalán al castellano ha sido realizada para esta investigación, a continuación se escribe la cita original: "...el concepte d'una particularitat pretén expressar verbalment l'especificitat que té, de fet, l'artefacte que es projecta, per decidir la seua capacitat de donar una resposta íntegra a un conjun de requeriments reals (que també formen una unitat pel fet de ser els que generen, en un moment determinat, el precés de disseny" (Malloí, 2001, p. 406).

⁷ La cita original en catalán es la siguiente: "El concepte d'una particularitat és una entitat de determinació de l'artefacte que es projecta en el procés de disseny (processualitat), en tant que instrument del pensament personal dels dissenyadors (fonament psicològic) i que es construeix en la conjunció de diversos conceptes més generals sobre temàtica pròpia seguint les regles bàsiques de coherència de la matemàtica bàsica (fonament formal)" (Malloí, 2001, p.429).

Capítulo IX.

Estructura relacional a nivel geométrico

IX.1. Qué es la estructura relacional a nivel geométrico

Entendemos por estructura relacional al conjunto de pautas de relación entre los elementos de la composición plástica. A partir de ello podemos definir a la estructura relacional a nivel geométrico como todas las pautas que permitan relaciones de los elementos gráficos básicos, con el fin de que se genere la composición de figura significativas para la expresión de un concepto.

Las pautas de relación geométrica pueden distinguirse cuando observamos los elementos y las cualidades de los elementos plásticos desde la geometría. Es decir, considerando que los elementos son el punto, la línea, el plano, el volumen y se relacionan principalmente en constitución, dimensión y posición en el espacio.

Existe una diversidad de conceptos. Varios diseñadores teóricos han hablado al respecto, sin embargo, para este trabajo se ha realizado una selección. Se consideraron la proporción y la perspectiva, la selección de estos dos conceptos ha sido bajo el parámetro de que ambos conceptos implican una relación entre los elementos.

El primer concepto es la proporción, que sin duda alguna es uno de los conceptos que en los libros de diseño se ha asociado a la morfología de la naturaleza. Las explicaciones sobre la proporción geométrica en lo natural como la filotaxis o la anatomía humana ha sido aplicada también al diseño de objetos. En la práctica, en la época clásica las dimensiones de las partes del cuerpo humano fueron trasladadas a las dimensiones de los edificios arquitectónicos. Actualmente se aprecia la sección áurea como una técnica geométrica que puede definir dimensiones estéticas, proporcionadas bajo, no sólo la geometría, sino la proporción matemática. La proporción también es un concepto que relaciona distancia y espacio, es decir, la métrica (característica cuantitativa) y la dimensionalidad con relación a un espacio determinado (característica cualitativa).

El segundo concepto es la perspectiva, que ha sido estudiado desde el renacimiento; podemos encontrar numerosos estudios sobre ella, incluso estudios contemporáneos en donde la perspectiva no sólo

es una técnica para poder representar la realidad como lo muestra una escena externa, sino también es un concepto filosófico que habla sobre la comprensión de la realidad a través de lo percibido. Por otro lado, se ha encontrado a través de la historia de la pintura, que la perspectiva ha sido un concepto plástico que expresa la intención del artista en su obra con fines de redefinición del concepto de arte; como lo ha sido en el renacimiento y en el estilo cubista. Trataremos de abarcar un poco de cada uno de estos aspectos de la perspectiva.

IX.2. Elementos y las relaciones básicas en el nivel geométrico

En la estructura relacional, si bien hablamos de relaciones de la composición plástica, es importante preguntarnos ¿cuáles son los elementos que se relacionan en la composición?.

Estos conceptos de espacio y posición implican relaciones. Se puede decir que el espacio contempla límites relacionados por distancia o límites abiertos o cerrados. La posición, también requiere de un elemento referente a algún punto para poder indicar su estado en el espacio. Es entonces que espacio y posición son elementos de relación¹ de carácter geométrico bajo los parámetros de esta tesis. Las pausas de relación más importantes son la proporción y la perspectiva.

Elementos básicos

En esta apartado vamos a distinguir tres elementos de la composición, cabe destacar que para que lo sean, desde el punto de visto geométrico, deben estar en relación: el sustrato, la figura o figuras (que pueden ser el punto, la línea, el plano y el volumen), y las partes de la figura (que pueden ser el punto, la línea y el plano, como elementos básicos geométricos).

Se puede hablar, en primer lugar, del *espacio-formato* que se refiere al sustrato o cuerpo físico en el cual se va a plasmar la composición visual, aunque la composición sea plasmada sólo en la superficie plana, el sustrato por muy poco grosor que tenga se considera tridimensional².

Los elementos geométricos básicos, propios de este nivel, han sido observados con éste enfoque por los teóricos del diseño como Kandinsky, en su libro didáctico para la escuela Bauhaus titulado *El punto y la línea sobre el plano*.

En otras teorías los elementos geométricos se clasifican de distinta manera de acuerdo al enfoque. Por ejemplo, para Wucius Wong,

¹ La gravedad y dirección también son conceptos de relaciones de los que hablaremos en la estructura relacional perceptiva.

² También es considerable el espacio virtual, sin embargo por ahora no vamos a hablar de ello pues se requiere de otro lenguaje.

estos elementos son conceptuales, es decir, que no se materializan como tales; en el momento que se perciban dejan de ser conceptuales. Se generan unos a otros a partir del movimiento, es decir: el punto es solamente una ubicación espacial, sin embargo, cuando el punto se desplaza define una trayectoria, una línea. La línea al desplazarse genera un plano, y el plano al desplazarse forma un volumen. Los elementos conceptuales se convierten en visuales al definirles las características de: forma, medida, color, textura. De esta manera se les llama *elementos visuales*.

La teoría de Kandinsky, así como la propuesta teórica de Wong, parten de elementos geométricos; considerando a estos elementos los esenciales. Son básicas cuando se comprende que a partir de ellos se pueden generar imágenes complejas que representan algo conocido para el receptor. Éstas pueden ser imágenes icónicas, caricaturizadas, abstractas o letras de cualquier fuente y familia.

Para nuestro estudio, la postura de Wong refiere más al nivel perceptivo que al geométrico, por lo que sólo lo consideraremos para señalar la diferencia. Un poco más adelante vamos a regresar a su teoría.

Una vez identificados los elementos, vamos a identificar las categorías de las relaciones básicas. (Figura IX.1)

Categorías de las relaciones básicas

A partir de estos tres elementos se pueden hacer varias combinaciones en las que se establezca una relación que cooperará para que la composición pueda ser realmente identificada como un conjunto de elementos que interactúan.

Las relaciones básicas a observar son la relación del material o sustrato consigo mismo, la relación del espacio-formato con las figuras, la relación entre las figuras que participan en la composición y la relación de las figuras con las partes que las componen. Además de estas cuatro relaciones puede haber más, por ejemplo: la relación de las figuras con cada una de las partes de cada figura y la relación del material con las partes. Nosotros vamos a atender las relaciones de proporción más importantes y que son más frecuentes en la práctica. Sobre todo porque el objetivo es habilitarnos para observar las relaciones. (Figura IX.2)

Cuando hablamos de geometría, las relaciones normalmente se dan bajo la alteración o regulación de la distancia, posición, orientación y dimensión (el espacio bi o tridimensional que ocupa y que puede ser no métrico). Hay conceptos que evidencian las relaciones; los nombraremos *conceptos relacionales*.

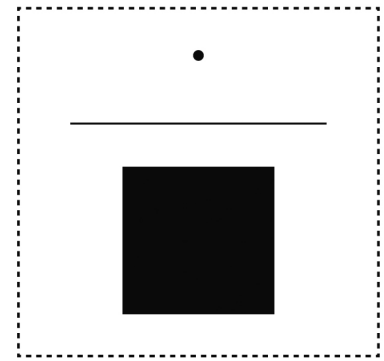
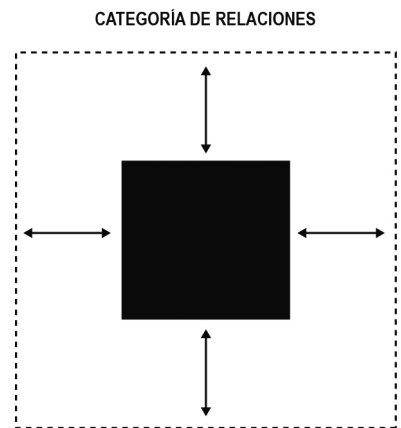
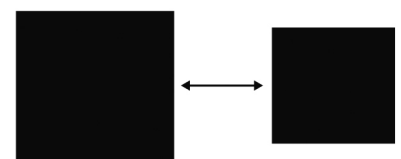


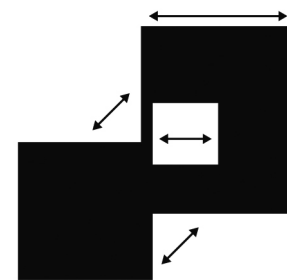
Figura.IX.1. Esquema de elementos básicos para la estructura relacional de nivel geométrico. Esquema: Angélica Castro.



IX.a. Relación espacio-formato con figura



IX.b. Relación figura con figura



IX.b. Relación figura con partes de sí misma

Figura.IX.2. Categoría de relaciones. Esquema: Angélica Castro.

En este estudio, como lo habíamos dicho, nos vamos a referir como conceptos relacionales a la proporción, es decir, la variación de los elementos en sus cualidades de anchura y altura que se refiere al espacio ocupado por la figura. Asimismo vamos a estudiar a la perspectiva como otro *concepto relacional* en el cual la orientación y la distancia son las variables de los elementos.

Podemos graficar los conceptos y las variables, así como los elementos emergentes de cada relación con el siguiente esquema:

ESTRUCTURA RELACIONAL EN EL NIVEL GEOMÉTRICO

Elementos	Plano (sustrato o superficie) Figura(s) (plano, línea, punto) Partes de figuras (plano, línea, punto)	
Relación	Proporción	Alto-Ancho
	Perspectiva	Posición
	Conceptos de relación	Variables en la relación

Figura.IX.3. Esquema de categorías de relaciones en la estructura relacional en el nivel geométrico. Esquema: Angélica Castro.

¿Cómo observar las pautas de relación geométrica y cuáles son las pautas de relación en la proporción y la perspectiva?

Se propone el análisis detallado del término para poder conocer bien sus cualidades mediante los antecedentes históricos descritos por teóricos de la ciencia, del diseño o del arte plástico. La proporción se conoce desde su aspecto matemático así como también del geométrico; esto nos permitió deducir algunos términos que definimos como las pautas de relación. Ha sido también el caso de la perspectiva, de quien se ha hecho un estudio de la evolución de dicha técnica, así como también de las técnicas empleadas en el dibujo. Es muy importante decir que el diseñador puede identificar otras *pautas relacionales* de acuerdo a la experiencia que tenga en el manejo de la geometría.

A partir de los antecedentes se proponen las pautas de relación bajo el criterio de que sean cualidades de la proporción o la perspectiva y que expliquen una condición para que se evidencie la relación.

Las pautas relacionales pueden experimentarse de manera abstracta; así como la ejemplificación con un medio gráfico aclarará mejor la pauta. Por otro lado, si el diseñador genera sus propios ejercicios con los elementos plásticos, podrá también generar opciones que cooperarán para minimizar el azar de su propuesta y acercarse más a la racionalización de su quehacer.

IX.3. La proporción como *concepto relacional* en el nivel geométrico

En el diseño gráfico, la proporción es, además de un concepto, una herramienta que nos permite dimensionar los elementos dentro del espacio, así como darles un lugar en el mismo. Mediante algunos modelos como la sección áurea, la descomposición armónica del rectángulo, los módulos, entre otros, se trazan líneas que dividen el espacio-formato, siendo éstas los ejes rectores para definir el tamaño, así como la ubicación de la figura.

La estructura relacional se basa en el conocimiento de todas estos métodos y en los usos que se hace de ellos, y añade que dichos métodos nos proporcionan pautas relacionales que se pueden manifestar en todas las categorías.

En este estudio se han observado tres pautas:

- La similitud geométrica.
- La dependencia.
- La equivalencia.

Dichas pautas fueron identificadas bajo la preguntas: ¿qué es lo que se relaciona en la proporción, desde la matemática y la geometría?. ¿Cuáles son las pautas de relación en ambas áreas de la ciencia que puedan ser útiles en el diseño?, y por último, ¿cuál es la interpretación en el diseño?

Antecedentes generales teóricos de la proporción

La proporción es una técnica matemática y geométrica que desde la antigua Grecia se empleaba en el arte y la arquitectura bajo el término analogía, en otras áreas de la ciencia este concepto también fue popular y conviene recordar a la escala musical Pitagórica, que vale la pena revisar.

Pitágoras de Samos en el año 530 a.C., en la ciudad calabrense de Crotona, propuso que a través de la matemática y la geometría se podía comprender cómo estaba formado el universo y cuáles era sus pautas que le daban orden³. Pitágoras y sus discípulos, bajo un pensamiento más profundo, aspiraban a crear una explicación sobre la armonía entre el universo y el alma del individuo. Proponían una ar-

³ Habían otras escuelas que daban una explicación del universo a partir de la observación de sus cualidades mecánicas. Entre ellas estaban la escuela de Tales de Mileto, hacia 585 a.C. que fundó en la costa occidental de Asia menor, una escuela filosófica que exponía que la constitución de la naturaleza era gracias a un elemento primordial y era posible deducir todos los fenómenos con unas cuantas leyes mecánicas. El principio (arché) de todo era para Tales de Mileto, el agua. Dos de sus discípulos propusieron otros elementos: Anaximandro (alrededor de 560 a.C.) consideró que el cosmos, del que procede el mundo visible, era ilimitado e indeterminado (ápeiron). Los "contrarios", considerados como el calor y el frío, lo seco y lo húmedo se consideraban que se mantenían separados por la acción de un torbellino que posteriormente los uniría. Otro de sus alumnos, el filósofo Anaxímenes (540 a.C aprox.) propuso que el elemento primordial era el aire, y la materia era su condensación. (Pochat. 2008. p.18)

gumentación basada en la similitud entre la ubicación de las esferas celestes y las cuerdas musicales, la representaron bajo la proporcionalidad numérica de los números racionales⁴. A partir de ello supusieron la “musicalidad” de los astros.

Entendían que el universo era una esfera celeste, dentro de la cual giraban los planetas alrededor de un fuego divino. Estos cuerpos celestes se movían en estructura concéntrica y mantenían una distancia con relación al centro.

Por otro lado, Pitágoras estudia los sonidos y propone la hipótesis de la relación geométrica proporcional con las dimensión de las cuerdas que los producen. A esto le llama la escala pitagórica. Götz Pochat la explica así:

Si la cuerda se dividía en dos, es decir, en la proporción 1:2, cualquiera de las dos mitades sonaba a la octava superior (*diapasón*). La proporción 2:3 correspondía a la quinta (*diapente*) y la proporción 3:4 a la cuarta (*diatessarón*). A estos tres intervalos-octava, quinta y cuarta- los pitagóricos añadieron dos más: la combinación de octava y quinta (1:2:3) y la combinación de dos octavas (1:2:4) (Pochat, 2008, p.19)

Pauta relacional uno: La similitud geométrica

Proporcionar significa llegar a conseguir que los elementos mantengan una relación si y solo sí tienen una cualidad geométrica similar entre ellos y en este caso es la similitud de sus dimensiones en su ancho y alto.

Visto de esta manera es posible decir que la *similitud es una pauta de relación geométrica de la proporción*.

Para profundizar en la aplicación de esta pauta, es preciso revisar cómo surge el concepto de proporción y esto conlleva revisar los trabajos de matemáticas y geometría de Euclides⁵, un gran geómetra,

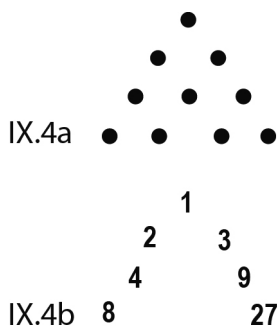


Figura.IX.4. *Tetraktys* Τετρακτύς. Número perfecto según los pitagóricos (4a) y *Secuencia de números en disposición λ*, propuesta realizada por Platón (4b). Esquema: Angélica Castro.

4 Fernando Corbalán realiza una explicación muy sencilla del término “racional” para un público que no está familiarizado con el término. La expresión se entiende pensando que “racional” tiene la misma raíz que “ración” que a su vez lo comparte con “razón” cuando se aplica a una proporción entre dos cantidades. Por tanto “racional” viene del término “razón” en el sentido de relación, no en el sentido de algo “razonable”. (Corbalán, 2010. P.20)

5 Como referencia contextual considero interesante saber de manera superficial el origen de cómo surge la geometría. Lo presento a manera de nota para no distraer la explicación de la definición de la proporción. El origen de la geometría lo atribuyen gracias a los estudios de Pitágoras quien consideraba que los números eran seres que formaban parte de la esencia de las cosas, lo explica el historiador matemático Morris Kline (Kline, 1972, p.54) partiendo de las opiniones publicadas por Aristóteles en su libro *Metafísica* (Aristóteles, 1981. p. 24) Los pitagóricos realizaron diversos análisis numéricos, por ejemplo, encontraron que las sumas de los números enteros generaba una forma geométrica: el triángulo equilátero conocido como el Tetraktys, que matemáticamente representaba lo siguiente: $1 + 2 + 3 + 4 = 10$. (Figura IX.4a)

Asimismo, Platón (427-347 a.C.) filósofo griego influenciado por Pitágoras y su conocimiento sobre las proporciones musicales, propone dos series de números (las potencias de 2 y 3 de las proporciones 1:2 y 1:3. Estas dos líneas corresponden a multiplicar el número resultante por 2 o por 3, así $2 \times 2 = 4$, $4 \times 2 = 8$. De la misma manera la fila del 3, $3 \times 3 = 9$, $9 \times 3 = 27$) y los dispuso en la forma de la letra griega lambda. Estos siete números son los que regirían el ritmo del macrocosmos y cosmos, así como también la armonía de las esferas celestes y el alma humana. (Figura IX.4b) Sin embargo, a partir de sus esquemas gráficos sobre el triángulo (figura que se convirtió en un símbolo místico entre los pitagóricos) encontraron que para calcular la dimensión de sus lados, uno de ellos (la hipotenusa) no era número racional. Lo que les llevó a estudiarlo profundamente y encontrar lo que conocemos como el teorema de Pitágoras del triángulo equilátero, y con ello a la

matemático en quien todos los teóricos del arte y del diseño basan sus modelos con respecto a sus procedimientos para establecer la proporción.

Se calcula que Euclides vivió entre el año 325 al 265 a.C. Es conocido como el padre de la geometría. Su principal aporte es el libro *Los Elementos*. Se conoce que para su teoría de razones y proporciones se basó en los trabajos de Eudoxio, pupilo de Platón.

En el libro VI de *Los Elementos*, encontramos la definición más clásica sobre proporción (**αναλογία**= analogía):

3. Una razón es determinada relación con respecto a su tamaño entre dos magnitudes homogéneas. (Euclides, 1994, p. 9)

Matilda C. Ghyka encontró esta definición de Euclides:

"Razón es la relación cualitativa en lo que se refiere a la dimensión entre dos magnitudes homogéneas. La proporción (**αναλογία**) es la igualdad de razones". (referencia de la cita no indicada en el texto de Ghyka) (Ghyka, 1978, p.27)

Ghyka hace una aclaración muy sencilla en lo que se refiere a la razón desde el punto de vista de los griegos y el álgebra actual. La explicaré con mis palabras. Para los griegos una razón es el resultado de dividir a/b , que significa en álgebra "a dividido por b", si se sustituyen las letras por números entonces se representa $6/1$, cuyo equivalente es 6. Se pueden incluir razones de números irracionales como $8/5=1.6$. Los griegos llamaron a los resultados de estas razones "números-medidas". Ghyka dice:

...razones de una magnitud medida con la unidad de medida. En este sentido, todos los números sean enteros o fraccionarios racionales, y aun los inconmensurables (algebraicos como $\sqrt{2}$ o trascendentes como π) pueden representar razones, es decir, ser concebidos como números-medidas. La sucesión de todos los números "reales" (rationales, algebraicos y trascendentes) entre 0 y un número dado a, se pueden poner en "correspondencia unívoca⁶ y recíproca" con los puntos de un segmento

aparición de los números irracionales al calcular la longitud de la hipotenusa del triángulo recto. Pero las matemáticas ya no fueron la herramienta principal, optaron por la geometría y el álgebra, dos áreas de la matemática que se basan en las relaciones de valores.

El triángulo presentaba una diagonal con proporción raíz de 2, un número con decimales que no ofrecían ninguna periodicidad en sus cifras. Les llamaron números irracionales y, a partir de ellos, pasaron de la matemática a resolver los aspectos del orden y principios universales con la geometría.

Los pitagóricos fueron de las escuelas que comenzaron a resolver problemas a través de la geometría, sobre todo aquellos problemas donde más que generar resultados cuantitativos es conveniente generar resultados cualitativos.

Kline se apoya en un análisis de Aristóteles sobre el pensamiento pitagórico, el cual habla sobre los números, su origen y la materia. Citaré textualmente a Aristóteles: "Los números son por su naturaleza anteriores a las cosas (Nota: se consideraban los números, no como puras abstracciones, sino como seres propiamente dichos), y los pitagóricos creían percibir en los números más que en el fuego, la tierra y el agua, una multitud de analogías con lo que existe y lo que se produce. Tal combinación de números, por ejemplo, les parecía ser la justicia, el alma, la inteligencia, la oportunidad; y así, hacían con todo lo demás. Por último, veían en los números las combinaciones de la música y sus acordes. Pareciéndoles que estaban formadas todas las cosas a semejanza de los números, y siendo por otra parte los números anteriores a todas las cosas, creyeron que los elementos de los números son los elementos de todos los seres, y que el cielo en su conjunto es una armonía y un número. Todas las concordancias que podían descubrir en los números y en la música, junto con los fenómenos del cielo y sus partes y con el orden del Universo, las reunían; de esta manera formaban un sistema." (Aristóteles, 1981, p. 24)

6 Cita mía. Por correspondencia unívoca se entiende en matemáticas que cada elemento de un

de recta si se toma a como medida de este segmento. Hay correlación, correspondencia absoluta, entre el continuo de los números-medidas, y el continuo geométrico.

Los griegos preferían reservar el nombre de números a los numerables (enteros) y daban a los números-medidas el apelativo y la forma de razones o de relaciones. (Ghyka, 1978, p. 27)

Para establecer una proporción se requiere comparar dos razones: $a/b = c/d$. La proporción se da sólo si las dos razones son iguales. En otras palabras, las razones son la comparación de dos magnitudes o números concretos, dice Ghyka que es la proyección en el plano matemático de la operación elemental del juicio: percepción exacta de las relaciones entre las cosas o las ideas (es una medida, un “peso” ideal). (Ghyka, 1978, p. 28)

Términos de la proporción:

$$\begin{array}{l}
 \text{Antecedente} \rightarrow \frac{a}{b} = x \leftarrow \text{Razón} \\
 \text{Consecuente} \rightarrow \frac{8}{2} = 4 \\
 \text{Extremos} \rightarrow \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \leftarrow \text{Medios}
 \end{array}$$

Figura.IX.5. Términos de la proporción. Cabe decir que razón, en inglés “ratio”, significa proporción; ambos términos son sinónimos. En términos matemáticos se refiere al cociente de dos números o cantidades. Esquema: Angélica Castro.

La proporción dada entre dos razones significa una síntesis inteligente, que armoniza y enlaza juicios o percepciones.

Las proporciones se representan en términos algebraicos de manera sencilla: $a/b = c/d$. a/b y c/d son dos razones que son equivalentes. Donde a los números a y d se le llama extremos; b y c son denominados medios. Asimismo los números a y c toman el nombre de antecedentes y b y d son consecuentes de una razón, a todos los elementos se les llama términos de la proporción. Se pueden apreciar en el esquema: (Figura IX.5)

Desde la antigüedad se conocen dos tipos de proporción. Una es la proporción ordinaria, en la cual los medios son distintos A esta proporción el griego considerado neoplatónico y neopitagórico Jámblico (243, 245, 250- 330), le da el nombre⁷ cuyo significado es “discontinua”.

Proporción continúa	Proporción discontinua
$\frac{a}{b} = \frac{b}{d}$	$\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$

Figura.IX.6. Tipos de proporciones. Esquema: Angélica Castro.

La proporción continua, en donde los medios son iguales. Jámblico le da el nombre de *αναλογία*. Cabe mencionar que el número Phi parte de una proporción continua. Observemos la diferencia en la figura IX.6.

Cualquiera que sea el tipo de proporción, se requieren como mínimo tres elementos⁸. figura IX.6. Esto se puede observar más fácil cuando se divide un segmento, se requieren tres puntos para que ese segmento quede fraccionado en dos, y así poder encontrar la relación entre estos dos sub-segmentos. Lo vamos a poder apreciar mejor en la explicación de la sección áurea.

conjunto origen se corresponde en algo con un sólo elemento del conjunto imagen.
 7 El nombre es: *αναλογον*, pero por motivos del teclado no ha sido posible escribirla correctamente, falta en la primera *α* un acento circunflejo, y la segunda *α* tiene coma en la parte superior.

8 Ghyka habla de Nicómaco: de aquí la observación de Nicómaco: siendo la razón una relación entre dos términos y la proporción una combinación o correlación de dos razones, por lo menos, se necesita un mínimo de tres términos para establecer una proporción. En el texto original de Aristóteles, escrito a Nicómaco en el contexto de la ética y justicia, es interesante cómo emplea el término proporción, dice: de manera que lo justo es cosa que consiste en proporción; porque el tener proporción no es lo propio del número de uno, sino de todo número en general, porque la proporción es igualdad de cuenta, y consiste a lo menos entre cuatro, y la proporción dividida, cosa clara es que consiste en cuatro; pero también la continua, porque usará dos veces de uno, y lo dirá dos veces de esta manera: como sea la proporción de a con la de b, sea la de b con la de c. De manera que la b dos veces se nombra y así tomada la proporción de b dos veces, serán cuatro las cosas que tienen proporción. (Libro V de la Ética a Nicómaco escrito por Aristóteles, p.121)

Es interesante continuar con la explicación matemática-algebraica de la proporción, pero podemos profundizar en ello estudiando el libro *El número de oro*. Tomo I. *Los Ritmos*, de Matila C. Ghyka. Para los fines de esta tesis, ha sido importante conocer que una proporción implica una comparación de similitudes que se evidencian por dos razones iguales⁹.

La pauta de similitud se refiere a las cualidades semejantes que hay entre dos razones, en este caso la dimensión (alto-ancho) de las partes o figuras que se comparan entre sí o con su totalidad. Dicho de otra manera, la proporción es una comparación posible dada por el resultado equivalente de las dimensiones de los elementos-figuras-espacio. La razón de las dos figuras debe dar el mismo número.

La *pauta relacional* de la similitud es más evidente desde el punto de vista matemático por la obtención de un sólo valor numérico. Sin embargo, cabe considerar que el lenguaje matemático-algebraico es un modelo muy abstracto para el uso práctico del diseñador. Los diseñadores gráficos estamos mucho más familiarizados con las propiedades visuales de la figura, es decir, desde la representación geométrica vamos interpretar las proporciones algebraicas de manera muy sencilla, ya que el objetivo es que se pueda comprender la pauta de la similitud. (Figura IX.7)

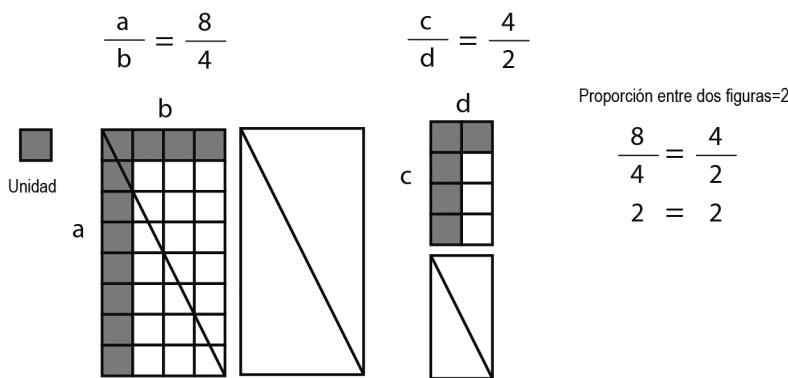


Figura.IX.7. Representación geométrica de la proporción. Representar el valor proporcional entre dos figuras. Podemos graficar esa proporción diseñando un módulo valor 1 (unidad). Este módulo se repetirá los valores de a, b, c, d, siendo que a,c serán el alto de la figura, y b,d serán el ancho de la figura. Esquema: Angélica Castro.

-La pauta relacional de similitud en la sección áurea

La relación, desde el punto de vista matemático, cuenta con una representación gráfica a la cual denomina geometría. La geometría aparece gracias a la investigación de la matemática por los pitagóricos como ya se ha explicado.

Arriba se realizaron algunos ejercicios para poder explicar la relación algebraica mediante la geometría, aunado a que el valor de la proporción obtenido fue un número racional. Hay proporciones que son bien conocidas en la historia del diseño, cuyo valor es un número

⁹ Para Corbalán la proporción es "el todo es la parte como la parte al resto" (Corbalán, 2010, p.23) .

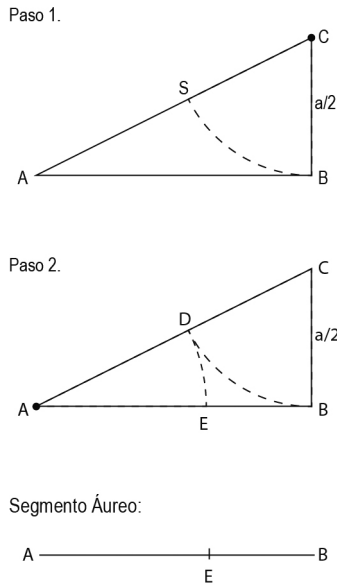


Figura.IX.8. Pasos para el trazo de la sección áurea. Esquema: Angélica Castro.

irracional, entre ellos está la sección áurea o el número dorado. Este modelo de proporción nos mostrará la pauta de similitud matemática-algebraica y geométrica.

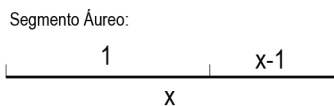
Euclides descubrió los números irracionales al calcular la hipotenusa del triángulo rectángulo, Obtuvo un valor proporcional que, de acuerdo a su valor infinito en decimales, le llamaron sección áurea: término que se define como:

“Dize se ser dividida una línea recta con razón extrema y media quanto fuere que como se ha toda a la mayor parte, así la mayor a la menor” (tomado de Corbalán, 2010. P.23.)

“3.-Se dice que una recta ha sido cortada en extrema y media razón cuando la recta entera es al segmento mayor, como el (segmento) mayor es al menor” (Tomado de Euclides, trad. Puertas, 1994, p.56)

Las definiciones clásicas muestran dos de las cualidades más importantes de la sección áurea: que es un tipo de proporción continua y que parte de la fragmentación de un segmento por tres puntos. Y se habla de la similitud que hay entre los dos segmentos.

Vamos a observarlo en el proceso de construcción. Los pasos para dividir un segmento en proporción “dorada” son los siguientes. Se parte de un triángulo rectángulo donde el cateto opuesto es la mitad del cateto adyacente. Se coloca en el punto C y se traza un círculo con radio CB, formando en la hipotenusa el punto D. Posteriormente se apoya el compás en A y se abre con radio al punto D, trazando un arco que corte el segmento AB. Este punto se llamará E. El cateto adyacente, es el segmento con proporción áurea. Figura IX.8.



Representación algebraica

$$\frac{x}{1} = \frac{1}{x-1}$$

Esta expresión conlleva a la ecuación de segundo grado:

Partiendo del modelo: $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Leftrightarrow a \cdot d = b \cdot c$

$$x \cdot (x-1) = 1 \cdot 1 \rightarrow x^2 - x = 1$$

Equivalente a:

$$x^2 - x - 1 = 0$$

$$x = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \cong 1.618$$

$$\phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \cong 1.618$$

Figura.IX.9. Cálculo matemático tomado de Fernando Corbalán (2010), p. 24. Esquema: Angélica Castro.

Entonces, teniendo un segmento AB y se divide con E, siendo que AE es más largo que el EB. Se encuentran proporcionadas si la longitud de AE con relación a la de EB es la misma que la que existe entre AB y AE. Entonces se dice que la línea ha sido cortada en “media y extrema razón” (Euclides, 1994, p. 103) o en Proporción Áurea.

El hecho de que la media-extrema razón sea un número irracional le da la categoría de rectángulo dinámico. Por lo cual, geoméricamente, no es tan fácil evidenciar su proporción. Lo que sí es posible decir es que parte de la hipotenusa del triángulo. Algebraicamente el esquema resultaría según se muestra en la figura IX.9.

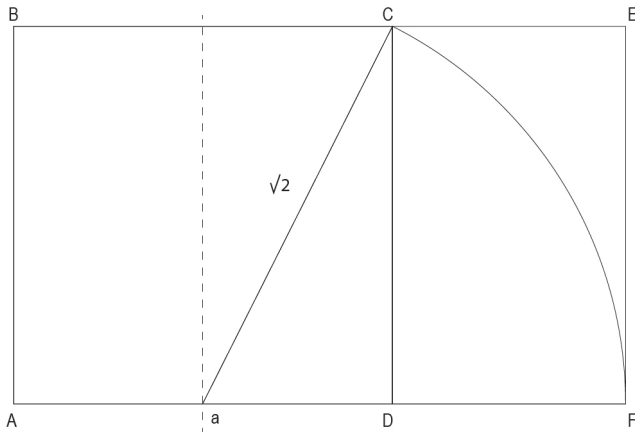
Estas ecuaciones son más complejas; parten de identificar si los valores relacionados tienen alguna similitud, comparando las dos razones que se obtienen de ellos, independientemente si el resultado de la razón es un número racional o irracional.

La división geométrica del rectángulo tiene la peculiaridad de que en su interior este espacio puede ser dividido bajo la misma pauta pro-

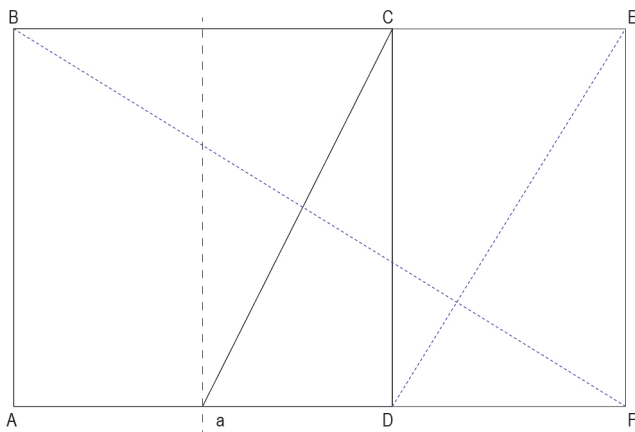
porcional; su método es muy sencillo y bien conocido.

A esta repetición, en matemáticas, se le llama iteración. Si extrema-

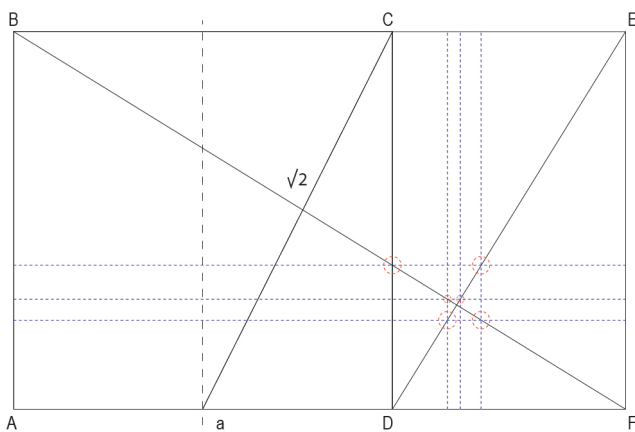
Pasos para la descomposición del rectángulo áureo en su misma proporción



Rectángulo Áureo. Rectángulo dorado



Paso 1. Se traza una diagonal de BF y otra segunda diagonal de ED



Paso 2. Se traza una recta sea horizontal o vertical en cada punto donde se una una horizontal ó vertical con una diagonal.

Figura.IX.10. División geométrica del rectángulo áureo. Esquema: Angélica Castro.

mos cualquiera de estos rectángulos como dos figuras abstractas de la composición, éstas estarán proporcionadas entre sí, lo único que variará será su dimensión métrica, pero la cualitativa será la misma.

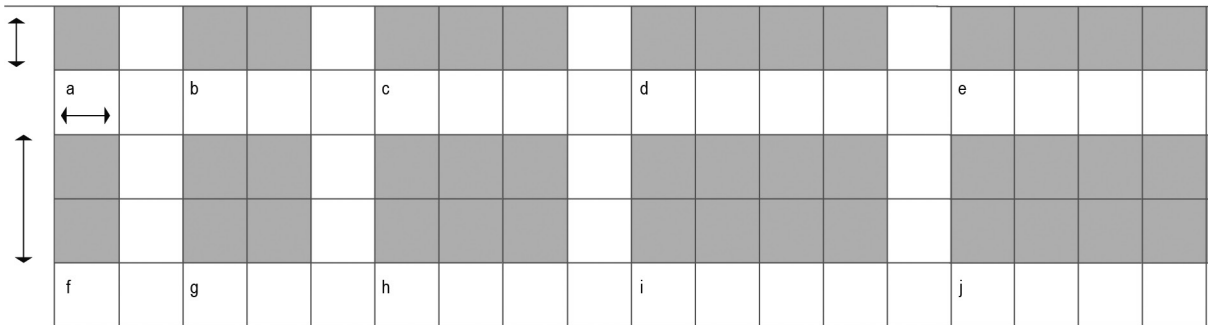
-Interpretación práctica en el diseño gráfico

La interpretación de la proporción para este modelo está enfocada en la observación de las relaciones. En esta primera pauta o regla de la similitud se propone explicar que gracias a la proporción los elementos que se encuentran dentro de un espacio-formato pueden compartir una similitud entre sus partes, entre ellos mismos y en el espacio. Y que esta cualidad que adquieren mediante esta relación puede cooperar en la expresión del concepto de comunicación seleccionado por el diseñador.

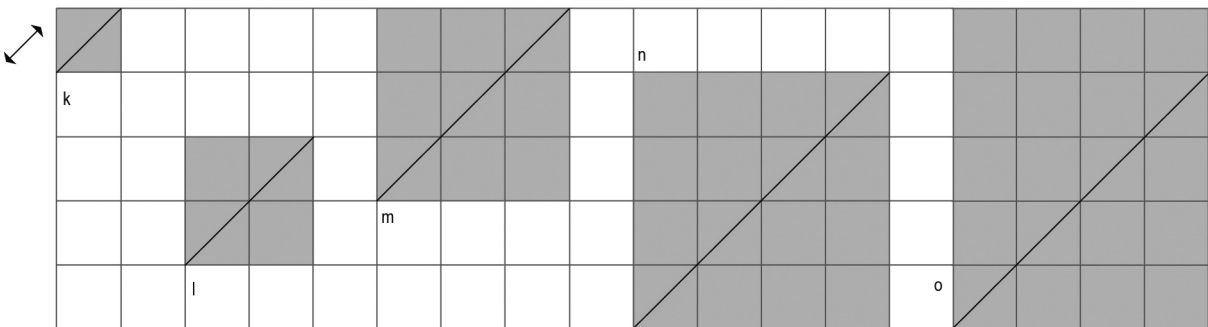
Figura.IX.11. La proporción analizada desde la pauta para generar la similitud. En términos de nuestro estudio, todas estas figuras se encuentran relacionadas por compartir el mismo módulo y la dimensión del mismo. La similitud es una de las pautas para generar una relación y también es una pauta para generar proporción. Esquema: Angélica Castro.

