

## DETERMINANTES DE LAS FORMAS DE TRANSICIÓN.

Hasta aquí se han recogido y analizado unos cuantos ejemplos. Este grupo ofrece un panorama no exhaustivo pero sí suficiente para poder emprender un análisis que nos lleve a algunas conclusiones útiles. Cada uno de los ejemplos por sí solo puede tener un interés desde el punto de vista geométrico en lo que atañe a su forma, y esto es lo que se ha pretendido en la primera parte.

El recorrido que se ha hecho hasta ahora, a través de las obras seleccionadas y con el tema formal de la transición como nexo entre ellas, ha seguido un criterio cronológico. Se ha considerado que, como presentación, es la mejor manera de mostrarlas. Es más que probable que los autores de unas obras conocieran las otras y que haya habido influencias entre ellas, pero no se ha centrado en este aspecto el foco de interés del trabajo.

En adelante se puede ampliar la lista de ejemplos, pero parece más interesante empezar a observar los casos como conjunto y distinguir en ellos elementos comunes y elementos singulares.

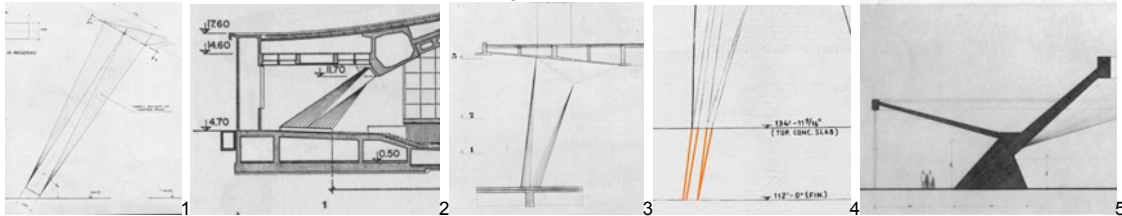
El segundo recorrido que se propone ahora es el análisis de los motivos que han llevado a que las formas sean las que son. Es evidente que atribuir a un solo factor las decisiones de un proyecto es muy simplista, pero nos podemos aproximar bastante a los motivos que han originado una u otra forma; por lo menos lo suficiente para sacar lecciones útiles para propuestas nuevas. Para este análisis parece práctico concentrar las variables en cuatro aspectos: estabilidad, estética, función y técnica constructiva.

Estos componentes (con los que se ha caracterizado la complejidad de la arquitectura desde siempre) se alternan en el tablero del arquitecto: unas veces son los requerimientos estructurales, la estabilidad, lo que decide una solución formal; otras veces es la posibilidad de disponer de unos recursos adecuados para ejecutar ciertas propuestas o la necesidad de ajustarse a ciertas condiciones técnicas y de organización del trabajo lo que determinará el diseño. Como también, y no necesariamente en último lugar, los criterios estéticos, plásticos y artísticos, nacidos del deseo personal y de la imaginación del arquitecto han pesado en la determinación formal. Y también la función ha podido, en ocasiones, ser la causa más directa en la definición de una figura.

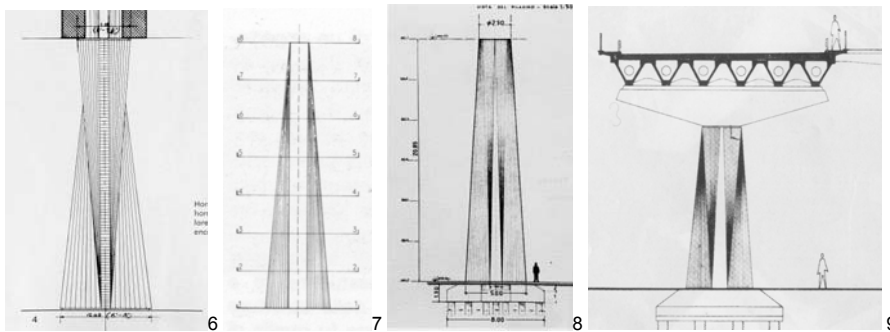
Se propone, pues, un recorrido por los ejemplos siguiendo otro criterio de ordenación según los factores dominantes en el momento de escoger una forma u otra.

### ***Pilares inclinados o verticales***

Tomando, para empezar, el amplio conjunto de pilares que han aparecido como casos de superficies o formas de transición, el primer aspecto considerado es obviamente el estático. El eje de los pilares se ha dispuesto en la dirección de la trayectoria de los esfuerzos. Así los pilares del palacio de deportes de Roma (1), de la sala de Audiencias Pontificias en El Vaticano (2), del secretariado de la UNESCO en París (3) o de las catedrales de New Norcia (4) y de San Francisco (5), se inclinan para transmitir los esfuerzos a sus apoyos evitando las flexiones en los extremos.

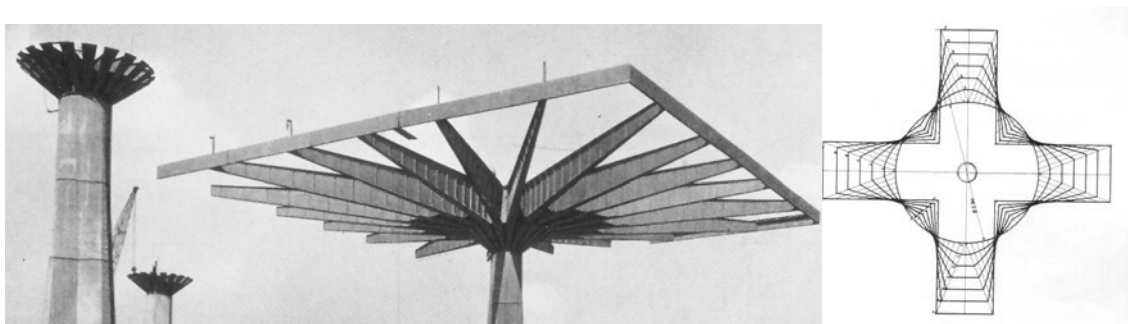


De igual modo los pilares de la estación de autobuses en Nueva York (6), de la estación de tren de Savona (7), del palacio del trabajo de Turín (8) o los que soportan el viaducto Corso Francia de Roma, son verticales por los mismos motivos estructurales.