Para familiarizarnos con el concepto de similitud en la proporción, se propone realizar un ejercicio con base en módulos, dicho módulo se repetirá tanto en lo alto como a lo ancho, generando una serie de opciones en las cuales se puede mantener una cualidad común, pero también generar una variedad de acuerdo a la necesidad de la figura. (Figura IX.11)

Ejercicios para distinguir los diversos tipos de similitud desde la proporción.



Pauta para generar la similitud.
Rectángulos similares (proporcionales) por el espacio ocupado por un lado: la comparación entre sí de los siguientes: a,b,c,d,e y la segunda serie de rectángulos: f,g,h,i,j. También a-f, b-g, c-h, d-i, e-j



Pauta para generar la similitud.
Rectángulos similares (proporcionales) por compartir la misma diagonal.

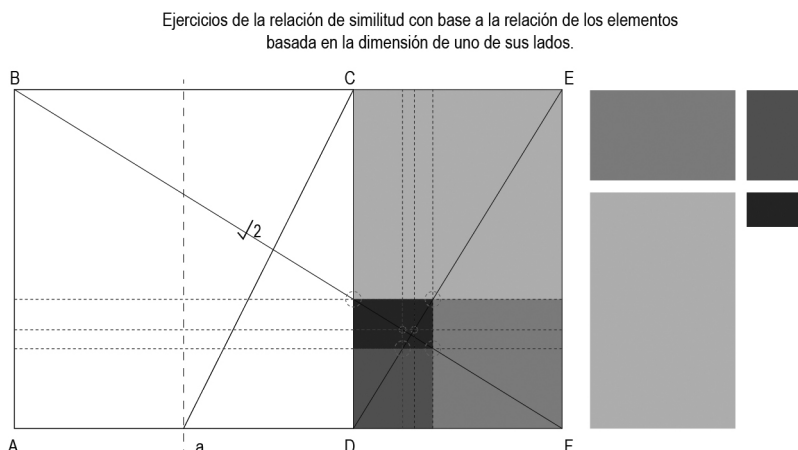


Figura.IX.12. Ejercicios de la relación de similitud con base a la relación de los elementos basada en la dimensión de uno de sus lados. Rectángulo áureo con su descomposición modular. La similitud en los rectángulos áureos es dada por uno de sus laterales, además de su proporción en general. Categoría de relaciones: figura con espacio. Esquema: Angélica Castro.

El realizar estos ejercicios en la etapa de bocetaje, y con las figuras seleccionadas para la composición, nos ofrece la oportunidad de seleccionar alguna proporción conveniente para la expresión del concepto.

En el Bandera-cartel (figura IX.13) del diseñador America Sanchez encontramos una clara división del espacio con una proporción 2 a 2, donde todos los cuadros se relacionan por la misma dimensión de sus laterales; la intención no era que ninguna de las figuras compitiera.



Figura.IX.13. "Bandera-cartel como identidad del evento". Diseñador: America Sanchez. Imagen tomada de: Sanchez, A. 202 *Cartells America Sanchez*. Biblioteca de Cataluña. p. 191.

En el segundo cartel (figura IX.14) es un claro ejemplo en el cual los tres niveles de relación son explícitos. El título dado por America Sanchez hace alusión a los niveles perceptuales y semióticos, además emplea el nivel geométrico para apoyar su mensaje. Se puede distinguir la *pauta relacional* de la similitud geométrica, siendo que todos los peines tienen el mismo tamaño, tanto en alto como en ancho, dividiendo así el campo visual en ocho partes. Dicha pauta coopera para la expresión del concepto de "igualdad".

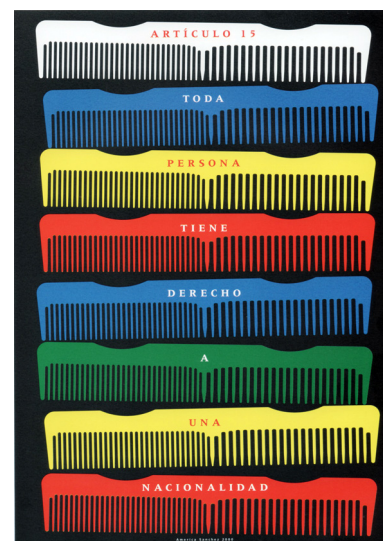


Figura.IX.14. "Metáfora gráfica y cromática para un cartel reivindicativo". Diseñador: America Sanchez. Sanchez. Imagen tomada de: Sanchez, A. 202 *Cartells America Sanchez*. Biblioteca de Cataluña. p. 191.

Pauta relacional dos: la dependencia en las dimensiones

-Antecedentes teóricos de la proporción sobre dependencia geométrica

En la proporción podemos identificar también una cualidad de dependencia, donde si varía una parte del elemento plástico se altera de la misma manera otra de sus partes, otros elementos y el espacio en el cual se plasma.

Como referencia geométrica, en la proporción podemos citar a los *gnomones*, término que tiene su origen a partir de los matemáticos antiguos y muy probablemente desde los Pitagóricos y los egipcios. Etimológicamente significa conocimiento, guía, γνώμων.

Los *gnomones*, término geométrico identificado como modelo de proporción en el desarrollo de algunas figuras, han sido también un

modelo para analizar el crecimiento de la forma en la naturaleza. Los griegos habían visto que varios objetos naturales, o seres naturales, cuando crecían en proporción (no en dimensión) mantenían la forma original. En el libro de *El crecimiento y la forma* de D'Arcy Thompson, se dedica una explicación a este término por el aporte indirecto que puede ofrecer a la explicación del crecimiento de la forma (por lo menos la geométrica), gracias a esta similitud continua, por ejemplo, en la concha y la espiral logarítmica. Esto lo incluye en la definición de la espiral:

Cualquier curva plana que tenga su origen en un punto fijo (o polo) y en la que el área vectorial de cualquier sector sea siempre un gnomon respecto a la figura anterior completa, será una espiral equiangular o logarítmica. (D'Arcy T., 1980, p.179)

...y(2) es característico del crecimiento del cuerno, de la concha y de todas las otras formas orgánicas en las que puede reconocerse una espiral equiangular que, cada incremento sucesivo de crecimiento es semejante, y semejantemente aumentado, y semejantemente situado respecto de su predecesor, y consecuentemente, es un gnomon de la estructura preexistente entera. (D'Arcy T., 1980, p.179)

En geometría se entiende por *gnomon* a una escuadra que se le añade a los laterales de un cuadrado, dando como resultado un cuadrado con una dimensión mayor, pero sin que su proporción haya cambiado. Aristóteles ya hablaba de ella como una forma que no sufre de alteración (*excepto en magnitud*) cuando crece. (D'Arcy T., 1980, p.176)

Euclides amplió el concepto a otras formas, no sólo al cuadrado, como cualquier paralelogramo ya sea rectangular o no.

D'Arcy Thompson habla de que fue Herón de Alejandría quien lo definió de manera más completa: *cualquier figura que, al ser añadida a otra figura da como resultado una figura semejante al original* (D'Arcy T., 1980, p.176) observaron también que tanto en la geometría como en la matemática había números que podían equivaler a este concepto, pero no hablaremos de ello en esta ocasión.

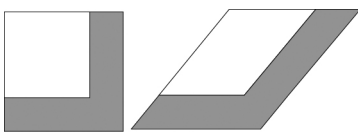


Figura.IX.15. *Ejemplo de gnomon.* El gnomon es el área gris en cuadrado y en paralelogramo, también al cuadrado y paralelogramo se les puede calificar como figuras gnomónicas. Esquema: Angélica Castro.

Lo que nos aporta el *gnomon* como *pauta relacional*, es que, con base en la proporción, es además del crecimiento por similitud o constancia de la forma, evidencia de la relación de dependencia que puede haber entre ambos lados; esta cualidad la podemos considerar una *pauta relacional*.

Esta dependencia puede estar presente entre elementos o entre el elemento y espacio.

-Interpretación práctica en el diseño gráfico

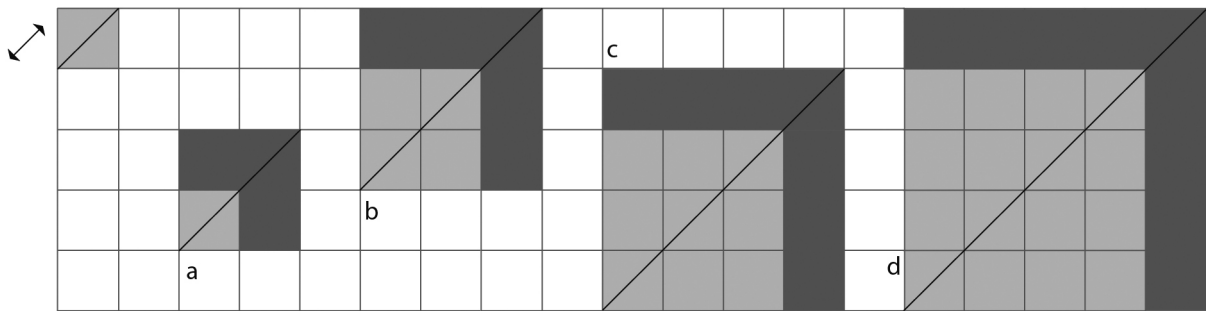
La interpretación explicativa de la pauta de dependencia hace alusión a la relación que existe entre dos o más elementos por su dimensión.

Para familiarizarnos con el concepto de dependencia, se propone realizar un ejercicio con base en módulos. Los módulos representarán un elemento en relación con sus partes (categoría figura-partes) y dos elementos plásticos o dos figuras (categoría figura-figura), que deben variar en la misma proporción para su óptimo funcionamiento.

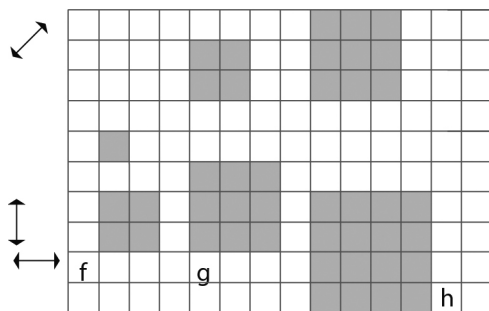
Figura.IX.15. Ejercicios sobre la dependencia de la dimensión de las partes de una figura o la dependencia entre figuras al ser alteradas proporcionalmente. Esquema: Angélica Castro.

Ejercicio para observar la pauta de relación “dependiente” figura/ partes y figura-figura en la proporción

IX.16.a) Ejercicios para el análisis de la pauta de “dependencia” en la relación entre Figura/partes

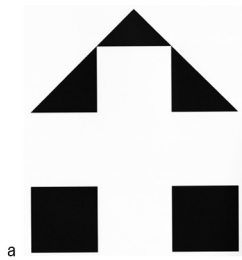


IX.16.b) Ejercicios para observar la pauta de relación entre Figura/figura.



Este ejercicio puede considerar casos prácticos en donde la figura y sus partes, así como también la relación entre dos o más elementos, requieran aumentar su tamaño respetando la proporción de sus relaciones. Es decir, sus partes requieran de la dependencia para que la figura no pierda su identidad. Por ejemplo, podemos utilizar la marca como composición. Sus figuras guardan ciertas proporciones convenientes para que puedan distinguirse como la figura que representa a la marca, y cuando se modifican las dimensiones de la marca, éstas se realizan en proporción; de esta manera precisa que no se altere ninguna de sus partes. Todas sus partes son dependientes entre sí, en caso de que se alteren, la marca se modificaría y no guardaría su identidad ni tampoco cumpliría con su objetivo principal a comunicar: la identidad.

Los ejemplos que se presentan como figura IX.17 son marcas diseñadas por Felix Beltrán. Podemos notar que la proporción de los elementos plásticos, tanto en las dimensiones de las figuras como en los espacios, guardan una relación dependiente. De la proporción de di-



a



b



c

Figura.IX.17. Fig.a) Minisap. Sanitarios/La Habana/1964. b) MediQuímica. Química/La Habana/1966. c) Arbolmex. México/2005. Imágenes tomadas de: García Santibáñez, F. (2013) Felix Beltran Diseño, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

chos elementos depende la identificación de la figura y la expresión del concepto.

Pauta relacional tres: equivalencia

-Antecedentes teóricos de la proporción sobre la equivalencia

El orden en la antigüedad estaba muy asociado con la belleza. La naturaleza creada por un ser divino significaba la perfección, la obra del hombre debía ser igualmente perfecta, siendo que éste era el ser más perfecto de la tierra.

En el arte griego, las obras de arte tenían varias características que cumplir para poder definirse como bellas. Una eran las proporciones que se guardaban las partes entre sí. Las proporciones, la estructura interna de las cosas y los cuerpos tenían una valoración de orden superior y divino; generaban unidad, se practicaba el mismo principio con el cual fue creado todo a partir de la unidad que regía todo: la proporción, como la entendemos desde el punto de vista de la geometría y la matemática.

La sentencia de Protágoras decía que en el microcosmos del cuerpo se reflejaba el orden del macrocosmos, en él se podían encontrar las mismas relaciones numéricas que fueron comunes en occidente desde Pitágoras. Escribió un tratado llamado *Kanon*. La obra de Policleto se ha perdido, sin embargo se conoce por los escritos de otros autores posteriores como Varrón, Plinio el Viejo, Plutarco y Galeno. *Kanon* trata, entre otros puntos, el concepto de la belleza de la forma humana, la cual era encontrada en las proporciones métricas del cuerpo, según el orden y la armonía de la naturaleza. Estaba entendido que la belleza se encontraba en la *symmetría* y en la exacta proporción de las partes entre sí y con el todo.

La proporción guarda una importancia esencial en la antigüedad, como lo describe el médico griego Galeno citando a Policleto:

En el cuerpo [...] [Lisipo] veía claramente que la salud radica en la simetría de los elementos, y la belleza en la simetría de los miembros. Esto es lo que exponía con toda claridad en el discurso que he citado, en el que dice que la salud corporal es la simetría de calor y frío, sequedad y humedad, es decir, de los elementos del cuerpo. La belleza, en cambio, no radica en la simetría de los elementos, sino de los miembros y sus partes, como la de un dedo con otro, de todos los dedos con el metacarpo y el carpo, de todo ello con el cúbito, del cúbito con el antebrazo y de todas las partes entre sí, como está escrito en el Canon de Policleto. En este escrito, Policleto muestra todas las simetrías del cuerpo (*De plac. Hipp, et Plat., Diels Fragm. A 3, cit.* En Steuben¹⁰, 1973, p.71. Tomado de: Pochat, 2008, p.29)

¹⁰ Steuben, H. Von, Der Kanon des Polyklet. Doryphoros und Amazona, Tubinga, 1973.

El modelo de Policleto perseguía la perfección a través de numerosas mediciones, pero, al mismo tiempo, contemplando las irregularidades del cuerpo humano y evitando lo rígido y regular. Aparecen otras citas en la obra de Götz Pochat, como la de Galeno, que dice “En toda obra, lo bello es el resultado de la ordenación de muchas partes en una totalidad según cierta simetría y armonía”. (Galeno,¹¹ 1965, p. 4. Tomado de: Pochat, 2008, p.29)

En la escultura del Doríforo, un joven lancero creado como representación universal del hombre perfecto, según los criterios del pensamiento griego; Plinio el Viejo distingue que el número cuatro (*signum quadratum*) resulta tanto de la apariencia misma de la figura, que permite trazar líneas que se cortan ortogonalmente con la vertical. Von Steuben ha demostrado que cuatro dedos (*daktyloi*) equivalen a una mano, cuatro manos a un pie, 1.5 de pie a un codo; cuatro codos, o seis pies, a una braza, es decir la mitad de la estatura. La cara constituye 1/10 de la altura total, y un pie 1/6 de la misma. Todo el cuerpo puede estar dividido en cuatro partes, y éstas corresponden a la serie matemática de 3,2-6,4-12,8-25,6, etc., lo que corresponde a las proporciones de 1:2:4:8:16 etc. Sin embargo la teoría de números pitagóricos seis y diez, así como las secuencias matemáticas asociadas con la *symmetría*, no se ha comprobado que hayan sido la base de las reflexiones de Policleto. (Figura IX.18)

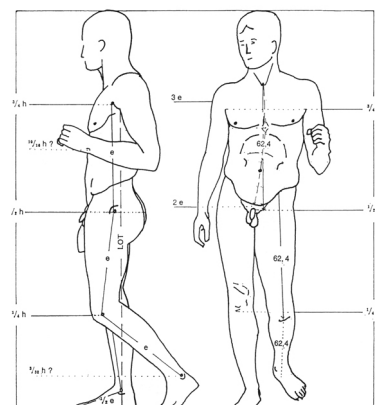


Figura.IX.18. Doríforo, *Tetragonos*, (Según Von Steuben). Imagen tomada de Götz Pochat, (2008). *Historia de la estética y la teoría del Arte. De la Antigüedad al siglo XIX*. Ed. Ediciones Akal, S.A. Madrid, España, p. 30

El método de Policleto cumplía con unas regularidades numéricas, series aritméticas sencillas en donde las proporciones se aplicaban a cada una de las estatuas en concreto, de ellas podían surgir nuevas proporciones. “Se organiza y subdivide siempre un todo concreto, en vez de multiplicar una parte erigida en módulo”, según cita Von Steuben, (1973, p.18. Tomado de Pochat. 2008. p.29) mismo principio que se mantiene con Vitruvio y es retomado en el Renacimiento.

De Marco Vitruvio Polión (en latín Marcus Vitruvius Pollio), arquitecto, escritor, ingeniero y tratadista romano del siglo I a.C. se conserva el único de los tratados de arquitectura de la antigüedad, su obra se titula *Los 10 libros de Arquitectura (De Architectura libri decem)*, escrita en los años 33-32 a.C. Vitruvio cita los elementos necesarios para hacer real el orden ideal en la arquitectura¹². Los elementos de que consta la arquitectura son: ordenación, en griego llamada *taxis*, y disposición de las partes, *diáthesis* en griego, más *eurhythmia*, *symmetría*, ornamentación y, finalmente, distribución, nombrada por los griegos *oikonomía*” (*De Arch., I, II: Architectura autem constat ex ordinatione, quae graece taxis dicitur, et ex dispositione, hanc autem Graeci diathesis vocitant, et eurhythmia et simetria et decore et distributione, quae oikonomia dicitur*) y que a continuación mencionaremos:

¹¹ Steuben, H. Von, *Der Kanon des Polyklet. Doryphoros und Amazona*, Tübinga, 1973.

¹² Es oportuno añadir que Vitruvio también habla sobre tres principios fundamentales en la arquitectura, los cuales deben estar presentes en cada composición y son la Belleza (*Venustas*), la Firmeza (*Firmitas*) y la Utilidad (*Utilitas*) que es la base de la utilización y/o función de la arquitectura. Ante lo cual podemos notar que son los mismos principios que actualmente se pueden interpretar en el área de la arquitectura, el diseño gráfico e industrial como la belleza, la técnica y la función.

Taxis: ordinario est modica membrorum operis- las medidas y proporciones objetivas del edificio, que resultan de las relaciones métricas de sus partes.

Diathesis: dispositio rerum apta conlocatio- la disposición de las partes en relación al efecto del edificio entero, esto es, el procedimiento metódico mediante el dibujo de la planta (ichnographía), la fachada (ortographía) y la vista en perspectiva (scaenographía)-. Estos trazados ideales (en griego, ideai) son fruto del pensamiento del arquitecto (cogitatione) y sus dotes inventivos (inventio) aplicados a la solución de problemas. (Evidentemente, Vitruvio usa el término platónico "idea" con el significado de "representación mental"; el concepto de una forma absoluta y suprasensible se invocará adelante en la explicación de un método para describir un objeto del mundo sensible en su condición de fenómeno mutable: el eidolon de Platón).

Eurythmia: venusta species commodusque in compositionibus membrorum aspectos- el efecto agradable que produce la composición armónica de las partes y las proporciones que guardan entre ellas: la impresión que el edificio causa en el espectador.

Symmetria: est ex ipsius operis membris conveniens consensus- la concordancia de las medidas de las partes entre sí y con el edificio en su totalidad-. Igual que anteriormente en la escultura, se parte de una unidad mínima o modulus, con la cual se definen las proporciones del todo. En la figura humana, Policleto parte de la uña y continúa con el dedo, la mano, el antebrazo y el pie; en el edificio, el punto de partida era el diámetro de las columnas o el ancho de los triglifos. El número ideal diez, representado en la tetraktys pitagórica, era también el número ideal de arquitecto. (Tomado de Pochat, 2008, p. 69)

Estos dos conceptos de proporción y simetría los explica en el libro III capítulo primero titulado *De la composición y simetría de los Templos*, habla ampliamente sobre la simetría (en griego es analogía), cuyos principios se encuentran en la proporción:

La composición de los Templos depende de la simetría, cuyas reglas deben tener presentes siempre los Architectos. Ésta nace de la proporción, que en Griego llaman analogía. La proporción es la conmensuración de las partes y miembros de un edificio con todo el edificio mismo, de la cual procede la razón de simetría. No puede ningún edificio estar bien compuesto sin la simetría y proporción, como lo es un cuerpo humano bien formado. (Vitruvio, 1787, p.58)

Sobre la proporción general de cuerpo humano, afirma que, tomando en cuenta al cuerpo humano en una posición supina, la figura humana puede inscribirse en un círculo en donde las manos y los pies hacen tangente con la circunferencia y el centro es el ombligo; este círculo a su vez se encuentra encerrado en un cuadrado, tanto el círculo como el cuadrado son perfectos. El homo *quadratus* es una de las figuras familiares de la Edad Media y el Renacimiento, gracias al dibujo de Leonardo de la Academia de Venecia.

Para Vitruvio y los antiguos era de gran importancia la correspondencia de las partes del cuerpo con el todo. El mismo principio en la arquitectura griega:

"...si la naturaleza compuso el cuerpo del hombre de manera que sus miembros tengan proporción y correspondencia con todo él, no sin causa los antiguos establecieron también en la construcción de los edificios una

exacta conmensuración de cada una de sus partes con el todo. Estableciendo este "buen orden en todas las obras, le observaron principalmente en los Templos de los Dioses,..." (Vitruvio, 1787, p. 59)

Las dimensiones del cuerpo tienen una relación con las partes de éste, un método geométrico, decía que tomando en cuenta...

...el rostro, desde la barba a lo alto de la frente y raíz del pelo equivale 1/10 parte de la altura del cuerpo, la misma proporción lo era para la palma de la mano. Al hablar de la cabeza, se tomaba en cuenta desde la barba hasta lo alto del vértice o coronilla lo que representaba 1/8 parte del cuerpo. Desde lo alto del pecho hasta la raíz del pelo equivale a 1/6 parte, y hasta la coronilla 1/4 parte. Para la proporción de las partes del rostro toma en cuenta desde la parte baja de la barba hasta lo inferior de la nariz es 1/3 del rostro, toda la nariz hasta el entrecejo es 1/3 del rostro, desde el entrecejo hasta la raíz del pelo y fin de la frente es también 1/3. (Vitruvio, 1787, p. 58)

Vitruvio habla de la técnica que los griegos propusieron. Tomaron de varios miembros del cuerpo diversas medidas, como el dedo, palmo, pie, codo... y las distribuyeron en el número perfecto que los Griegos llaman *teleion*. Los antiguos definen al diez como número perfecto y Platón lo reafirma porque la mano estaba compuesta por diez dedos. El diez es un número que se compone de unidades, de cosas definidas en griego como *mónades*. El diez tiene diez *mónades*, si pasa de más, las *mónades* sobrantes no son perfectas hasta que no pertenezcan a otro grupo de diez.

Desde el punto de vista de los matemáticos de la antigüedad, el seis era el número perfecto, *uno = sextans*, *2 = trines*, *3 = semis*, *4 = bes (en griego dimoiron)*, *5 = quintarium (griego pentamoiron)*, *6 = perfectum*. A partir de este número se pueden reconstruir una serie de fracciones como $1/6$, $2/6 = 1/3$, $3/6 = 1/2$, $6/6 = 1$. Otra razón por la que el seis era perfecto es porque los matemáticos griegos advirtieron que el pie del hombre era la sexta parte de su altura; y que el codo constaba de seis palmos, veinticuatro dedos.

El artista, diseñador, escultor y arquitecto ya observa las relaciones, en este caso las relaciones en la dimensión de los objetos o partes de los objetos. Su finalidad era la reproducción de los mismos y la creación de nuevos objetos, basados en pautas que consideraban estéticas. Las relaciones de la dimensión se trasladan de un objeto a otro, no quiere decir que una mano sea la mano del edificio, aunque retóricamente sí se llegó a hablar de esta manera en la arquitectura religiosa.

La Edad Media y la geometría como sistema de proporción

Mientras que en la Antigüedad se comenzaba la composición de la fachada a partir de un módulo (*modulus*) que partía de las proporciones humanas, en la Edad Media, el método se basa en la proporción geométrica, sin dejar a un lado el simbolismo numérico considerando

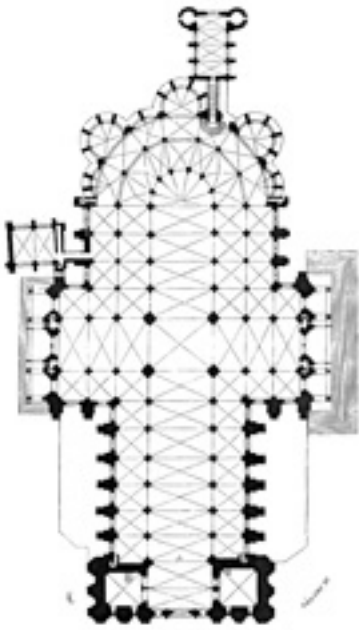


Figura.IX.19. *Planta de catedral de Chartres.* Imagen tomada de <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plan.cathedrale.Chartres.png?uselang=es>. [Consultada: 12 Agosto 2012]

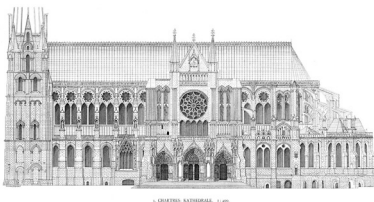


Figura.IX.20. *Fachada de catedral de Chartres.* Imagen tomada de https://commons.wikimedia.org/wiki/Cath%C3%A9drale_Notre-Dame_de_Chartres#/media/File:ChartresSouthDehioVonBezold.jpg [Consultada 12 Agosto 2012]

que la intención era hacer más comprensibles las obras de Dios por los humanos.

La estética de la forma arquitectónica de la Edad Media, a partir del siglo XIII, fue influenciada por los conocimientos de San Agustín y Boecio, con base en el pensamiento platónico se influyó al estilo Gótico. San Agustín explica que la armonía de la forma depende de la geometría mensurable, así la inteligencia divina se revela en la estética numérica: “Todo lo has ordenado según medida, número y peso” (San Agustín. In Job. Tract. I, 13. Tomado de: Pochat, en la p. 93). Götz Pochat hace mención de los estudios de Wilhelm Perpeet; hace evidente una comparación que San Agustín establece entre los conceptos de peso (*pondus*), número (*numerus*), medida (*mesura*) y el de la Trinidad: “el primer concepto designa el ser fáctico de la cosa o del Padre, y los otros dos, que se inscriben en el orden superior, indican la vida del Hijo y el amor del Espíritu Santo respectivamente. “(Pochat, 2008, p. 93) Si bien la proporción fue buscada con la finalidad de satisfacer la necesidad espiritual humana mediante la contemplación de lo bello y el *concepto relacional* no aparece como un objetivo, se busca una coherencia de la forma para poder ser reproducida en la obra humana. Esta coherencia es la relación, sea geométrica o numérica.

Otto von Simson, estudioso de la arquitectura medieval, quiso comprobar que la relación de las partes de la catedral de Chartres (Francia) se basan en la estética agustiniana de los números (Figura IX.19). Observó que en esta obra la figura geométrica básica es el pentágono, el cual aparece en las formas de la planta, el alzado y algunas esculturas de la fachada occidental, a partir del cual se obtiene la relación perfecta: la sección áurea. También era común realizar una subdivisión de las figuras geométricas con sus correspondientes proporciones hasta el infinito. (Figura IX.19 y 20)

Las formas tenían un significado divino también, por ejemplo, el pentágono es la forma que tiene las caras de uno de los sólidos elementales: el dodecaedro, volumen que en el *Timeo* aparece identificado con el límite del cosmos. Debido a su armoniosa representación geométrica la sección áurea tomó el significado de la puerta del cielo (*porta coeli*) y el pentagrama, que parte del dodecágono, era la “defensa eficaz” contra los poderes demoniacos.

La proporción surge como una herramienta, facilita al artista o diseñador el establecer un ritmo propuesto por aspectos matemáticos. No podemos decir que todo ha sido creado bajo estas normas, pero tampoco podemos pensar que no se emplearon. Actualmente, son conocimientos básicos del diseñador y, dependiendo de la atención y dedicación, pueden ser memorizadas, hasta llegar a ser empleadas sin realizar los trazos geométricos. Es una manera de educar la mente hacia determinadas proporciones. Lo que ha cambiado es la significación que tiene la proporción, el significado dado en la época

clásica y en la Edad Media es parte de las connotaciones históricas, pero podemos decir que puede adquirir nuevos significados, dependiendo del uso y la intención del diseñador.

La proporción en el diseño actual

Ya que se conoció el contexto en el cual surge las técnicas de proporción, podemos citar de manera más detallada los métodos de proporción más conocidos. De acuerdo a la geometría, se encuentran clasificados en dos tipos: los rectángulos estáticos cuando la razón (matemática) es un número entero y dinámicos cuando la razón es un número fraccionario.

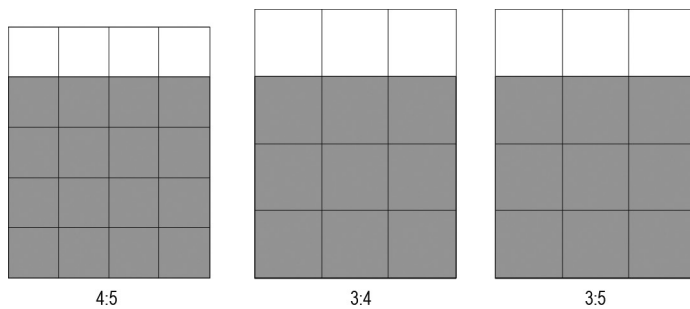
Rectángulos estáticos

Se denominan de esta manera porque su proporción da como resultado números enteros. La manera de construirse es muy sencilla; se parte de un módulo que representa la unidad que va multiplicándose tanto horizontal como verticalmente. Existen algunas proporciones que se consideran como armónicas o estéticas que se presentan a continuación. (Figura IX.21 a)

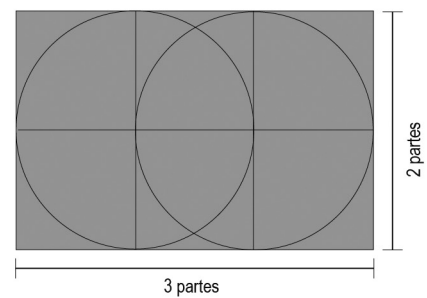
El rectángulo egipcio tiene la peculiaridad de que se pueden trazar dos círculos dentro de las dos secciones, generando una intersección en forma de semilla con una forma considerada estética. (Figura IX. 21 b)

Rectángulos dinámicos

Del griego **δύναμις**, que significa fuerza. Son rectángulos cuya proporción son números irracionales o no enteros. Entre este grupo encontramos la sección áurea considerada estética, así como también otras proporciones como $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$. A continuación se muestra la manera con la cual se pueden construir.



IX. 21 a) Rectángulo Estáticos



IX. 21 b) Rectángulo Egipción, proporción 3:2.

El rectángulo de oro, rectángulo dorado o sección Áurea

La sección áurea es una proporción que ha sido estudiada amplia y profundamente, ha sido elevada a una proporción con un alto grado de estética. Luca Pacioli en su tratado de 1509 la denomina sección divina. Puesto que en ella encontró, basado en su pensamiento fi-

Figura.IX.21. a) Rectángulo estático creado por módulos. b) Rectángulo Egipción, proporción 3:2. Esquemas de: Angélica Castro



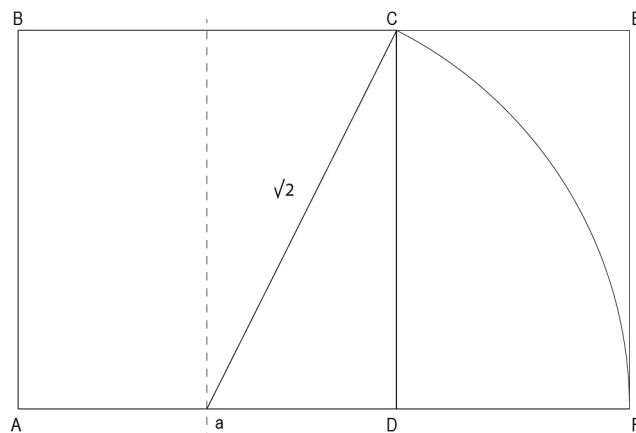
Figura.IX.22. El Partenón y sobrepuesto el trazo geométrico del rectángulo áureo. Imagen tomada de Corbalán, 2010,p.13.

losófico, muchas similitudes con la idea de la deidad católica. Más adelante, en el siglo XX, el matemático norteamericano Marck Barr propuso vincular el número con Phidias, (pronunciado Fidias), constructor del Partenón de Atenas; le llamó Phi (ϕ). (Figura IX.22)

Se traza un cuadrado cuyos vértices formen los puntos ABCD. El segmento AD se divide a la mitad, dando origen al punto a. Abrir un arco cuyo diámetro sea aC y trazarlo. Prolongar el segmento AD hasta intersectar con la curva, de esta intersección se formará el punto F. Se traza una recta perpendicular, cuyo final será la intersección con la prolongación del segmento BC, dando lugar a E. (Figura. IX.23)

Rectángulo $\sqrt{2}$

Este rectángulo parte de un cuadrado cuyos vértices forman los puntos ABCD. El primer paso es abrir un arco cuyo diámetro sea AC y apoyando en A se traza el arco desde C. Se prolonga el segmento AD hasta intersectar con el arco para formar F. Del punto F se traza una perpendicular hacia arriba cuyo fin será la intersección de la prolongación del segmento BC, dando como resultado el punto E. (Figura IX.24)

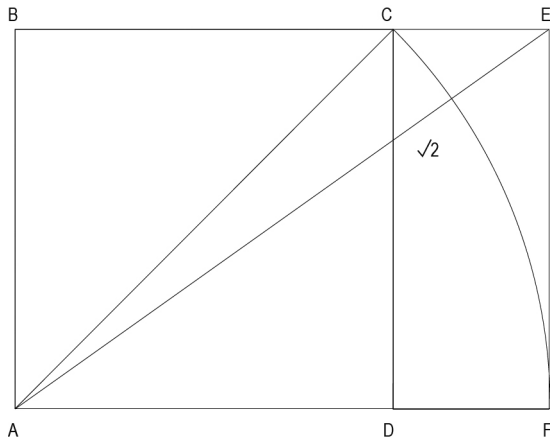


Rectángulo Áureo. Rectángulo dorado

Figura.IX.23. Trazos del rectángulo Áureo. Esquema de: Angélica Castro

Este rectángulo es interesante puesto que si se realiza una división de manera iterada, guardando las mismas proporciones, da lugar a los formatos del papel que empleamos diariamente. El formato DIN (Deutsches Institut für Normung, el Instituto Alemán de Normalización) quien presentó el formato en el año 1922, siguiendo el desarrollo del ingeniero Walter Porstmann. (Corbalán, 2010, P. 60)

El tamaño mayor se denomina A0, que es una superficie de 1m². La división se obtiene doblando por la mitad este pliego, así se obtiene el formato A1, al volver a dividir da lugar al formato A2, y así sucesivamente hasta llegar al A3, A4, A5.



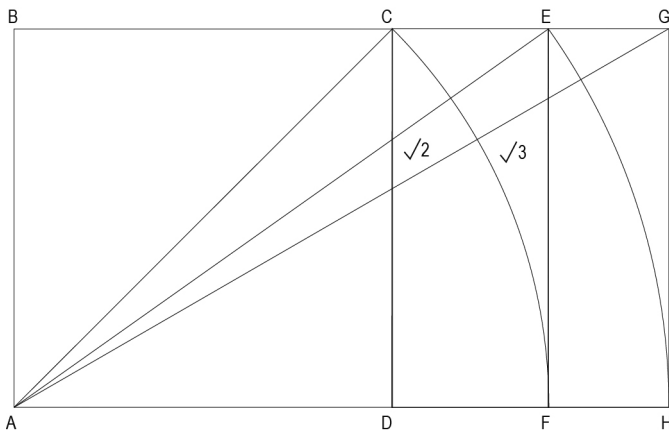
Rectángulo dinámico Raíz de 2

Figura.IX.24. Trazos del rectángulo dinámico Raíz de 2. Esquema de: Angélica Castro

Al rectángulo $\sqrt{2}$ se le da el nombre de RR, precisamente por la propiedad que tiene de ser fraccionado proporcionalmente dividiendo su lado mayor a la mitad. Los lados de cada uno de los rectángulos son 1 y $\sqrt{2}/2$ donde el cociente será $\sqrt{2}$ nuevamente.

Rectángulo $\sqrt{3}$

El rectángulo $\sqrt{3}$ parte de la construcción del rectángulo $\sqrt{2}$. Ya que el radio del arco es la diagonal AE, se traza el arco y posteriormente se prolonga el segmento ADF hasta realizar la intersección con el arco, dando lugar a H. En el punto H se traza una recta perpendicular ascendente que será intersectada por la prolongación del segmento BCE, para formar G. (Figura IX.25)



Rectángulo dinámico Raíz de 3

Figura.IX.25. Trazos del rectángulo dinámico Raíz de 3. Esquema de: Angélica Castro

Rectángulo $\sqrt{5}$

El rectángulo $\sqrt{5}$ puede resolverse de tres maneras, la primera que mostramos es obteniendo de manera consecutiva los rectángulos $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, y finalmente el $\sqrt{5}$. (Figura IX.26)

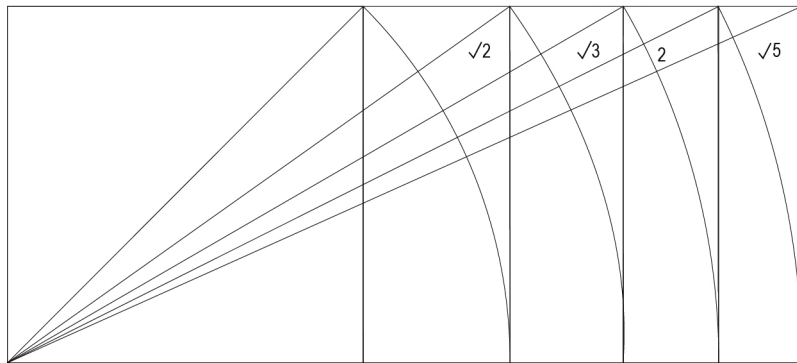


Figura.IX.26. Trazos del rectángulo dinámico Raíz de 5. Esquema de: Angélica Castro

Rectángulo Raíz de 5

La segunda manera es partir de dos cuadrados o un rectángulos proporción 2:1, y trazar un ángulo con el diámetro de HC. Prolongando el segmento HAD hasta intersectar el arco, se formará el punto F. Y trazando una perpendicular al punto F se prolonga el segmento GBC para formar el punto E. (Figura IX.27)

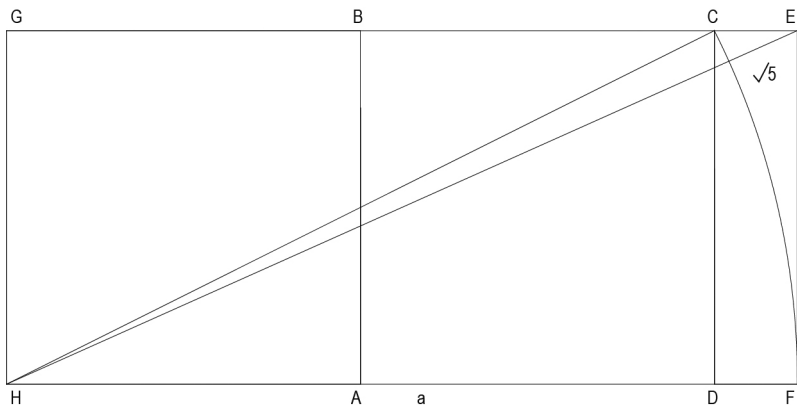


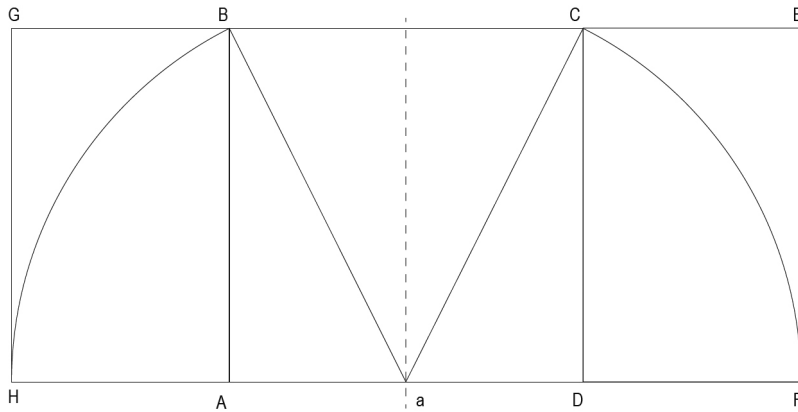
Figura.IX.27. Trazos del rectángulo dinámico Raíz de 5. Esquema de: Angélica Castro

Rectángulo Raíz de 5

La tercera manera es trazar un cuadrado con ángulos ABCD y dividirlo a la mitad generando el punto a. Se traza un arco cuyo ángulo sea aB y se prolongan las líneas AD y BC para que puedan formarse el punto H y G. Posteriormente se traza un arco cuyo ángulo sea aC y se prolongan las línea AD y BC para conformar F y E. (Figura IX.28)

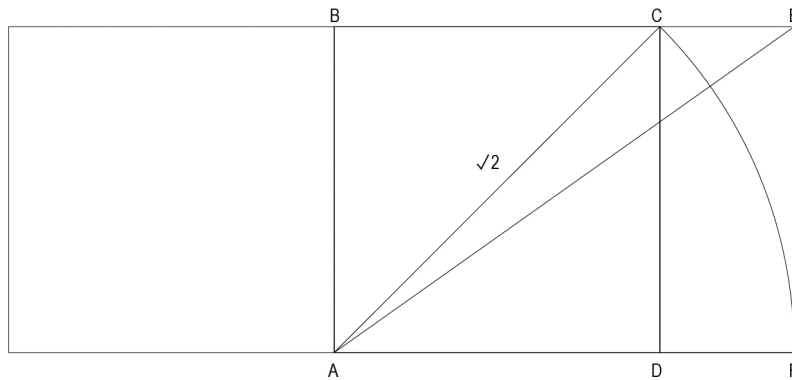
Rectángulo de plata $1 + \sqrt{2}$

Este rectángulo parte de añadir al rectángulo áureo o RR un cuadrado. Según explica Córdoba es un rectángulo de módulo $(1 + \sqrt{2})$, que es la solución a la ecuación $x^2 - 2x - 1 = 0$, ecuación de segundo grado. Podemos distinguir en la figura siguiente que el rectángulo es más largo. (Figura IX.29)



Rectángulo Raíz de 5

Figura.IX.28. Trazos del rectángulo dinámico Raíz de 5. Esquema de: Angélica Castro



Rectángulo de plata 1+ Raíz de 2

Figura.IX.29. Trazos del rectángulo dinámico 1+ $\sqrt{2}$. Esquema de: Angélica Castro

Rectángulo cordobés

Este rectángulo se ha obtenido de las proporciones en los principales monumentos arquitectónicos musulmanes de Córdoba. También es empleado en el Mirador de Daraxa, con algunas modificaciones. Esta proporción parte del octágono, según los estudios del arquitecto español Rafael de la Hoz (1924-2000).

El procedimiento es muy sencillo: se traza un círculo y del mismo diámetro se traza un octágono. El círculo debe incluir al octágono. El rectángulo se forma de la dimensión de un lado del octágono y el otro lado toma la dimensión del radio del círculo. Observar la siguiente figura que incluye la razón matemática. (Figura IX.30)

Estos rectángulos proporcionados han sido empleados tanto para la proporción de la delimitación del espacios, como también para la dimensión de los elementos dentro de una composición.

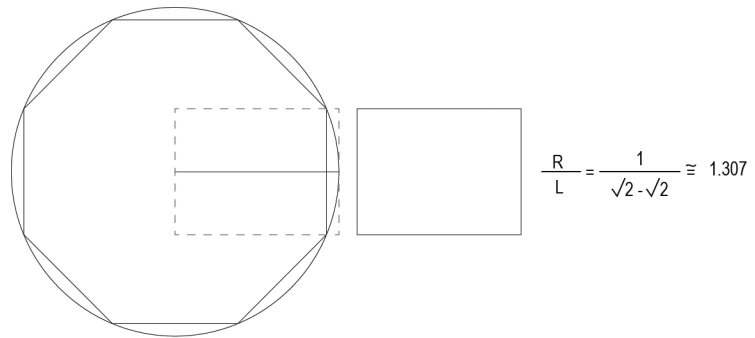


Figura.IX.30. *Rectángulo Cordobés.* Esquema de: Angélica Castro

Rectángulo Cordobés

Es ahora ya muy entendido por este recorrido en la historia de la proporción y por la experiencia del arte y del diseño que el tamaño de un elemento, si guarda una relación dimensional consigo mismo y con el todo, se percibe integrado con el conjunto. En términos de esta investigación permite generar una organización a nivel geométrico y una interacción por su asociación geométrica.

Para proporcionar los signos que se encuentren en el interior de estos espacios delimitados, encontramos la descomposición armónica del rectángulo, la cual es un método que es flexible a cualquier proporción del campo visual. Los procesos son los siguientes:

Trazar una diagonal del punto AD. Después una diagonal la cual haga un ángulo de 90° con respecto al segmento AD y cuyo extremo parta del vértice B. Esta recta originará el punto E en el segmento CD. Del punto E se traza una línea perpendicular que originará el punto F. Para generar los siguientes trazos, se toma la siguiente premisa: todo punto creado por la intersección de una vertical y diagonal, originará una línea horizontal. Todo punto creado por la intersección de una horizontal y diagonal, originará una línea vertical (Figura IX.31).

La descomposición armónica se puede emplear para cualquier superficie, siendo esta proporcional o no. En este caso se presenta la descomposición en un formato A4 (Figura IX.32).

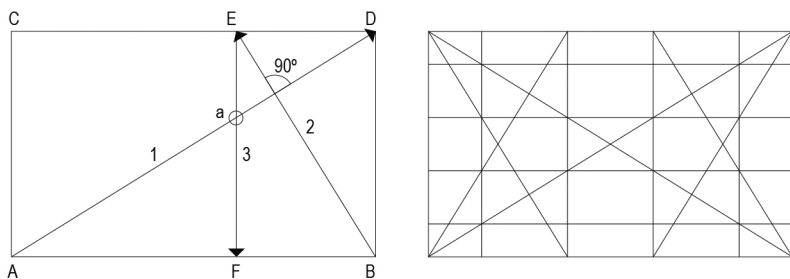


Figura.IX.31. *Iteración de segmentos en la descomposición armónica del rectángulo en el rectángulo áureo.* Se puede generar un número infinito de líneas horizontales y verticales. El límite depende de las necesidades del diseñador, de acuerdo a los ejes que requiera para poder ubicar los elementos en el espacio, así como también proporcionar sus dimensiones. Esquema de: Angélica Castro

Proceso de la iteración del trazo geométrico del rectángulo áureo.

Es importante observar que cada uno de estos trazos y espacios tienen una armonía y relación con la totalidad. Independientemente de la filosofía o el significado connotativo de esta frase, matemáticamente tienen una relación. Esta relación, que en estos casos es comprobada, es la que se considera estética o bella, y forma parte de las pautas del diseño y el arte. Gracias a que se establece una relación espacial podemos decir que es una estructura geométrica. Y se puede considerar como una red con pauta de proporcionalidad.

Todas las figuras básicas han sido estudiadas desde la antigüedad, su manera de definir las depende de que se haya encontrado un método simple (con el mínimo de pasos posibles) para poder trazarla con el compás o las herramientas del momento. Las redes pueden ser proporcionadas y entonces formar parte de una estructura, pero si éstas no tienen algún principio podemos decir que son sólo una red y no una estructura.

Con este punto nos queda muy claro que la proporción implica que las figuras interaccionan entre sí a través de su dimensión y la dimensión de sus partes, se relacionan y se influyen unos con otros con el objeto de marcar una jerarquía, una complementariedad. Así mismo cumplen con la comunicación del concepto de comunicación dado por el diseñador, lo cual da una validez a los métodos de proporción como conceptos que constituyen la estructura relacional geométrica.

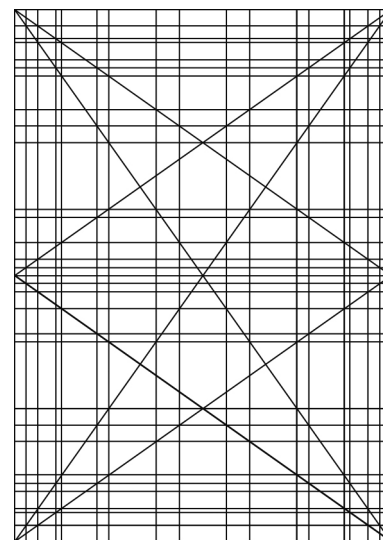
-Interpretación en el diseño

La relación del espacio con las partes, como pudimos ver ha sido estudiado en profundidad, incluso, el diseñador puede crear a partir de estas pautas matemáticas y geométricas sus propios métodos de proporción con sus determinadas pautas.

Lo que es importante tener en cuenta es la relación de los elementos en el espacio-formato. La relación les permite generar una asociación por equivalencia, y esto les permite identificarse como pertenecientes a un mismo conjunto y espacio.

A continuación podemos observar un rectángulo áureo en donde se proporciona su interior bajo el método de descomposición armónica.

Si bien, parecería que los métodos geométricos son una herramienta que permite al diseñador decidir sobre las cualidades tanto del espacio como de las figuras, estos métodos tienen una justificación de proporción muy estricta. Sin embargo, el diseñador es libre de generar su propio método y aplicarlo en cualquier etapa del desarrollo del diseño; el objetivo es que la proporción propuesta sea útil para establecer una relación adecuada que coopere en la expresión del *concepto de comunicación*.



Rectángulo A4

Figura.IX.32. Descomposición armónica del rectángulo A4. Esquema de: Angélica Castro

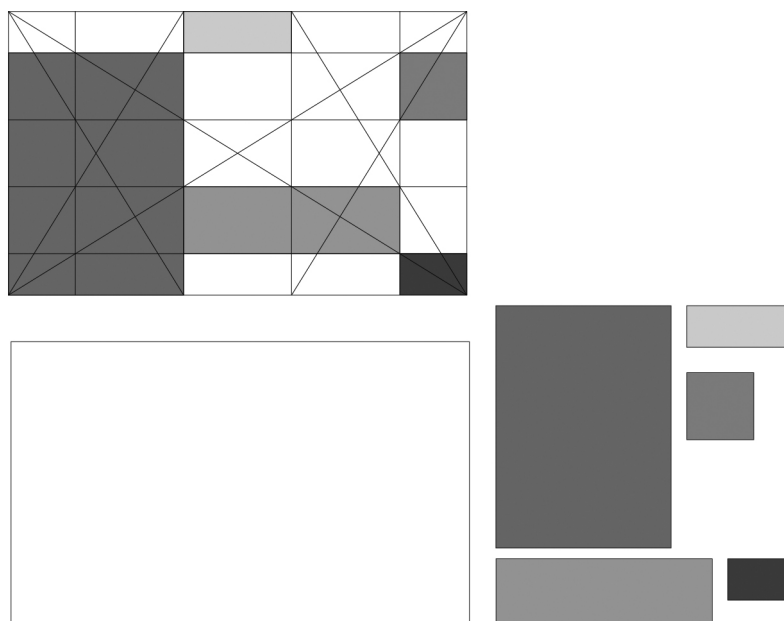


Figura.IX.33. Figuras relacionadas por la proporción a partir de la descomposición armónica del rectángulo áureo. Esquema de: Angélica Castro

Descomposición armónica del rectángulo áureo (como espacio-formato) y figuras proporcionales a él.

IX.4. La perspectiva

La perspectiva en la pintura, el dibujo y el diseño es un recurso significativo por las relaciones que establece entre los elementos y el campo visual a través de recursos plásticos como líneas, texturas y color, de esta manera se da lugar a la emergencia del espacio tridimensional o del volumen en un plano bidimensional.

En el proceso de análisis desde el punto de vista formal de una obra, una de las alternativas es comenzar a geometrizar la escena y si tiene una profundidad aparente se busca, en primer lugar, una organización del conjunto de elementos, dado por el horizonte, el punto y el punto de fuga. Posteriormente se señalan las relaciones figurativas particulares, es decir, se busca la perspectiva; una de las técnicas más antiguas en la historia de la teoría de la plástica que también forma parte de los *conceptos relacionales* por la cualidad de relacional a las figuras en el espacio a partir de la distancia.

Antecedentes de la perspectiva

El desarrollo de la perspectiva se ha dado por la experimentación de varios maestros arquitectos y pintores griegos bajo sus conocimientos de matemáticas, geometría y sobre todo de la óptica. Según explica Hubert Damisch, la geometría de los griegos era una geometría finita, a la que se refiere Battista Alberti (1404-1472) en su obra *Della*

pittura, que tenía por objeto las figuras y los cuerpos, la definición de sus límites y la manera con la que están descritos, se trate de los contornos o las superficies que estos encierran (Damishc, H. 1987. p.14); ya que las relaciones de orden espacial estaban resueltas en las medidas de la geometría. Posteriormente, los estudiosos en Roma completan la explicación justificándola a través de los conocimientos de la óptica¹³. Pero sólo se concretizó como una herramienta en la pintura hasta el siglo XV.

El estudio de la perspectiva como lo conocemos en la actualidad tiene lugar a partir del siglo XV, cuando hay una preocupación por la representación fiel y real de los objetos en el espacio tridimensional, particularmente en la pintura, representación plástica que maneja un plano bidimensional y un segundo aspecto que se derivó del primero: el estudio del manejo del color y la forma como factores visuales que, empleados de manera coherente con las texturas, dan el sentido de la profundidad, generan el espacio del contexto¹⁴.

La preocupación del pintor por representar la realidad estaba influenciada por la valorización que la filosofía daba al arte. *El Libro X de La República*, donde Sócrates dialoga con sus alumnos sobre el arte, es definido como una imitación de la realidad; se daba por hecho que el artista no conocía los detalles métricos ni lo que se realizaba en la escena retratada, por lo que su obra era una mimesis, una imitación falsa que no podía ser dirigida al alma. El arte fue considerado una actividad que no hablaba de la verdad y por lo mismo se encontraba distante de la sabiduría. Presento un resumen de los diálogos:

1. Es necesario diferenciar entre lo *real* y lo *aparencial*.
2. Lo *real* no es la cama que fabrica el carpintero y menos todavía la que pinta un pintor. Lo real es la *idea* sobre la que trabaja tanto el carpintero como el pintor.
3. En este contexto podría establecerse una diferencia entre *tres clases de camas*: una la que existe como idea y que fabrica Dios, otra la que hace el *carpintero*; otra la que hace el pintor.
4. El hacedor de las ideas (Dios) es el creador de la naturaleza o esencia de la cama como idea. Por su parte, el *carpintero* es artífice de la cama gracias a que existe la idea de la misma. Por último, el *pintor* es un mero imitador de aquello que han hecho los otros dos artífices.
5. Sócrates aprovecha la ocasión para situar a los *poetas* y los *autores de tragedias* en la escala más baja, es decir, en la de los *meros imitadores* de

¹³ A manera de reflexión, cabe mencionar que los conocimientos de estas tres áreas de la ciencia son aún necesarios para el desarrollo del diseño. La geometría es útil para el manejo no sólo práctico del diseño industrial, la arquitectura y el gráfico, sino también el plano conceptual del mismo. La matemática también es una herramienta indispensable para darle las características mensurables adecuadas al modelo, y por otro lado la óptica, en lo que se refiere al diseño gráfico, está presente para comprender las bases de la percepción de la imagen y la lectura de la letra. En la historia del arte y el diseño siempre estarán presentes, lo único que varía son la profundidad de lo que se sabe de ellas así como también los avances tecnológicos para manejar dicha información a favor del diseño.

¹⁴ Este último concepto continúa en el siglo XIX en el Romanticismo, pero sin la finalidad de recrear una pintura para apegarse a la realidad, sino que se busca un manejo del espacio que relacione elementos y que además provoque una expresión al alterar los espacios entre ellos.

la realidad. Por eso, la *poesía*, como valor educativo ocupa el *tercer lugar* en una escala que empieza en el rey (*Demiurgo*).

6. Tanto el pintor como el poeta centran sus trabajos en lo meramente *aparential*. Esto hace que, en la concepción filosófica de Platón, la poesía sea una disciplina que, en relación con la ciencia y la ignorancia, se encuentre más bien relacionada con esta última. Y es que la poesía, al presentar como algo real al mundo de las *sombras* y de las *imágenes*, nos sitúa, en el ámbito del conocer, en una escala que, en el símil de la línea y de la caverna, Platón, había situado en el estado de *eikasía*^{15,16}

En Florencia, escuela del arte, en el siglo XV se formaliza el estudio del espacio bajo una influencia neoplatónica. Los pintores tenían una formación matemática y geométrica además de óptica. Es a partir de allí que surgen métodos e instrumentos a manera de tecnología que ayudaron a realizar cálculos más precisos. Todos estos avances cooperaron para que la pintura dejara de ser considerada una práctica artesanal, como lo fue en la Edad Media, pasando a ser contemplada en el Renacimiento como una de las profesiones más nobles.

A pesar de que el objetivo original de la perspectiva, cuando fue formalizada, no era generar relaciones entre las formas plasmadas, a través de la historia de la pintura vemos que al haber transgredido el método, sí se evidenció que se buscaban otras alternativas para evocar espacio y relación de elementos. También los análisis para la reinterpretación de obras pictóricas (sobre todo las relacionadas con la época del Renacimiento) empleados por críticos y teóricos de la pintura buscan la perspectiva como eje de la composición, lo que sí hace evidente las relaciones de los elementos.

Al destinarle un lugar a la forma en el espacio en sí, por su ubicación con relación a un horizonte o con respecto a la lateralidad con el observador, ya se encuentra en relación con algo, añadiendo a la posición que guarda con los demás elementos. Sin embargo, además de la posición, se acentúa la relación al sumar otros atributos físicos a las formas como el color y el tamaño (que también guardan una proporción, entendiéndose por este término la relación de tamaño con respecto al todo). Todos estos atributos formales son herramientas que apoyan la intención del autor, sea mostrar jerarquía social, jerarquía en la composición, vínculo con la divinidad, oposición entre sociedades o individuos o unión entre los mismos. El pintor se valía de las relaciones de la forma en la composición para evocar estos significados.

Este apartado está incluido para identificar la propuesta de composición de autores concretos; se muestra o se ha deducido a través de estudios la intención de organizar los elementos en el espacio y estableciendo relaciones a partir de la perspectiva. Así dividiremos el

¹⁵ Sobre el término *eikasía* es un término griego. Conjetura. Para Platón, el conocimiento sensible de menor calidad, incluido en lo que llama *doxa* u opinión y relativo a las imágenes o reflejos de las cosas, consultado en <http://www.e-torredabel.com/DiccionarioFilosofia/Diccionario-Filosofico-E01.htm> (Consultado el 9 julio 2012)

¹⁶ Platón. (1995). *Libro X, La República*. (Colección Los Clásicos de Grecia y Roma), España: Editorial Planeta de Agostini

apartado en tres incisos en donde hablaremos de los pintores teóricos del siglo XV hasta el siglo XVII, posteriormente el Romanticismo y por último el siglo XX. Sumado a ello hablaremos de uno de los métodos del dibujo que simplifican la perspectiva y es empleado con el fin de establecer relaciones entre los elementos.

-Definición de perspectiva

El historiador alemán especializado en arte Erwin Panofsky (1892-1968), estudioso del Renacimiento, en su obra *La perspectiva como forma simbólica* abre el texto con la frase “*item perspectiva*”, que es la palabra latina que significa: “mirar a través de” (Panofsky, E.1985. p.7), según como Durero la definió. Este término latino ya había sido mencionado por Boecio, sin embargo no poseía un sentido tan gráfico como lo tenemos actualmente.

Durante la época del Renacimiento se entendía a la perspectiva como la imagen que encerraba el marco de un cuadro o aquello que dejaba ver una ventana, según Battista Alberti, y que Panofsky retoma como una ventana en la que

“a través de la cual nos parezca estar viendo el espacio, esto es donde la superficie material pictórica o en relieve, sobre la que aparecen las formas de las diversas figuras o cosas dibujadas o plásticamente fijadas, es negada como tal y transformada en un mero “plano figurativo” sobre el cual y a través del cual se proyecta un espacio unitario que comprende todas las diversas cosas. Sin importar esta proyección está determinada por la inmediata impresión sensible o por una construcción geométrica más o menos “correcta”.

Este concepto de cuadro o ventana Panofsky la conceptualiza como:

..una intersección plana de la “pirámide visual” que se forma por el hecho de considerar el centro visual como un punto, punto que conecta con los diferentes y característicos puntos de la forma espacial que quiero obtener. (Panofsky,1985, pp.7-8)

Con otras palabras, la perspectiva lineal o perspectiva falsa es un método que se emplea para representar espacios tridimensionales en un espacio bidimensional. Consiste en representar de la manera más cercana la imagen que percibimos óptimamente del exterior. Sin embargo, la representación sólo es una aproximación, puesto que la perspectiva es un método matemático y geométrico que se basa en la óptica de un sólo ojo (Cole,1993, p.6.).

La perspectiva en su momento trató de ser el método que cooperara para generar la estructura de la obra; la estructura se pretendía llevar a un plano universal entre los artistas y el público como un lenguaje común, con sus más rigurosos o flexibles procedimientos, dice Barre, Flocon:

“...Sin embargo la estructura de una obra es lo que precisamente permite situarla, aún sin más indicación en el espacio y en el tiempo, asignarle un

autor. Quien dice estructura dice puesta en orden, dice regla. Para tener plena eficacia, la regla tiene que ser libremente aceptada, la regla común aporta al creador una posibilidad de estructuraciones más rica que las que habría podido halar solo con sus recursos. Pero también le aporta una mas amplia comunicación con el otro pues tiende a convertirse en un bien común. La perspectiva del renacimiento constituía una regla de este género...".(Barre,1985, ?)

Si bien creo que ha sido a través de varias épocas una herramienta que ha producido tanto su aplicación como el evadirla y demostrar que no es necesaria en la composición, ha generado estructuras y organizaciones distintas. A continuación veremos la aplicación o reflexiones sobre la perspectiva en algunas obras de artistas, quienes han aportado conocimiento a la teoría de la plástica, identificando la intención de establecer relaciones entre los elementos.

El Renacimiento. La perspectiva como copia de la realidad y concepto de espacio. Algunos autores de modelos de perspectiva

El genovés, humanista y arquitecto, Leon Battista Alberti (1404-1472) desarrolló literatura, pintura, escultura y arquitectura, de todas estas disciplinas propuso teoría y práctica. Su interés en las artes plásticas no solamente era por lo plástico, sino también estaba interesado en lo estético y, como su época lo demandaba, en una estética matemática: "creía en la existencia de proporciones ideales innatas en la Naturaleza y, en particular, en el cuerpo humano". (Dezzi, Garin, Romano, Rovira, Tenenti, Tafuri, 1988. p.13). Fue influenciado su amistad con el escultor y arquitecto Filippo Brunelleschi (1377-1446), por sus lecturas de los escritos de Vitruvio y el estudio de los restos de la arquitectura romana; al llegar a Florencia, influenciado por las ideas neoplatónicas, escribe su método titulado *De Pictura*, publicado en 1435 en latín y un año más tarde en italiano con el nombre el *Trattato Della Pittura*, conocimiento que fue importante para principios del Quattrocento y para la revolución del arte: el Renacimiento. *En De pictura*, expone un consejo traducido en el libro *De statua*:

no reproducir simplemente la forma individual particular sino-al igual que las doncellas de Crotón, del artista griego Zeuxis- de descubrir e imitar la forma ideal que se halla latente en innumerables cuerpos distintos. Artes es, para Alberti, ya no una simple representación de la realidad, sino la imitación de la belleza escondida en la naturaleza mediante unas relaciones espaciales visualmente correctas; es decir, compuestas desde el punto de vista de la matemática y de la óptica. (Citado en Dezzi, Garin, Romano, Rovira, Tenenti, Tafuri, 1988, p.13)

Battista Alberti le dedica el libro *De Pictura* a Brunelleschi, quien anteriormente propone el método de la perspectiva al demostrar sus principios en su famosos experimentos de "cosmoramas" (a partir del 1413), pero que Battista Alberti deduce el método geométrico.

Battista Alberti explica que para construir la perspectiva, en la pintura, se requieren tres pasos: primero imaginar un plano que corta

los rayos visuales, cabe mencionar que los rayos visuales eran líneas imaginarias que definían la capacidad de ver y había tres tipos de estos, las líneas que se proyectaban eran las que permitían distinguir los contornos (el tamaño y la forma) eran llamados rayos extrínsecos (o extremos) y formaban una pirámide, los rayos medios trazados en el interior de la pirámide proporcionaban el color y la tonalidad, y el rayo central o céntrico es el que ponía en contacto al ojo con el objeto directamente y coincide con el punto de fuga. Identificar el punto de fuga, realizar unas líneas ortogonales y posteriormente dibujar la figura humana en uno de los sitios. El segundo paso es el suelo cuadrículado, en donde había unas líneas horizontales, se comprobaba la perfección de la interacción cuando se trazaba una línea diagonal del lado izquierdo a la esquina derecha superior. El tercer paso es alzar los muros bajo las dimensiones de las baldosas de manera proporcional, las cuales eran denominadas "braccio" (57 cm) que es una unidad métrica del Renacimiento. (Figura IX.34 y 35)

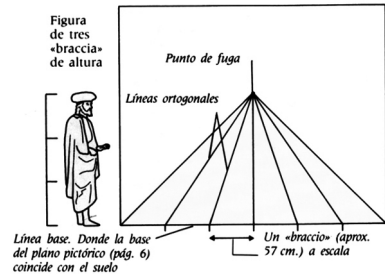


Figura.IX.34. Esquema del modelo de Alberti. Imagen tomada de "Perspectiva", Cole.A. España: Ed. Blume en colaboración con The national Gallery, Londres, p. 12

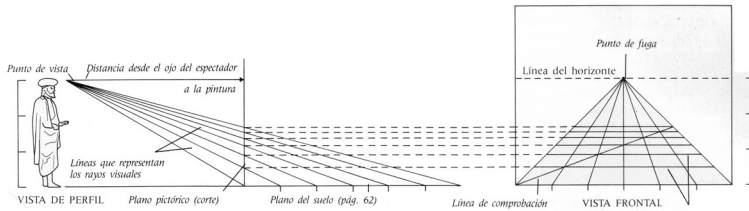


Figura.IX.35. Esquema del modelo de Alberti. Imagen tomada de "Perspectiva", Cole.A. España: Ed. Blume en colaboración con The national Gallery, Londres, p. 13

Paolo Uccello (1397-1475) pintor florentino que exploró la geometría y la perspectiva. En la primera escena de "El milagro de la Hostia profanada", en donde la técnica del modelo geométrico de perspectiva es evidente, las baldosas así como las vigas del techo son los referentes para generar una profundidad de campo y ubicar a los elementos frente o detrás de otro. De esta manera el efecto de lejanía y cercanía se evidencia sin ninguna duda, incluso se marca también la posición del observador con relación a la escena.



Figura.IX.36. El milagro de la Hostia profanada. Paolo Uccello. (1465-1469). Primer episodio de las seis escenas. Técnica: temple sobre tabla. Galleria Nazionale delle Marche, Urbino) 42 x 351cm. Imagen tomada de "Perspectiva", Cole.A. España: Ed. Blume en colaboración con The national Gallery, Londres, p. 12-13

En su obra “La batalla de San Romano”, una combinación de su influencia renacentista y medieval, se pueden observar los diversos recursos plásticos para dar el efecto de profundidad. En la obra puede distinguirse el empleo de perspectiva por la continuidad de las lanzas y la alineación de los pies o cabezas de animales que van hacia diversos puntos generando líneas imaginarias y fraccionando el espacio. Los caminos también fraccionan el espacio, son espacios en los cuales se produce otra escena. Por otra parte, si se trazan líneas horizontales en correspondencia con las patas o pies de los caballos o soldados, también nos indica la relación de delante y atrás, y se acentúan las proximidades a través del cambio de tamaño de las formas de los soldados y caballos. Sin lugar a duda, son las líneas diagonales imaginarias las que muestran con mayor fuerza la profundidad. Las líneas imaginarias organizan el espacio destinando un sitio a cada escena, que representan eventos que ocurren en un mismo tiempo. La preocupación de Uccello, en lo que se refiere a la plástica, estaba enfocada en la aplicación de la perspectiva para apegarse lo más posible a un evento real; así como también a la representación del volumen (ver el sombrero rojo) para cumplir con unos parámetros de la estética en aquel momento.(Figura IX.37)

Sin embargo, al observar la obra, podemos decir que estas mismas líneas imaginarias son parte de una intención de relación entre la espacialidad y los elementos que la habitan. Se pueden distinguir varios manejos para indicar adelante y atrás, como el empalme de formas, la disminución del tamaño o el desplazamiento de lugar de la figura. Por otro lado, resuelve la aparición de escenas simultáneas fraccionándolas mediante contornos y, de acuerdo al porcentaje que abarcan en la totalidad del espacio, marca una jerarquía, además de apoyarse con la lejanía y cercanía. El concepto de relación está implícito y copera en la narrativa visual.

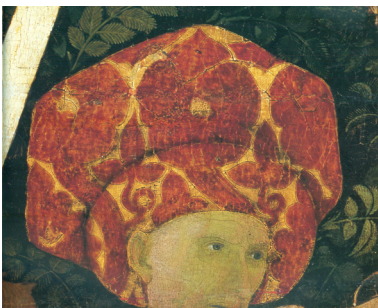


Figura.IX.37. La batalla de San Romano, Nicolò da Tolentino a la cabeza de los florentinos. Paolo Uccello (probablemente alrededor de 1435-36). (182 x 320 cm). Imagen tomada de: Franco & Stefano Borsi. (1994). *Paolo Uccello*. London: Thames and Hudson. (pp. 215, 219-220)

Otro importante pintor del renacimiento es Masaccio (1401-1428), quien en su fresco “La Trinidad” en la Iglesia de Santa María Novella, en Florencia, aplica la técnica de perspectiva lineal de manera ejemplar. La imagen del espacio arquitectónico define los distintos planos en los cuales cada uno de los personajes de la imagen está ubicado. Incluso el joven pintor contempla la cercanía del observador. Desde el punto de vista de la forma, los trazos arquitectónicos propician la credibilidad del espacio tridimensional tangible. Este espacio creado ofrece una organización a los símbolos que explican el significado de la trinidad y el motivo de la redención del hombre a través de la muerte de Cristo. Los elementos principales son la tumba de Adán, la virgen, así como San Juan Evangelista, Dios, Cristo y el Espíritu Santo. (Figura IX.38,39)

En esta imagen la perspectiva divide la composición en dos, las líneas ortogonales ¹⁷, se unen en un punto de fuga común, siendo que la Virgen, San Juan Evangelista y la tumba de Adán se encuentran trazadas con esta perspectiva hacia abajo, mientras que a la Trinidad le corresponde otro conjunto de ortogonales que asciende, incluso Dios esta representado de frente. Con ello se distingue el mundo terrenal del mundo divino. El mundo humano simbolizado por el esqueleto, La



Figura.IX.38. *La Trinidad, (Nombre completo: Sagrada Trinidad, con la Virgen, San Juan y donantes en italiano: Santa Trinità)* Masaccio. Fresco. (entre 1425-1428) 680 cm × 475 cm. Basílica de Santa María Novella. Florencia, Italia. Foto: Angélica Castro (abril, 2013).

¹⁷ Denominadas así a las líneas que unen la base con el punto de fuga

Virgen y el Evangelista Juan. (Figura IX.39)

En la figura IX.40 se presenta la interpretación de la composición de perfil. De esta manera la obra pudiera ser representada en tres dimen-

Figura.IX.39. *La Trinidad.* Imagen tomada de Cole, A. (1993) *Perspectiva.* España: Ed. Blume en colaboración con The nacional Gallery, Londres. p. 15

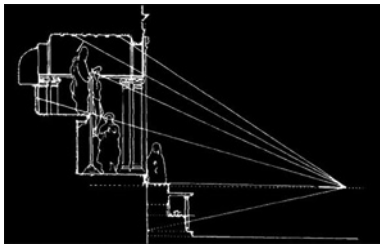
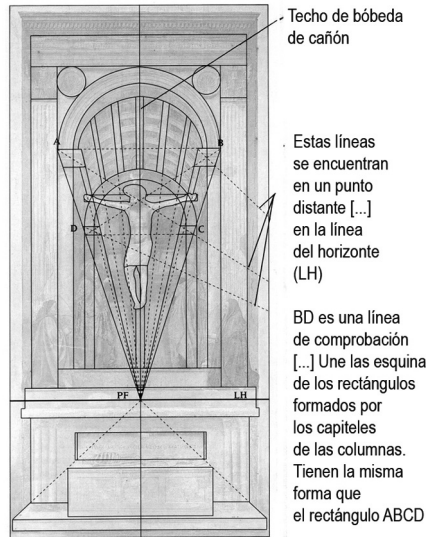


Figura.IX.40. *Dibujo de tres dimensiones hipotético de La Trinidad, Masaccio a partir del análisis de perspectiva.* Publicado en <http://algargosarte.lacoctelera.net/post/2010/09/10/la-sant-sima-trinidad-masaccio-y-aplicaci-n-la> [Consultado el 21, julio del 2012.]

siones reales, tomando las proporciones indicadas del fresco.