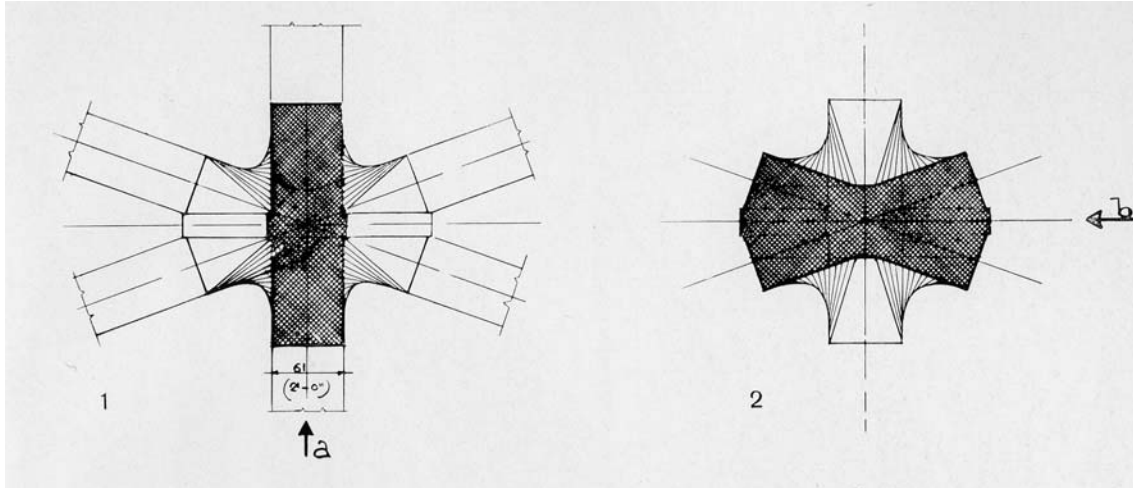


### ***Capiteles y bases***

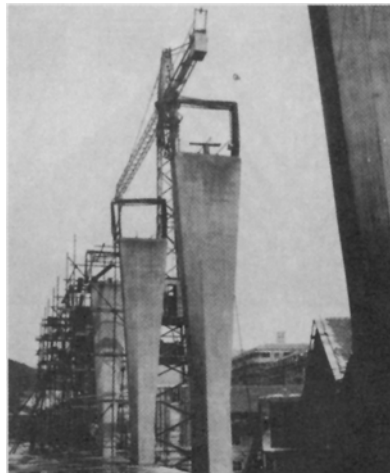
En cuanto a los extremos de estos elementos, en su mayoría, los criterios constructivos han sido determinantes para su definición; como el coronamiento del pilar de Turín. Llama la atención que en un edificio tan cuadrículado en toda su composición (basta recordar que se compone de elementos cuadrados reunidos en una cuadrícula cuadrada y que las bases de los pilares son en forma de cruz griega), se introduzca un elemento circular. La explicación es constructiva: el círculo permite que el detalle de entrega de las vigas metálicas con el capitel, dispuestas de manera radial, se simplifique y no tenga variantes. Esto, que podría tomarse como una distorsión geométrica y una complicación, es utilizado para dotar el espacio de la nave de una cierta riqueza formal en los matices que ofrecen las caras alabeadas del pilar.



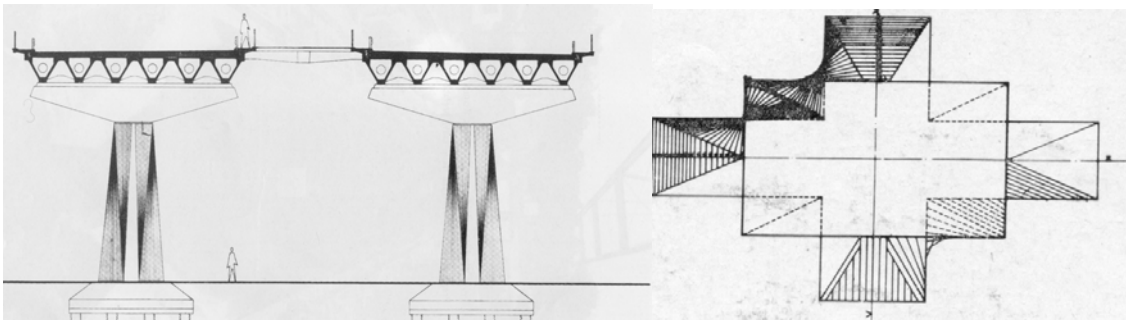
En la estación de autobuses de Nueva York, el mismo Nervi, plantea una estructura en zigzag sobre pilares alineados con el eje de simetría de la nave. De manera que sobre cada pilar se apoyan las cuatro jácenas con un cierto ángulo respecto a su plano de simetría. Los pilares quedan alineados en el pórtico central al edificio. Por esto el capitel adquiere una forma de lazo o mariposa, para recibir cada viga en su dirección natural; y en cambio la base se estira en la dirección de su propio pórtico.



Algo parecido pasa en los pilares de la estación de Savona. El rectángulo de las bases se alinea con la cristalera de la fachada principal y el de los capiteles se dispone perpendicular a la jácena y la recoge en toda su anchura (como si la quisiera abrazar).



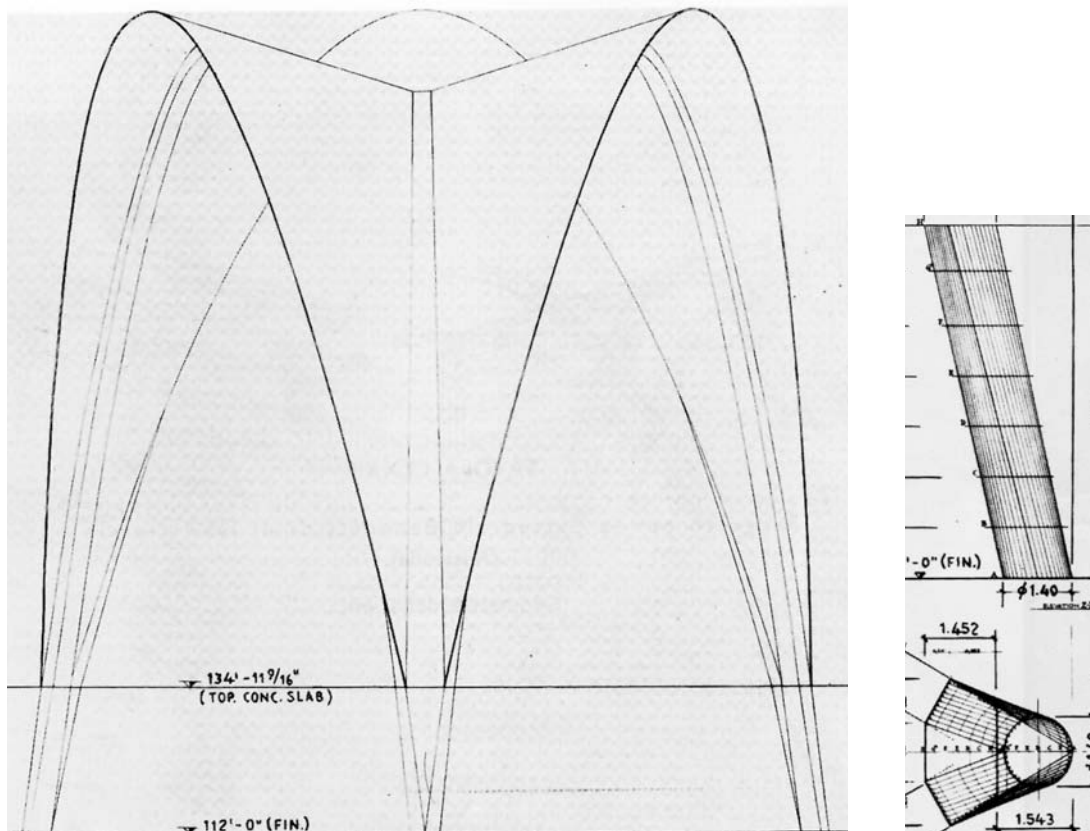
En el viaducto Francia de Roma ese rectángulo de capitel se alinea también al través de la calzada para recoger, entre dos pilares, la jácena sobre la que se apoya el tablero. La forma de la base, en cruz, reproduce la figura de las bases en Turín.