Podemos distinguir la distribución de cada elemento en el espacio aparente. Los espacios que se sugieren entre ellas físicamente se reducen, sin embargo ópticamente se perciben como existentes. La interpretación en tres dimensiones reales guiadas por el fresco también se ha tratado de interpretar con la arquitectura de la capilla a manera de modelos a escala. (Figura IX.41)

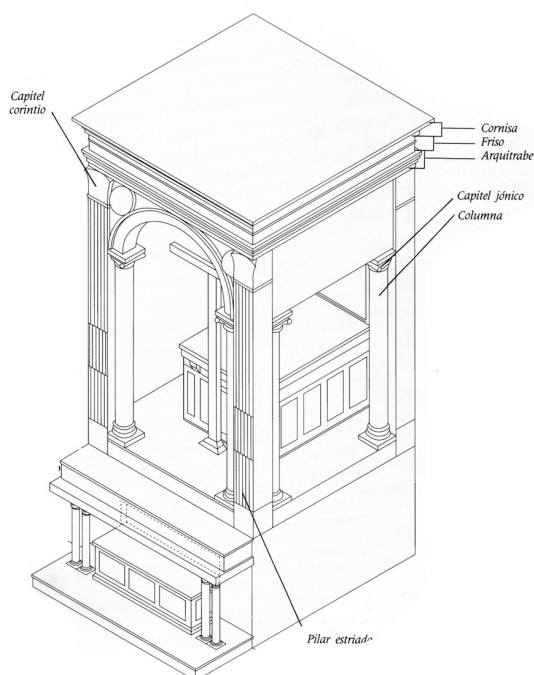


Figura.IX.41. *La Trinidad.* Modelo hipotético. Imagen tomada de Cole, A. (1993) *Perspectiva.* España: Ed. Blume en colaboración con The nacional Gallery, Londres. p. 15

Di Benedetto dei Franceschi (1415 ó 1420-1492), llamado también Pietro Borghese, fue conocido como pintor de frescos, geómetra y matemático. Realizó aportaciones importantes con su obra. En la teoría, escribió tres libros *De prospectiva pingendi* (*Sobre la perspectiva para la pintura*), *Libellus de quinque corporibus regularibus* (*Librito de los cinco sólidos regulares*) y un manual de cálculo titulado *Trattato dell'abaco* (*Tratado del ábaco*). Combinó su interés por la matemática y la perspectiva en una de sus conocidas obras "La flagelación". Alison Cole hace ver que en esta obra Franceschi utilizó el número ocho para armonizar y proporcionar todos los elementos que se encuentran agrupados en ocho: ocho baldosas formaban un cuadrado, ocho individuos en la escena. Las relaciones matemáticas como elementos de proporción, o simplemente simbólicos, también son parte de la definición de organización de una composición y de una relación que tiene una intención en la obra. (Figura IX.42)



Figura.IX.42. *La Flagelación*, Pietro Borghese
 Imagen tomada de "Perspectiva", Rescatada de:
<http://arte.laguia2000.com/pintura/la-flagelacion-de-cristo-piero-della-francesca> [Consultada el 29, mayo-2015]

Volviendo a la perspectiva y al concepto de relaciones a través del espacio. Una obra que podemos observar es "La Anunciación" del pintor quattrocentista italiano Carlo Crivelli (1435-1495), en la cual, la compleja y detallada arquitectura se justifica con la trayectoria hacia un punto de fuga y un horizonte generado en la ventana, que queda detrás de la escena de dos figuras humanas que, a su vez, se encuentran en el plano final de la composición. Como puede ser visto en el análisis de las trayectorias, las baldosas y las cornisas de los edificios se dirigen hacia este punto. Aunado a ello, aparece un aspecto significativo importante: el foco de la perspectiva (la línea central desde el ojo del espectador al punto de fuga) se une con el centro del ojo divino. Del mismo ojo surge un rayo de luz que la paloma, representación simbólica del Espíritu Santo, toma como trayectoria para llegar a

la Virgen. La trayectoria del punto focal y del punto de fuga atraviesan a un personaje, un dignatario de la población que según explica Alison Cole "...lee un mensaje en el que el Papa comunica a Ascoli que le concede el derecho de autonomía limitada. El mensaje llegó el día que se festejaba la Anunciación" (Cole. 1993. p.15). Otro elemento importante es Emidio, patrón de la ciudad, acompañado del arcángel Gabriel y sujetando una maqueta de la misma. Si observamos la alineación de la Virgen, ésta corresponde a la altura de la baldosa la cual pisa el arcángel, si otra línea se traza a la altura de la cabeza de la Virgen, el patrono y el arcángel coinciden. Vemos pues, la relación semiótica entre las figuras humanas y divinas, protagonistas que fueron integrados formalmente mediante una distribución geométrica en triángulo escaleno, donde uno de sus lados está alineado al punto de fuga que armoniza la arquitectura y que abarca el contexto de la escena. Es la estructura de la totalidad de la obra. (Figura IX.43)

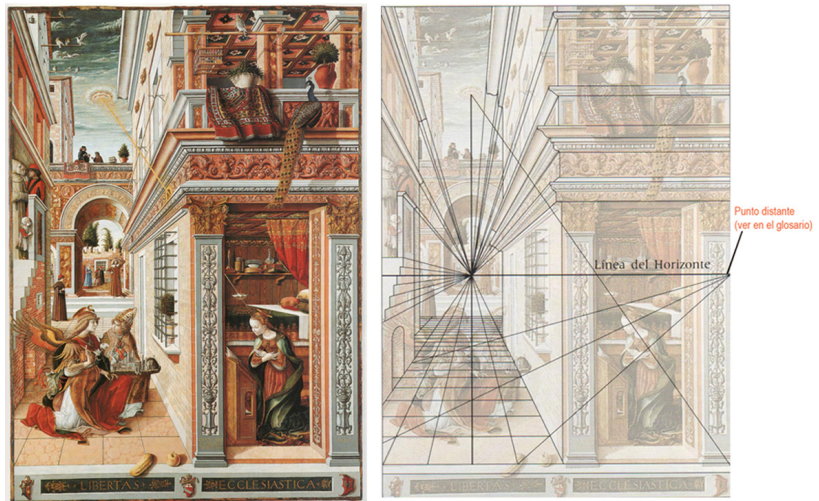


Figura.IX.43. *La Anunciación.* Carlo Crivelli. 1482. Cole, A. (1993) *Perspectiva.* España: Ed. Blume en colaboración con The nacional Gallery, Londres, p. 22 y 23

Otra obra en donde podemos observar claramente la coincidencia del punto de fuga, la alineación o trayectoria de las figuras y la arquitectura de la composición, es en la bóveda de la Iglesia de San Ignacio de Roma, hecha por el pintor Andrea Pozzo (1642-1709). En esta magnífica obra, la composición propone una ilusión óptica generada a partir de la técnica de la perspectiva para generar un espacio inexistente; una bóveda plasmada en el lienzo colocado en el techo de la nave pareciera un espacio que se abre al cielo, donde las columnas y las ventanas son falsas. Está realizada para que el observador se coloque en tres puntos específicos, uno para cada escena, puntos que están señalados con discos de mármol en el suelo como lo señala la figura IX.45. En caso contrario, las columnas comienzan a derrumbarse, así como todas las figuras aparentan desequilibrio (Figura IX.45). Citando el comentario de Alison Cole: *Para algunos contemporáneos esto era un auténtico defecto, mientras que para Pozzo era <una*

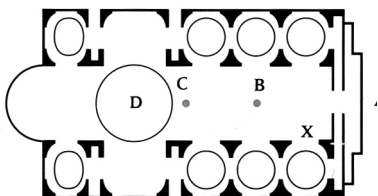


Figura.IX.43. *Discos de mosaico dibujados en el piso de la Iglesia de San Ignacio en Roma.* Señalan los puntos en los cuales el observador debe colocarse para apreciar la correcta perspectiva. Imagen tomada de Cole, A. (1993) *Perspectiva.* España: Ed. Blume en colaboración con The nacional Gallery, Londres, p. 40



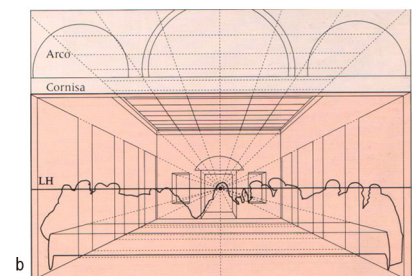
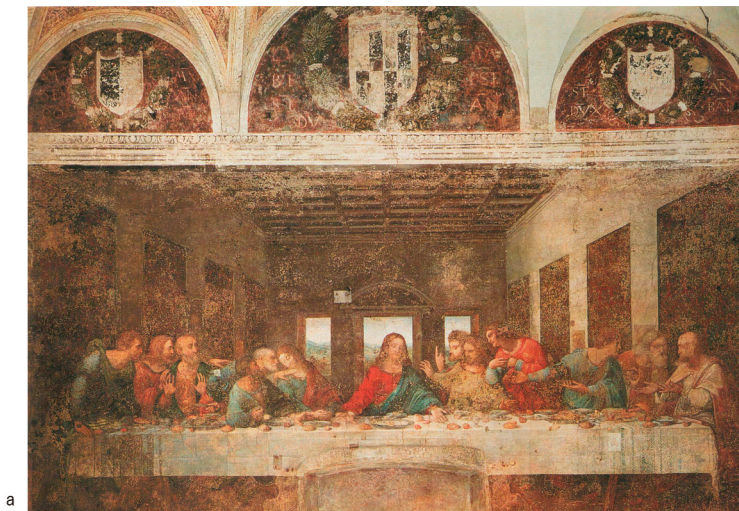
ezquisitez de la obra>>. Un solo punto de fuga orienta el <<espíritu>> y el ojo hacia un foco central. (Cole. 1993, p. 40) El punto de fuga hacia donde tienden las trayectorias de cada elemento de la composición es la imagen del Hijo de Dios.

Figura.IX.45. La gloria de San Ignacio. Andrea Pozzo, 1691-1694. Técnica: Fresco. a) Imágen completa. b). Desequilibrio de la escena. Imágenes tomadas de Cole, A. (1993) *Perspectiva*. España: Ed. Blume en colaboración con The national Gallery, Londres, p. 40.

Leonardo da Vinci generó también un método de perspectiva natural, el cual difiere de el de Battista Alberti. Dentro de sus propuestas está la perspectiva atmosférica, que consiste más bien en el manejo de la luz y del color y el estudio del campo visual humano partiendo de que lo considera curvo. También pulió su método de perspectiva que incluso creo una ilusión óptica llamada anamorfismo, la cual manejaba para ocultar mensajes o solamente para mostrar los elevados conocimientos que el pintor tenía sobre los temas de la óptica.

Pero hablando de nuestro tema, en la obra “La última cena” Alison Cole señala que aplica la perspectiva lineal, en la cual el punto de fuga se encuentra en el ojo derecho de Cristo. A partir de allí todas las

Figura.IX.46. a) *La última cena*, Leonardo da Vinci. 1497. Técnica: Temple y óleo sobre piedra caliza 4,60 x 8,80m. b) *Estudio de trazos de perspectiva*. Cole, A. (1993) *Perspectiva*. España: Ed. Blume en colaboración con The national Gallery, Londres, p. 25



líneas se encuentran en este punto o parten de él. Hay varios comentarios sobre la perfección o no perfección de la aplicación de la perspectiva, sin embargo es un hecho que logra unir todos los elementos de la obra en el personaje principal: Cristo.

La obra de pintor español del siglo XVII, Diego Velásquez¹⁸ (1599-1660), titulada “Las Meninas” (Figura IX.47), representa para nuestro estudio un caso importante que es preciso mencionar, ya que la perspectiva también orienta una narración. Los personajes involucrados en el cuadro mantienen una relación por ubicación en el espacio y entre ellos, pero también su presencia no es del todo evidente. El estudio de la perspectiva hace ver que la reina y el rey de España están reflejados en el espejo, se encuentran en un espacio que físicamente no se plasma en la obra; el bastidor que vemos en la parte trasera



Figura.IX.47. *Las meninas*. Obra de Velazques 1656. Óleo sobre lienzo 3,2 x 2,8 m. Museo Nacional del Prado. Imagen tomada de Sureda J., (2009) Velázquez: pintor y hombre del Rey. Barcelona: Lunweg

¹⁸ Diego Velázquez no dejó escritos sobre la perspectiva, sin embargo tenía una biblioteca importante con la cual apoyó sus estudios. Los libros en los cuales basaba sus conocimientos de geometría y matemáticas eran *El libro de los nuevos instrumentos de geometría* (1606) de Céspedes, que habla sobre instrumentos de dibujo, con ello completa los estudios sobre la geometría pura del griego Euclides. *Óptica* (1572) de Witelo. Y era seguidor del científico árabe del siglo XI Alhazen. También creía que la luz era una sustancia mística que nos une con lo divino. Sobre proporción consultaba los *Cuatro libros sobre proporciones humanas* (1557) de Nuremberg Alberto Durero, así como el *Tratado sobre las Medidas*, de él mismo. Sobre arquitectura contó con *Los cinco órdenes de la arquitectura* (1583) de Giacomo Barozzi da Vignola, el tratado de Sebastiano Serlio y el texto de Vitruvio *De architectura*. En perspectiva: *La práctica de la perspectiva* (1569) de Daniel Barbaro. Y en matemáticas utilizó las *Obras completas de Niccolò Taraglia*, quien defendía que la geometría era la clave de la verdad filosófica. También en matemáticas utilizó la traducción de *Elementos*, de Euclides. (Cole, 1993. p.35)



Figura.IX.48. *Llanuras del cielo*, John Martin 1833. Óleo sobre lienzo 1,98 x 3,07 m. Imagen tomada de Cole, A. (1993) *Perspectiva*. España: Ed. Blume en colaboración con The nacional Gallery, Londres. p. 47 También en Johnstone C. (1974) *John Martin*. Londres; Academy Editions. pp. 106-107.

se encuentra entre las figuras reflejadas y el espejo; las miradas de las meninas y la princesa no miran al espectador en realidad, miran a los reyes ubicados con relación a ellas, a un lado. La geometría del espacio se genera mediante elementos rectangulares, sean pinturas, lienzos, pasillos o el espejo, y que las partes superiores e inferiores de estos tienden a reunirse en el punto de fuga colocado debajo del brazo del personaje ubicado en las escaleras, en la parte más luminosa de la composición. Tanto los objetos como las trayectorias de las miradas son las responsables en ubicar la posición espacial de los personajes de la obra.

El Romanticismo, un giro a la representación de las relaciones espaciales

En el Renacimiento el pensamiento matemático y científico daba valor y soporte a la obra de carácter científico e intelectual; además de que, de cierta manera, proporcionaron las primeas pautas para establecer relaciones entre los elementos. Sin embargo en el periodo Romántico (finales del siglo XVIII y principios del XIX) se revalorizó la imaginación el artista. El pensamiento científico fue considerado como limitante para la poesía y la inspiración religiosa. Con excepción de la perspectiva utilizada de la manera más elemental y la observación de la naturaleza a través de las ciencias naturales. William Blake (1757-1827) fue uno de los representantes de esta postura y quienes apoyaban su pensamiento eran J.M. W. Turner (1775-1851) y John Martin (1789-1858), maestros del espacio y la luz.

El Romanticismo marcó el comienzo de otra etapa de la plástica, que emplea los conocimientos básicos de la perspectiva y el color para transportar al observador hacia paisajes en los cuales se experimenta una emoción. Podemos observar la obra de arte “Las llanuras del cielo” (Figura IX.48) del pintor inglés John Martin (1789-1854) quien pinta paisajes imaginarios. Así como también la obra “El caminante sobre el mar de nubes” del pintor alemán Caspar David. (Figura IX.49)

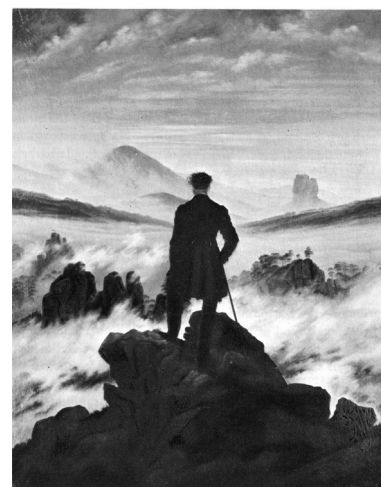


Figura.IX.49. *El Caminante sobre el mar de nubes*. Caspar David Friedrich, 1818. Óleo sobre lienzo, 74,8 x 94,8 cm. Kunsthalle de Hamburgo, Hamburgo. Imagen de: Christian J.J. Caspar David Friedrich *Leben und Werk*. (1983) (10a ed.) Köln : DuMont. p.115

El arte de oriente una influencia en la plástica del siglo XX



Figura.IX.50. *La gran ola de Kanagawa.* Katsushika Hokusai. Técnica: Grabado Ukiyo-e. 25 x 37cm. en Museo Metropolitano de Arte Nueva York, Estados Unidos. Imagen rescatada de https://es.wikipedia.org/wiki/La_gran_ola_de_Kanagawa#/media/File:Great_Wave_off_Kanagawa2.jpg [Consultado el 2 febrero 2015]

También se puede encontrar en: Muneshige,N (1968) *Hokusai, The thirty-six views of Mt. Fuji.* (Coleccion Masterwork of Ukiyo-e). Tokyo: Kodansha International LTP

Otra etapa importante en la pintura es cuando Oriente exporta e importa arte de occidente y viceversa, lo que permite un enriquecimiento del conocimiento de la plástica, éste repercute incluso en el diseño y la caligrafía. En relación con la perspectiva, en las pautas plásticas de oriente el espacio es manejado de otra manera, así como también la relación entre los elementos. En las composiciones de Occidente predomina el centro y hay sumo respeto por los márgenes del campo visual, a diferencia del arte Oriental donde los centros desaparecen, las imágenes son cortadas por los bordes y los elementos importantes no están necesariamente en el centro, incluso las relaciones que se mantienen tienen una trayectoria dirigida de un extremo al extremo opuesto del espacio bidimensional.

En el arte Oriental la perspectiva desaparece, la diferencia de ubicación en el espacio tridimensional se resuelve con separación de objetos tamaño, variación tonal o debilidad de la línea. Lo más importante era la intención de transmitir los significados antes que representar la escena sin llevarla a un realismo perfecto. La interacción entre los elementos a nivel geométrico consideraba otras cualidades plásticas de la figura.

El artista japonés Katsushika Hokusai (1760–1849) realizó un conjunto de obras tituladas “Treinta y seis vistas del monte Fuji” (1830-1833) mediante el empleo de la técnica «ukiyo-e», que consiste en la representación de paisajes semi-históricos plasmados con la técnica occidental de la perspectiva diagonal. En la perspectiva diagonal los elementos que se encuentran más lejos se ubican más arriba, variando también su tamaño. Hokusai realiza dibujos sobre el monte Fuji en diversas estaciones del año, así como desde distintos sitios del Japón. Originalmente la serie estaba compuesta por treinta y seis Xilografías, pero debido a su éxito, se incluyeron adicionalmente diez más en una segunda publicación. La obra más reconocida es el grabado de *La gran ola de Kanagawa.* (Figura IX.50)

A partir de estas etapas de la plástica se establecen otros valores, entre los más importantes está la especialidad de utilizar el espacio para generar relaciones; independientemente de que éstas sean matemáticamente reales, simplemente obedecen la intención del autor por establecer relaciones o una narrativa en su obra.

Alison Cole nos guía a observar el trabajo del artista alemán Max Beckmann (1884-1950), quien genera una perspectiva mixta, su concepto de espacio es múltiple ya que en un pequeño espacio genera sub-espacios o escenas individuales. Las experiencias que tuvo en la Primera Guerra Mundial marcaron en gran medida su manera de trabajar; él propone una perspectiva desplazada que oprime y aísla las formas, generando una tensión sofocante entre los elementos. Dicha

perspectiva la plasma en su obra “Cuadro de familia”, en el cual es muy interesante ver cómo cada objeto tiene su propia perspectiva de manera intencional, así como también la actividad de cada individuo es muy independiente de la que realiza el individuo que tiene junto. A pesar que todos se encuentran en un espacio común como lo es el cuadro o la misma habitación representada, sus miradas y acciones generan múltiples espacios aislados. Ninguno interactúa con el otro, no hay centro, no hay una jerarquía clara u obvia, simplemente hay una desarticulación formal de elementos significativamente articulados por un concepto “familia”. (Figura IX.51)

-La representación visual en el cubismo y las relaciones establecidas (1907-1914)

El movimiento cubista fue desarrollado por Picasso y Georges Braque, en este movimiento el principal objetivo era generar una realidad más convincente. Su recurso fue también el manejo de espacio. La concepción del espacio fue influenciada por el pintor impresionista Paul Cézanne (1839-1906), quien tuvo como prioridad manifestar el sentimiento más que la realidad de la propia naturaleza o los elementos exteriores. Este sentimiento se hallaba asociado a la manera con la que la gente percibía el espacio y que los cubistas expresaban a partir de los recuerdos del tacto, el movimiento y la vista.

La perspectiva deja de ser un instrumento indispensable para la representación aparente de la realidad, sin embargo, las relaciones de los elementos siguen siendo una característica necesaria en la composición, y su manifestación se puede dar por la coincidencia de trazos, sus continuidades, el color o la semejanza de la forma. Estos podrían ser algunos de los aspectos más importantes en el cubismo. (Figura ix.52)



Figura.IX.51. *Cuadro de familia*, Max Beckmann, 1920. Técnica: Óleo sobre lienzo 65.1 x 100,9 cm. MoMa. Imagen rescatada de: http://www.moma.org/collection/object.php?object_id=78507.



Figura.IX.52. *Las señoritas de Avignon*. Picasso. 1907. Técnica: Óleo sobre lienzo. 43,9 x 233,7 cm. MoMa. Imagen tomada de Cole, A. (1993) *Perspectiva*. España: Ed. Blume en colaboración con The nacional Gallery, Londres, p. 52

También localizada en:
Palau i Fabre, J. (1996). *Picasso Cubism*. Barcelona: Könemann, Ediciones Polígrafa, S.A. p.39

Los métodos del dibujo en el siglo XX

Una vez analizados los objetivos de la perspectiva, los teóricos más importantes y la manera con la cual la perspectiva influía en la intención de la organización de la obra y el significado de la misma, ahora concretizaremos cuales son las pautas para la generación de profundidad, partiendo de la perspectiva que se emplea actualmente en el dibujo y contemplando las cualidades de la forma para poder entablar relación.

Como lo habla Lino Cabezas en su libro *Manual de dibujo la enseñanza contemporánea del dibujo*, en el apartado “Dibujo y perspectiva”, la perspectiva se encuentra presente para poder lograr la profundidad de los elementos, a diferencia de la antigüedad, se realiza de manera independiente de la matemática. El conocimiento del órgano visual humano así como la percepción en el espacio se han distinguido algunas pautas plásticas que proporcionan el mismo efecto de perspectiva al dibujar. El psicólogo James J. Gibson por ejemplo, en la obra *La percepción del mundo visual* establece trece modalidades de perspectiva para hablar sobre las maneras con las cuales se puede dar el efecto de profundidad sobre una superficie bidimensional. Para este estudio es relevante distinguir las perspectivas más comunes destacadas por Lino Cabezas y son: perspectiva lineal, de color y la perspectiva atmosférica, que como podemos notar son las empleadas en la antigüedad.

- La perspectiva lineal

La perspectiva comienza por el trazo de una línea que defina la línea de visión del dibujante, la línea de horizonte u horizonte visual. Lino Cabezas explica que esta línea “es de gran ayuda para el control gráfico de las estructuras lineales en perspectiva que ayudan a lograr la sensación de profundidad” (Cabezas, 2001, p.311). Añade “Igualmente, el concepto de punto de fuga, en donde convergen los haces de rectas paralelas y el concepto de recta de fuga, donde convergen los haces de planos paralelos, son ideas fáciles de unir, con la experiencia visual, y que se descubren en la práctica del dibujo a mano alzada” (Cabezas, 2001, p.311). (Figura IX.53, 54 y 55)



Figura.IX.53. “Esquema explicativo del concepto de perspectiva lineal aplicado al dibujo de una calle. En él se hacen converger las rectas paralelas en un único punto de fuga”. Imagen tomada de “Dibujo y perspectiva”, Cabezas L. (2001) en Gómez J.J., Cabezas L., Bordes J. *El manual de Dibujo, Estrategias de su enseñanza en el siglo XX*. Ed. Cátedra, España.p. 310

-Superposición de figuras y continuidad de contornos

Los elementos que se encuentran más próximos al observador se colocan empalmando alguna de sus superficies con los objetos que deben mostrar, y que se encuentran a una distancia más alejada hacia la profundidad. Una de las normas para distinguir mejor este empalme o sobreposición es:

“La continuidad del contorno de un objeto ayuda a identificar su profundidad en el campo visual respecto a otros. Una forma con un contorno continuo desorganiza y eclipsa el perfil del objeto situado detrás. Por tal motivo tendemos a considerar que cualquier forma con el perfil completo se encuentra delante y ocultándonos parte de la que se halla detrás”. (del tratado de Ching citado en Cabezas, 2001, p. 316)



Figura.IX.54. Determinación del horizonte visual en diferentes dibujos esquemáticos según un manual contemporáneo (Loomis) . Imagen tomada de “Dibujo y perspectiva”, Cabezas L. (2001) en Gómez J.J., Cabezas L., Bordes J. *El manual de Dibujo, Estrategias de su enseñanza en el siglo XX*. Ed. Cátedra, España. p. 311

Debido a esto las figuras que se encuentran detrás pueden tener un contorno interrumpido. (Figura IX.56)

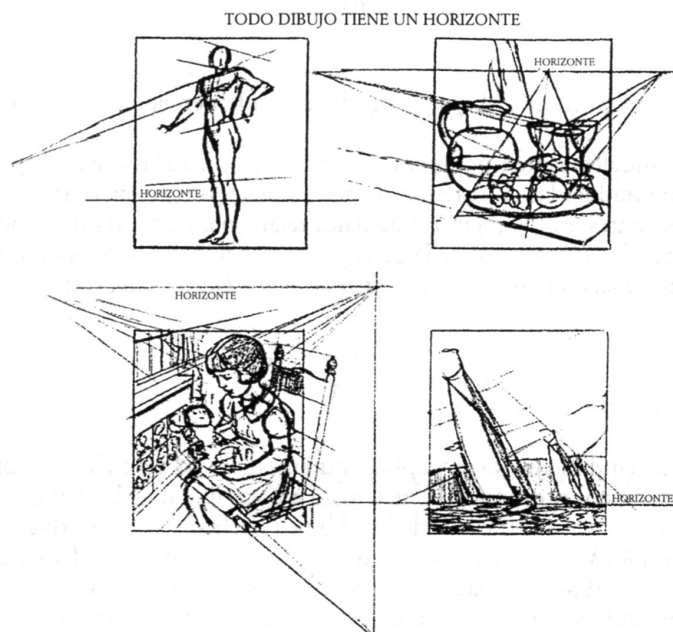
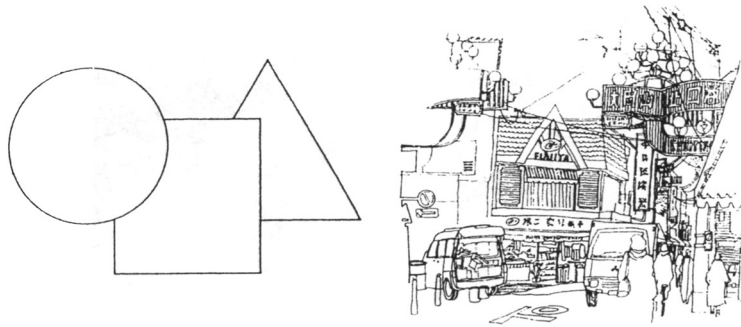


Figura.IX.55. Determinación del horizonte visual en diferentes dibujos esquemáticos según un manual contemporáneo (Loomis) . Imagen tomada de “Dibujo y perspectiva”, Cabezas L. (2001) en Gómez J.J., Cabezas L., Bordes J. *El manual de Dibujo, Estrategias de su enseñanza en el siglo XX*. Ed. Cátedra, España.p. 310

Figura.IX.56. Esquema y dibujo que ejemplifica la "superposición de formas y continuidad de contorno" (Ching). Imágenes tomadas de Cabezas L. (2001) "Dibujo y perspectiva", en Gómez J.J., Cabezas L., Bordes J. Manual de Dibujo, Estrategias de su enseñanza en el siglo XX. Ed. Cátedra, España. p. 317



Esta estrategia del contorno o de indicar profundidad también nos indica una relación entre los elementos. Rudolf Arnheim en su obra *Arte y percepción visual*, bajo el concepto traslape, analiza el fenómeno de la superposición desde el punto de vista de los significados expresivos.

A pesar de la acrobacia visual que conlleva, el traslape no se puede evitar, porque por todas partes los objetos y partes de objetos se bloquean entre sí el acceso a la vista; y, de hecho, una vez que las relaciones de formas dentro de la composición pictórica se llevan más allá del simple despliegue de unidades coordinadas, hay un gran deleite visual entre las interferencias y yuxtaposiciones paradójicas que produce la superposición de cosas en el espacio. (1979, p. 141, tomado de Cabezas, 2001, p.317)

Se considera perceptualmente que una figura que se encuentra más lejos del observador es más pequeña; mientras más cercana ésta es más grande. A pesar de que estas dos figuras se muestran con un tamaño distinto por experiencia sabemos que tienen el mismo tamaño, entonces se dice que el mayor está más cerca que el menor, según el tratado de Ching. La constancia de tamaño así como de otras características físicas como el color y la textura nos proporcionan información para distinguir la dimensión. (Figura IX.57)

-Posición relativa en el campo visual

Esta característica también es propia para establecer relación con el campo visual en el cual se plasma la composición. Tomando en cuenta un horizonte o la base del campo visual, el objeto se situará más cerca del observador o más alejado. Mientras más lejos el observador levantará la vista, de lo contrario la bajará para ver los elementos más cercanos.

- Perspectiva de texturas

Las texturas gráficas o visuales son un índice de la rugosidad del material de la figura o del objeto. Cuando un objeto se encuentra lejos es muy difícil distinguir los detalles del material, por lo que se percibirá como lejano. (Figura IX.58)

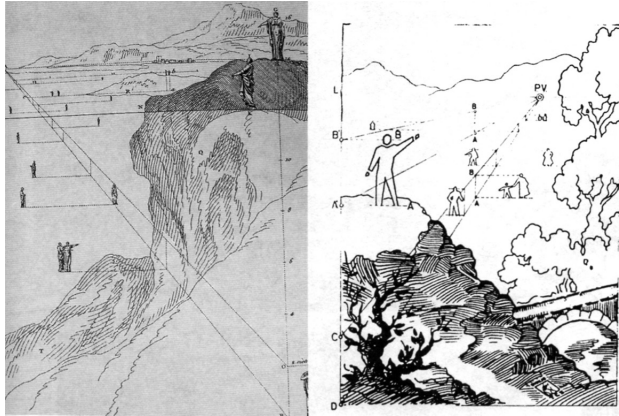


Figura.IX.57. *Tamaños relativos de figuras situadas en diferentes ubicaciones.* Tratado de perspectiva de Valencianes, 1800 (izquierda) Relación de tamaño entre figuras situadas en diferentes planos y niveles (Carreras) (derecha). Imagen tomada de "Dibujo y perspectiva", Cabezas L. (2001) en Gómez J.J., Cabezas L., Bordes J. *El manual de Dibujo, Estrategias de su enseñanza en el siglo XX.* Ed. Cátedra, España. p. 313

En el tratado de Ching, se propone lo siguiente:

"Para representar la textura en perspectiva se procede a disminuir poco a poco las dimensiones, la proporción y la separación de los elementos gráficos que se usan en la reproducción del dibujo o de la textura superficial, sean estos puntos, rectas o zonas de tono. El procedimiento se inicia dibujando los elementos del primer plano perfectamente diferenciados, el plano medio se resuelve con el dibujo que compone la textura y en el último se aplica un tono. Hay que poner especial cuidado de que las transiciones sean suaves y que los tonos resultantes no vulneren los fundamentos de la perspectiva ambiental". (Citado en Cabezas, 2001, p. 324)

-Situación del punto de vista frente al modelo

La perspectiva relaciona a los objetos y al observador a partir de la posición. Existen dos estados de relación conocidas desde la época clásica del dibujo y pintura, refieren al observador en movimiento frente a un objeto fijo y la segunda situación es el observador fijo frente a un objeto en movimiento.

En términos técnicos del cine y la fotografía, cuando la cámara se sitúa arriba del espectador o de un espacio se le conoce como "toma en picada". También puede ser que la cámara tome la imagen de abajo hacia arriba, lo que se denomina como "contra picada". Estas tomas sugieren que el observador es quien se mueve alrededor o ver-

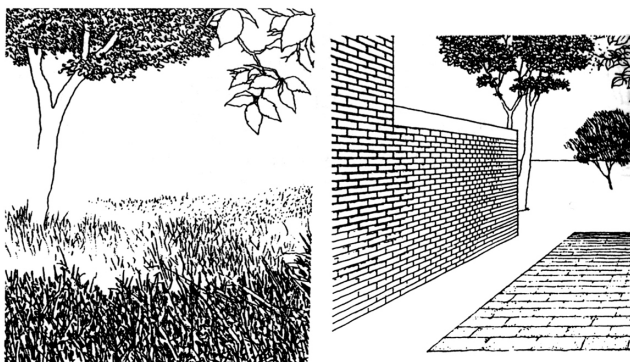


Figura.IX.58. *Dibujos explicativos del cambio de textura con la profundidad (Ching).* Imagen tomada de "Dibujo y perspectiva", Cabezas L. (2001) en Gómez J.J., Cabezas L., Bordes J. *El manual de Dibujo, Estrategias de su enseñanza en el siglo XX.* Ed. Cátedra, España.p. 324

ticamente en relación al objeto o al espacio en el que se encuentre. La relación espacial de ubicación se puede ejercitar simplemente imaginando situaciones en donde algo se aproxima, por ejemplo un felino, la imagen puede plasmarse de manera que ocupe gran parte del campo visual y deje algunos elementos del contexto en un tamaño mucho menor para indicar la lejanía. En un caso contrario, cuando se observa diversas escenas de un mismo jarrón sobre una mesa, con la variante de la posición del jarrón, es un indicador que el observador es quien está en movimiento.

En una composición, las partes de un objeto se verán más grandes o pequeñas e incluso deformes dependiendo del ángulo de perspectiva en el cual se encuentre el observador.

Existen varias técnicas para poder representar estas situaciones que pueden ser consultadas en libros especializados de dibujo. Incluso se pueden realizar experimentos a través de la fotografía. Lo que es importante para esta tesis es considerar que cuando la ilustración presenta una perspectiva hecha de manera coherente, se acentúa la intencionalidad del autor de invitar al observador a una experiencia determinada dentro de una escena. (Figura IX.59)

Pauta relacional uno: Proximidad espacial geométrica

Todos los índices que se han estudiado, tanto las texturas degradadas o tonalidades, la línea de horizonte y las líneas de proyección del

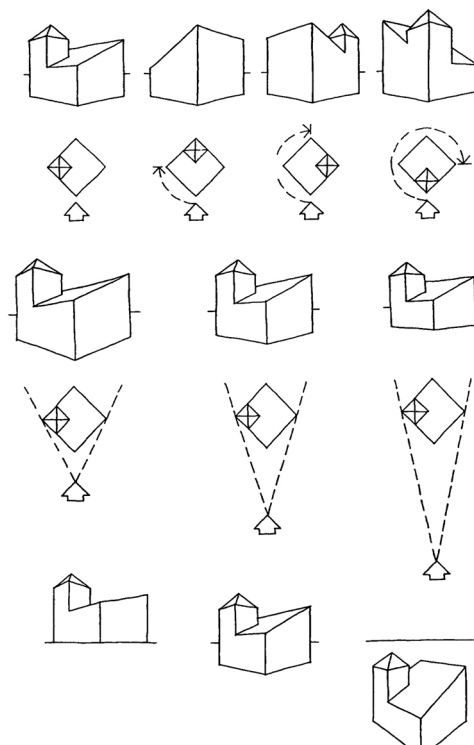


Figura.IX.59. Desplazamientos del punto de observación respecto a un objeto; movimientos compartidos por la perspectiva y la fotografía: a) girar a su alrededor, b) acercarse o alejarse, c) elevarse por encima de él. Imagen tomada de "Dibujo y perspectiva", Cabezas L. (2001) en Gómez J.J., Cabezas L., Bordes J. *El manual de Dibujo, Estrategias de su enseñanza en el siglo XX.* Ed. Cátedra, España. .p. 329

punto de fuga, así como también los distintos tamaños o los contornos incompletos y completos, nos permitirán distinguir si un elemento está en una posición delante o detrás, arriba o abajo en referencia a algo. Así mismo la proximidad se refiere a lejanía y cercanía.

La *pauta relacional* de proximidad nos permite hablar de la ubicación de los elementos mediante una referencia, ya sean ellos mismos o los bordes del campo visual.

Esta pauta puede informar de alguna jerarquía o grado de importancia, o simplemente generar un espacio más profundo en un espacio plano.

Esta norma de relación da lugar a expresar conceptos de comunicación que impliquen una dualidad: cercanía-lejanía, presente-pasado, nuevo-viejo, antes-después. Así como también puede proporcionar una jerarquía entre figuras que comunique.

Pauta relacional dos: Relación de posición entre el observador y lo observado

Esta pauta refiere a las dos situaciones que puede representar la perspectiva, el movimiento del observador en relación a un objeto fijo, así como también la relación entre el observador fijo ante un objeto en movimiento.

Desde el punto de vista geométrico esta pauta establece una relación de posición en el espacio entre el objeto y el observador. Es una relación que “sale” de los bordes físicos del espacio-sustrato con el objeto que el observador interactúe con los elementos plásticos. (Figura IX.60)

En el ejemplo de la marca Expo, la posición en la cual se colocan las figuras genera la idea de muros y/o espacios divididos de la misma forma en la cual se dividen las exposiciones. La inclinación que tienen supone la relación entre el objeto y el observador, donde el observador se encuentra en una altura superior a la base de los muros. De esta manera se refuerza el concepto del evento que se promueve, una exposición debe ser observada. Aunado a ello, la perspectiva hecha permite evocar un espacio tridimensional, dividido de manera múltiple, denotaciones propias del evento. Este ejemplo ofrece coherencia entre las relaciones a nivel geométrico y el concepto que permite que el mensaje pueda comprenderse de manera clara.

Conclusión

El hecho de realizar un recorrido por la historia de la perspectiva nos permite hacer evidente dos aspectos:

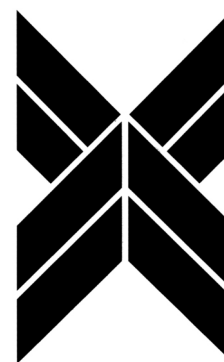


Figura.IX.60. Marca “Expo”. Diseño de Félix Beltrán : Imagen tomada de: García Santibáñez, F.S. (2013). *Félix Beltrán diseño*. México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí. p. 40

Primero identificar las técnicas para poder reproducir la perspectiva. Siendo que estas han estado simplificando a través de la experimentación del arte plástico.

Y en segundo lugar que es consecuencia del primero, nos permite ver que en el nivel geométrico a pesar que los conceptos relacionales de la perspectiva se basaban en cálculos matemáticos, ahora dependen en mayor medida de elementos considerados perceptibles. Este aspecto es muy importante para observar la complejidad de las relaciones entre dos niveles. En el caso de la perspectiva, la misma técnica ha generado que el nivel geométrico y perceptual dependan uno del otro.

La relación que establece la perspectiva no solo se concentra en la composición plástica, sino que también incluye la ubicación del observador. Lo hace partícipe de las relaciones generadas por los elementos figurativos de la composición. Podemos decir que la intencionalidad del artista no solo se remite a plantear la organización de la composición, en este caso también propone una organización al observador para introducirse a la escena.

Capítulo X.

Estructura relacional a nivel perceptual

Introducción

En el capítulo VI se habló sobre la relación de segundo orden como *estructura relacional* de nivel perceptual, que corresponde a la relación de los elementos de la composición como estímulos psicofísicos que, a través de un ejercicio mental llamado percepción, podrán identificarse como forma. A partir de esta definición nos podemos preguntar ¿cuáles son las pautas relacionales a nivel perceptual que cooperan para la organización de los elementos en una composición?

Para explicar cuáles son las relaciones de los elementos de una composición visual gráfica es necesario profundizar en el estudio de tres factores. El primer factor es la composición visual gráfica a nivel perceptual. A lo que nos referimos con el nivel perceptual es que todos las manchas, texturas y figuras geométricas son estímulos psicofísicos que serán interpretados como formas y distinguidos de un fondo. Por lo que ahora nuestra composición visual es un conjunto de estímulos visuales. En esta investigación vamos a hablar principalmente de una composición fija, bidimensional, aunque todas las formas que se encuentren impresas en ella podrán ser representaciones tridimensionales de la realidad.

El segundo factor en el cual vamos a poner atención son los procesos neuropsicológicos del humano, que han sido aceptados hasta ahora para explicar la interpretación de un estímulo físico visual como una forma real que tiene sentido para el observador. Así pues vamos a tratar de dar un resumen de los dos procesos más importantes de organización perceptual definidos como de arriba-abajo y abajo-arriba bajo: las teorías de la Gestalt y la teoría computacional de David Marr.

Como tercer factor escogimos dos conceptos relacionales de la composición. La condición para poderlos seleccionar fue que los dos fueran elementos físicos básicos de la composición visual, cuya percepción implicara una relación de estímulos. Los conceptos relacionales son la Figura-fondo y la textura. En la figura-fondo hablamos del contraste como concepto relacional, en donde a partir de él es posible realizar una distinción de la figura o el fondo. El segundo elemento corresponde al concepto relacional que para este estudio denominamos Tejido de estímulos perceptuales, este concepto surge del es-

tudio de la percepción de la textura óptica y háptica de la superficie.

Estos tres factores son los que permitirán que sea posible la identificación de algunas pautas de relación de la estructura. Una vez seleccionados los dos elementos visuales, se estudiarán los resultados de los experimentos que neuropsicólogos y psicólogos experimentales han realizado con relación a la figura-fondo y la textura. Cabe decir que los experimentos realizados resuelven diversas hipótesis sobre la manera con la cual funciona la mente, sin embargo sólo vamos a seleccionar aquellos resultados que cooperen con la explicación de la actividad de selección, distinguir a través de comparaciones qué es figura y qué es fondo.

Uno de los aportes del estudio de los experimentos fue que las imágenes, que se crearon para realizar las pruebas perceptivas, nos orientaron para poder identificar el ejercicio perceptual que realiza la mente y distinguir situaciones similares en los diseños de algunos carteles, infografías o fotografías. Es decir, si hablamos de la figura simultánea, no vamos a generalizar que todos los diseños deben imitar estas imágenes, sino que serán utilizados para reflexionar sobre cómo es que la mente, a través de esta situación extrema por su ambigüedad, identifica la figura del fondo o la textura.

Posteriormente al análisis sobre las pautas relacionales, se realizará una representación abstracta con un lenguaje topológico, es decir, evidenciando la relación de las cualidades. Esta propuesta propone una manera con la cual el diseñador podrá evidenciar las relaciones y, al realizar diversas opciones o bocetos de la composición, de manera abstracta, generar un mapa de la evolución, para que así pueda seleccionar la que sea más conveniente para el concepto a expresar.

Cabe decir que las pautas relacionales son sólo pautas, no son reglas deterministas que todo diseñador debe seguir. Son pautas que evidencian relaciones y que, si se observa desde otro punto de vista la manera con la cual se ha deducido, pueden ser también un modelo de entrenamiento para el diseñador hacia la distinción de relaciones. Recordemos que lo que pretende este modelo teórico es distinguir las relaciones. A partir de allí emerge la organización general de la composición.

Todo este contenido se encuentra descrito en los siguientes puntos:

- La organización perceptual
- Vemos con la mente y no con los ojos (procesos perceptivos)
- El contraste como concepto constituyente de la estructura relacional perceptual
- La textura como el tejido de estímulos como concepto de la estructura relacional perceptual

X.1. La organización perceptual

La pregunta de esta investigación dice: ¿Cuáles son las bases teóricas necesarias para identificar las relaciones geométricas y perceptuales en la composición gráfica? Consideramos que conocer algunos aspectos del proceso perceptual y sobre todo con base a los resultados de experimentos realizados, es posible que el diseñador gráfico consiga más seguridad en la creación de estímulos visuales.

Para la psicología experimental y la neurociencia, la mente genera pautas de organización de la información. Busca pautas de *organización perceptual* para seleccionar los estímulos que le permitan interpretar qué hay en el mundo físico exterior.

La organización perceptual, en términos generales, trata de las pautas, procesos y factores que cooperan para que el individuo pueda reinterpretar mentalmente lo que ve. Para Dolores Luna y Pio Tude-la la organización perceptiva “facilita la extracción de regularidades presentes en los objetos naturales, permitiendo así la segregación y agrupamiento de la estimulación necesaria para la percepción del objeto” (2006. p.224). En algunas definiciones parece que este proceso consiste también en la relación de estímulos.

Los defensores de la Teoría de la Gestalt la definen como aquél conjunto de factores o condiciones que permiten la constitución del objeto percibido (Kanizsa, 1979, 1980)

Para [James R.] Pomerantz y [Michael] Kubovy (1986) es el proceso que permite la percepción de determinadas relaciones entre elementos estimulantes, discretos e inconexos y que a la vez determina su interpretación.

...

Palmer (1999) define a la organización perceptiva como la estructuración de los elementos de la información visual en unidades perceptivas más amplias, como los objetos y las relaciones entre los mismos. (Textos tomados de Luna & Tudela. 2006. p. 225)

Para Irvin Rock la organización es:

Hay un significado diferente para “organización” en referencia a generar figuras, unidad o agrupación. Si una entidad tal como una forma o una melodía es pensada en términos de partes armonizadas, la organización de esas partes es el resultado de la estructura con propiedades emergentes. Tales que la forma o la melodía percibida es una cualidad que existe solo psicológicamente por la relación virtual entre las partes. En la percepción, el todo es diferente de la suma de las partes (Rock. 1985. p. 25).¹

X.2. Percibimos con la mente y no con los ojos

Desde el punto de vista de las neurociencias, la percepción es un

¹ La traducción se realizó para esta investigación, a continuación se escribe la cita original: *There is a different meaning of "organization" than that of achieving figures, units, and groupings. If an entity such as a form or a melody is thought of in terms of the parts that make it up, the organization of these parts results in a structure with emergent properties. Thus the perceived shape or melody is a quality that exists psychologically only by virtue of the relationship of the parts to one another. In perception, the whole is different from the sum of the parts* (Rock. 1985. p. 25).

Figura.IX.2. Categoría de relaciones. Esquema: Angélica Castro.

proceso activo, no es un proceso pasivo en donde sólo se reciben los rayos de luz en la retina, cuyas células fotorreceptoras, conos y bastones, son estimuladas. No es sólo a través del nervio óptico que la información luminosa es canalizada por diversas vías hasta el área de visión cortical del cerebro, sino que el individuo construye el precepto, construye la información; asimismo no toda la información está contenida en el estímulo lumínico, sino que el receptor tiene información que parte de la experiencia pasada y que se añade a la percepción ocurrida en el momento presente.

Se considera que la visión tiene un procesamiento híbrido, dos canales o vías de procesamiento que operan en paralelo. Hay información que proviene del estímulo externo, y la percepción de la imagen parte del procesamiento de ésta, es decir, somos guiados sensorialmente esto se conoce como procesamiento de abajo-arriba. En breves palabras, es a partir de los rasgos del estímulo visual que se llegan a excitar determinados *analizadores de rasgos* y de esta manera se abstraen las propiedades básicas del estímulo. El proceso perceptual abajo-arriba se sostiene en las teorías de visión computacional y la inteligencia artificial, entre otras, bajo la analogía: mente-ordenador, analogía que parte de que ambos procesan información. A continuación vamos a profundizar un poco más en ello.

Proceso abajo-arriba

El proceso perceptivo de abajo-arriba, como habíamos comentado, consiste en la interpretación de una imagen a partir de estímulos visuales. Se parte de que hay fotorreceptores y también redes neuronales que van identificando y reinterpretando los estímulos.

Este proceso de la percepción computacional es complejo de explicar de manera continua. Es más bien, que a través de los ejercicios realizados por la psicología experimental que se puede reconstruir cómo trabaja la mente. En el campo de la experimentación David Marr ha distinguido tres etapas para lograr la representación en la retina.

1) El principal paso para llegar a esta meta es describir la geometría de las superficies visibles, puesto que la información codificada en imágenes, por ejemplo, mediante la estereoscopia, el sombreado, textura, contornos o movimiento visual, proviene de las propiedades locales de la superficie de una forma. El objetivo de muchos cálculos visuales iniciales es el de extraer esta información.

2) La representación de las propiedades de las superficies visibles en un sistema de coordenadas centrado en el observador. Como la orientación de la superficie, la distancia que le separa del observador y las discontinuidades en estas cantidades, la reflectancia de la superficie y alguna descripción tosca de la iluminación reinante.

3) Una representación centrada en el objeto, de la estructura tridimensional y de la organización de la forma observada; así como también alguna descripción de las propiedades de su superficie (Marr. 1982. p. 44).

De las tres etapas mencionadas se identifican cuatro factores importantes que influyen en los valores de intensidad de una imagen física externa; el primer factor es la geometría, la cual, para nosotros, representa el primer nivel relacional. Los otros tres factores, igualmente importantes para la representación de la imagen, son la reflectancia de las superficies visibles, la iluminación de la escena y el punto de observación.

Asimismo para lograr la descripción de la forma y la superficie de la imagen, David Marr supone dos pasos: el primero se centra en el análisis de la estructura geométrica local: la descripción de las imágenes que implica operaciones como la representación y análisis de la estructura geométrica local, la detección de cambios de intensidad y la detección de efectos de iluminación como las fuentes de luz, los toques y las transparencias. Su resultado lo denomina esbozo primario. El segundo paso consiste en que varios procesos van a actuar en el esbozo primario para derivar una representación que aún se considerará retinocéntrica de la geometría de las superficies visibles. A esta representación se le denomina esbozo en 2 ½ dimensiones (se abrevia 2 ½ -D).

En este proceso, los cambios de intensidad de reflexión de la luz sobre las superficies visibles de los objetos proporcionan cierta organización, y dicha organización es manifestada en la imagen que se ha hecho de ella (en la retina). Para distinguir estas variaciones de intensidad David Marr propone hablar de los marcadores de espacio. En términos generales define a estos marcadores como la orientación, brillo, tamaño y posición, estos se pueden identificar en los elementos primarios o primitivos como son los bordes, los segmentos con límites, los puntos de discontinuidad en sus orientaciones, las barras como pares de bordes más o menos paralelos, terminaciones y manchas. Los elementos primitivos son los que constituyen el esbozo primario o la construcción de una primera imagen. Los elementos primitivos y los marcadores son los elementos básicos de la percepción, lo que en el diseño sería el punto, la línea y el plano (en términos geométricos).

Si vemos la relación y participación de los elementos primarios o primitivos, los marcadores y el esbozo primario, se puede explicar de la siguiente manera. Los elementos primitivos pueden ser muy concretos, como es una mancha de tinta, o pueden ser muy abstractos, como una figura hecha con puntos. Todos estos elementos primitivos manifiestan un marcador de espacio que conforma la estructura geométrica del objeto. Mediante procesos de selección y agrupamientos activos se pueden formar marcadores de mayor escala correspondientes a la imagen. David Marr plasma un ejemplo de una imagen en diferentes escalas de reproducción, todas en su conjunto conforman un esbozo primitivo. (Figura X.1)

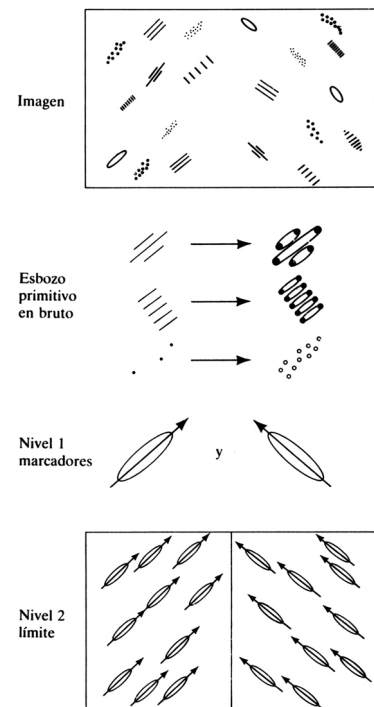


Figura.X.1. Este es una representación esquemática de las descripciones de una imagen en diferentes escalas, que en conjunto conforman el esbozo primitivo. Es conveniente citar la explicación de Marr: "En el nivel inferior, el esbozo primitivo en bruto refleja de modo fiel los cambios de intensidad y representa también las terminaciones, representadas aquí mediante círculos negros. En el siguiente nivel, se forman marcadores orientados para los grupos de la imagen y, en el siguiente, se construye un límite entre los grupos de las dos mitades de la imagen debido a la diferencia en la orientación de ambos. La complejidad del esbozo primitivo depende del grado de organización de la imagen a distintas escalas" (Marr. 1995. p. 60).

Según Marr, para que pueda haber una imagen, deben estar presentes: los elementos primitivos obtenidos y los parámetros asociados con ellos. De esta manera se recupera la información sobre la geometría subyacente de las superficies visibles.

Proceso arriba-abajo

Paralelamente, también percibimos bajo un proceso de arriba-abajo, es decir, que va de las expectativas, de los deseos, de lo que el observador quiera observar. La intención del observador orienta y sesga la interpretación del estímulo. La realidad toma el sentido de acuerdo a lo que el observador pretende. Si, por ejemplo, un artista camina por un centro comercial, identificará objetos estéticos y no tan estéticos, materiales, formas, sensaciones; sin embargo, un comerciante observará la variación de los costes de los productos, la calidad, el volumen y afluencia de compradores. Cada observación dependerá de la información, de su experiencia y lo que quiera encontrar; percibirá el mismo objeto de distinta manera. La personalidad es la que reinterpreta los estímulos.

Percibir es mucho más que ver. Puesto que la imagen que uno obtiene depende de varios factores: lumínicos, contextuales y conceptuales, que son acumulados por la experiencia. Una imagen tiene una etiqueta semántica común para cada persona en el momento en el que alcanza un grado de coherencia de acuerdo a todos estos factores. Sin embargo se han deducido algunos mecanismos de cómo la mente organiza toda la información que proviene del exterior, el contexto y su experiencia en pautas de organización.

En una entrevista con el Dr. J. Antonio Aznar, investigador y catedrático en la Facultad de Psicología de la Universidad de Barcelona, explicó un experimento con figuras ambiguas en donde se reunían estos tres factores:

El experimento se realizó con la imagen de un conejo-pato, un "pajero" abstracto impreso en blanco y negro. La imagen híbrida dejaba evidentes dos puntos estratégicos que permitirían que se percibiera el pato o el conejo. La imagen fue mostrada rotando sobre su eje hacia la derecha, donde los puntos organizadores iban cambiando de ángulo de posición. Esto les permitió observar a los investigadores la posición en la cual se puede reconocer las imágenes con facilidad y si este factor alteraba la percepción o no.

Durante el experimento, el observador no siempre era consciente de cuál era el rasgo que permitía ver al pato o al conejo, sin embargo, en el laboratorio se observó el dibujo de recorrido retiniano que mostró que el observador repasaba más veces en zonas específicas, como las orejas y las patas. Lo cual indicó que la mente la busca esta información de manera tan rápida que no llega a ser consciente.

Por otro lado se habló del factor contexto. Si el experimento se realiza en pascua, hay probabilidades mayores de que se reconozca la figura de conejo que la de pato. Un factor de contexto cultural en el que el observador se encuentra inmerso influye en sus percepciones por la asociación. El observador cuenta con una serie de experiencias sobre la época, las costumbres religiosas o no religiosas.

La teoría que encabeza esta postura es la teoría Gestalt, que en alemán significa “la buena forma”. Esta teoría propuesta por Max Wertheimer, Wolfgang Köhler, y Kurt Koffka² a principios del siglo XX considera que el reconocimiento de la forma se basa en el reconocimiento de la figura global, así como en la experiencia pasada relacionada a esa forma.

Estas leyes son conocidas por el diseño y han sido una base teórica para la construcción de la composición. Sin embargo las explicaciones y los experimentos han sido superados actualmente. No es la intención realizar una explicación exhausta de estas leyes, ya que se pueden consultar en otras fuentes, lo que sí es importante es considerar el concepto principal y un ejemplo de referencia. Las leyes se han sintetizado de la siguiente manera:

Proximity: Things which are close together are grouped together. (Bruce-Green.1995. p.110).

Similarity: things which look “similar” are grouped together (Bruce-Green.1995. p.110).

Common Fate: Things which appear to move together are grouped together (Bruce-Green.1995. p.110).

Good Continuation: ...perceptual organisation will tend to preserve smooth continuity rather than yielding abrupt changes. Quite dissimilar objects may be perceived as “belonging together” by virtue of a combination of proximity and good continuity (Bruce-Green.1995. p.111).

Closure: Of several geometrically possible perceptual organisations that one will be seen which produces a “closed” rather than “open” figure (Bruce-Green.1995. p.112).

Relative Size, Surroundedness, Orientation and Symmetry: All other things being equal, the smaller of two areas will be seen as figure against a larger background (Bruce-Green.1995. pp. 112-113).

The Law of Prägnanz: Wertheimer, Koffka (1935) Of several geometrically possible organisations that one will actually occur which possesses the best, simplest and most stable shape. (Bruce-Green.1995. p. 138)

Estas leyes de percepción explican cómo la mente atiende a ciertas cualidades de la forma que permiten reconocerla. Sobre ello vamos

² Vale la pena conocer que Max Wertheimer es considerado precursor de la propuesta de la teoría Gestalt. Wertheimer describía aspectos de la mente en la Facultad de la New School for Social Research de la ciudad de Nueva York. Wolfgang Köhler, que fue a Swarthmore, era muy conocido por los experimentos de los chimpancés, en la isla de Tenerife. Su primer libro sobre la Gestalt en física no fue traducido, pero sus posteriores experimentos sobre los post-efectos figurales en la percepción fueron bien recibidos en la teoría. Kurt Koffka, del Smith College, escribió el tratado clásico de la psicología Gestalt. Aunque sus ideas eran valiosas, eran poco comprendidas por la psicología y terminaron siendo retomadas por los filósofos.

a hablar a continuación, sólo que enfocándolo al tema de las relaciones. En la relación figura-fondo, ¿cuáles son las pautas de organización de la mente? y ¿cuáles son las pautas que el diseñador debe observar para poder potencializar la composición?

Elementos y relaciones en el nivel perceptual

-Los elementos

Los elementos básicos que se relacionan en este nivel son aquellos que se conformaron en el nivel geométrico: la figura y el campo visual en el cual interactúan.

El término “campo visual” es común en el ámbito del diseño. El modelo teórico de diseño básico del arquitecto y diseñador italiano Attilio Marcolli se llama la teoría del campo, misma que se basa en la teoría psicológica de la conducta en las relaciones sociales del psicólogo Kurt Lewin.

El campo es un espacio que presenta algunas características constantes en cada uno de sus puntos”...expone diversos tipos de campos: que pudieran ser como un campo deportivo, la pizarra, una habitación... “son campos porque son espacios que tienen en su interior ciertas características homogéneas (colores, materiales, forma, función etc) y son espacios también que en su interior se realizan determinadas operaciones (Marcolli, 1978: p.3).

Otro elemento fundamental es la luz, que en ocasiones no es controlado por el diseñador, sin embargo es necesario porque sin este recurso físico no habría información visual, no habría el medio que hiciera llegar lo que el diseñador ha plasmado.

-Las relaciones

Wucius Wong también considera elementos de relación, los cuales son muy importantes para esta tesis. Aunque difiero en la decisión de darles el nombre de “elementos”, puesto que no son elementos tangibles, para nosotros son conceptos relacionales, es decir, que ya implican una relación entre los elementos y de los elementos con el campo. Wucius Wong los define así:

Este grupo de elementos gobierna la ubicación, la interrelación de las formas en un diseño. Algunos pueden ser percibidos, como la dirección y la posición; otros pueden ser sentidos, como el espacio y la gravedad.

a) Dirección. La dirección de una forma depende de cómo está relacionada con el observador, con el marco que la contiene o con otras formas cercanas. (Figura X.2.a)

b) Posición. La posición de una forma es juzgada por su relación respecto al cuadro o la estructura.(Figura X.2.b)

c) Espacio. Las formas de cualquier tamaño, por pequeñas que sean, ocupan un espacio. Así, el espacio puede estar ocupado o vacío. Puede asimismo ser liso o puede ser ilusorio para sugerir una profundidad. (Figura X.2.c)

g) Gravedad. La sensación de gravedad no es visual sino psicológica. Tal como somos atraídos por la gravedad de la Tierra, tenemos tendencia a atribuir pesantez o liviandad, estabilidad o inestabilidad, a formas, o grupos de formas, individuales. (Figura X.2.d) (Wong, 2002, p.43)

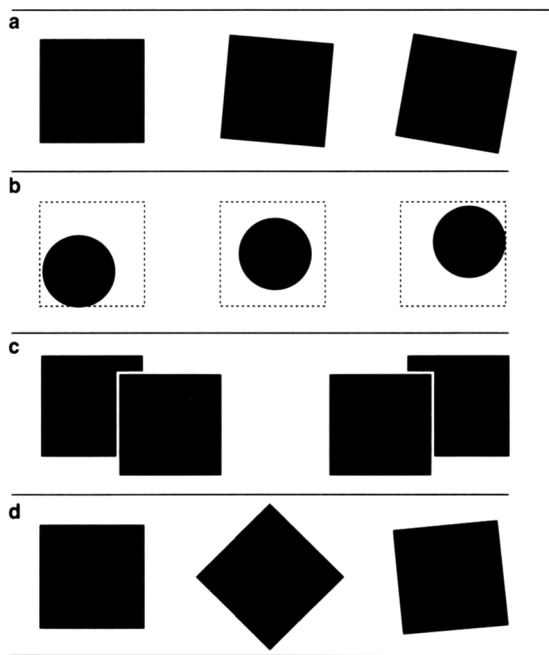


Figura.X.2. Elementos de relación según Wu-cius Wong. a) Dirección, b) Posición, c) Espacio, e) Gravedad. Imagen tomada de Wong, W. (2002) p. 43.

X.3. El contraste como concepto constituyente de la *estructura relacional* a nivel perceptual

La psicología Gestalt propone que se llevan a cabo dos mecanismos principalmente, uno de ellos es la segregación de objetos o percepción de la figura fondo. El segundo mecanismo es el del agrupamiento de elementos estimulantes discretos o inconexos en unidades perceptivas o agrupamiento perceptivo³. Ambos mecanismos nos sugieren que la mente debe realizar un proceso de relación de información.

Para poder tener una continuidad con los conceptos de la estructura relacional del capítulo anterior, vamos a tratar el tema del mecanismo de percepción de la figura-fondo, en el cual el tamaño es una cualidad determinante. ¿Cuáles son las cualidades de la imagen que permiten que haya una segregación entre estos dos elementos?, ¿cuáles es el proceso o los procesos que actualmente se conocen que el observador pone en marcha?

³ Este término de asociación y agrupamiento es importante abordarlo en un estudio, puesto que también forma parte de los conceptos relacionales a nivel perceptual.

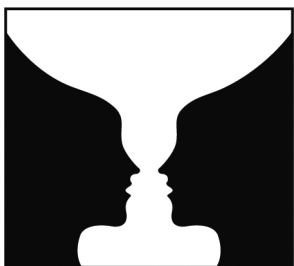


Figura.X.3. Imagen de copa de Rubín (1915), figura simultánea. Imagen tomada de Köhler, W. (1972) *Psicología de la forma. Su tarea y sus últimas experiencias*. Madrid: Ed. Biblioteca Nueva. p.107

El diseñador gráfico puede estar muy familiarizado con este concepto, por algunos comentarios generales y figuras muy conocidas como la imagen de las dos perfiles y una copa (Figura X.3), imagen reversible propuesta por el psicólogo danés Edgar Rubin (1915). Pero es necesario que lo abordemos de manera más profunda para poder distinguir cuáles son los factores que la mente retoma para poder distinguir la figura del fondo. Y para nosotros es conocer cuales son los factores que se relacionan.

En los experimentos, Edgar Rubin concluye con algunos principios con base en las observaciones y descripciones fenomenológicas sobre lo que ocurría con los observadores cuando se presentaba dicho estímulo, así como otros denominados reversibles:

- a) La figura tiene carácter de objeto, el fondo no. b) La figura tiene forma, el fondo no la tiene. La forma de la figura procede del contorno que la delimita, por ejemplo, en las figuras reversibles presentadas en la parte superior de la Figura 1 la asignación del contorno a la parte blanca o negra determina que dicha parte se perciba como figura. c) La figura tiene color de superficie mientras que el fondo es menos denso. d) La figura está localizada frente al fondo. e) Resulta más fácil discriminar figuras entre sí que fondos. f) La figura se conecta más fácilmente a significados que el fondo. (Luna & Tudela, 2006 p. 228)

Más adelante Edgar Rubin y otros investigadores definen cuáles son los estímulos que participan en la definición de la figura y el fondo. La Gestalt los define como “principios de organización de la *figura y el fondo*” que se citan a continuación:

- Áreas envolventes y envueltas. Las áreas envueltas tenderán a percibirse como figura y las envolventes como fondo.
- Simetría. Las áreas que presentan simetría en su eje vertical tenderán a percibirse como figuras con mayor facilidad que las que no la presentan.
- Áreas convexas y cóncavas. Las áreas convexas tenderán a percibirse como figuras con mayor probabilidad que las cóncavas.
- Orientación. Las áreas orientadas vertical-horizontalmente se perciben como figuras con mayor facilidad que las oblicuas.
- Tamaño relativo. Las áreas de menor tamaño tenderán a percibirse como figuras con prioridad a aquellas que presenten un tamaño mayor.
- Contraste. Las áreas que presenten mayor contraste con el contorno global se percibirán más fácilmente como figuras que aquellas que presenten menos contraste. (Luna & Tudela, 2006 p. 229) (Figura X.4)

Las propuestas de la Gestalt han sido consideradas poco fiables, puesto que los principios se han formulado de manera vaga. Se consideran descriptivas ya que no hay suficientes experimentos que prueben los principios en otros casos. Otro aspecto es en la veracidad de los principios, ya que no se pueden aplicar siempre de la misma manera. En el caso de distinguir la figura-fondo, si los observadores colocaban mayor atención a uno o a otro, la figura pasaba a ser fondo y viceversa. También algunos principios tienen una contraposición teórica, menciono el ejemplo porque es precisamente el tema del cual hablamos, y se refiere a que tanto el principio de simetría y convexidad intervienen en la distinción de la figura-fondo,

sin embargo prevalece que la convexidad es la cualidad de la imagen que permite que se distinga la figura. Siendo que la simetría es una cualidad que atribuye mayor simplicidad a la forma, cosa que va en contra de los principios de la Gestalt, donde la forma más simple es la que se percibe con mayor rapidez. (Figura X.4)

Las propuestas de la Gestalt han sido consideradas poco fiables, puesto que los principios se han formulado de manera vaga. Se consideran descriptivas ya que no hay suficientes experimentos que prueben los principios en otros casos. Otro aspecto es en la veracidad de los principios, ya que no se pueden aplicar siempre de la misma manera. En el caso de distinguir la figura-fondo, si los observadores colocaban mayor atención a uno o a otro, la figura pasaba a ser fondo y viceversa. También algunos principios tienen una contraposición teórica, menciono el ejemplo porque es precisamente el tema del cual hablamos, y se refiere a que tanto el principio de simetría y convexidad intervienen en la distinción de la figura-fondo, sin embargo prevalece que la convexidad es la cualidad de la imagen que permite que se distinga la figura. Siendo que la simetría es una cualidad que atribuye mayor simplicidad a la forma, cosa que va en contra de los principios de la Gestalt, donde la forma más simple es la que se percibe con mayor rapidez.

No profundizaremos en más comentarios que traten de la metodología empleada por la Gestalt para la realización de los experimentos; pero sí han sido acertadas las preguntas que se plantearon, puesto que aún son motivo de estudio en la actualidad⁴ y por ello se toman en cuenta otros autores para comprender mejor el fenómeno. Es lo que haremos con el concepto de contraste.

Al hablar del contraste entre la figura-fondo, se han seleccionado tres experimentos y tres explicaciones: el contraste entre la figura-fondo se organiza por el borde, la nitidez de la imagen y la dimensión del área que encierra el borde. Con estas explicaciones vamos a explicar tres pautas con las cuales se explica la relación entre la figura-fondo desde la perspectiva de la estructura relacional de la composición visual gráfica.

El objetivo de observar los experimentos es observar las relaciones que sugieren, no tanto el imitar una imagen simultánea. Gracias a estos experimentos se puede realizar un análisis más detallado de la relación entre la figura-fondo, un análisis que parta no de la imitación del objeto, sino de la información que toma en cuenta el cerebro para distinguir entre la figura y el fondo.

⁴ Los estudios que parten de las inquietudes de la Gestalt aún siguen en los laboratorios: El estudio de las relaciones entre el todo y las partes, los efectos de superioridad del objeto y de superioridad configuracional, el procesamiento de aspectos globales y locales de los patrones visuales jerárquicos, la segregación perceptiva con base en la textura y las relaciones entre mecanismos de selección atencional y organización perceptiva.

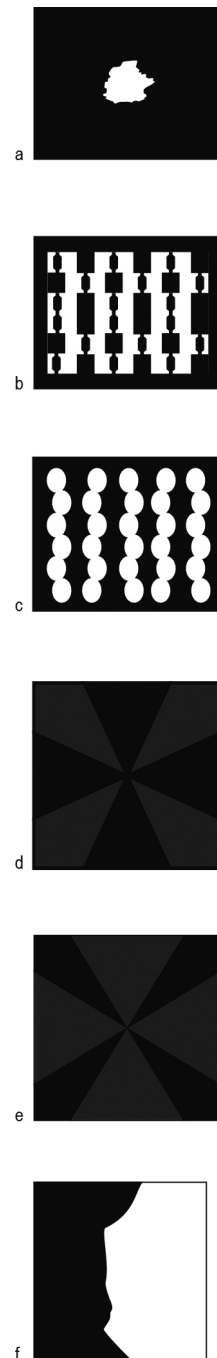


Figura.X.4. Ejemplos de los principios de segregación de la figura-fondo. Según la explicación de Luna y Tudela: ...estos principios, tendrán a percibirse como figura las áreas envueltas (A), simétricas (B), convexas (C), las que presenten orientación vertical-horizontal, un menor tamaño relativo y mayor contraste en el contorno global (partes más oscuras de D,E,F). Por el contrario, tenderán a percibirse como fondo las áreas envolventes, asimétricas, cóncavas, las que presenten orientación oblicua, un tamaño relativo menor y un mayor contraste con el contorno global. (Luna-Tudela. 2006. p.228) *Imagen tomada de Luna, D., Tudela,P (2006). Percepción visual. España: Ed. Trotta, S.A. p. 228.*

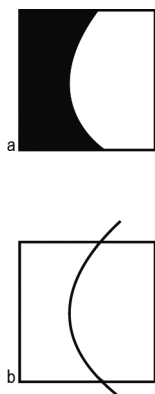


Figura.X.5. Experimento para mostrar la "descripción" que coopera en el reconocimiento de la forma. a) el contorno central puede ser un borde para la figura derecha (blanca) o la izquierda (negra). La figura b) es un borde central que no pertenece a ninguna figura. Rock, I. (1985). *The logic of perception*, Cambridge: The MIT Press p. 66.

El borde

A la figura simultánea de las copas se le cuestionó cuál de las dos imágenes era la que se percibía y cuáles eran los factores que intervinieron para que se percibiera primero, puesto que solamente se había llegado a decir que se percibía una imagen y la otra no. Existen varias explicaciones. Una de ellas es la que expone Irvin Rock, quien hace ver que se distingue como figura o fondo a aquella zona a la cual se le designe el contorno. Si se percibe la imagen de las caras, el borde pertenece a las caras, en caso contrario a la copa. ¿Cómo se designa el contorno?

Irvin Rock identificó otro aspecto: la descripción. El borde será del área a la cual la percepción describa porque reconoce primero. Irvin Rock realizó otro experimento que consistió en dibujar un cuadro compuesto de una curva que pasa por la mitad. La mitad derecha es blanca y la izquierda es negra. Irvin Rock dice:

The point I would like to emphasize is that the two possible percepts, black or white figures, not only look different but the way in which they look different is based precisely on the way each would be described. In this example, the black region is concave, the white one convex. If no such figure-ground organization occurs, the centralline would be described as curved to the left, but it would not be either convex or concave. [...] Only a two-dimensional surface can have that characteristic, and it requires that its boundary be taken as an edge (1985, pp. 65-66).

Pauta relacional uno: lo contiguo

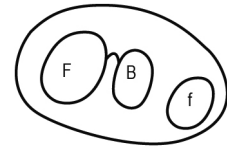
La relación consiste en que dos áreas con cualidades opuestas al estar contiguas su diferencia generará un borde. El borde puede ser remarcado o construido por el límite de ambas áreas, generando un perfil; sin la presencia de las dos áreas no podría haber borde, se puede hablar de una interacción por complementariedad de uno con el otro. Así, cuando uno es percibido, el otro pasa a ser un elemento secundario y viceversa. De esta interacción tenemos como resultado la emergencia básica, la emergencia del borde.

Pauta relacional dos: de complementariedad entre el borde y la figura

El área que se percibe como figura asocia también al borde como parte de la misma y no parte del fondo.

Como pauta de relación vamos a analizarlo de otra manera. Los elementos que interaccionan son las dos áreas y el borde emergente. En la relación entre la figura, o área seleccionada como figura, y la asociación del borde ocurre una relación de complementariedad y afirmación, puesto que tanto el área como el borde o contorno cooperan

para la identificación de la figura. Es una relación recíproca de identificación para ambos. El área que no es figura pasa a ser el fondo. Veamos en ejemplos algunas deformaciones de lo mismo, para conocer cuál sería el efecto mínimo y máximo de esta complementariedad.



-Estructura topológica sobre la relación de complementariedad

La estructura relacional topológica plantearía una complementariedad y una disociación, por lo que sería un conjunto de borde, un conjunto de área-figura y un conjunto de área-fondo. (Figura X.6)

Figura.X.6. Representación bajo el modelo con caracter topológico de la relación entre el borde (B), la figura (F) y el fondo (f). Esquema de: Angélica Castro

Ejercitar la habilidad de generar simultaneidad compartiendo un borde

La relación de simultaneidad implica varias condiciones, la primera es que es un borde o un contorno que divide un campo visual gráfico en dos partes. La segunda condición es que dicha división debe construir dos figuras que tengan algún sentido para el receptor. Una tercera condición es que los espacios que rodeen el contorno deben ser equilibrados, es decir, deben tener una proporción en área visual similar de 1:1, ya que de lo contrario, se percibirá preferiblemente una imagen.

La simultaneidad no debe afectar a la lectura o reconocimiento del concepto que se quiera comunicar. Es decir, tanto la percepción de una forma como de la otra deben ser coherentes y no causar confusión.

Ejemplos de análisis

Las imágenes simultáneas, son muy recurrentes en el diseño, especialmente en el diseño de marcas identificativas, donde la brevedad de los elementos gráficos es importante para que se memorice fácilmente. Tanto la imagen de forma y fondo tienen un papel fundamental y su visibilidad debe ser más obvia. En este caso pueden ser elementos repetidos o imágenes sencillas. (Figura X.7)



Figura.X.7. Ejemplo de figura-fondo. La marca de fórmula 1 es un buen ejemplo de figura-fondo donde ambas figuras comparten un borde, además no perjudica el orden de la lectura de la palabra. Las dos figuras cuentan con una complementariedad del borde, en un momento la F y en un segundo momento el número 1, dicha complementariedad refuerza la forma de uno y otro.

Haremos un experimento para notar las relaciones progresivas entre el contorno y el área figura, así como el fondo. Este experimento se tratará de tomar formas abstractas e icónicas, las cuales se presenten en un campo visual. A la imagen la variaremos de tamaño dentro del campo, generando una variación en la relación figura-fondo para notar dónde la complementariedad con el contorno puede verse afectada o debilitada.

En este experimento podemos notar que la complementariedad de ambas puede ir siendo más débil o más fuerte cuando se juega con la proporción entre las dos áreas. (Figura X.8)

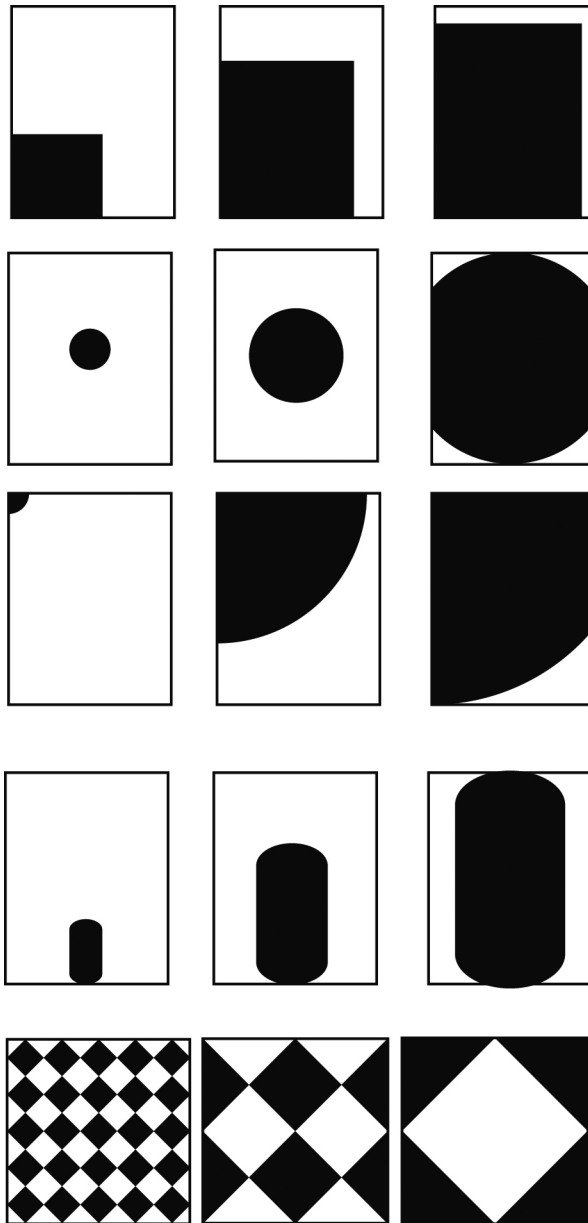


Figura.X.8. *Ejercicio de relación figura y fondo.*
 En estas imágenes lo que se realizó es un ejercicio en donde reunimos el objeto de estudio, la relación entre la figura y el fondo. Para observar mejor las relaciones es necesario hacer un ejercicio en donde se vaya modificando esta relación, que la alteremos de cierta manera. Para ello se propone el ejercicio de generar una figura-fondo (variable dependiente) que será modificada en su proporción, es decir, el tamaño entre la figura y el fondo, para observar qué ocurre con la relación que guardan al ser alteradas. Podemos observar lo siguiente: en la mayoría de los casos la modificación de la proporción alteró la relación de la figura fondo, haciendo que la figura pasara de ser figura a fondo. El borde en este caso también tuvo un cambio, pues de asociarse con un área, pasó a asociarse con la contraria. El cambio al ser gradual puede tener etapas donde los roles sean más claros y menos ambiguos. Esquema: Angélica Castro

Se observa pues que la relación figura-fondo puede alterar totalmente la expresión del diseño, por ejemplo, en la evolución del rombo; la figura eran los rombos oscuros, pero había una duda en ello, puesto que también competían en valor con los rombos blancos, sin embargo en la última imagen el rombo blanco tomó protagonismo por la proporción, (relación geométrica) definiéndose como figura, el contorno pasa a ser asociado y complementar mejor a esta figura que a los triángulos laterales, favoreciendo así su nivel de jerarquía.

No obstante al realizar estos ejercicios podemos tener una variedad de opciones para seleccionar, cuál de estados relacionales es más conveniente para la expresión del concepto y cuál de las figuras es la más adecuada para comunicar.

La nitidez de la imagen

Una de las pautas para distinguir la relación entre la figura y el fondo es la nitidez de la imagen. Esta pauta de relación se ha deducido observando dos situaciones, en primer lugar los experimentos que se han realizado para explicar que en el proceso de organización de la información, en cuestión de las figuras ambiguas, se ha notado que los observadores tomaban como pauta la nitidez como grado de información.