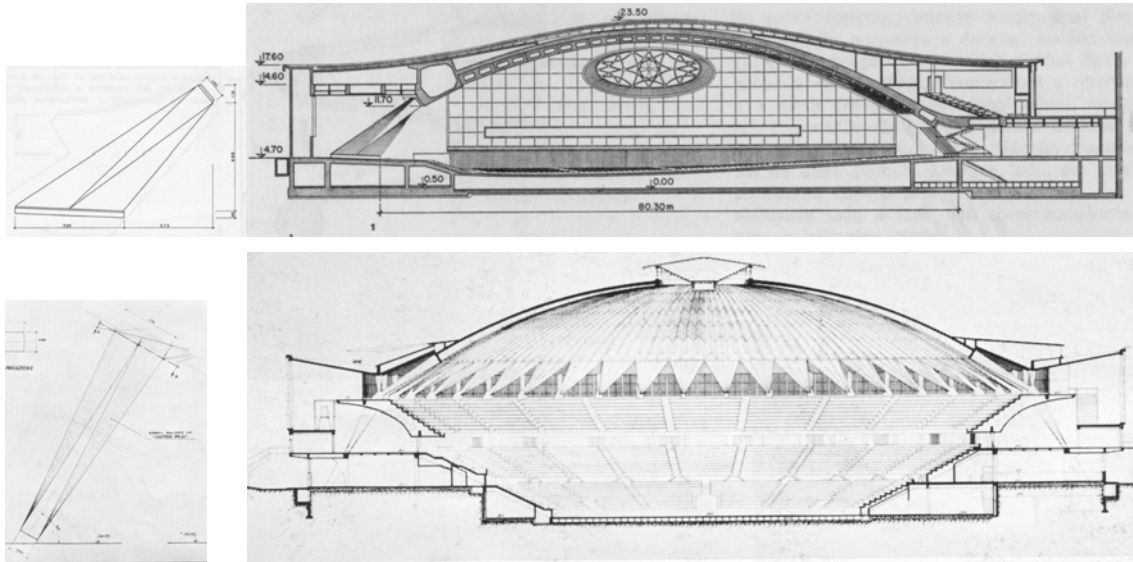
También el capitel de los pilares en el edificio del Secretariado de la UNESCO se diseña en función de su contribución a la estabilidad. El gran alargamiento que sufre es un paso intermedio entre un apoyo casi puntual en el suelo y la bandeja del primer forjado que recoge todo el edificio. La transmisión de esfuerzos canalizados, como se ha comentado, con la inclinación adecuada empieza en la entrega entre esta losa del forjado y el capitel del pilar. Este pórtico está muy cerca del comportamiento de los arcos puesto que su forma busca las compresiones simples.



En el pilar de la catedral de New Norcia también ocurre que la dirección de la llegada de la cubierta al capitel no se produce de manera ortogonal, por ser la planta triangular. Esto lleva a diseñar un capitel con una forma poligonal que no se prolonga hasta la basa del pilar, sino que se escoge el círculo para ese extremo inferior, con lo que, a nivel del suelo, la importancia de los ejes de la estructura queda diluida. El pilar se adapta, por tanto, a la geometría de su construcción.

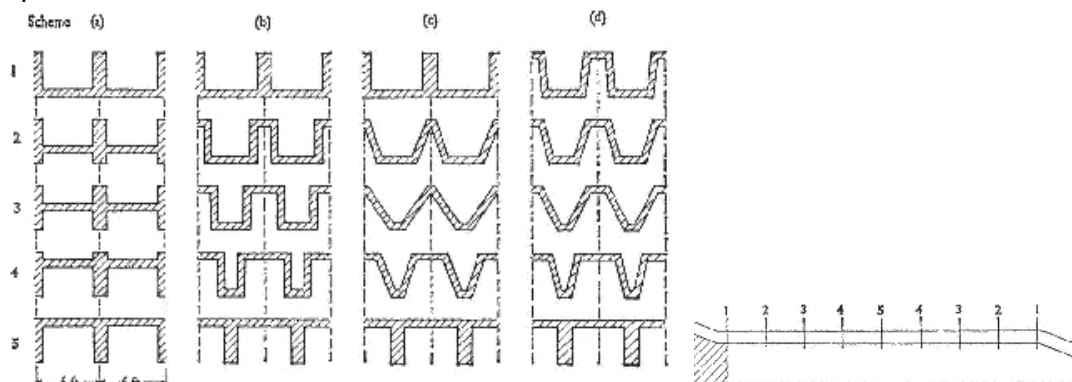


En la Sala de Audiencias Pontificias en El Vaticano, los dos pilares estudiados, que enmarcan el escenario, son la respuesta constructiva al planteamiento estructural del conjunto del edificio. La gran bóveda arqueada se apoya en la viga cajón sobre el escenario, estos dos pilares tienen su capitel alargado en el sentido de la viga pero se giran en la base para hacer frente a los empujes horizontales que esa cubierta provoca, como un contrafuerte. De una manera muy similar se resuelve la corona de pilares en el Palacio de Deportes de Roma pero con un resultado contrario: la base se alarga en sentido transversal al plano de simetría del pilar mientras que el capitel, también rectangular, se alinea con el pórtico radial que soporta.