La interpretación de la pauta de nitidez en términos de diseño, sería considerar como figura el área que contenga más detalles visuales, con el objeto de que esta área se identifique como forma o el área principal, y se considera al fondo como el área que tiene menos detalles. Esto significa proporcionar más información sobre el primer nivel de atención (la figura) y menos información sobre lo secundario (el fondo).

El fenómeno de discriminación por nitidez tiene una explicación desde el punto de vista psicológico, el cual se redacta a continuación:

La Teoría Gestalt, afirma (desde el punto de vista fenomenológico) que la figura está más relacionada al objeto real y que tiene presente más características, mientras que el fondo tiene escasas características. A esto se le tradujo como componentes de frecuencia espacial desde el punto de vista de la psicofísica. El campo visual presentará un contraste con la figura que tendrá más detalles. De esta manera Julesz (1978) propuso que el procesamiento de la figura se caracterizaría por un análisis de los detalles de la imagen mientras que el procesamiento del fondo se caracterizaría por un análisis de estructuras más globales (Luna y Tudela, 2006, p. 233)

Los estudios realizados de la psicofísica (Marr y Poggio, 1979; Graham, 1980) dicen que la zona espectral que tiene frecuencias altas contiene más información sobre los detalles de la imagen, una característica del grano fino; y por el contrario, la zona espectral que contiene frecuencias espaciales bajas lleva información global, características del grano grueso. (Luna y Tudela, 2006, p. 233)

A partir de la frecuencia espacial algunos investigadores se han planteado la pregunta si existe una relación entre la frecuencia espacial emitida por las imágenes y la percepción de la figura-fondo. Wong y Weisstein (1983) realizaron una prueba con la imagen de Rubin. Variaron los interiores de las imágenes añadiendo líneas horizontales, unas de ellas más definida que otras. El experimento consistió en mostrar las imágenes en distintas ocasiones: con la línea nítida en el fondo y la borrosa en la figura, o con la línea nítida en la figura y la borrosa en el fondo. La mayoría de los observadores distinguió como figura aquella que mostraba mayor definición. (Fig.10.9.a)

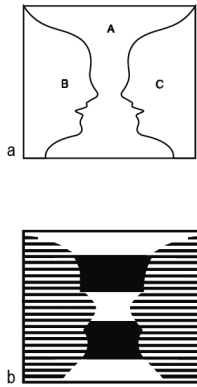


Figura.X.9. Experimento Wong & Weisstein (1983) y de Klymenko & Weisstein (1986). Imagen tomada de Luna,D. & Tudela,P. (2006) *Percepción visual* España: Ed. Trotta, S.A. p. 234.

Otro experimento fue realizado por Klymenko y Weisstein (1986). En él se aplicaba un enrejado con líneas, las cuales generaban una variación en la frecuencia espacial entre las dos áreas. Estas rejillas están hechas en blanco y negro, generando un máximo contraste. Las líneas son muy nítidas y su variación corresponde a que, mientras más anchas sean las líneas la frecuencia será menor, y mientras más delgadas se encuentren, la frecuencia será mayor. (Fig.10.9.b) Obtuvieron como resultado que el área con mayor frecuencia espacial se percibía como figura en un mayor número de veces.

La comparación de presencia o ausencia de elementos que detallan las áreas será un parámetro para poder distinguir cuál es el elemento más importante. En otras palabras, aquél que guarde mayor información será al que se le pondrá mayor atención.

Pauta relacional tres: la diferenciación

Una vez observados los resultados del experimento y el diseño del mismo podemos distinguir que la relación información no-información es un binomio que establece relación a manera de diferenciación. Es decir, para generar diferencia es necesario que las dos partes se interrelacionen. Dicho de manera contraria describiría mejor la relación de estos dos elementos: por esta interrelación se definen como forma y como fondo. La presencia simultánea de ambos (figura-fondo) los hace emergentes.

Además de la emergencia de presencia, la pauta de evidenciar la diferencia se “regula recíprocamente”, es decir, dependiendo de las cualidades de la figura deben ser las cualidades opuestas para el fondo. El diseñador dará estas cualidades de acuerdo a la valorización de los detalles. Esta valorización estará relacionada con el concepto.

Ejemplo, si el concepto es la flexibilidad y comodidad de los zapatos, los elementos que resalten estos dos conceptos serán ponderados. Por ejemplo, en un anuncio de televisión sobre plantillas de un material especial, para resaltar tanto el producto como la calidad, maximizan el producto y lo colocan como una especie de alfombra en una escalera al aire libre. Cada vez que una persona da un paso, el material se expande y se hunde la zona donde se hizo la pisada. Todo está concentrado entre el zapato y la persona, esto es la imagen. La escalera y el paisaje pasan a ser el fondo de la composición, un contexto que coopera para expresar comodidad. Las cualidades de uno y de otro se ven afectadas por información, color brillante, tamaño irreal. Por cualidades que hacen que sobresalga. El número de elementos no fue el motivo por el cual el paisaje fuera seleccionado como figura, sino las cualidades de los elementos: la cualidad del color y a proporción entre la plantilla y la persona hizo que éste se definiera como figura.

Hay que recordar que el diseñador define la valoración de los detalles tanto del fondo como de la forma, siempre con relación al concepto o los conceptos involucrados en el mensaje. Así pues, los conceptos con mayor carga informativa (conceptual) se verán representados en la figura, determinada como tal por la predominancia de cualidades y la importancia de las mismas. Por ejemplo, en un lápiz labial es de suma importancia el color y la tersura del lápiz, pero es menos importante si la tapa es negra, cromada o con alguna imagen. Por lo que los detalles se centran en el tubo en sí, y no en el envase, aunque también el envase es importante, en este caso es en segundo lugar.

El mismo contraste generará una jerarquía entre los elementos de la composición, porque la figura puede ser varias figuras, sólo que siempre hay una figura principal. Entre ellas también puede haber grados de contraste.

El objetivo del concepto relacional de contraste contribuye a guiar al observador hacia donde el diseñador le interesa que observe de manera inmediata: en donde haya más información que permita distinguir la figura, incluso de saber qué es. Éste uno de los primeros niveles que el diseñador debe ayudar a acentuar.

-La descripción topológica.

La estructura topológica tiene la función de evidenciar las relaciones que, en este caso, se manifiestan en el contraste. La estructura topológica es una representación de la composición, pero en el lenguaje abstracto de las relaciones. Es una estructura que no es evidente para la vista, es conceptual, por lo que quien la crea y la interpreta es el diseñador, para beneficio del análisis de su propio trabajo.

La representación con cualidades topológicas de la composición en la cual se puede evidenciar las relaciones consiste en lo siguiente:

Se trazará un círculo, entendiendo por ello un espacio topológico, y dentro del mismo se representarán los elementos que se encuentran dentro de él en este caso la figura (F) y el fondo (f), la figura se subdivide en subconjuntos los cuales representan los elementos que la detallan y que tienen significación. Igualmente se hará en fondo. Este modelo analógico de la composición, describirá si la figura cuenta con más elementos con relación significativa al concepto que el fondo. De esta manera se podrá equilibrar la información distribuida en un área o en la otra. (Figura X.10)

Si bien la descripción de carácter topológico grafica las relaciones, dichas relaciones son las que otorgarán un valor o jerarquía superior a la forma ante un fondo u otros elementos secundarios que serán parte de un contexto.

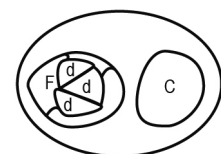


Figura.X.10. Ejemplo de descripción de carácter topológico que representa la información incluida en un área a diferencia de otra. Lo que da lugar a la forma (F) y contexto (C). Esquema: Angélica Castro.

La estructura topológica se puede emplear durante el proceso proyectual, en la etapa de boceto. Se puede realizar una estructura por cada uno, el análisis evidenciará cómo a través de los cambios de relación una figura pueden tener mayor información que el fondo.

-Ejercitar el equilibrio entre el contraste figura fondo

Como propuesta para sensibilizar al diseñador gráfico respecto a generar distinción de la figura-fondo, se puede partir, primeramente, de realizar figuras con efecto simultáneo en donde se genere un valor semejante, como en las copas de Rubin. De esta manera se puede conocer la amplitud del espacio, la división del mismo y los detalles que ambas imágenes comparten para que sean neutras una con respecto a la otra.

En varios ejercicios de diseño se trabaja para lograr imágenes simultáneas, precisamente para poder valorar estas dos áreas y aprenderlas a equilibrar. Con este ejercicio, el diseñador ejercita la habilidad de pensar en estos dos elementos y no aislar la figura. La integración de la figura al fondo es fundamental en la composición. El fondo y la figura son los elementos básicos para que haya una composición. Los dos tienen un grado de comunicabilidad.

La relación de ambos es parte de la estructura relacional, se complementan en lo perceptual, como lo indica el nivel, sin embargo también tienen relaciones geométricas, como las habíamos hablado en la proporción.

Los factores de relación son la retribución de soporte estimulante, de elemento existente.

La dimensión del área que encierra el borde

Otra explicación sobre la segregación de la figura-fondo es dada por Driven y Baylis (1996), quienes, si bien parten del supuesto de que solamente se puede observar una figura en las imágenes simultáneas y esto se debe a que el sistema perceptivo impone el orden a la estimulación de cada área (según la Gestalt), proponen que el hecho de que sólo se pueda percibir una figura a la vez depende de los bordes, los cuales dividen el campo visual y se asignan unilateralmente, es decir, se asignan a un único lado.

Aunado a ello, consideraron el principio de la Teoría Gestalt sobre la organización perceptual, donde el tamaño relativo y el contraste determinan que la parte más pequeña y con mayor contraste se percibe primero. Esta hipótesis podría ser verdadera si los participantes no observaran la línea quebrada. De esta manera el juicio de distinguir

un área o la otra tendrían la misma probabilidad. Sin embargo los resultados fueron que los observadores asignaron el borde a un único lado del campo visual, al que correspondía a la figura. El experimento se muestra en la figura X.11.

En los resultados también consideraron los principios de simetría y convexidad los cuales confirmaron la hipótesis de la asignación unilateral de bordes, es decir que no es posible observar dos imágenes. Y como conclusión los autores sugirieron que la asignación de los bordes entre figura y fondo es unilateral y espontánea y que no interviene la atención.

Sobre la espontaneidad de la segregación de la figura-fondo encontramos las conclusiones de Peterson (1994) quien hizo un experimento que puso en evidencia otro factor que debía tenerse en cuenta: la familiaridad. Esto indica que antes de hacer la segregación figura - fondo se reconocen los objetos que se conocen, dificultando así la "reversibilidad" de la imagen.(Figura X.11)

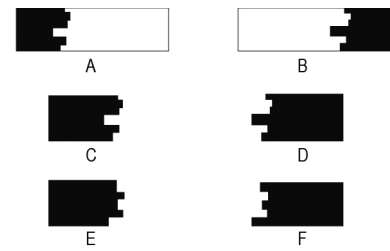


Figura.X.10. Estos son estímulos similares a los que se utilizaron en los experimentos de Driver y Baylis (1996). Imagen tomada de Luna,D. & Tudela,P. (2006) *Percepción visual* España: Ed. Trotta, S.A. p. 234.

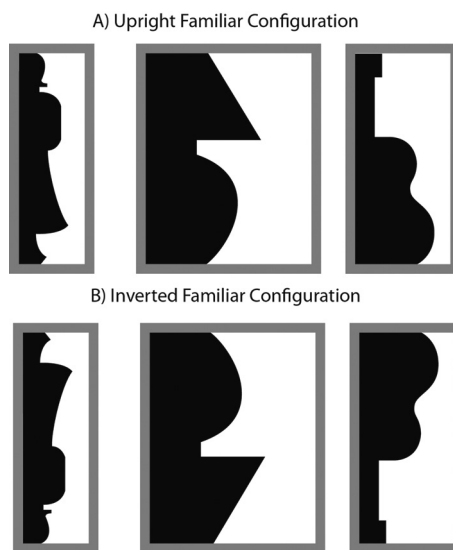


Figura.X.11. Experimento realizado por Gibson y Peterson, (1994) Experimento que evalúa el reconocimiento de la imagen por su familiaridad. Imagen recuperada de: http://www.researchgate.net/figure/262931321_fig1_Bipartite-figure-ground-test-stimuli-used-in-this-study-%28see-also-Peterson-et-al.-1991 [Consulta 2015]

Aquí se introduce el factor de la experiencia del observador sobre el estímulo que se presenta. Este factor depende del observador y es indispensable para la percepción, como lo habíamos dicho al explicar el proceso perceptivo. Es un factor que no depende de la estimulación física, pero sí de la psicológica; se refiere al banco de información que tiene la mente, las estructuras neuronales que ya ha realizado la mente por estímulos anteriores. Estos recursos siempre están presentes en el proceso de organización perceptual, de hecho, gracias a ellos se puede reconocer un objeto. No sólo verlo, sino reconocerlo.

Pautas relacionales cuatro y cinco: relación dentro-fuera y asociación con la experiencia

Otra pauta relacional que podemos encontrar en la interacción figura-fondo es la dada por el área que encierra el contorno, el área externa que lo rodea (como estímulos psico-físicos) y la relación con la familiaridad de la imagen según la experiencia. Las presentaremos por ahora de manera conjunta, aunque refieren a dos aspectos muy distintos de la forma o estímulo físico. Uno de ellos es el estímulo y la información que proporciona el estímulo, y la segunda está relacionada con estímulos anteriores ya identificados y comparados con el actual. Pero uno depende del otro, puesto que si la información que se evidencie es la básica o mínima pero representativa, puede evocar rápidamente la imagen por la experiencia. Explicaremos primero la pauta relacional dentro-fuera.

Podemos decir que hay una dicotomía de dentro-fuera, incluido-excluido, Aunque también puede ser que este borde sea cerrado, entonces se diría de espacio abierto-interior abierto, o se relacionaría la lateralidad de la línea. La relación con la familiaridad de la imagen puede ser original-abstracto, conocido-desconocido.

La relación de dentro y fuera podemos encontrarla en ejemplos de imágenes; uno muy sencillo son los comics en los cuales toda figura se encuentra bien delimitada por un contorno visible. La fundación de este contorno es distinguir la figura de un contexto en el cual hay otros elementos secundarios. El contorno evidencia una figura conocida que puede ser fácilmente identificable.

Otros bordes menos evidentes son los emergentes, por el contraste de tonalidad de la figura y el fondo. Estos bordes son complejos por su ambivalencia, el área contenida o el área que está a su alrededor puede cooperar para que se distinguía la figura del fondo, sin embargo es el mismo contorno el que lo decide todo. El contorno, entonces, debe definir un perfil de algo conocido. Es decir que la proporción del área interna-externa es un factor secundario en la decisión de identificar a la figura. Lo que permite esta identificación es que el perfil se asocie al área que evoque una figura reconocible o conocida.

Podemos explorar de manera muy sencilla las diversas opciones. Primero observemos la lámpara de la figura X.13, ésta tiene una configuración simétrica, una relación donde dos de sus lados son idénticos, por lo que al colocar sólo la mitad de uno, el observador da por entendido que falta una parte, pero que ése es el objeto. Sin embargo, cuando un contorno solamente muestra 1/3 parte de la información, esta parte debe contener una carga de información importante para que se pueda deducir el resto y reconocer el objeto. Si sólo mostramos el triángulo de la pantalla de la lámpara, difícilmente podremos reconocer al objeto y por ende decimos que es un triángulo que puede confundirse y de ser figura puede ser fondo.

También podríamos decir que la identificación de la figura depende de la ubicación en el campo visual. Si se requiere hacer un encuadre, éste debe realizarse a partir del área que más informe sobre el elemento.

Otro caso que puede presentarse en el reconocimiento de figura fondo, es cuando se habla de familiaridad, no sólo es escoger qué se va a representar, sino también el cómo; y si esta representación llevará un grado de abstracción, ésta requiere tener los rasgos más característicos.

Dicho de otra manera en la figura X.13 las áreas tanto interna-externa como lateral derecha-izquierda del borde deben ser suficientes para que se reconozca la figura como tal. La imagen c de la figura X. 13, puede ser un triángulo y un círculo, entre otras más opciones, pero no es posible reconocer una lámpara de manera tan rápida como en la imagen a. Así mismo lo que era fondo pasa a ser imagen, y en este ejemplo, llega a ser también una figura ambigua en la imagen c. En la imagen a, el fondo no presenta ninguna ambigüedad puesto que su función es solo contornear la imagen.



Figura.X.13. Ejercicio de la relación del espacio dentro-fuera. Imagen de: Angélica Castro.

Para la quinta *pauta relacional: asociación con la experiencia*. Se seleccionaron dos ejemplos en los cuales el área interna de la figura o las figuras sea tan pequeña o tan grande pero de cualquier manera debe ser cualitativamente representativa para ofrecer la información necesaria para un reconocimiento de la misma.

Recordemos la conmemorable escena de la película de E.T., cuando el extraterrestre sale con el niño a volar en bicicleta, el encuadre parece sugerir que llegan a la luna. Lo que se percibe de ellos es solamente el contorno sin ningún detalle, pero éste dibuja la información suficiente para poder distinguir qué es o quiénes son. (Figura X.14)

Como ejemplo para la relación entre distinción de figura-fondo a través de la experiencia, podemos comparar la facilidad con la cual se distingue la figura-fondo en una fracción de la imagen de una cebra, cuando se presentan las líneas en blanco; en comparación con la imagen que presenta el contorno de la cebra completamente negro (Figura X.15). No dudaríamos que la imagen b que muestra las líneas es una cebra, en cambio, la figura a, podríamos confundirla con un caballo o un burro, la información necesaria para relacionarlo con una forma conocida no es suficiente en la imagen del perfil aunque en cantidad esta proporcione la cabeza completa del animal.

Interpretación topológica

La representación topológica puede abordar dos aspectos: uno es la proporción de las áreas y el segundo es la familiaridad de la imagen. Podría explicarse de la siguiente manera.



Figura X.14. Ejemplo de distinción de la figur del fondo por asociación a la experiencia. Imagen recuperada de: <http://blogs.elcorreo.com/gran-cinema/2012/12/06/et-cumple-30-anos/>

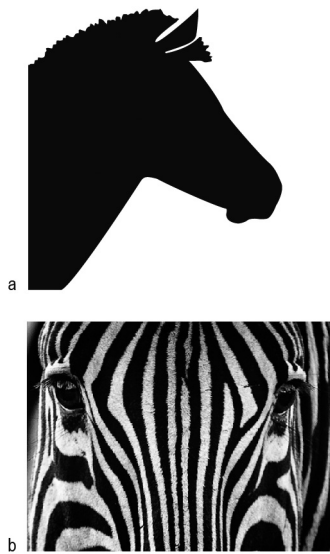


Figura X.15. Pauta relacional de asociación con la experiencia. Imagen de: Chris Gray, My Shot recuperada en <http://www.nationalgeographic.es/noticias/animales/120209-zebra-stripes-horseflies-bugs-akesson-science> [consultada: 2015]

Primeramente, en un espacio topológico se deben identificar dos elementos correspondientes a dos áreas con las que interactúan: un área interna-externa o un área izquierda-derecha. La relación se observa en la proporción entre el espacio ocupado entre la figura y su contexto y si las cualidades de la imagen que se evidencian son significativas o son información esencial para su reconocimiento. (Figura X.16)

Por otro lado también puede realizarse una representación de carácter topológica para representar únicamente las cualidades que son información relevante para que la forma pueda ser asociada con el objeto conocido. Y puede mostrarse un cambio gradual por ejemplo en la figura X.17, los elementos que se grafican son la figura y sus gradaciones, el extremo izquierdo corresponde a la figura icónica-original (O) donde se representan las cualidades significativas de la imagen, la figura en el extremo derecho es la imagen abstracta, en la parte media, se representarían las abstracciones progresivas, considerando que algunas cualidades deben mantenerse para que siga asociándose a la figura conocida. La relación final a observar es la diferencia entre la imagen más conocida y descriptiva entre la abstracción aún reconocible.

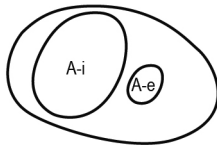


Figura X.16. Esquema de estructura relacional entre la proporcionalidad de presencia de la figura en el contexto. Esquema: Angélica Castro.

Estos esquemas pueden mostrar al diseñador de manera abstracta el registro del proceso para que puede tomar una decisión además de observar directamente los resultados.

X.4.- Definiciones de textura en lo físico, perceptual y comunicacional

En este capítulo vamos a estudiar la textura como elemento perceptual, como estímulos en gradaciones y jerarquías que ofrecerán información visual sobre la dimensión y el límite del objeto bidimensional. Todo a partir del proceso perceptivo de abajo-arriba.

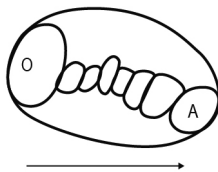


Figura X.17. Esquema de estructura relacional entre las cualidades de la imagen original y las cualidades de la forma abstracta. Esquema: Angélica Castro.

Descripción desde el punto de vista físico

Una textura es una propiedad física de la superficie de los objetos o sustratos. En sí, es solamente una variación o irregularidad de una superficie.

La textura permite que los cuerpos tengan propiedades físicas como la elasticidad, la capacidad de plegarse, la resistencia, la impermeabilidad y el grosor.

Descripción desde el punto de vista perceptual

La textura, desde el punto de vista perceptual, es un elemento útil para el reconocimiento del objeto, puesto que en ocasiones el elemento informativo para identificarlo es la propia textura, como en el caso de la madera o el mármol.

Sin embargo se pueden crear texturas, como ya lo habíamos comentado, y estas, si se les da una intención comunicativa se van a asociar al objeto. Por ejemplo, un cabello hecho con hilo de estambre o un individuo cuyo cuerpo sea de mercurio. Si bien los seres humanos no son de mercurio, la textura cromada de éste ofrece una expresión distinta.

La textura también hace referencia a la tridimensionalidad representada en un plano. En el estudio que se realizó sobre la perspectiva en el capítulo pasado se dijo que la textura óptica es un elemento formal que indica profundidad en la escena bidimensional. También, a través de la gradación de la luz, se pueden percibir con mayor acento las áreas que se encuentran lejos y cerca, que son curvas o planas o con superficies con doblez o perfil.

Toda esta información depende de la proyección de la luz en la superficie y la dirección que tome, generando ángulos e intensidades que serán captados por la retina.

Vale la pena recordar que la intención del diseñador por emplear una textura en la composición va de acuerdo a los conceptos por comunicar.

La textura, desde el punto de vista de la plástica, son irregularidades; pequeños objetos entrelazados o con distancias próximas entre sí. Estas irregularidades permiten la refracción de la luz en diversas direcciones, según las alturas que marque esta topografía. Elementos como la cantidad y distancia de los diminutos elementos son claves para la representación de la imagen.

El siguiente cartel engloba a todas las definiciones. El cartel como objeto es una imagen plana, una superficie lisa, sin embargo nos presenta un objeto con una diversidad de texturas: hilo, vidrio, madera. El reconocimiento del material proviene de la misma textura: la madera, por las vetas y líneas; el vidrio, por su superficie lisa y con el tipo de línea quebrada en su extremo; y el hilo, por sus detalles de tejido entrelazado consigo mismo.

Estas texturas se encuentran acomodadas y delimitadas para que constituyan una figura con efecto visual tridimensional, en este caso para que construyan un corazón. Una imagen artificial, puesto que el corazón orgánico no tiene esta forma y no está construido con estos materiales. Sin embargo la experiencia nos permite distinguir que es un corazón. Todos estos materiales se encuentran colocados con el objetivo de expresar las diversas vivencias del amor: pacíficas, no tan pacíficas, eternas, efímeras... a partir de trozos la narradora de cuentos va contando cada historia.

Desde el punto de vista perceptual, la forma en su totalidad nos hace referencia al corazón, un proceso perceptual de arriba-abajo; pero los detalles del corazón es posible que hayan sido generados por un pro-



Figura X.18. Ejemplo de composición con múltiples texturas. Diseño: Angélica Castro, cartel A batallas de Amor Campos de plumas. Narradora de cuentos: Andrea Ortuzar.

ceso de abajo-arriba. Por el estímulo de tan compleja imagen, compleja porque ofrece una diversidad de información visual. (Figura X.18).

Tipos de textura

Como ya se dijo, la textura es un recurso físico de gran relevancia por ser un elemento que proporciona una gran cantidad de información sobre el objeto. Se pueden clasificar en cuatro grandes grupos de texturas: ópticas, hápticas, naturales y artificiales.

Las texturas ópticas son aquellas que sólo son perceptibles por la vista, y se componen por la variación de tonalidades de la superficie (en términos generales).

Las texturas hápticas son aquellas que pueden percibirse a través del tacto, a través de éste se puede obtener información acerca del objeto. Las texturas hápticas también pueden ser ópticas, pero las ópticas no pueden ser hápticas.

Las texturas también pueden ser artificiales (creadas por el hombre) o naturales (generadas por un proceso biológico). Esta categoría puede ser relevante para el diseño; no es lo mismo un textil de fibra sintética al algodón o la fibra vegetal, estos elementos proporcionan una información y una experiencia distinta a la persona. Generan una imagen con una textura compuesta por color, figuras o letras, que la textura de la piel de serpiente coralillo.

Estos cuatro grandes grupos pueden generar combinaciones cuyas alternativas son innumerables para el diseñador gráfico. La selección de la o las texturas dependerá siempre del concepto a comunicar.

La textura como concepto relacional

A continuación vamos a hablar sobre los conceptos relacionales que parten del análisis de la textura al ser observada como estímulo visual, y que es percibida con el proceso de organización abajo-arriba.

Este proceso de abajo-arriba ha sido estudiado por el neuropsicólogo inglés David Marr (1945-1980), quien a pesar de fallecer a los treinta y cinco años realizó un gran número de experimentos y artículos. En su libro *Vision*, publicado en 1992, habla ampliamente del proceso de abajo-arriba proponiendo cálculos y gráficas sobre mediciones de la luz, así como también pruebas hechas para el reconocimiento de imágenes a partir de los bordes como estímulos luminosos.

Para este trabajo se han seleccionado algunos "supuestos" que hablan de la organización perceptual de la textura. Estos supuestos son básicos; existen otros estudios más complejos e interesantes que no

abarcaremos por ahora, sin embargo, se ha visto la necesidad de revisarlos posteriormente a este estudio. A partir de estos supuestos de David Marr ha sido posible entender las relaciones que hay entre los estímulos físicos visuales. Vale la pena subrayar que en este apartado la imagen no es forma ni figura; hablaremos de estímulos luminosos reflejados por la imagen. Estos serán las unidades de la forma.

Supuestos o cualidades de la representación de la forma física

Algunas de las explicaciones de cómo funciona la mente en el proceso abajo-arriba, David Marr las propone como supuestos. Son resultados de experimentos de cómo se puede explicar el fenómeno percibir-ver.

David Marr propone que, para distinguir la imagen en el exterior, son necesarios los cambios de intensidad e información espacial que organiza en “marcadores” (de los cuales se habló arriba). El observador la puede distinguir a partir de la estructura de la superficie del objeto con textura:



Figura X.19. *Luz y volumen*. Escultura en Florencia (2009). Foto de Angélica Castro.

-Gradientes de intensidad

El primer supuesto está basado en la reflectancia de la luz en la superficie del objeto. Es decir, en los gradientes de intensidad. La reflexión de la luz sobre las superficies puede generar volumen, imaginemos una superficie cuyos laterales se encuentren oscuros y gradualmente se vayan iluminando hacia la parte central. Se percibiría que esta superficie cuenta con una curvatura.

La textura o la superficie lisa puede lograr que esta gradación de la luminosidad reflejada por el objeto sea más suave o más pronunciada, acentuando las curvaturas. En otros casos, donde la superficie tenga más textura, la gradación será más interrumpida, surgirá en cada trozo de espacio generando blancos y negros más contiguos, como lo muestra la melena del león de la figura X.19.

Pauta relacional cinco: diferenciación de la degradación

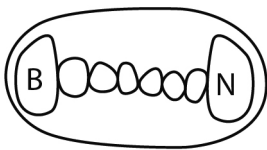
La distinción de la gradiente genera formas a través de las áreas claras y oscuras. Esta es una relación muy conocida por todo artista y diseñador: el claro-oscuro. Pero observemos la relación si estas dos zonas de luz y sombra, y sobre todo sus degradaciones, no se presentan: la forma y su volumen aparente no puede percibirse en la imagen, habría confusión. En otras palabras, faltaría información para una organización perceptual y una identificación de la imagen. La degradación oportuna de la misma generará que se perciba la forma. En

realidad todos los objetos son percibidos gracias a esta interacción de luz y sombra. Un exceso de luz generaría blancos intensos cuyos contornos serían difíciles de distinguir; lo mismo sucedería con los oscuros. Sin embargo, cuando hay interacción de zonas, la forma emerge.

Podemos ver las siguientes imágenes (Fig. X.20). Una de ellas carece de gradientes y luces. La imagen puede percibirse pero no con detalle, es una imagen cuyo volumen aparente no se aprecia, por lo que podemos hacer una apreciación errónea de cómo es en realidad. En la segunda imagen se calibraron las sombras y los brillos, de esta manera la imagen ofrece más información: la separación de los brazos de la pared es mayor, notamos la textura del cabello, las flores en la pared y la expresión de la joven observando la rosa.

Esta pauta no es nueva. No se pretende mostrar como algo novedoso, sólo identificarla como una pauta relacional básica e importante.

Figura X.20. *Luz y volumen*. La variación de la luz hace notar el volumen. Escultura en Barcelona (2009). Foto de Angélica Castro.



Esquema topológico

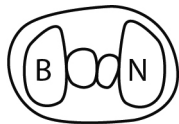


Figura X.21. *El esquema de carácter topológico se refiere a los niveles que pueden haber entre el blanco y negro*. Esquema de Angélica Castro.

Esta relación de reciprocidad y complementariedad entre la luz y ausencia de luz se puede manifestar con el esquema de carácter topológico como una transformación en donde la composición vaya graduando la diversidad de su gama entre el negro y blanco. (Figura X.21)

Esta representación es muy semejante a aquella que se realiza con base en un lápiz, en la cual se van rellenando cuadros, dando a cada uno un nivel de negro. Este esquema representa esta cualidad de manera abstracta. (Figura X.22)



Figura X.22. *Degradación de negro a blanco*. Esquema de Angélica Castro.

-Organización jerárquica

Otro de los supuestos o elementos de información es la organización jerárquica. La reflectancia de la luz en la superficie también depende de la complejidad de esta superficie, si se encuentra texturizada o si es lisa. Las cualidades de la rugosidad de la superficie o textura generarán variaciones, las áreas que proyectan más luz se pueden interpretar como áreas que se encuentran a una altura mayor que el resto que se perciben con menor luz.

David Marr define al supuesto como:

A menudo, la organización espacial de la función de reflectancia de una superficie ha sido generada por varios procesos diferentes, actuando cada uno de ellos a una escala distinta. Por consiguiente, una representación que emplee los cambios de estas superficies en la imagen para descubrir las variaciones en la profundidad y la orientación de la superficie debe ser capaz de apreciar las alteraciones en los valores de los atributos aplicados a los marcadores de lugar que se distribuyen en una amplia variedad de tamaños en la imagen. (Marr, 1982, p.53)

Así pues, las fotografías de la figura X.20 de superficies con textura nos permiten distinguir las distintas áreas del objeto, la profundidad de la superficie, si es plana o no lo es y distinguir al objeto mismo.

La jerarquía como concepto relacional

La comparación de las intensidades de los estímulos permite distinguir jerarquía. En este caso David Marr lo define para poder distinguir a la textura como una superficie que tiene un cierto relieve o volumen, la diferencia entre la intensidad de un estímulo y otro, y deducir que esto es un volumen.

En la realidad no sólo vemos un elemento aislado, siempre vemos una gran cantidad de objetos, lo mismo ocurre en la composición visual gráfica. En la composición puede haber un objeto como en una marca, o varios, como en un cartel fonográfico. El diseñador es quien propone esa jerarquía de manera intencional. En la actividad cotidiana de percibir, cuando abrimos los ojos, recibimos una gran cantidad de estímulos de luz; como observadores jerarquizamos de acuerdo a nuestros intereses y necesidades de ese momento: el identificar una tienda en un centro comercial, el coche en un estacionamiento o la taza para el café dentro del gabinete de la cocina. En un cartel, el diseñador propone, invita al receptor a que perciba primero una frase o una imagen entre varias. El diseñador pues, requiere establecer una relación de estímulos que le permita generar esa jerarquía.

El distinguir las jerarquías de una textura que forma parte de la superficie de un objeto concreto puede ayudarnos a decir si el conjunto de elementos también genera una textura, y si sus estímulos permiten

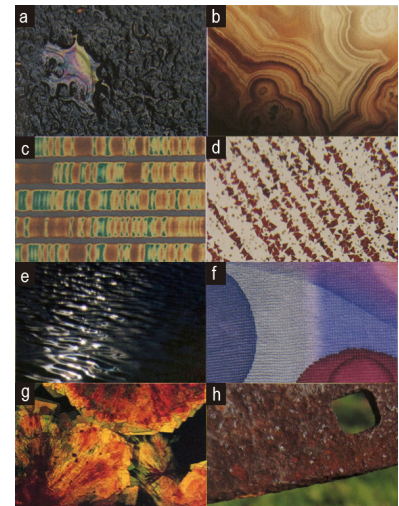


Figura X.20. *Texturas*. Imágenes tomadas de Frankel, F. & Whitesides, G.M. (1997). *Images of the extraordinary in science*. San Francisco: Ed. Chronicle Books.

- a) *Manchas de aceite*. p. 139
- b) *Ágata*. p. 151
- c) *Análisis de DNA*. p. 150
- d) *Cristal en crecimiento*, p.149
- e) *Reflejo de la superficie del agua*. p. 139
- f) *Tinta en textil*. p. 144
- g) *Partículas pequeñas de cristales*. p. 147
- h) *Óxido*. p. 147

distinguir entre ellas alguna área relevante. Por ejemplo, en este texto escrito con una fuente uniforme y el mismo tono remarcaremos una palabra en **rojo** con ello estamos generando dentro de la “textura”, que se hace con el texto, una diferencia de estímulo, diferencia que por ser la única hará fácil que se perciba esta palabra antes que todas las demás, si sólo abordamos el texto con una mirada rápida y generalizada. Asimismo en un cartel complejo, por ejemplo, una infografía, la jerarquización se realiza a través de colores, tamaños de la forma y la representación bidimensional o tridimensional de la misma. En el nivel perceptual esto hay que traducirlo a estímulos psicofísicos y perceptuales. Al darle un atributo físico determinado a la imagen o texto se le da una cualidad para que estimule, esta puede ser mayor o menor, tener más alcance para ser percibida o ser percibida en un segundo o tercer término. Cuando hablamos de contrastes, sabemos que el blanco y negro es el mayor contraste, son los extremos. Un alto contraste también es el amarillo sobre el negro, o el blanco sobre el rojo. Estos contrastes, son diferencias, son relaciones en donde se seleccionan dos estímulos que son opuestos, así uno va a tener una mayor oportunidad de ser visto por el contexto que le rodea. Si es más grande o más pequeño, su comparación con el contexto permitirá que sea un estímulo psicofisiológico mayor o menor. De la misma manera, los estímulos que permiten generar una textura o un volumen pueden tener una relevancia distinta a aquellas áreas en las cuales no hay variación, es decir, un estímulo constante.

X.5. La relación entre el nivel perceptual y el nivel geométrico

Hasta aquí hemos hablado de las relaciones a nivel perceptual, el trabajarlos de esta manera permite observar, desde el punto de vista perceptual, la coherencia de la imagen con lo que queremos que se vea y reconozca, así como también que la forma tenga los atributos necesarios, muestre su intencionalidad de evocar un concepto. Sin embargo, los niveles de relación también interactúan y es necesario para su integración y unidad de la composición.

Tanto el nivel perceptual como el geométrico tienen mucha influencia entre sí. Incluso las relaciones de uno dependen de las del otro. Sin la presencia del cuerpo u objeto tangible sea en dos o tres dimensiones no habría estímulo. Así mismo la relación de proporción entre el espacio-formato y la figura permite que se perciba qué es fondo (o contexto) y qué es forma de manera clara.

Por otro lado, la teoría de David Mar está enfocada a partir de los estímulos de cualidades geométricas del objeto, particularmente de su superficie, entendiendo que la superficie puede ser simple como lo es la superficie lisa, o una superficie compleja por los volúmenes variados o las texturas visuales que se generan con cambios de tonalidades interpretados como cambios de luminosidad.

Otra relación entre niveles es muy claro con la perspectiva, la cual habla de la orientación o ubicación de un elemento o varios en el espacio, sea bidimensional o tridimensional. En la percepción se habla de la imagen 2 1/2 la cual es la que se conforma en la mente. Esta imagen comprueba su orientación y ubicación dentro de un espacio aparentemente tridimensional, y su aspecto tridimensional bajo ciertas guías, una de ellas la textura de la superficie de los objetos.

Las cualidades geométricas dadas por la relación de los elementos, generan información para reconocer la forma. Lo que propone las pautas de relación de la forma en el nivel perceptual es considerar las pautas relacionales en la geometría y jerarquizarlas o incluso no considerarlas, como es el caso por ejemplo de las figuras geométricas simétricas que se puede omitir una mitad, puesto que la relación que presentan de un lado a otro es igual y la mente puede suponerlo. Es decir, la capacidad perceptual es la que nos permite distinguir qué información es conveniente conservar al momento de simplificar la composición.

Conclusión

Gracias a la psicología y sus los estudios realizados al proceso perceptual, nos permite profundizar en lo que conlleva el mecanismo no solo ocular sino el mental ante un contraste y la textura como cualidades que permiten distinguir una forma. Para esta tesis son dos conceptos relacionales, ya que implican dos o más elementos interactuando.

En el proceso de esta investigación, los experimentos de la psicología experimental en las dos visiones presentadas (la Gestalt y la Computacional) señalan los límites así como los aspectos que aún no están desarrollados. Esto también nos permite cuestionar la dependencia que puede haber de la reflexión y propuesta teórica en el diseño gráfico y los conocimientos científicos. Por ahora, la reflexión personal considera que las bases teóricas científicas son necesarias para sustentar la información que corresponde a lo que no es diseño gráfico. Si hay un grado de dependencia pero sobre todo de responsabilidad en dos sentidos. Uno de ellos es el tomar con prudencia los resultados científicos y considerar que pueden que sean temporalmente ciertos y que pueden ser superados. Y el otro sentido es que solamente son una base para justificar algún aspecto, pero el diseño gráfico tiene objetivos concretos por lo que implica solo retomar de la ciencia la información correspondiente a lo investigado, sin perder la contextualización del concepto original científico.