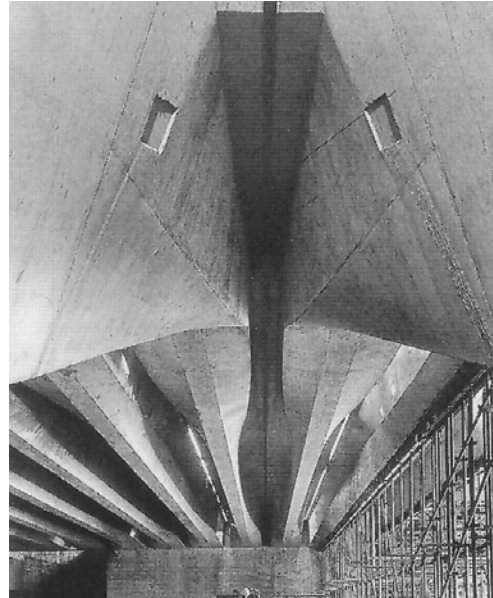
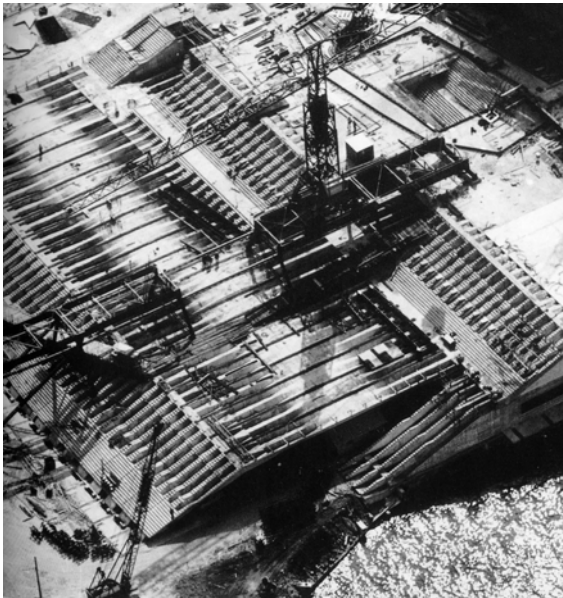
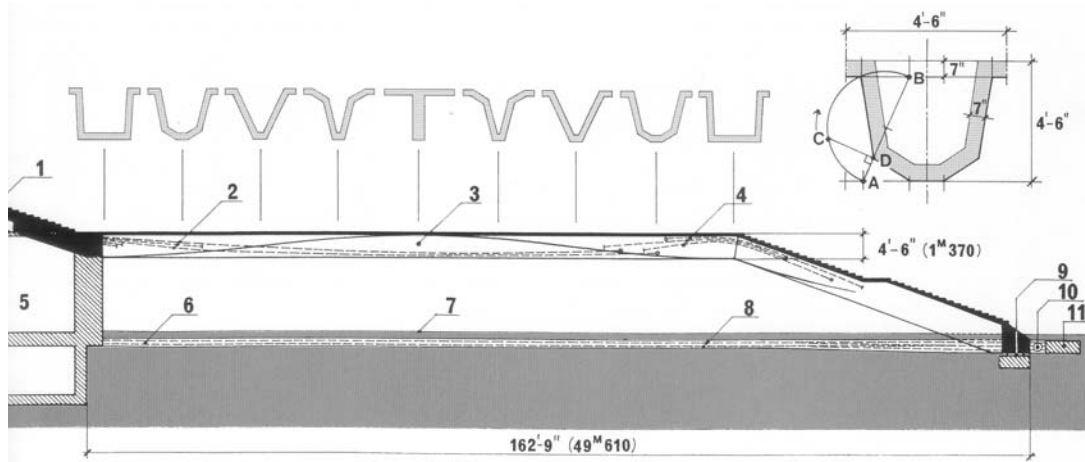
### **Extremos de vigas**

Los criterios que determinan la forma de las vigas en la explanada de la Opera House en Sydney son también de índole técnica; en este caso, funcionales. La evacuación del agua de lluvia y la necesidad de disponer de un plano perfectamente horizontal eran las dos premisas, aparentemente contradictorias, que llevaron al punto de fijar las dos secciones clave, como inicio del diseño de estas piezas. Entre estas dos secciones, una en los apoyos extremos y otra en el centro del vano, se desarrollaría una superficie formada por generatrices rectas, porque este tipo de superficies se podría adaptar mejor que otra a la técnica constructiva del hormigón. A partir de esta decisión se definió la primera versión formada por paraboloides hiperbólicos.



La tercera versión de este esquema corresponde a la primera propuesta con superficies alabeadas que son paraboloides hiperbólicos.

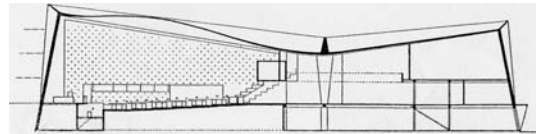
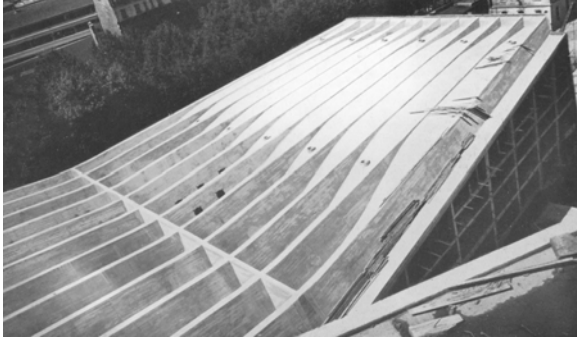
Sin embargo, las sucesivas versiones estuvieron gobernadas por criterios más estéticos que técnicos y siempre apoyadas en la geometría. La solución escogida por Utzon resultó ser la formación de una curva senoide que da una imagen voluptuosa de aspecto casi orgánico al techo visto por debajo.



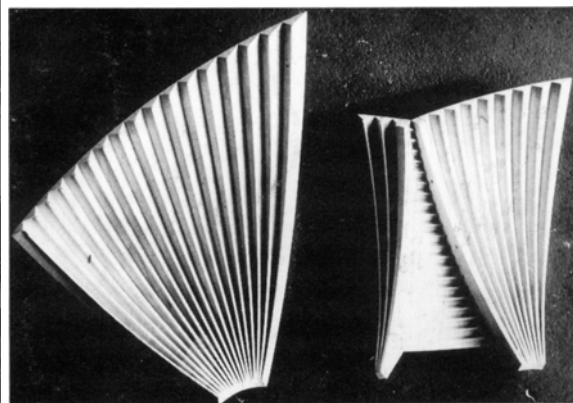
Este forjado resulta ser, por repetición de la viga, una losa plegada. Este principio es un recurso muy utilizado en arquitectura para multiplicar la rigidez de elementos superficiales sin aumentar su grosor. Y será un tema recurrente cuando se hable de forma y estructura. Este mismo principio ha sido utilizado para dar rigidez y cuerpo a materiales originalmente flexibles como el papel o el cartón y encontramos muestras de su uso en multitud de envases de cosas frágiles, o en formación de estuches resistentes a los golpes y a la presión.

## Láminas plegadas

La operación de “plegado” fue usada por Breuer en la Sala de Asambleas en la UNESCO. También en este edificio, como en Sydney, la losa transversal que traba el zigzag del forjado se dispone en la zona donde las compresiones son mayores: arriba, en el centro del pórtico y abajo, en los apoyos.

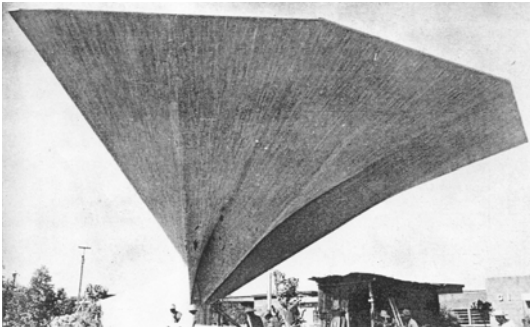
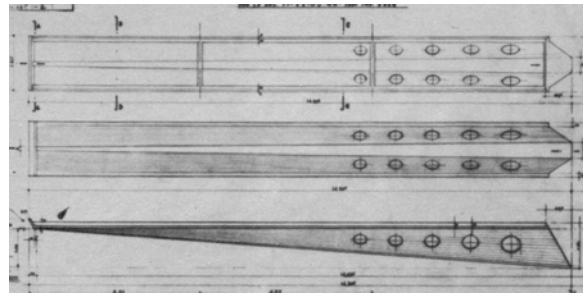
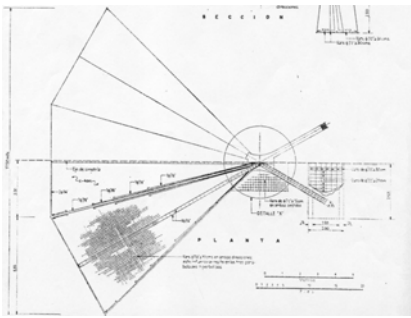


La cubierta de Sydney también es, desde su concepción, una cáscara plegada, como lo demuestran los modelos de ensayo con los que Utzon trabajaba. Pero este caso es algo más sofisticado porque los pliegues son más pronunciados en los apoyos que en la cumbrera. La diferencia entre la onda en el apoyo y en la parte alta, es precisamente lo que provoca que las costillas del intradós de esta cubierta sean de sección variable: desde una forma radial a la esfera, hasta una forma que tiende a ser tangente a ella. La primera consecuencia de esto es que en los apoyos hay mucha más densidad llegando a ser un bloque macizo de hormigón, mientras que en la cumbrera la losa, de grosor constante, se dispone más abierta y por tanto más ligera. El plegado es, por lo tanto, variable y consigue una mejor respuesta a la estabilidad.

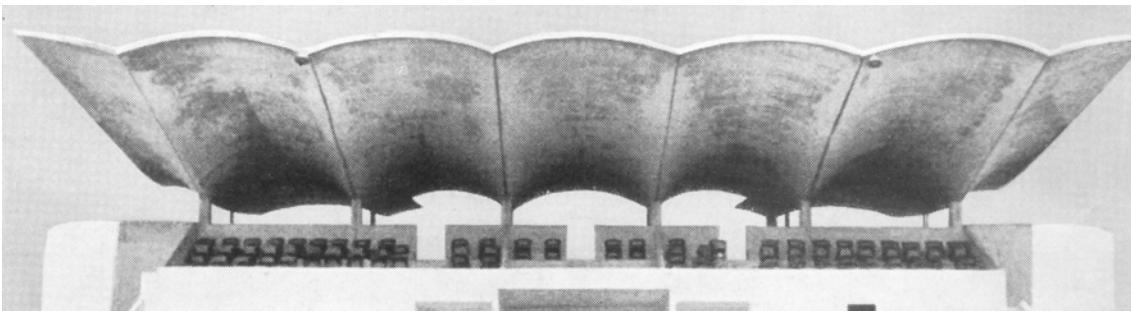


### Láminas “pinzadas” para voladizos

La marquesina para músicos de Candela en México y la del estadio olímpico Flaminio de Roma son dos ejemplos emblemáticos de esta operación que consiste en plegar una lámina en los apoyos y dejarla libre en el voladizo. Estas piezas reproducen, de manera lineal y muy esclarecedora, el tema estructural de la lámina de Sydney: una “V” en el apoyo, para dar mejor respuesta a la existencia de momento flector aumentando la masa en este extremo, mientras que, en el voladizo, donde el momento es nulo, una recta horizontal permite reducir la masa a la mínima imprescindible. El caso de Candela repite el módulo tres veces y, al disponer la cubierta en abanico, da idea de que efectivamente se trata de una lámina rectangular que al plegarse en un extremo se estrecha. En el caso de Nervi el módulo es de planta rectangular y por tanto es evidente que en el apoyo hay más masa y en el extremo en voladizo menos (si esta lámina se pudiera desplegar, se convertiría en un polígono trapezoidal).



Este principio estructural en la forma de las construcciones laminares enlaza con la marquesina del hipódromo de la Zarzuela en Madrid. Este caso también responde al concepto de estabilidad del Flaminio pero trabaja a partir de una lámina curva en lugar del zigzag, con lo que evita la arista. Esta marquesina es sólo una parte de un artefacto más complejo que es el pórtico del edificio, un verdadero juego de equilibrios con contrapesos. Pero como elemento aislado consigue cubrir un espacio amplio gracias a su forma arqueada. Hay que notar que, como en los otros casos de plegados, la curvatura en el pilar es más pronunciada que en el extremo del vuelo y esto favorece su estabilidad.

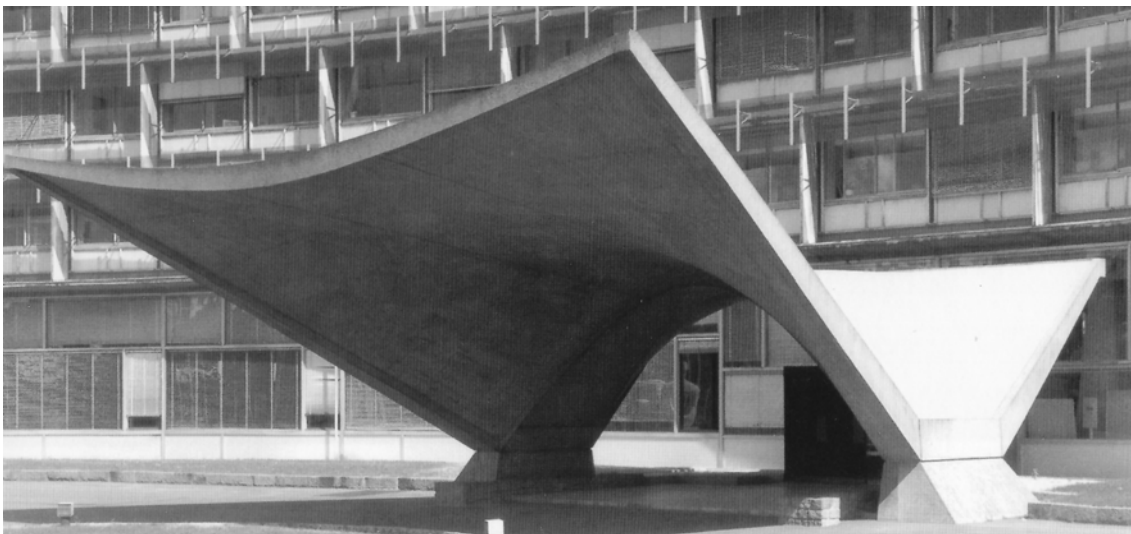




La estética también tuvo parte, como se ha explicado en su momento, en la definición de la forma de este edificio. La arista recta de los laterales de cada lóbulo hizo que la figura no se ajustara exactamente a una hoja de hiperboloide, pero éste sirvió para dar forma a las primeras ideas y de él se mantuvo en el diseño final el perfil del lomo de las láminas.

La idea de una lámina más curvada en su apoyo y dejada libre en su voladizo, se comprende muy bien tomando una simple hoja de papel y comprobando cómo varía su resistencia, cuando se toma con una sola mano, si se pinza el extremo del soporte o no. Se trata de un principio muy intuitivo.

La marquesina de la UNESCO que Nervi construyó responde a este mismo principio y da dos soluciones diferentes. En la hoja que vuela hacia el edificio del secretariado se plantea una solución muy parecida a la de Zarzuela o la del Flaminio: la superficie se extiende entre una parábola de plano inclinado y la recta horizontal (hay que recordar que la primera propuesta para el hipódromo fue precisamente un conoide recto).



La otra hoja, abierta hacia fuera, es una lámina que parte también desde una parábola como la anterior pero que en el voladizo se prolonga más allá de la directriz recta levantando los extremos en una parábola invertida. Este gesto formal no hace más que posibilitar una mayor envergadura porque apura el mismo concepto estructural, la curvatura se reduce hasta tomar signo negativo.