El contraste y la textura para esta investigación ha sido conceptos relacionales, gracias a la interacción que implican. El contraste implica la relación entre dos lateralidades y un borde, el cual dependiendo de

determinadas cualidades, la mente humana puede distinguir cuál es la figura y cuál es el fondo o el contexto. Así mismo las texturas son la diversidad de elementos con semejante o diversa orientación, dirección, dimensión que generan variaciones. La textura es una cualidad plástica y física para el reconocimiento de la forma puesto que constituye su superficie. Profundizar en las dos teorías perceptuales ha permitido identificar cuáles son las relaciones y considerarlas como pautas de relación, así la contigüidad, la complementariedad, la relación dentro y fuera así como la asociación con la experiencia y por último la jerarquización son normas que pueden estar en la composición y son las responsables de generar una forma. Estas pautas de relación no son las únicas, es necesario ejemplificarlas ya que aunque imaginemos que entre los niveles hay relaciones, es necesario considerar cuáles y en qué nivel se desarrolla, es decir, es necesario que hablemos de contenidos.

Cabe decir que las dos teorías sobre la percepción que se consideraron en esta investigación son complementarias, a pesar que tienen principios distintos, una parte de la observación de lo general y la otra teoría observa el detalle como parte de un todo y que aporta información. Ha sido difícil seleccionar una de las dos, cuando el proceso general de la percepción visual se desarrolla bajo los criterios de abajo-arriba y arriba-abajo.

El diseñador gráfico y/o investigador puede considerar otros conceptos dentro de la plástica que consideren el proceso perceptivo. Lo que se requiere es reflexionar sobre las relaciones, si el concepto teórico evidencia interacción entre diversos elementos. Y posterior a ello, es necesario reflexionar quién o cómo se ha conseguido la relación. De esta manera se consigue una pauta relacional o una estructura de relaciones.

Capítulo XI.

La estructura relacional en el proceso proyectual de diseño gráfico

Introducción

En esta investigación hemos hablado que la relación y la interrelación de los elementos plásticos puede considerarse una estructura, es decir que las pautas que permitan que los elementos se relacionen son una estructura que coopera para que la composición pueda conseguir una unidad y la expresión del concepto. En los capítulos IX y X hemos visto algunos ejemplos de diseños en los cuales se manifiesta una o varias relaciones. También se ha profundizado en los conceptos de contraste, textura, proporción y perspectiva para observar las relaciones o pautas de relación que sugerían. La estructura relacional es una estructura que se manifiesta en la composición.

También se ha planteado que la estructura relacional tiene un carácter topológico, esto es que hay una constancia en la forma pero esta mantiene sus relaciones. Esta idea no se ha podido desarrollar del todo, se ha considerado únicamente la representación esquemática de relaciones dada por Kurt Lewin y Attilio Marcolli bajo la teoría del campo. En donde en nuestro caso, se registran gráficamente los elementos que están relacionados.

Aunado a ello se ha observado que las relaciones evocan un concepto. El concepto es lo que se comunica a partir de las relaciones de los elementos plásticos.

En este capítulo lo que pretendemos observar la *estructura relacional* no desde el análisis de la obra como se hizo, sino que en este caso partimos de cómo el diseñador puede generar la *estructura de relaciones* en la composición. Y se propone que la estructura relacional se construye a partir del proceso proyectual, incluso desde la concepción del concepto. El diseñador a partir de la primera etapa de su proceso le es posible establecer las pautas de relación de elementos hipotéticos, considerando que tanto los elementos plásticos como las pautas de relación se van a ir definiendo con el transcurso del trabajo.

Esta investigación plantea los marcos teóricos de lo que podría explicar qué es la estructura relacional. El capítulo XI a sido un ejercicio intelectual que pretende ayudar para seguir definiendo qué es la *estructura relacional* a partir de observar la construcción de la estructu-

ra en la práctica o desarrollo de la composición, es decir dentro del proceso de diseño. Lo podemos considerar como una hipótesis de la aplicación del modelo. Con esta primera interpretación podremos notar si los contenidos de los marcos teóricos son útiles o se requiere redefinirlos y en su caso, cómo se pueden redefinir. en una investigación posterior a esta investigación.

Para la exposición de esta hipótesis de la aplicación del modelo Estructura relacional, en el proceso de diseño, se convino hacer la explicación a partir de los vínculos que hay entre estadios o etapas que normalmente son cubiertos en un proceso de diseño. Consideramos que estas etapas consiguen definir el *concepto-realidad*, el *concepto de comunicación* de la composición, la *idea de comunicación* y el desarrollo de los bocetos o propuestas de composición. Es importante decir que estos términos solo se definen de manera concreta, sin profundizar en el contexto ni procedencia del término puesto que esto se considera un tema independiente a este trabajo. Así pues se dividió la exposición en tres puntos encabezados por el título: La *estructura relacional* dentro del proceso de diseño, y son:

-El vínculo de la *estructura relacional* y los conceptos en la *etapa conceptual*

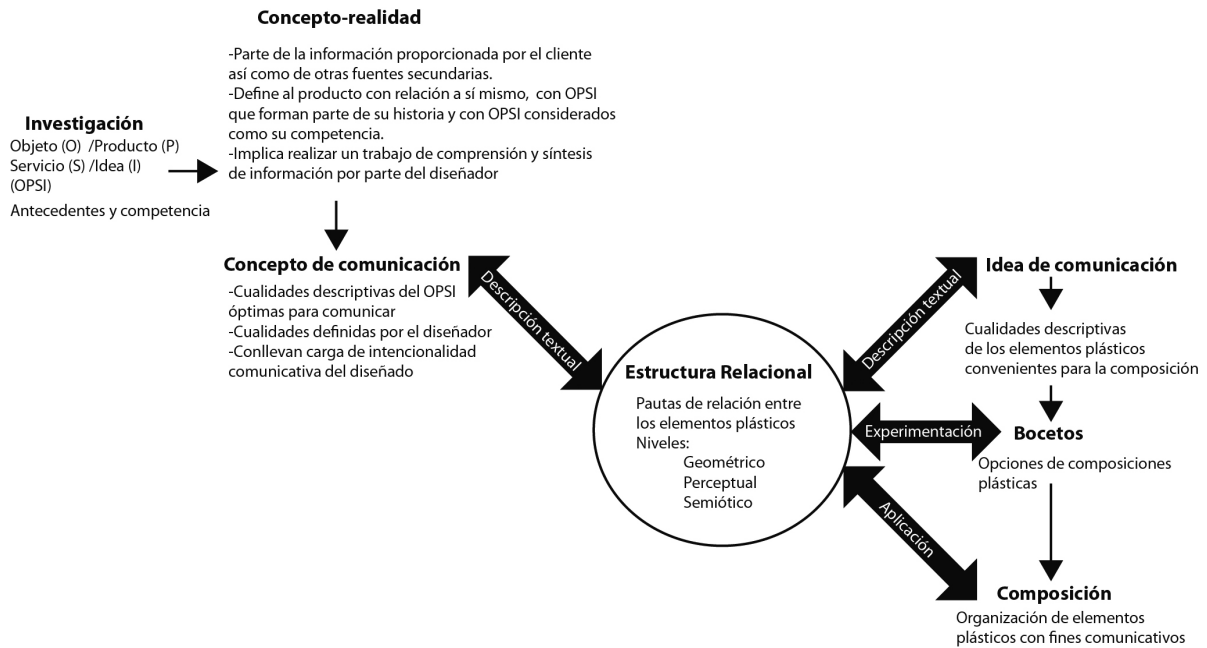
-El vínculo de la *estructura relacional* y los conceptos en la *idea de comunicación*

-El vínculo de la *estructura relacional* y los bocetos

XI.1. La estructura relacional dentro del proceso de diseño

Se propone que la estructura relacional se construya principalmente durante las siguientes etapas del proceso proyectual: Como primera etapa consideramos el análisis de los conceptos, tanto el *concepto-realidad* como el *concepto de comunicación*. La llamaremos *Etapas conceptual*. Una segunda etapa es aquella en donde las relaciones de los elementos se definen en la *Etapas de la idea de comunicación*. La tercera etapa es aquella en la se desarrollan las alternativas de la composición de manera física, es la *Etapas de bocetos*, y por último la cuarta le llamaremos *Etapas de la composición* en donde existe una autoevaluación final sobre la coherencia de la composición a partir de las relaciones establecidas y el concepto.

Es muy importante decir el orden en el cual se presentan estas etapas representa una secuencia ordenada ideal en el proceso proyectual y creativo del diseñador. Sin embargo se es consciente que las ideas no tienen que aparecer con el orden de estas etapas sugeridas. Es muy probable que al momento de realizar la investigación del OPSI, el diseñador tenga una idea para desarrollar la composición, es decir una idea hipotética. Mismas ideas que se sugiere que se conserven y solo se consideren cuando se llegue a la etapa de bocetos para poder abordarla con plenitud.



Nuestro interés es principalmente proponer cuándo y cómo se puede ir creando la estructura relacional, por lo que no se hablará de todo el trabajo que se desarrolla en cada etapa. La figura XI.1 es un esquema donde podremos identificar las etapas y sus contenidos, pero sobre todo la correlación del concepto-realidad, concepto de comunicación, idea de comunicación en interacción con la estructura relacional.

Fig. XI.1. Esquema de la vinculación entre la *estructura relacional*, el *concepto-realidad*, el *concepto de comunicación* y la *idea de comunicación* inmersos en la actividad proyectual de diseño.

El vínculo de la estructura relacional y los conceptos en la etapa conceptual

La estructura relacional se constituye a partir de la formulación del concepto-realidad y el concepto de comunicación. La deducción de ambos conceptos tienen lugar en la investigación del objeto producto, servicio o idea (OPSI) que el cliente desea promover o dar a conocer. Y esta investigación parte de tres tipos de fuentes: el cliente o especialista del OPSI, el estudio de la competencia, y los antecedentes.

La información proporcionada por el cliente o especialista puede tener orígenes diversos como son la descripción detallada de las cualidades físicas, el aspecto funcional, en los aspectos tecnológicos (si los hay) en los aspectos relacionados con la sociedad o al usuario al cual se va a dirigir, aspectos económicos e ideológicos. Esta información es parte de lo que consideramos la definición del *concepto-realidad*.

El concepto-realidad también debe valorarse a través del estudio de la competencia o de OPSI semejantes. Es decir es conveniente que se compare las cualidades del OPSI con las cualidades de otros productos que haya en el mercado, con la finalidad de identificar las

cualidades que marcan su diferencia y que pueden ser parte de su identidad. Así mismo, es indispensable investigar cuáles son los códigos visuales con los cuales estos OPSI emplean para comunicarse, ya que representan su lenguaje con el cual entablan interacción con un mercado determinado y es parte de su identidad (el qué son, qué dicen y cómo lo dicen). Es decir es conveniente acceder a la información pública visual-gráfica realizada por la competencia, y de esta manera conocer sus conceptos.

Así mismo cuando el OPSI ya tiene una historia con una trayectoria en un mercado determinado, se recurre a los antecedentes tanto técnicos como al material gráfico producido. Es fundamental considerar las cualidades por las que el OPSI es conocido en su trayectoria y aquellos atributos que se pretenden presentar como innovadores.

El concepto-realidad aporta al diseñador la información necesaria de lo que va a comunicar para pasar a realizar una selección de información que considera relevante en beneficio al OPSI. La síntesis de esta información puede realizarse en un escrito moderadamente extenso pero ordenado, así como también en frases cortas pero que contengan un contenido claro, con la información relevante para definir "¿qué es?".

La estructura relacional o la organización de los elementos gráficos comienza a constituirse desde la formulación del concepto-realidad. Tanto en la descripción física o técnica del OPSI es posible observar las relaciones entre los elementos que participan en la descripción.

En esta misma etapa se define el concepto de comunicación, entendiendo por él la definición esencial y particular que verbaliza las cualidades y relaciones de las propiedades de la idea/producto, mismas que son interpretadas en figura/forma/signo. En el concepto de comunicación el diseñador comienza a proponer y a manifestar su intencionalidad en el momento de seleccionar lo más conveniente.

En este concepto es importante que se observen las relaciones que se dan de origen, un objeto puede establecer una relación entre su forma y una labor social. O en el caso de un libro, las relaciones de los personajes es fundamental y esta puede estar vinculada a algún objeto. En el caso de un aparato, la relación puede ser con el usuario y un servicio que le proporcione mejora en su rendimiento intelectual, o si le ofrece una mejor calidad de vida relacionada a la comodidad o a la salud.

Las relaciones que se identifiquen, pueden clasificarse desde los tres niveles en los cuales se conforma la estructura de la composición: en el nivel geométrico, perceptual y en el semiótico. Esto significa que las relaciones pueden manifestarse entre la forma física o tangible del OPSI, el reconocimiento de las formas y entre los significados connotativos que evocan.¹

¹ En esta tesis nos concentramos en el nivel geométrico y perceptual, lo que abarca

Para la descripción del concepto de comunicación también se sugiere que se realice un texto en el que se distingan las relaciones que sean relevantes comunicar. De la misma manera puede desarrollarse una serie de esquemas que representen las relaciones entre los elementos y cualidades de las que se hablan. Es necesario hacer y representar lo que se dice de la manera que le sea de utilidad al diseñador posteriormente.

También se contempla que en esta etapa, el diseñador pueda comenzar a generar ideas-hipótesis sobre la composición y sus contenidos, puesto que el proceso creativo no es lineal como se mencionó arriba. Por lo que se sugiere que toda idea visual que surja en este momento se plasme en un papel y se conserve para ser trabajada en la etapa de bocetos. De esta manera, no se perjudica la espontaneidad del proceso creativo así como tampoco las primeras ideas no condicionan la creatividad requerida en cada etapa.

El concepto de comunicación es una reinterpretación del OPSI que será directamente comunicada a través de la composición. Así mismo es quien propone las relaciones más básicas de la composición, relaciones esenciales o relaciones nodales (semejantes a las que habíamos hablado en la definición de estructura en los sistemas biológicos bajo la definición de Maturana y Varela). Estas relaciones esenciales o llamadas nodales son las que proponen las relaciones que tiene el producto en realidad, puesto que el concepto a comunicar, no contempla ninguna retórica, sino que contempla las cualidades y descripciones que pueden ser constatables a partir del conocimiento del OPSI.

Las relaciones nodales que se establezcan pueden ser aquellas que generen una diferencia ante la competencia o los antecedentes del OPSI. Son aquellas que en la comunicación, desde el punto de vista de Bateson proporcionen información.

Entendemos por la redacción de relaciones el hecho de hablar sobre la influencia de un elemento sobre otro, si es contenido, si es semejante, si tiene alguna diferencia, si depende, cualquier tipo de asociación a la cual haga alusión. Incluso, realizando la alusión a asociarlo con todo elemento relacionado al OPSI o al proceso o a su receptor. De esta manera se podrán establecer también pautas gráficas con las cuales se generen estos vínculos.

principalmente las cualidades físicas tangibles y el reconocimiento de la forma a partir del proceso perceptivo visual.

El vínculo de la estructura relacional y los conceptos en la idea de comunicación

Una vez identificadas las relaciones a partir del *concepto-realidad* y de *comunicación*, se considera pertinente redactar de manera muy detallada cómo se va a graficar el concepto. Es decir se propone la *idea de comunicación*, que según se había definido en el capítulo VIII es la descripción detallada de los elementos y las relaciones que reinterpretan al *concepto de comunicación*.

La estructura de la relación se comienza a concretar con un lenguaje verbal la descripción de las relaciones. La propuesta verbal puede incluir la explicación del empleo de algún método de proporción determinado, si la representación de los elementos plásticos será en tres dimensiones virtuales empleando una perspectiva, o simplemente texturas o capas en las cuales se coloca información que debe percibirse de manera simultánea y jerarquizada.

La *idea de comunicación* está íntimamente relacionada con el *concepto de comunicación*, la diferencia es que la *idea de comunicación* es en donde el diseñador puede proponer diversas alternativas a partir del o los conceptos seleccionados. Es decir, el "qué se comunica" ya está definido, la *idea de comunicación* define el "cómo"

El vínculo de la estructura de las relaciones en la *idea de comunicación* también es bilateral, ya que se pueden plasmar cada idea con un esquema de carácter topológico y distinguir las relaciones que se establecen. Esto no requiere de la visualización mental de la composición, aunque también es probable que ya se tenga, pues la representación topológica no habla de los detalles de elementos, solo de elementos, es una representación abstracta. De esta manera las opciones generadas por la idea de comunicación pueden ser valoradas a partir de sus relaciones a este nivel y seleccionar solo aquellas que consideren que comunican mejor el mensaje.

En esta etapa cabe proponer que se diera importancia a la construcción de la *estructura relacional* para cada idea propuesta. Esto evidencia desde un principio la manera de relacionar los elementos, dando la oportunidad al diseñador de que pueda buscar más elementos gráficos o identificar la técnica de realización más adecuada, antes de la etapa de bocetos.

La etapa de la *idea de comunicación*, se retroalimenta no solo de la información que ofrece el concepto, sino que también requiere de una investigación visual para poder tener opciones de crear una imagen o retomar alguna imagen fotográfica, ilustración, buscar en diversas tipografías. Por lo que la *estructura relacional* le permitirá considerar si el material recabado es suficiente o es necesario buscar más.

El vínculo de la estructura relacional y los bocetos

En la *etapa de bocetaje* las relaciones se materializan y se hacen evidentes. El diseñador plasma las alternativas necesarias para poder representar el concepto con los elementos gráficos definidos en la etapa anterior y lleva a cabo todo lo descrito siendo las relaciones uno de las pautas para su organización.

El acervo teórico que se tiene sobre los *conceptos relacionales*, por ejemplo la perspectiva y la proporción o los contrastes y texturas, son puestas en práctica.

La estructura relacional formulada en la *idea de comunicación* pueden ser una guía para que la aplicación del tratamiento de los elementos plásticos no llegue a perderse.

El vínculo de la meta-estructura relacional y la composición final

En el capítulo VI se habló de la clasificación de los tipos lógicos de Russell que fue útil para Gregory Bateson, se habló de una estructura final que representaba una observación de la relación de relaciones, considerada por el mismo Bateson como una *meta estructura*.

La *meta estructura* en esta tesis es la estructura relacional que plasma todas las relaciones en los dos niveles estudiados hasta ahora. Es la información proporcionada por el esquema con carácter topológico.

Esta estructura puede estar concluida al momento que la composición también se termine de definir. Al momento de trabajar la composición seleccionada como “definitiva” entre diversos bocetos, la *estructura relacional* sigue en correlación con la opción seleccionada y ambas siguen retroalimentándose de manera bidireccional para conseguir una composición final.

En esta etapa es posible que las relaciones mostradas en el modelo analógico de la *estructura relacional* lleguen a un grado de complejidad mayor, puesto que después de las reflexiones para generar una interacción entre los distintos niveles, es posible que la gráfica presente diversos conectores sean internos o externos.

Es importante mencionar que para distinguir los niveles de relación, el diseñador puede generar un código de color para poder evidenciarlos. De esta manera sabrá distinguir los geométricos de los perceptuales sin confusión.

Comentario

Este capítulo ha sido formulado por la necesidad de identificar cuál es el papel de la *estructura relacional* en el proceso de la composición gráfica. Lo que nos lleva a subrayar que lo que es la *estructura relacional* son las normas o las pautas de relación, son reglas; el esquema gráfico que se plantea en el capítulo VII que tiene un carácter topológico, es un modelo analógico de las relaciones, es parte de la visualización gráfica de la *estructura relacional* en la composición, pero no es la *estructura relacional*. La *estructura relacional* son el conjunto de reglas o normas que describen las relaciones o interacciones de los elementos.

CONCLUSIONES

Al inicio de la investigación nos planteamos la pregunta general ¿Cómo podemos organizar los elementos en la composición gráfica? La hipótesis inicial consideraba dos posturas con un punto en común. El pensamiento común era que la organización podría considerar una estructura de relaciones, entendiéndose por ello en la primer postura, que refiere a que tanto la composición gráfica podría organizarse bajo unas estructuras geométricas similares a los patrones geométricos encontrados en la naturaleza, incluso justificando dicha similitud morfológica bajo los principios biológicos de los organismos. Sin embargo esta hipótesis ha sido desacreditada a partir del estudio detallado en la primera parte de esta investigación sobre analogía y sus aplicaciones en la ciencia, pedagogía y diseño.

La siguiente hipótesis refiere a que la estructura abstracta que se puede distinguir en la composición refiere a las relaciones de los elementos y que se determinan a partir de los principios del diseño y no bajo otro modelo ajeno a ello.

Se atendieron a estas dos hipótesis, puesto que era importante decir porqué no es conveniente realizar una analogía indirecta para explicar la estructura que evoque las relaciones de los elementos. Y se atendió a la segunda hipótesis pues se vio necesario distinguir a qué nos referimos con la “estructura”, “relaciones” y también a pautas de relación en la composición y por último ¿qué significa esa estructura abstracta que pretende representar las relaciones? (Ver páginas 97-107)

Esto dio lugar a la formulación de una segunda pregunta general redactada ¿Cómo se puede definir la *estructura relacional*?

Y tres preguntas secundarias que están dirigidas a la definición del término *Estructura Relacional*, la delimitación del marco teórico que sustenta su definición y a los factores que cooperan para definir las relaciones de los elementos desde el punto de vista comunicativo. Y son redactadas de esta manera:

1) ¿Cuáles son los marcos teóricos que pueden cooperar para la descripción del modelo de la *estructura relacional*?; las preguntas específicas son:

a) ¿Con qué fin se emplea la analogía en la investigación?

- b) ¿Cuáles son los límites y los aciertos para el empleo de la analogía como método y como modelo en el diseño?
- c) ¿Qué relación análoga tiene la forma geométrica en la naturaleza y la estructura que propone relaciones en la composición gráfica?
- 2) ¿Qué factores cooperan para definir las relaciones de los elementos desde el punto de vista comunicativo?
- 3) ¿Cuáles son las bases teóricas necesarias para identificar las relaciones geométricas y perceptuales en la composición gráfica?

Tanto dar unas pautas de organización de los elementos gráficos como también dar la definición de Estructura Relacional, nos implica en esta tesis primero estudiar lo que es analogía, (primera parte de la tesis) y posteriormente identificar qué marcos teóricos nos permiten explicar sobre qué es una estructura, a qué nos referimos con las relaciones de los elementos plásticos y también si es posible representar en un meta lenguaje estas pautas. Es un trabajo que ha concluido en los marcos teóricos básicos para un modelo teórico, aunque algunos de ellos aún falta profundizar e interpretar adecuadamente.

En esta investigación podemos decir que se ha llegado a:

- 1.-Confirmar porqué no es posible emplear la similitud geométrica,
- 2.-Decidir cómo emplear la analogía,
- 3.-Proponer que la organización se basa en las relaciones y con ello surge la estructura relacional,
- 4.-Se proponen la primera aproximación de su definición, así como un modelo analógico gráfico de interpretación de la misma.

A continuación desarrollo estos puntos los cuales están apoyados en los capítulos de esta tesis.

1.-Sobre la similitud (analogía) geométrica de los patrones naturales y la estructura geométrica de la composición gráfica.

a) El origen de los dos modelos no es el mismo. Si consideramos este primer planteamiento, de la comparación entre la figura resultante de algunos organismos vivos y las estructuras generales de la composición sería una comparación superficial a nivel de la figura, lo cual no se considera como una pauta que organice a los elementos de una composición. Una composición puede mantener sus elementos alineadas dentro de una retícula geométrica regular y no comunicar ningún concepto. La forma si bien es resultado de un proceso biológico en los organismos, y de un proceso geométrico-perceptual-sintáctico de parte de la composición gráfica. Dos procesos de organización que son totalmente distintos no es posible que sean comparables. Dicho con otras palabras, para poder comparar dos procesos de organización para identificar similitudes, es necesario también evaluarlos bajo las mismas leyes, lo cual no es posible. Esta intención ya había ocurrido en la Grecia clásica cuando se buscaba la perfección, belleza y orden en la naturaleza y las for-

mas y proporciones geométricas habían sido la evidencia de que la arquitectura y pintura podrían ser comparables con los organismos vivos. Philip Steadman dice:

“Innecesario resulta señalar que análisis de este tipo, tanto de pinturas como edificios, no pueden pretender explicar ni el más simple principio de crecimiento en la forma del cuerpo humano descrito o en la forma arquitectónica, como tampoco el “crecimiento” de la composición pictórica o arquitectónica bajo la mano del artista. Se trata tan sólo de lo que D’Arcy Thompson denomina despectivamente una serie de “concepciones místicas” sobre el segmento áureo que permiten sus super entusiástica aplicación en forma tan excesiva que terminan por perder todo sentido”. (Ver capítulo II. En la analogía orgánica p. 40)

En el diseño gráfico no se ha encontrado durante el trayecto de esta investigación alguna investigación plausible que haga una analogía directa con la naturaleza refiriéndose a la organización de los elementos. Consideramos como analogías plausibles las propuestas en el diseño industrial sobre todo en la biomecánica.

Las soluciones dadas por la mecánica orgánica y la mecánica artificial pueden tener un grado de similitud alto, puesto que ambos se rigen por las mismas leyes físicas. Su organización (por lo menos la física) se genera bajo las mismas leyes. En este aspecto, la analogía es posible y puede aportar una solución funcional.

La eficiencia de la mecánica artificial y la mecánica natural no depende de la imitación, sino de que ambas resuelvan los problemas a partir de sus recursos. Eso no invalida las analogías, sino que la revaloriza. Desde el punto de vista de la ciencia, es una creencia equivocada que la naturaleza genere la forma “perfecta”, la naturaleza sí es admirable por la manera en que dentro de su complejidad emerja el orden; podemos aprender que una respuesta es acertada cuando parte de utilizar los recursos con los que se cuenta. Así mismo no es acertado infravalorar ni sobrevalorar las soluciones biológicas o artificiales. Esta es una visión objetiva que nos lleva a una actitud científica para teorizar en el diseño. Ya que el diseñador debe elegir a partir de las necesidades del proyecto si es conveniente emplear la analogía y observar modelos naturales.

La analogía es apta para el proceso creativo porque facilita las respuestas para solucionar un problema. Esto se debe a la información que se puede recuperar a partir del estudio de otros modelos, independientemente que estos sean artificiales o naturales. La información es la que puede generar un cambio en la innovación de la solución del artefacto.

Existen ejemplos que pueden mostrar una adecuada aplicación de la naturaleza como un modelo para el diseño artificial. En el capítulo III se habla de algunos ejemplos y reflexiones sobre ello como las observaciones de Steven Vogel y de Fabricio Vanden Broek que hablan

sobre las similitudes que tiene la naturaleza y el diseño artificial en lo que se refiere a las respuestas de carácter mecánico.

Así pues, la forma de los organismos es el resultado de un proceso biológico y físico donde hay una interacción de fuerzas que generan una constitución bajo el principio de mantener la vida, el crecimiento y la reproducción.

Otro aspecto que se ha observado por el cual no es posible hacer una comparación entre los patrones geométricos naturales y la estructura en la composición gráfica es la siguiente. Los patrones como su nombre lo indica es una forma o varias formas esenciales que son repetidas o identificadas en distintos eventos, en este caso hablamos de la naturaleza ha presentado unas figuras externas repetidas, a lo cual se le atribuye el calificativo de simplicidad y economía (en parte).

Sin embargo es la geometría la cual hace la abstracción de formas naturales bajo los propios criterios, más no criterios biológicos. La geometría ha sido empleada como una herramienta de análisis de la forma, y a su vez para reproducir las formas naturales. Sobre todo aquella geometría que parte de las matemáticas no lineales, por ejemplo, puede generar representaciones de árboles, nubes, superficies montañosas o la curvatura de un alcatraz. Incluso las formas biológicas puede ser reproducida sin estudiar en profundidad su proceso biológico (aunque la morfología es lo que persigue; la explicación de la forma y el crecimiento a partir de la biología y encontrar la secuencia matemática de la misma). La representación de la figura se hace a partir de los estudios de su constitución geométrica. La geometría se considera una herramienta de representación, y al llevarse la misma figura de un contexto natural a uno arquitectónico, la forma artificial adquirirá un carácter con una configuración semejante al organismo. Esto es muy adecuado siempre y cuando se indique que ésta sea una analogía figurativa y que tenga una justificación a partir de un concepto que incluya las denotaciones y connotaciones de la misma.

La composición gráfica mantiene una geometrización que es propia de los elementos gráficos que se emplean y bajo las normas de estética o espaciales que se han dado a lo largo del diseño para distribuir en un espacio determinado unos elementos. La composición gráfica visual se rige por principios de comunicación, simbólicos, psicológicos, estéticos, sociales por lo cual sus pautas de organización son distintas a las de los organismos biológicos.

Por otro lado, la geometría de la composición no es la misma al esquema geométrico de las relaciones. La estructura de las relaciones de una composición gráfica no se limita a la geometrización métrica de los elementos gráficos. La organización de los elementos implica una complejidad mayor que solo disponer los elementos en un espacio. Y esta relación en complejidad es la que se propone en la definición de la *Estructura Relacional*.

2.-decidir cómo emplear la analogía en la interpretación de cómo se organiza una composición gráfica.

Se concluyó en el capítulo I que la analogía puede ser empleada como argumento lógico, como método y como modelo. El conocer cada una de estas aplicaciones de la analogía nos permiten distinguir qué es y que no es la analogía para la *Estructura Relacional*.

La analogía como argumento lógico puede ser empleado en el diseño en general como un discurso (verbal o plástico) en el cual evidencie las similitudes entre dos modelos comparados. El desarrollo de un argumento lógico análogo puede ser considerado en la descripción de una propuesta gráfica, la analogía gráfica es un recurso muy eficiente para comunicarnos, nos comunicamos por metáforas y analogías. Y dentro de la dinámica del lenguaje visual, tanto el emisor y el receptor entienden (por cultura) que lo que se dice y cómo se dice en ocasiones no es comprobable, es una “manera de decirlo”, es una “retórica”. Pero cuando el objetivo es la explicación de un concepto teórico el discurso lógico analógico necesita proporcionar un nivel de claridad en la comparación realizada y en la similitud que se ha encontrado. Lo importante es que la persona receptora de dicho conocimiento pueda comprender muy bien el objetivo de la comparación.

En esta investigación se vio la necesidad que un argumento lógico bajo la analogía podría considerarse superficial para poder encontrar una solución a la organización de los elementos de una composición visual gráfica. No es conveniente hacer comparaciones figurativas o considerar la similitud de una estructura geométrica en dos modelos; es conveniente conocer cómo se percibe, cómo se reconocen las relaciones de los elementos plásticos según la manera en la cual está dispuesto gracias a sus cualidades psicológicas para reconocer una forma, así como también a las facultades comunicativas que ha desarrollado para poder interpretar un concepto a partir de símbolos significativos. Dicho de otra manera, la composición gráfica necesita considerar como propiedad elementos relacionados para que se perciba físicamente y para expresar uno o varios conceptos con un sentido comunicativo.

Para construir la teoría del diseño gráfico, es posible considerar epistemologías que hayan surgido de observar otros fenómenos o conceptos, pero siempre debe generarse un modelo y una argumentación apegada a los factores que atañen al diseño gráfico los cuales principalmente son psicológicos, comunicativos, estéticos y sociales. Por lo cual, los modelos que traten de imitar o encontrar similitud con la biología podrían generar un conocimiento vago para comprender el diseño y más aún para poner en práctica la teoría.

En el capítulo III se ha estudiado que la analogía es un método que coopera para que el diseñador o diseñadores desarrollen su creati-

vidad, entendiéndose por ello el generar alternativas innovadoras, o que den respuestas eficientes al problema planteado.

En los métodos analizados la mayoría del área de la biomecánica proponen la observación de modelos, no necesariamente biológicos, pueden ser artificiales, y a partir de allí se retoman soluciones dadas a problemas similares al propio. El modelo base es una fuente de información (como lo considera Josep María Martí) para el diseñador, y puede contribuir al proceso proyectual del diseño. El diseñador solamente requiere de un correcto planteamiento del problema, identificación del o los modelos adecuados, la habilidad para poder observarla, analizarla y reinterpretarla a su necesidad. Es entonces que se genera un modelo nuevo. El modelo diseñado, no necesariamente tiene que mostrar la procedencia de su solución, puesto que en ocasiones las respuestas que ofrecen los modelos "Muestra" o análogos no pueden llevarse a cabo de manera idéntica, deben ser adaptados. Steven Vogel hablaba de que si se tratara de imitar a la naturaleza sería muy costoso, por lo que el diseñador debe reinterpretar y generar sus propias soluciones y no copiar.

En la ciencia y en el diseño tanto en la práctica como en la teoría, la analogía también puede ser considerada como un método que proponer hipótesis iniciales. En la ciencia la interpretación de lo desconocido se puede basar en un modelo similar y posteriormente desarrollar herramientas para poder encontrar las cualidades particulares de lo desconocido. La analogía aplicada como un método puede generar hipótesis iniciales si las similitudes encontradas son solamente un punto de partida para la generación de una adecuación de dicha similitud, es decir, si dicha similitud se replantea bajo las condiciones propias del nuevo modelo.

A partir del estudio de las propuestas de Gaudí, Otto, Van de Velde y Klee podemos decir que la observación de la similitudes requiere de la observación analítica de los modelos; considerando los elementos que los componen y sus relaciones, es decir, las estructuras. La creatividad del diseñador consiste en saber interpretar bien la información a partir de conocer el problema a resolver. Las propuestas tanto prácticas como teóricas tienen influencia de la admiración, observación de la naturaleza, sin embargo fueron funcionales porque han realizado las reinterpretaciones adecuadas.

Ahora es oportuno atender a la pregunta ¿Con qué fin se emplea la analogía en la investigación?. La analogía en realidad es una herramienta útil en la investigación pero en este caso no es posible emplearla para generar una comparación y distinguir similitudes con otros modelos.

En esta investigación se ha visto útil emplear la analogía bajo el término de modelos analógicos de Max Black quien lo define como "es

cualquier objeto material, sistema o proceso destinado a reproducir de la manera más fiel posible, en otro medio, la estructura o trama de relaciones del original" (Black, 1966, p.219). En otras palabras Max Black quiere decir que el modelo análogo no pretende ser un modelo igual a la realidad, puesto que sería la realidad misma. Particularmente el modelo análogo es un modelo abstracto que representa sólo la estructura esencial de la realidad o de otro modelo. Esta observación implica definir que, al momento de plantear el modelo de la estructura relacional, no se debe dibujar los elementos de la misma manera en la que son representados en la composición gráfica, sino que se requiere de observar sólo las relaciones y las pautas para que se den las relaciones o las normas de las relaciones y establecerlas a partir de un código de interpretación gráfico o abstracto dado en la teoría de esta tesis (capítulo VII).

La representación geométrica no necesita ser un patrón semejante a la naturaleza, es una descripción de la misma composición gráfica, donde se señala las relaciones establecidas.

3.-Proponer que la organización se basa en las relaciones y con ello surge la estructura relacional,

La definición de la estructura relacional requirió una definición con la cual además de la intención intuitiva de la hipótesis inicial se confirmó que el término de estructura y relación-interacción tenía un valor importante en la construcción de unidades en la composición gráfica. Con base a la manera de extraer conceptos para diseño de diversos sistemas como lo ha hecho Paul Klee se consideró observar la definición de relación y estructura en la teoría de sistemas.

La teoría de sistemas es una teoría que observa diversos fenómenos en distintas áreas del conocimiento comenzando por la biología y se ha extendido a la psicología, la economía, la química, sociología por mencionar algunos. Esta teoría ha observado los comportamientos homólogos de todos estos fenómenos puesto que su comportamiento puede explicarse de la misma manera (con algunas reinterpretaciones)

La finalidad de buscar los términos *estructura* y *relación-interacción* es reconsiderar o revalorarlos en el ámbito de la teoría de la forma en el diseño gráfico, considerando la importancia de la estructura para generar una unidad (en términos de la teoría de sistema es el propio sistema) y también considerar la trascendencia de las relaciones o interacciones entre los elementos plásticos (en términos de la teoría sistémica, son los elementos del sistema) En un sistema las interacciones y relaciones de los elementos son las que permiten que emerja el sistema, y la estructura son las pautas de relación de los mismos, dos significados que generan la definición de la *Estructura Relacional*.

El retomar estos conceptos se ha hecho con el cuidado de aclarar que una composición visual no es un sistema desde el punto de vista del pensamiento sistémico (explicación dada en el VI). Sin embargo sí podemos observar y reinterpretarlos en lo que queremos dar a entender por *Estructura Relacional*.

La Estructura Relacional son las pautas bajo las cuales los elementos gráficos se relacionan. Pero las relaciones no solo son geométricas, son más complejas. La Estructura Relacional considera la complejidad de las relaciones de un elemento gráfico cuya identidad siempre se ha estudiado de manera individual, siendo este una figura, con propiedades geométricas, una forma con propiedades perceptivas y un signo con propiedades significativas y comunicativas.

4.-Se proponen la primera aproximación de su definición, así como un modelo analógico gráfico de interpretación de la misma

Para abordar la complejidad de las relaciones de la composición gráfica se ha considerado la visión sistémica de Gregory Bateson quien ha conseguido identificar las relaciones complejas entre organismos, y entre los niveles de comunicación por la relación de ideas a partir de los Tipos lógicos de Russell. Este método lógico ha sido de utilidad para poder clasificar en niveles las relaciones.

Este planteamiento realizado en el capítulo VI merece que se subraye su alcance. Cada nivel de relación implica las relaciones establecidas en los niveles anteriores, esto significaría que una forma implica las relaciones geométricas de varias figuras. Esto es que no reconocemos la forma diciendo hay 3 triángulos y dos círculos, sino simplemente se reconoce la totalidad, aunque también se percibe por las cualidades de la superficie. Y la percepción de la forma o la imagen nos permite identificar un significado denotativo pero también cargado de significación por lo que incluye significados connotativos, gracias a la relación de varias formas dadas así como las formas y experiencias que consideramos como experiencias. Es decir, consideramos las sintaxis de las formas. Este es un aporte de la clasificación bajo la pauta de los tipos lógicos de Russell, lo que difiere solamente de decir que el signo tiene tres propiedades. Consideramos muy importante que en la redacción de los conceptos relacionales, así como de los ejemplos que se realicen en estudios posteriores a esta tesis se puedan redactar evidenciando estos grados y su complejidad.

Es conveniente reiterar en este punto para poder conseguir explicarla y distinguir lo complejo de la relación de los elementos de una composición y gracias a lo cual se consigue la unidad. Y se basa en comprender la diferencia que hay entre considerar los niveles como cualidades separadas (como estamos acostumbrados a estudiarlas) o considerarlas como resultado de las relaciones del nivel anterior.

La definición del término estructura relacional incluye también que el modelo analógico, es decir la representación gráfica, tenga carácter topológico.

El modelo analógico mencionado con anterioridad pretende evidenciar las relaciones establecidas entre sus elementos plásticos en los distintos niveles descritos. El modelo analógico tiene un carácter topológico, el cual puede favorecer a evidenciar las relaciones. Sin embargo por ahora existe una limitante: el concepto de movimiento o transformación de la forma.