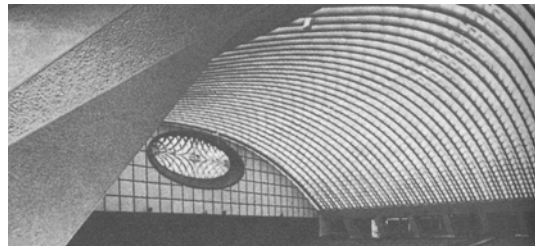
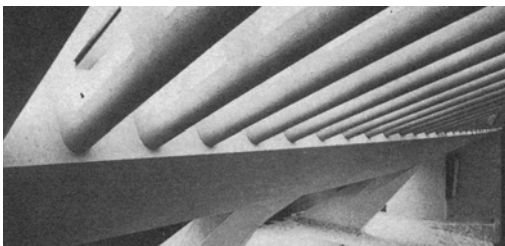
La cubierta sobre las garitas de control en Darmstadt es también una lámina que puede reducir su grosor hasta el límite gracias a una operación de plegado según los mismos principios. En los apoyos el lienzo de hormigón se dobla, con lo que aumenta su longitud real (y por lo tanto su peso en el apoyo) según la forma del diagrama de momentos del pórtico que lo soporta. En el voladizo, en cambio, se aplana para no pesar. Los criterios estructurales deciden en todo momento la figura que toma la construcción y los criterios constructivos hacen que el elemento se resuelva en forma de superficie generada por rectas que se apoyan en las dos líneas directrices maestras, una ondulada y una recta.



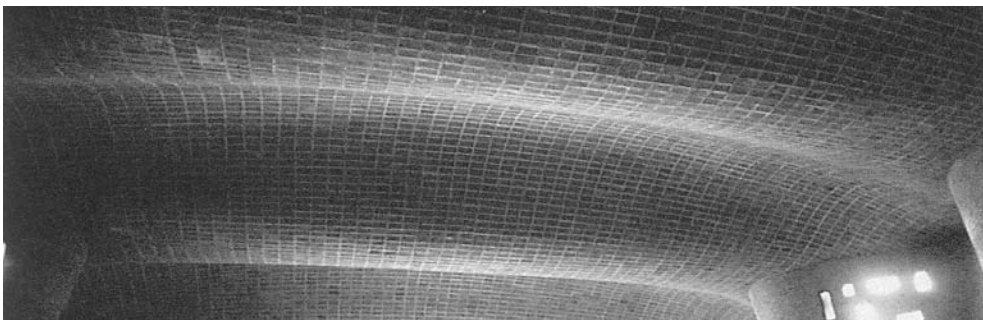
### ***Doble curvatura***

Estas últimas soluciones, y sobre todo la de Zarzuela, introducen otra idea de estabilidad en las láminas curvas continuas: la doble curvatura. Este principio consiste en dar a una lámina una forma tal que la haga auto estable. Las formas superficiales de doble curvatura dan respuesta a esta idea porque gracias a la relación entre cada uno de sus puntos y el conjunto canalizan las trayectorias de los esfuerzos por el propio material; con ello se reducen a mínimos las posibilidades de flexiones y toda la sección trabaja a compresión. En esos casos, el elemento constructivo será antes susceptible de pandeo, por eventuales pequeños empujes laterales, que por las acciones gravitatorias. El resultado acaba siendo la formación de elementos superficiales extremadamente delgados y por lo tanto muy ligeros, más cercanos al mundo de las cáscaras, las conchas y las velas que al mundo de las bóvedas.

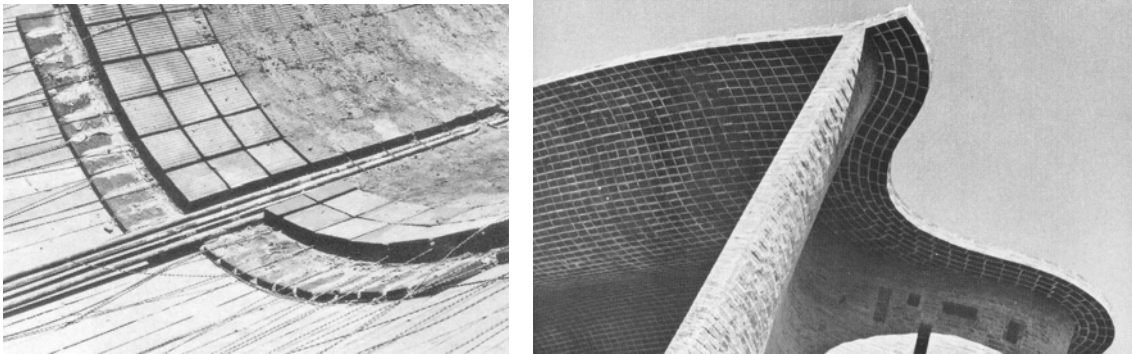
La cubierta de la sala de audiencias pontificias sigue una idea parecida a la que se está describiendo. Su planteamiento estructural también busca en el plegado una mayor rigidez de una lámina extremadamente delgada. Pero además, en este caso la sección transversal de la nervadura es una onda de trazo parabólico con lo que se evitan las aristas y aparece la doble curvatura. En este edificio la sección transversal de cada nervio varía desde una onda muy pronunciada en el extremo del escenario hasta otra mucho más suave en el extremo de la entrada. Esto reproduce el principio de los casos de voladizos, pero en esta ocasión no hay un extremo libre. El motivo de la variación hay que buscarlo en un diseño del conjunto de esta sala en el que todo se pone al servicio de la puesta en escena y los elementos se disponen para expresar una clara dirección hacia el centro del interés: el escenario. Cada nervio parece ser un arco que sale de él y vuela hasta el fondo de la sala en un gesto que parece querer cubrir y proteger a los fieles que componen el público. Un criterio pues, funcional y estético que resuelve bien la estabilidad.



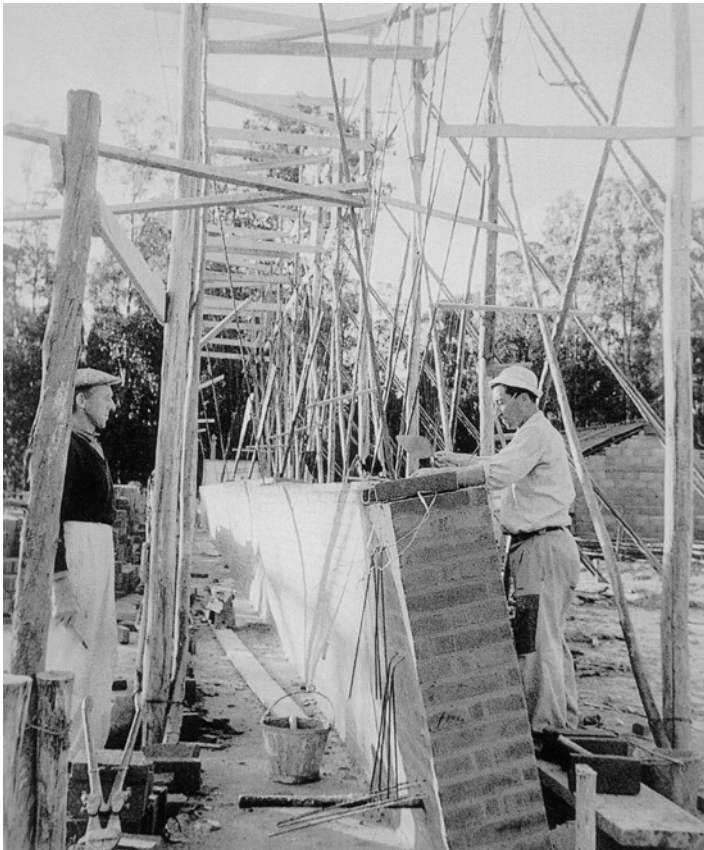
Otra lámina plegada, comparable al techo de la sala de audiencias pontificias por la suavidad de su forma en todas direcciones es la cubierta de la iglesia Atlántida en Uruguay. Esta cubierta está planteada, de manera parecida a las láminas plegadas de manera que esta operación de plegado le da una gran estabilidad. Pero la sección transversal al edificio, paralela a la luz que cubre, sigue una curva catenaria en todos los puntos, tanto en las cumbres como en las cuencas. Con lo que se forma una cáscara de doble curvatura que gana mucha más estabilidad.



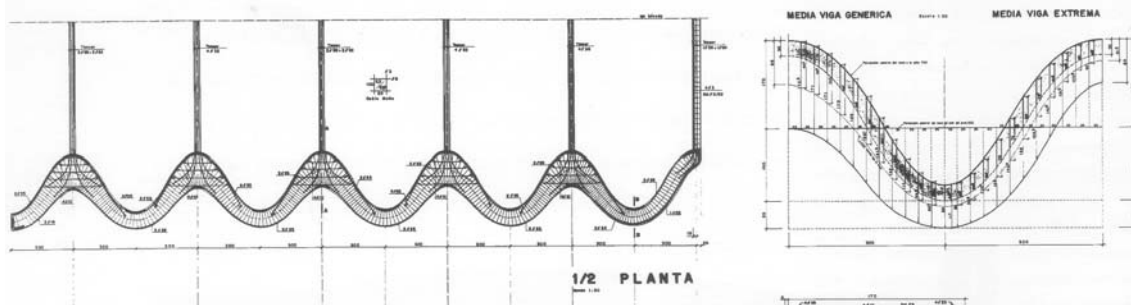
Los empujes laterales de la cubierta quedan canalizados por el propio material (que trabaja como lámina) y absorbidos por la viga plana del alero y por unos tensores colocados en las catenarias más bajas de las cuencas. Todo el diseño de la forma se pone, en este edificio, al servicio de la estabilidad.



La construcción también ha sido determinante de las formas de esta iglesia. Todo el edificio está construido casi exclusivamente con un único material: la cerámica armada. Esto contribuye a que los problemas derivados de la construcción sean mínimos porque se reduce la casuística en las entregas y los detalles. También la concepción unitaria de la forma contribuye a esto. La silueta de la iglesia se puede dibujar de un solo trazo y con pocos elementos se define todo el edificio. Este ahorro de medios es algo intrínseco a las obras de Dieste, algo que él llamaba la *economía cósmica* y reunía en una especie de actitud de sentido ahorrativo ante las decisiones de proyecto: Si se puede cubrir el espacio con un solo elemento, ¿por qué hacerlo con más? El uso de la cerámica, que trabaja con piezas pequeñas, permitió que las formas fueran continuas además de curvas. Además la técnica utilizada en esta construcción se ajusta a los sistemas tradicionales de cordel y plomada, al alcance de albañiles y peones no especializados.

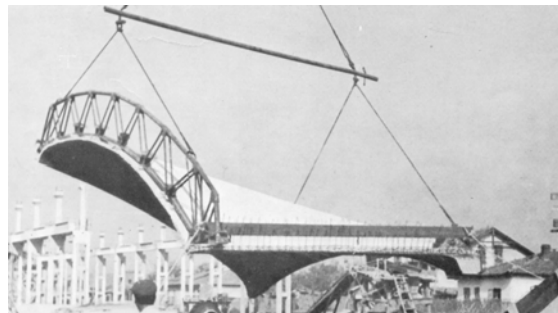


El muro de esta iglesia es otro caso de superficie plegada, al ser una superficie reglada entre una línea curva arriba y una recta abajo. En principio, la intuición hace suponer que la misma pared construida al revés sería más estable y más fácil de replantear, como se construyeron las paredes de las escuelas provisionales de la Sagrada Familia de Barcelona, años antes. Pero en la obra de Gaudí la curva era una sucesión de arcos de circunferencia acordados y se replanteaba en el suelo a eje del muro; y en Atlántida la curva es una serie de ondas parábolas acordadas que se replantean, a siete metros del suelo, y dibujan la cara interior del muro. Esta diferencia no complica demasiado la construcción aunque es evidente que el trazado de las curvas en el aire debe ser más incómodo, pero en ambos casos la ejecución del aparejo se ajusta a la técnica tradicional porque la labor del albañil es ir siguiendo los cordeles tendidos desde el coronamiento hasta el suelo (que dibujan en el espacio los trazos directores de la figura).



El trazo de parábolas ayuda en la estructura, ya que esta onda se coloca en el punto donde se dan los empujes de la bóveda de la cubierta y es en el coronamiento del muro donde son necesarios elementos que recojan estos esfuerzos, a modo de contrafuertes. En este edificio se ha apurado hasta el límite el diseño en función de la estabilidad sin dejar de ajustarse a una construcción simple y cuidada en los acabados.

La doble curvatura de la lámina para una cubierta, aparece en la solución de los talleres ferroviarios en Russe. En este caso la curvatura se ajusta a la geometría de la circunferencia, puesto que la directriz del lucernario es un arco y las secciones transversales a él también. Pero el principio estructural es, como en la iglesia de Atlántida, la búsqueda del arco como alternativa a la viga. El uso del trazado circular en lugar de formas más estables, como la catenaria o la parábola se debe, sin duda, a que son más fáciles de trazar para construir los encofrados; de ahí también que el arco transversal, que se desplaza para formar cada hoja sea el mismo. El resultado es una cáscara de doble curvatura (y de igual signo) que, igual que las cubiertas de Atlántida o Sydney, o Zarzuela es mucho más rígida que las de curvatura simple y se puede construir con un grosor mínimo, aunque para su transporte desde el pie de la obra hasta su posición en la cubierta las piezas tuvieron que ser reforzadas por su extrema esbeltez.



### **Forma y función**

La cubierta de la fundición Lohrer, en Alemania,<sup>1</sup> pretende reunir en un solo elemento constructivo la cubrición, la ventilación y la iluminación natural. Y parece que se ha elegido una figura geométrica para cada cometido: para la cubierta y en busca de la estabilidad, dos paraboloides hiperbólicos simétricos que se pueden formar con vigas rectas; para la ventilación una figura de revolución también reglada (cono o hiperboloide), que evacua los humos de una manera natural. Y por último, el lucernario es una cara plana para evitar las formas curvas en la carpintería y el acristalamiento. Una especie de órgano para cada función sin contemplaciones estéticas.