Este modelo analógico toma la apariencia de las interpretaciones de topología realizadas por Kurt Lewin y retomadas por Attilio Marcolli en su Teoría del campo. Teoría que habla de la composición de diseño desde el aspecto topológico, es decir relacional e interactivo. La explicación dada por Marcolli es muy sencilla por lo que en esta investigación se ha preferido además de estudiar su propuesta profundizar en los términos topológicos. La topología es la parte de la geometría que estudia las cualidades de la forma que no varían al momento de que esta sufre una transformación (invariancia topológica). Los ejemplos de Marcolli y sobre todo los del psicólogo Kurt Lewin hablan de un movimiento sea aparente o físico y real, en el cual hay un desplazamiento y un tiempo recorrido durante este desplazamiento. Lo que las relaciones que establecen las personas sea en el espacio físico para llegar de un lugar a otro ó sea, las relaciones que un individuo tiene con otras personas durante su vida sufren una transformación. La forma (abstracta y total del comportamiento, o del recorrido) pueden tener una transformación, y el objetivo es estudiar si estas relaciones son afectadas o permanecen.

En la composición gráfica como por ejemplo un cartel, una marca, no ha sido posible en esta investigación generar una reinterpretación clara sobre la transformación de la forma, de hecho es necesario reinterpretar a qué nos referimos con la transformación o deformación. Por ello en esta etapa el diseño del modelo analógico aún se encuentra a manera de hipótesis, cabe trabajar en sus cualidades que permitan decir que es un modelo topológico. Por ahora, solamente cuenta con algunas cualidades topológicas.

Se han pensado algunas reinterpretaciones no formales sobre “el movimiento” o “transformación de la forma” de una la imagen estática. Una de ellas es la relación de los elementos y su intencionalidad por evocar otra escena, es decir, que sugieran que posterior a esa postura, van a moverse. También puede ser que los elementos sugieran la presencia de otro elemento fuera del espacio-sustrato en el cual se encuentra plasmada la composición. O hagan alusión a otro tiempo. Es decir, la intencionalidad de la composición o el concepto reflejado debe expresar un pasado o un futuro, un antes y un después.

Las reflexiones y análisis sobre el concepto de vitalidad de Christopher Alexander pueden presentar un antecedente. Y es necesario considerar a otros autores que hablen de la intencionalidad de la composición. Por lo que considero que es un tema que puede desarrollarse como trabajo posdoctoral.

La explicación de cuatro conceptos relacionales pertenecientes a dos niveles, al geométrico y perceptual, nos proporcionan, primero características que se añaden a la definición de Estructura Relacional, y posteriormente la experimentación de observar pautas de relación.

Los capítulos IX y X proponen un análisis sobre cuatro conceptos relacionales, definidos así porque proponen una relación. La proporción implica la relación de dos elementos y encontrar una similitud en la dimensión de una lateralidad. La perspectiva, implica también una relación de espacio entre los elementos plásticos. El contraste, es una relación de dos superficies las cuales cuentan con una diferencia notoria o significativa y permiten que se distinga una como forma y la otra como contexto. La textura, es un concepto relacional que hemos considerado como un concepto del nivel perceptual como un conjunto de estímulos lumínicos cuya presencia y cualidades manifiestan la forma de la superficie que cubren. Estos conceptos si bien ya son conocidos y estudiados con profundidad a través de la historia del diseño gráfico incluso, quizá la explicación sea extenuante para el lector, es necesario acercarse a toda información que hable sobre la relación que establezca para poderla posteriormente llevarla al plano gráfico práctico.

Hemos podido observar que el modelo analógico se ha adaptado a la representación de las pautas de relación. Conocer de manera amplia el término nos permite sensibilizarnos con todas las posibilidades de relación que proporciona. Incluso puede haber más de una pauta relacional, como es el caso del contraste, en donde no solo hay una diferencia entre el color, sino el borde emergente es otro elemento que solo surge a partir de la relación y cuya presencia es decisiva para poder distinguir qué es figura y qué es fondo.

Sin embargo, hubo una dificultad al emplearlo en las pautas de relación de la textura. Las pautas de relación se establecieron a partir de una secuencia y en los conceptos de contraste, perspectiva y proporción han sido muy claras la identificación de la relación entre dos o más elementos y su interpretación se hizo desde los mismos parámetros. Es por ello que se requiere de más práctica, de más análisis y reflexión para poder normatizar la interpretación gráfica de las pautas de relación. Lo que queda muy claro es que el modelo analógico no es la Estructura Relacional, es la representación gráfica de ello y pretende tener un carácter topológico.

Es importante destacar que estos cuatro conceptos relacionales no son los únicos, podremos encontrar otros como por ejemplo el ritmo, el equilibrio. El único principio para poder distinguir un concepto pueda cooperar para la estructura relacional, es que por sí mismo proponga una relación. Por lo que es posible consultar los conceptos propuestos por autores como Germani y Fabris, Donis A. Donis entre otros expertos en la teoría de la forma, geometría y semiótica.

Cabe decir que queda para un estudio posterior a esta investigación la estructura relacional en semiótico. La extensa bibliografía que se puede encontrar para el estudio del signo desde la semiótica, ha sido uno de los factores por los cuales se ha decidido no incluirla en este momento. Sin embargo es necesario realizarlo para poder completar la definición del modelo teórico. Aunado a ello, la sintaxis del signo es

Por último cabe decir que la Estructura Relacional es una estructura que se va conformando sobre el proceso. Desde la formulación del concepto hasta dejar la composición ya terminada. Se ha dado entonces cabida al concepto como la guía que define cómo se van a organizar los elementos en función a un contenido. La intencionalidad comunicativa de la composición manifestada por los elementos plásticos y sus relaciones deben ser coherentes en función al concepto. El concepto es lo que se comunica, partiendo de las figuras, las formas y los significados sobre todo connotativos de los elementos plásticos. Esta suposición que se propone en el capítulo XI, debe ser reforzada igualmente primero con la teoría, reconsiderando la definición de concepto y de intención comunicativa. Posteriormente es necesario analizar composiciones ya terminadas, pero también construir la composición bajo el criterio de determinar las pautas relacionales. Distinguir cuáles son los vínculos de la Estructura Relacional con las etapas del proceso proyectual ha sido un avance hacia la práctica de la teoría.

Cabe decir que esta aproximación a la definición del modelo teórico Estructura Relacional puede ser una propuesta complementaria a lo ya conocido. Si hay teorías en las cuales la unidad, el ritmo, el campo, proporcionan una manera de observar la composición, en este caso se plantea diseñar partiendo de las relaciones.

La composición gráfica también es un conjunto de relaciones de elementos plásticos. (Angélica Castro, 2015)

Las relaciones de la composición deben siempre verse en su complejidad y de ellas emerge la composición como unidad. (Angélica Castro, 2015)

Una propuesta teórica en el diseño gráfico siempre debe considerar la práctica como aliada. (Angélica Castro, 2015)

Bibliografía

Introducción

Bertalanffy, L. (1986). *Teoría General de los sistemas, fundamentos, desarrollos y aplicaciones*. México: Fondo de Cultura Económica.

Black, M. (1966). *Modelos y metáforas*. Madrid: Ed. Tecnos

Klee, P. (2007). *Teoría del arte modern*. Buenos Aires: Cactus.

Martí, J.M. (1999) *Introducció a la metodologia del disseny*. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.

Vanden,F. (2000) *El diseño de la naturaleza o la naturaleza del diseño* México:Universidad Autónoma Metropolitana.

Capítulo I. La analogía como método y modelo. Definición, límites y alcances en la filosofía, la ciencia, la pedagogía y la creatividad

Aristóteles. García V. Yebra, (Trad) (1970) *Metafísica de Aristóteles*. (Edición trilingüe). Madrid: Editorial Gredos, S.A.

Black, M. (1966). *Modelos y metáforas*. Madrid: Ed. Tecnos

Bertalanffy, L. (1986). *Teoría General de los sistemas, fundamentos, desarrollos y aplicaciones*. México: Fondo de Cultura Económica.

Bocheński, I.M., Ímaz, E. (Trad.) (1955). *La filosofía actual*. México: (Colección Breviarios no. 16. 3era. ed.). Fondo de Cultura.

Duverger, M. (1988) *Métodos de las ciencias sociales*. México: Ed. Ariel. Colección Demos.

Encyclopaedia Britannica. (1970) (Volumen 1). Estados Unidos: Encyclopaedia Britannica, INC.

Ferrater, M., & Terricabras, J.M. (1998). *Diccionario de filosofía*. (Tomo I y Tomo IV) España: Editorial Ariel. S.A.

Gilson, É., Fray Zudaire, E. (Trad). (1948). *La Filosofía de San Buenaventura*. Buenos Aires: Dedebec: Desclée de Brouwer.

Gordon, W. J.J. (1961). *Synectics the Development of Creative Capacity*. New York:Harper and Row, Publishers.

Kabalen, D., & Sánchez, M. (2005). *La lectura analítico-crítica. Un enfoque cognoscitivo aplicado al análisis de la información*. México: Editorial Trillas.

Lalande, A. (1966). *Vocabulario técnico y crítico de la filosofía*. Buenos Aires Argentina: (2nda. ed.). Ed. El ateneo.

- Stuart**, J.M. (1974). *A system of logic ratiocinative and inductive*. Toronto: University of Toronto Press Routledge & Kegan Paul.
- Platón**. (1984). *Diálogos*. (Edición de Ribas. M. & González, A.G). Barcelona: Bruguera
- Martí**, J.M. (1999) *Introducció a la metodologia del disseny*. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona
- Kent**,G.C. & Carr, R.K. (2001) *Comparative anatomy of the vertebrates*. New York: (9na. ed.). McGraw-Hill
- Copi**, I.M. & Cohen, C., González,E.A.R. (Trad)(1995) *Introducción a la lógica*. México. Editorial Limusa, S.A. de C.V.
- Cayetano**, T. (1986) "Capítulo I: Cuántas clases de analogía hay y cuál es su primer modo, Capítulo II:Qué es analogía de atribución, de qué maneras se hace y cuáles son sus condiciones. Capítulo III: Qué es la analogía de proporcionalidad, de cuántas clases y cómo se llama con propiedad analogía" Tomado de **Fernandez**, C. (Compilación) (1986) *Los filósofos Escolásticos de los siglos XVI y XVII. Selección de textos*, Madrid: Biblioteca de Autores Cristianos, de la Editorial Católica,S.A.
- Candel** M. Santmartín. (2004). *Metafísica de cercanías*. España: Ediciones de Intervención Cultural.

En línea

Oliva, José M^a (2004). El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 3 (3) Recuperado de: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero3/ART7_VOL3_N3.pdf [Consulta: 2010]

Schild, K., Herstatt, C., Lüthje,Ch. (?). How to use analogies for breakthrough innovations. Institute of Technology and Innovation Management, Technical University of Hamburg. Recuperado de: http://www.tuhh.de/tim/downloads/arbeitspapiere/Working_Paper_24.pdf [Consulta: 29 enero 2014]

Hill, B. (1993) Bionik - notwendiges Element im Konstruktionsprozeß, *Konstruktion*, 45, 283-287. Consultado en Institute of Technology and Innovation Management, Technical University of Hamburg, Katharina Schild, Cornelius Herstatt and Christian Lüthje en "How to use analogies for breakthrough innovations" [en línea] en: http://www.tuhh.de/tim/downloads/arbeitspapiere/Working_Paper_24.pdf [Consulta: 29 enero 2014]

Bibliografía consultada

Gortari, E. (1974). *Propiedades del razonamiento por analogía*, *Diánoia*, vol. 20, no. 20. pp-57-85. Instituto de Investigaciones Filosóficas.

Universidad Nacional Autónoma de México.

Capítulo II. La analogía como modelo para la obtención de pautas en la teoría del diseño

Aristóteles, Jiménez E., Almudena A. (Trad) (2000) *Partes de los animales, Marcha de los animales, Movimiento de los animales*. Madrid: Editorial Gredos, S.A.

Barona, J. (2003). *Història del pensament biològic*. (2nda edición). Valencia: Universitat de Valencia.

Collins, P. (1988). *Los ideales de la Arquitectura moderna*. (1759-1950). (5ta. ed). Barcelona-España: Gustavo Gili.

Christopher, A. (2002). *The nature of order. An essay on the art of building and the nature of the universe. The phenomenon of life*. (Book one. ed.9na) Oxford: Ed. Patternlanguage.com

Christopher, A. (1971). *Ensayo sobre la síntesis de la forma*. Buenos Aires: Ed. Infinito

Cunningham, A. & Jardine, Nicholas. (1990). *Romanticism and Sciences*. Great Britain: Cambridge University Press

Haeckel, E., Litrán C. (Trad) (1905). *Historia de la Creación de los seres organizados según las leyes naturales*. (Tomo 1. Imp F. Sempere y C. a Editores). Valencia: Ed. Arte y libertad,

Hitchcock, H-R. (1968). *Arquitectura: siglos XIX y XX*, Madrid: Cátedra, S.A.

Le Corbusier. (1993). *Principios de Urbanismo* (La carta de Atenas). Buenos Aires: Editorial Planeta Argentina, S.A.I.C.

Le Corbusier. (1999). *Precisiones Respecto a un estado actual de la arquitectura y el urbanismo*. España: Ediciones Apóstrofe, S.L. Título original: révisions (1999) Fondation Le Corbusier

Le Corbusier. (1980). *La casa del hombre*. España: Ediciones Apóstrofe, S.L.

Steadman, P. (1982). *Arquitectura y naturaleza. Las analogías biológicas en el diseño*. Madrid: Ed. H. Blume Ediciones

Spencer. H. (1967). *The evolution of society Selections from Herbert Spencer's "Principles of Sociology"*. (Volume I -1885, Volume II -1886). Chicago: University of Chicago Press.

Taton, R. (Ed) (1973). *Historia General de las Ciencias*. (Volumen III. Colección: Ciencia Contemporánea, I, el Siglo XIX.) Barcelona: Ediciones Destino.

Thompson, A. (1980). *Sobre el crecimiento y la forma*. (Versión Resumida en Castellano). España: H. Blume Ediciones.

Vasari, G. (1960). *Vasari on Technique. Being the introduction to the three arts of design, architecture, sculpture and painting, prefixed to the lives of the most excellent painters, sculptors and architects*. New York: Ed. Dover Publications, INC.

Viollet-le-Duc. "Construcción" en "La construcción medieval". *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVI e siècle*. (1996) Madrid: Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Ur-

banismo (CEHOPU) Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas Ministerio de Obras Públicas, Transportes Y Medio Ambiente (CEDEX), Instituto Juan de Herrera Escuela Técnica superior de Arquitectura.

Wittkower, R. (1979). *Sobre la Arquitectura en la Edad del Humanismo. Ensayos y escritos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili. S.A.

En línea

Fergusson, J. (1849) *An Historical Enquiry into the True Principles of Beauty in Art*. London: Longmans, Brown, Green, and Longmans. Recuperado de: <https://play.google.com/books/reader?id=os8DAAAAYAAJ&printsec=frontcover&output=reader&authuser=0&hl=es&pg=GBS.PA160> (Consultado 21 julio 2014)

Focault, M. (1994) *The order of the things. An Arthaeology of the Human Sciences*. Estados Unidos: Vintage Books Edition. Recuperado de: http://www9.georgetown.edu/faculty/irvinem/theory/foucault-order_of_things-text.html (Consulta: 2013)

Galilei, G. (1638) *Dialogues Concerning Two New Sciences* Edition used: *Dialogues Concerning Two New Sciences* by Galileo Galilei. Recuperado de: http://oll.libertyfund.org/?option=com_staticxt&staticfile=show.php%3Ftitle=753&chapter=109890&layout=html&Itemid=27 (Consulta: 13 mayo 2013)

Hvattum, M. Gottfried Semper: Between Poetic and Practical Aesthetics. *Zeitschrift für Kunstgeschichte*. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/3657236>. 64. Bd., H. 4 (2001) pp. 537-546. Deutscher Kunstverlag GmbH Munchen Berlin. (Consulta: 19/01/2012 10:41)

Kelly, J. M. Nicholas Revete and Georgian Neoclassicism. Recuperado de: <http://www.jasonmkelly.com/nicholas-revett-and-georgian-neoclassicism/> (Consulta: 2012)

Pitt-Rivers, A.H. L.-F. (?) *The Evolution of Culture, and other essays, "Primitive Warfare"*. London: Ed. J.L. Myres, M.A. University of Oxford. Recuperado de: <https://ia600801.us.archive.org/9/items/evolutionofcultu00pitt/evolutionofcultu00pitt.pdf> (Consulta 2013)

Bibliografía consultada

Ashby, W. (1965) *Proyecto para un cerebro: el origen del comportamiento adaptativo*. (Col. Estructura y función). Madrid: Tecnos.

Bergdoll, B., Bamboni, D., Ursprung, P. (2007) *Essays, From inspiration to innovation Nature design*. Switzwelrand: Museum Für gestaltung Zürich. Lars Müller Pulishers Angeli sach.

- Fahr-Becker.** (2008). *El modernismo*. Barcelona: LocTeam, S.L.
- Hereu, P., Montaner, J.M., Oliveras, J.** (1994). *Textos de arquitectura de la modernidad*. Madrid: Editorial Nerea, S.A.
- Haeckel E.** *Art Forms in Nature* (2013). New York: Prestel
- Maude, J.** (1978). *An introduction to Modern Architecture* (Colección: Pelican Book). Barcelona-España: Penguin Books Ltd.
- Pevsner, N., Cirlot, J-E** (Trad) (1978). *Los orígenes de la arquitectura moderna y del diseño*. (Colección: Comunicación visual. 4ta. ed.) traducción de Barcelona- España: Editorial Gustavo Gili, S.A.
- Pitt-Rivers, L-G., Balfour, H.** (Introd). (1906). *The Evolution of Culture And Other Essays*. Oxford: J.L. Myres, M.A.
- Portoghesi, P., Servitje, M.** (Trad.) (1982). *Después de la Arquitectura moderna*. (2nda.ed.). Barcelona-España: Editorial Gustavo Gili, S.A.
- Spencer, H.** (1866). *The principles of Biology*. New York: D. Appleton & Co.
- Viollet-le-Duc.** (1978). *Historie d'un dessinateur: comment on apprend à dessiner*. Paris: Berger-Levrault.
- Vicq d'Azyr, F.** (1792). *Système Anatomique des Quadrupèdes*. París: (s.n)

Capítulo III. Analogías como método de estimulación a la creatividad en el diseño

- Goujon P.** (2001) *From Biotechnology to Genomes: The Meaning of the Double Helix*. New York: World Scientific Publishing Co.
- Munari, B.** (2004). *¿Cómo nacen los objetos?. Apuntes para una metodología proyectual*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Sánchez M.** (2006). *Diseñar desde el pensamiento analógico por modelos*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Thompson, D.** (1980). *Sobre el crecimiento y la forma*. Madrid: Edición abreviada H. Blume Ediciones.
- Vanden Broeck. F.** (2000). *El diseño de la naturaleza o la naturaleza del diseño*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Vogel, S.** (2000). *Ancas y palancas mecánica natural y mecánica humana*. Barcelona: Tusquets Editores, S.A.

En línea

Convenio sobre Diversidad Biológica. (Junio 1992). Recuperado de: <http://www.cinu.org.mx/eventos/conferencias/johannesburgo/documentos/convencion%20sobre%20diversidad%20biologica.pdf> [consultado: 14 enero 2015]

Biomimicry 3.8 Institut. Recuperado de: <http://biomimicry.net/about/biomimicry38/institute/> [consultado 6 julio 2014]

Lodato, F. (September, 2001) *Bionics: Nature As a Tool For Product Development*. Recuperado de: http://www.descarga.besign.com.ve/bionica/articulos/flodato_bionique.pdf USA, Cambridge. [consultado el 29 mayo 2014]

Martín, A.M. *Presente y future de la biotecnología, Real academia de Ciencia*. Recuperado de: <http://www.rac.es/ficheros/doc/00323.pdf>. (consultado el 5, junio, 2015)

Schild, K., Herstatt C., & Lüthje, Ch. (2004) *How to use analogies for breakthrough innovations*. Institute of Technology and Innovation Management, Technical University of Hamburg, Germany. Recuperado de: https://www.tuhh.de/tim/downloads/arbeitspapiere/Working_Paper_24.pdf [consultado el 2009]

Vosniadou, S. (1989) "Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: a developmental perspective". *Similarity and analogical reasoning*. Vosniadou, S. & Ortony, A. (Eds) Cambridge: Cambridge University Press, pp. 413- 437. Recuperado de: <http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=6INZNzZs03oC&oi=fnd&pg=PA413&dq=Vosniadou,+S.+and+Ortony,+A.+%28Eds%29+Similarity+and+analogical+reasoning,+Cambridge:+Cambridge+University+Press,+pp.+413-+437.&ots=Aldc7t8V1v&sig=w0LoTR-PKtGMVcArHvJCFcFKrhQ#v=onepage&q&f=false> [consultado el 2010]

Wilson.J., Rosen, D., Nelson, B., Yen, J. (2009). *The effects of biological examples in idea generation*. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X0900074X> [consultado el 2013]

Capítulo IV.

La analogía entre los patrones geométricos de las formas biológicas y el diseño

Alexander, Ch. (2002) *The nature of order: an essay on the art of building and the nature of the universe*. Book I. The phenomenon of life. (9na. ed.) California: Patternlanguage.com Publisher by the Center for Environmental Structure

Alexander, Ch. (1971). *Ensayo sobre la síntesis de la forma*. Buenos Aires: Ed. Infinito.

Beljon, J.(1993). *Gramática del arte*. Madrid: Celeste Ediciones

Castro, M.A. (1993) *Apuntes: Curso Teoría del diseño básico*. Curso impartido por Fernando García Santibáñez Saucedo.

Stevens, P. (1987). *Patrones y Pautas en la naturaleza*. (Col. Biblioteca científica) Barcelona: Ed. Salvat Ediciones, S.A.

Vogel, S. (2000). *Ancas y palancas mecánica natural y mecánica hu-*

mana. Barcelona: Tusquets Editores, S.A.

Vanden, F. (2000) El diseño de la naturaleza o la naturaleza del diseño México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Wagensberg, J. (2007) *La rebelión de las formas*. (3er. Ed) Barcelona: Tusquets Editores.

Entrevistas

García, F. (18/05/2008). Entrevista online: *Estructuras básicas del diseño*.

Bibliografía consultada

Wong, W. (1986). *Fundamentos del diseño bi-y tri-dimensional*. (5nta ed.). Barcelona: Ed. Gustavo Gili, S.A.

Capítulo V.

La analogía como hipótesis inicial en la argumentación teórica del diseño

Conral, R. (1973). *Frei Otto: Estructuras*. Barcelona: Gustavo Gili, S.A.

Crippa, M.A., Bassegoda, M. Navarcués, N. (2001). *Hábitat, naturaleza y cosmos*. España: Lunwerg Editores.

Gaudí, A. (autor), Mercader, L. (Ed.) (2002). *Antonio Gaudí, Escritos y documentos*. Barcelona: El Acantilado Quaderns Crema, S.A.

Fahr-Becker, G. (2008). *El modernismo*. Alemania: H.F. Ullmann/Tandem Verlag GmbH.

Freixa, M. (2002) “[...] donant la forma apropiada a l’ús i als material [...]” En Bassegoda J., Freixa M., Giralt-Miracle, G., Guéné-Loyer, Salas.M.T. (2002) *Gaudí. Art i disseny*. Barcelona: Fundació Catalunya Caixa y Edicions de l’Exemple

Fundació Caixa de Pensions, (1986). *Antoni Gaudí (1852-1926)*. Barcelona: Salvat Editores, S.A.

Giralt – Miracle, D. (Dir.).(2002). *Gaudí. La recerca de la Forma. Espai, geometria, estructura i construcció*. Barcelona: Ed Lunwerg Editores, Ajuntament de Barcelona, Sociedad Estatal para la Acción Cultural Exterior (SEACEX).

Guéné-Loyer H. (2002), El paper de l’ornament tant en l’arquitectura com en la seva decoració, de l’època clàssica a l’inici del modernisme. (pp. 25-37). En Bassegoda J., Freixa M., Giralt-Miracle, G., Guéné-Loyer, Salas.M.T. (2002) *Gaudí. Art i disseny*. Barcelona: Fundació Catalunya Caixa y Edicions de l’Exemple

Hereu, P., Montaner, J.M., & Oliveras, J. (1994). *Textos de Arquitectura de la Modernidad*. Madrid: Editorial Nerea, S.A.

Hitchcock, H.R. (1981). *Arquitectura: siglos diecinueve y veinte*. España: Ediciones Cátedra, S.A.

Klee, P. (1968). *Pedagogical Sketchbook*. Boston: Published London, Faber and Faber

Klee, P. (2007). *Teoría del arte modern*. Buenos Aires: Cactus.

Otto, F. (Dir.). (1971). *IL3 Biology and Building* (Part I). Germany: Institute for Lightweight Structures (IL). University Stuttgart

Pevsner, N. (1968) *Los orígenes de la arquitectura moderna y el diseño*. (4ta. ed). Barcelona: Gustavo Gili.S.A.

Salas, M.T., Calvera, A. & Freixa, M. (2013). Rethinking the Significance of Catalán Modernisme in the History of Design in Barcelona. En Gragmon-UB Research Unit on Contemporary Art and Design Histories (eds). Calvera, A. (Ed) (2013) *From Industry to Art Shaping a Design Market Through Luxury and Fine Crafts (Barcelona 1714-1914) Essays on local history*. (pp.176-210). España: Gustavo Gili

Van de Velde, H. (1923). *Formules d'une esthétique Moderne*. Ce retour a la conception sensuelle de la beauté ne pouvait échapper ni aux philosophes ni aux esthéticiens. Bruxelles: L'Équerre Société coopérative d'édition et de propagande intellectuelle.

Vitruvio, M.& Presbítero Don Ortíz, J. (Trad. y comentarios) (1787). *Los diez libros de Architectura*. Madrid: Ed. Imprenta Real.

En línea

Klee, P. (1972) . *Pedagogical sketchbook*. Washington: Praeger publisher. Recuperado de: <http://ing.univaq.it/continenza/Corso%20di%20Disegno%20dell'Architettura%20/TESTI%20D'AUTORE/Paul-kee-Pedagogical-Sketchbook.pdf> [Consultado el 2014]

Bibliografía consultada

Campbell, J. (1978). *The German Werkbund: the Politics of Reform in the Applied Arts*. Princeton (N.J.) : Princeton University Press.

Capítulo VI.

La teoría de sistemas como modelo conceptual para la estructura relacional

Barona, J.L. Vilar, (2003) *Història del pensament biològic*. (2nda. ed) Valencia: Universitat de València.

Bateson, G. (1988) *Mind and Nature. A necessary Unity*. New York: Editorial Hampton Press, Inc, Cresskil, NJ.

Bertalanffy, L. (1989) *Teoría General de los sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. México: Fondo de Cultura Económica, S.A. de C.V.

Corsi, G., Esposito, E. & Baraldi C. (1996). *Glosario sobre la teoría Social de Niklas Luhmann*. (Prefacio de Niklas Luhmann). esp. México: Universidad Iberoamericana, A.C.

Germani, R. & **Fabris**, S. (1973) *Fundamentos del proyecto gráfico* (2nda. ed.) Barcelona: Ediciones don Bosco.

Halsall, F. (2008) *Systems of Art. Art, History and Systems Theory*. Switzerland: Peter Lang AG, International Academic Publisher, Bern.

Luhmann, N, (2000). *Art as a Social System*, Unites States: Stanford

University Press.

Luhmann, N. (2005). *El arte de la sociedad*. Mexico: editorial Herder. S. de R.I. De. L.V.

Maturana, H. & Varela, V. (1984). *El árbol del conocimiento. Las bases biológicas del entendimiento humano*. Chile: Editorial Universitaria. S.A.

Morin, E. (1999). *El método I. La naturaleza de la Naturaleza*. (5ta ed.) Madrid: Ediciones Cátedra.

Palacio, J.R. (2008). *Las paradojas y la teoría de los tipos lógicos*. Univeritas Philosophical, Año 25, 50:233-253, junio. Bogotá.

Tesis

Castro, A.M. (2004). *La estructura fractal en relación con el diseño de la composición gráfica. En busca de sistemas de organización y estructuras naturales*. Tesis, lectura en 2004. Facultad del Hábitat, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México.

En línea

López, M.M. (1978). *Los Conjuntos*. México D.F.: Publicaciones del Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias, UNAM, Recuperado de: <http://filosofiyargumentacion.blogspot.com.es/2014/05/historia-de-la-logica-3-la-logica.html>. [Consultado el 2014]

Rodríguez, J.(s.f) *Epistemología de la Complejidad*. CEPADE –Univ. Politécnica de Madrid /IDOE Univ. Alcalá de Henares. Recuperado de: http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ub.edu%2Fiafi%2FRecerca%2FSeminaris%2Fcomplejidad.doc&ei=QmU6VcPxFOeM7Aa_h4G4Dw&usq=AFQjCNEkRe2WbAjKvcS-1BPYjETOSPeg2g&bvm=bv.91427555,d.bGQ [Consultado 23, abril 2015]

Bibliografía consultada

Barthes, R. (2002) *Ensayos críticos*. Buenos Aires: Seix Barral, S.A.

Capítulo VII.

Principios del modelo topológico útiles para la definición del concepto estructura relacional

Henderson, B. Griesbach, E.N. Duncan, J. Todd. L. (1982) *The Princeton-hall Encyclopedia of Mathematics*. Estados Unidos: Printice-hall. Inc.

The Open University, Equipo del curso Básico de Matemáticas. *Topología. (Curso básico de Matemáticas Unidad 35)* (1974). México:

Mcgraw-Hill.

Marcolli, A. (1978). *Teoría del campo. Curso de educación visual*. España: Xarait Ediciones y Alberto Corazón Editor.

Munkres, J.R. (2000). *Topology*. (2nda ed.)Upper Saddle River N.J: Prentice Hall.

Capítulo VIII.

El concepto de comunicación y la estructura relacional

Ferrater, J.M. (1996). *Diccionario de filosofía abreviado*. Barcelona: Edhasa.

Gortari, E. (1969). *Iniciación a la lógica*. México: Ed. Grijalbo.

Maderuelo, J. (2008) *La idea de espacio en la arquitectura y el arte contemporáneos, 1960-1989*. Madrid: Ediciones Akal, S.A.

Pirson, J-F. (1988). *La estructura y el objeto*. Barcelona: Promociones y Publicaciones Universitarias.

Tesis

Mallol, M.E. (2001). *Concepte d'una particularitat (Capítulo 3). La nominació de l'artefacte en el procés de disseny*. (Tesis doctoral) Departamento de Historia de la filosofía, Estética i filosofía de la cultura de la Facultad de Filosofía en la Universidad de Barcelona. Barcelona, España.

En línea

Flynt H. *Concept art. Essays*. Recuperado de: http://stendhalgallery.com/?page_id=4747 [Consultado: 26 enero 2015]

LeWitt, S. (?) *Paragraphs on Conceptual Art*. [Publicado: 14 diciembre 2006] Recuperado de: http://www.tufts.edu/programs/mma/fah188/sol_lewitt/paragraphs%20on%20conceptual%20art.htm [Consultado: 27 enero 2015]

Pagina12.com. (2007) *Adios a Sol Lewitt*. Sobre el arte conceptual [Publicado: domingo, 22, abril 2007] Recuperado de: <http://www.pagina12.com.ar/diario/suplementos/radar/9-3760-2007-04-25.html> [Consultado: 27 enero 2015]

Rosenzweig, P. (Associate Curator). (1987). *Sol LeWitt works*. (Entrevista con Sol LeWitt). Washington, D.C.: Hirshhorn Museum and Sculpture Garden smithsonian Institution Recuperado de: <http://www>.

hirshhorn.si.edu/dynamic/archives/Works-Sol-LeWitt-Brochure.pdf
[Consultado: 27 enero 2015]

Entrevista (no presencial-email)

García Santibáñez, F. (2011) Entrevista vía email sobre las definiciones de concepto, idea, idea de comunicación. Respuesta recibida el lunes 14 de noviembre de 2011 a las 23:39:48 horas.

Bibliografía consultada

Vilchis, L.C. (2002) *Diseño Universo de conocimiento. Investigación de proyectos en la comunicación gráfica*. (2nda. ed.). México: Centro Juan Acha.

Capítulo IX

Estructura relacional a nivel geométrico

Aristóteles. 1981. *Metafísica*. (Undécima ed.) México: Espasa-Calpe, S.A.

Bardeschi, M. D., E. Garin, R. Romano, J.M. Rovira, A. Tenenti, M. Tafuri.(1988). *León Battista Alberti*. Barcelona: Editorial Stylos.

Barre A., Albert Flocon, A., (1985) *La perspectiva curvilínea: del espacio visual a la imagen construida*. Barcelona: Ed. Paidós.

Cabezas, L.(2001). Dibujo y perspectiva. En Gómez, J.J., Bordes, J. *El manual de dibujo. Estrategias de su enseñanza en el siglo XX*. (pp. 139-494) Ed. Cátedra.

Cabezas, L. Ortega,L. (2001a). *Análisis gráfico y representación geométrica*. Barcelona: Ediciones Universitaria de Barcelona.

Cole. A. (1993). *Perspectiva. Guía visual de la teoría y la técnica del Renacimiento hasta el arte Pop*. España: Ed. Blume en colaboración con The Nacional Gallery, Londres.

Corbalán, F. (2010) *La proporción áurea. El lenguaje matemático de la belleza*. España: RBA. Coleccionables, S.A.

Damisch, H. & Zaragoza .F.A. (Trad. Español) (1997). *El origen de la perspectiva*. Madrid: Ed. Alianza Editorial.

D'Arcy T.(1980). *Sobre el crecimiento y la forma*. Madrid: H. Blume Ediciones

Euclides (1994) Puertas, M.A. (Trad). *Elementos*. (Libros V-IX). Madrid: Editorial Gredos, S.A.

Ghyka, M.C. (1978) *El número de oro. Los ritmos. Ritos y ritmos pitagóricos en el desarrollo de la civilización occidental*. (Vol 1). Barcelona: Editorial Poseidón.

Ghyka, M.C. (1953) *Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes*. Buenos Aires: Editorial Poseidón

Kline, M. (1972) *El pensamiento matemático de la Antigüedad a nuestros días*. Madrid: Alianza Editorial, S.A.

Panofsky, E., Careaga, V. (Trad.) (1985). *La perspectiva como "Forma*

simbólica". (5nta. ed.) España: Tusquetes Editores.

Platón. (1995). *Libro X, La República*. (Colección Los Clásicos de Grecia y Roma), España: Editorial Planeta de Agostini

Platón. (2003). *Timeo*. (Diálogos IV). (Col.Biblioteca de los grandes pensadores) Barcelona: Editorial Gredos, S.A.

Pochat, G. & Chamorro J. (Trad), (2008). *Historia de la estética y la teoría del Arte. De la Antigüedad al siglo XIX*. Madrid: Ed. Ediciones Akal, S.A.

Vitruvio, M.& Presbítero Don Ortíz, J. (Trad. y comentarios) (1787). *Los diez libros de Archîitectura*. Madrid: Ed. Imprenta Real.

Wong, W. (2002) *Fundamentos del diseño*. (5nta. ed). Barcelona: Gustavo Gili.

En línea

eikasía. Rescatado de: <http://www.e-torredebabel.com/Diccionario-http://www.e-torredebabel.com/DiccionarioFilosofia/Diccionario-Filosofico-E01.htm> [Consultado el 9 julio 2012]

Bibliografía de consulta

Kandinsky, W. (1971). *Punto y línea sobre el plano*. Barcelona: Barral.

Marculli, A. (1978), *Teoría del Campo. Curso de educación visual*. Madrid: Xarait Ediciones y Alberto Corazon Editor.

Capítulo X

Estructura relacional a nivel perceptual

Bruce, V. & Green, P. (1995). *Visual Perception. Phsysiology, Psychology and Ecology*. (2nda. ed). U.K.: Lawrence Erlbaum Associates Ltd, Publishers.

Luna, D. & Tudela, P. (2006) *Percepción visual*. España: Editorial Trotta, S.A.

Rock, I. (1985). *The logic of perception*. Cambridge: The MIT Press.

Marr, D. (Trad. Martín, T.). (1985). *La visión*. Madrid: Alianza Editorial, S.A.

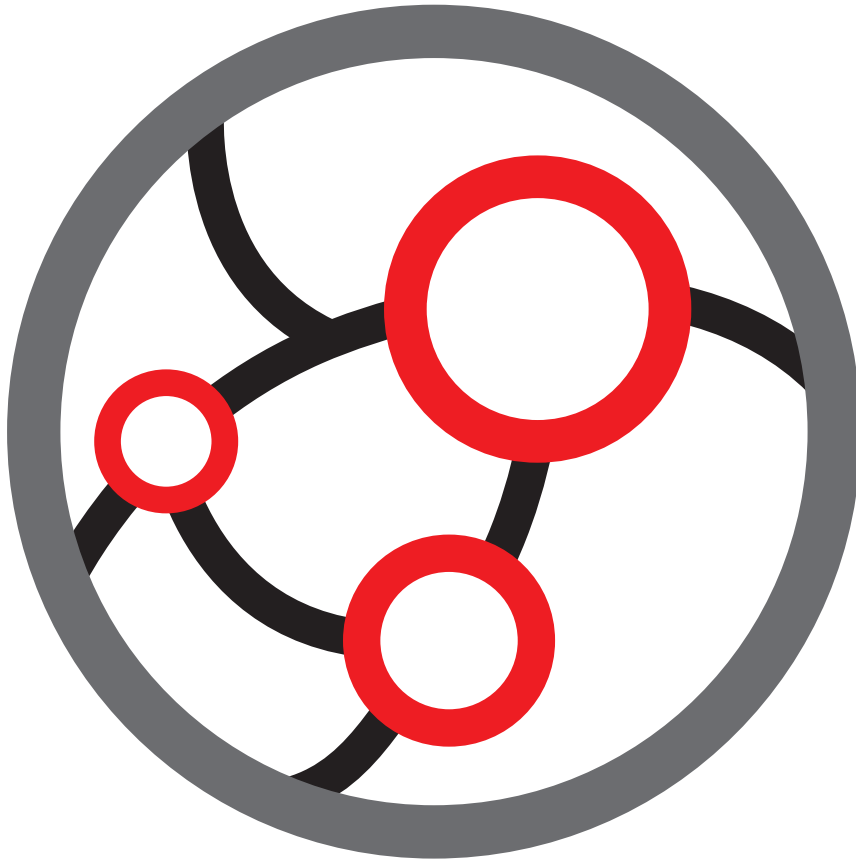
Bibliografía consultada

Arnheim, R. (1985). *El pensamiento visual*. (4ta. Ed.). Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires

Arnheim, R. (1989) *Nuevos ensayos sobre la psicología del arte*. Madrid: Alianza

Arnheim, R. (1969) *Arte y percepción visual. Psicología de la visión creadora*. (3era. Ed.) Buenos Aires: Eudeba

Pinker, S. (1997). *Cómo funciona la mente*. Barcelona: Ediciones Destino. S.A.



LA ANALOGÍA



**MODELOS TEÓRICOS PARA
LA ESTRUCTURA RELACIONAL**



ESTRUCTURA RELACIONAL