### **Aprovechamiento de material**

El tablero del puente del Risorgimento en Verona constituye un caso singular de superficie reglada con un movimiento sinuoso. La forma de esta pieza hay que entenderla desde criterios de estabilidad. El tablero es una viga continua con una sección transversal variable: en los apoyos se ensancha, aumentando el peso y en el centro de los vanos se ha reducido. Dado que el ancho de la calzada debe mantenerse constante, es la cara inferior del tablero la que asume todo este movimiento de ensanchamiento y estrechamiento. Otra vez los criterios estructurales han intervenido de manera directa en el diseño del elemento construido. La superficie de la cara lateral asume todo ese ajuste de las dimensiones ofreciendo una imagen de dinamismo y continuidad. Por su parte el arco del monumento a Jefferson también reduce su dimensión y su peso en la clave del arco y los aumenta en los arranques.

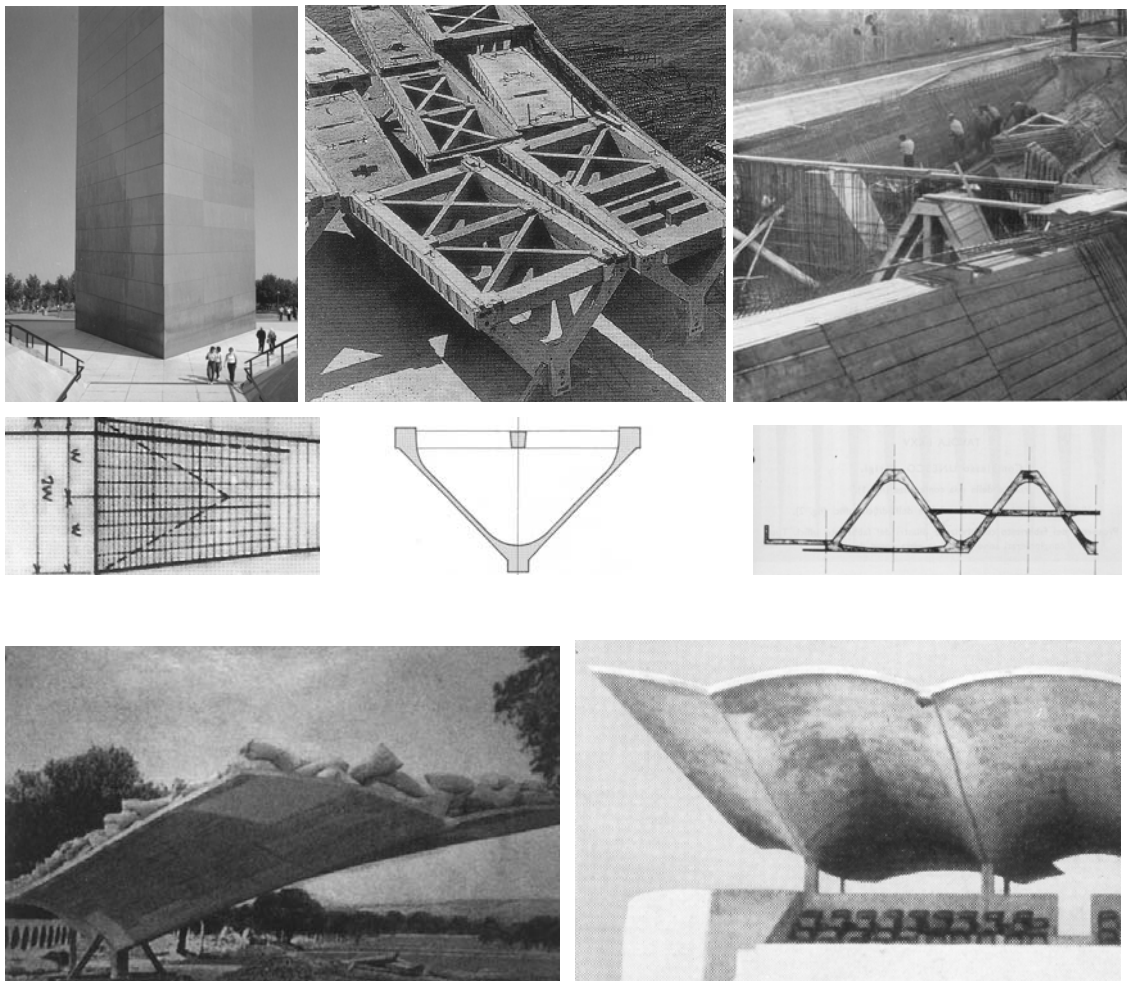


<sup>1</sup> Este ejemplo ha sido uno de los que se han suprimido por falta de información técnica suficiente para la construcción de un modelo, pero ilustra, mejor que ningún otro, la relación entre forma y función.

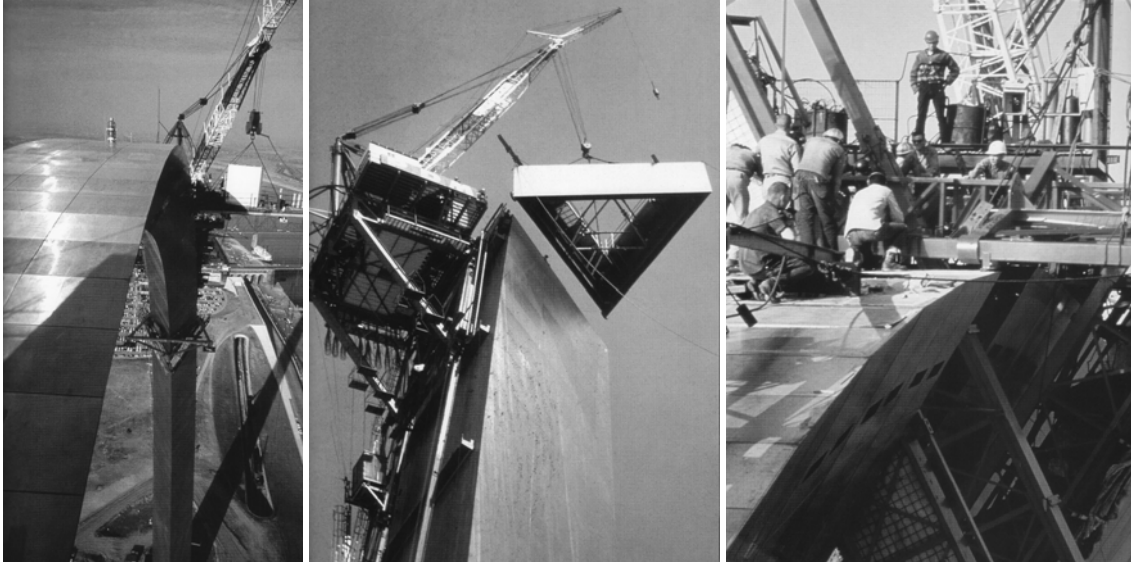
Este criterio, de apoyos más robustos y centro de vano más esbelto, es lo que hace que tanto el puente como el arco sean figuras de sección variable. En el caso del monumento a Jefferson, la construcción tendrá más trascendencia en la elección del sistema constructivo con módulos prefabricados, que son segmentos acabados del edificio final.

La disposición de la sección triangular no es tampoco gratuita ni fruto del gusto. El hecho de poner un vértice en el intradós del arco, y el lado opuesto hacia fuera, tiene una justificación estructural. La forma se coloca en el sentido de mejor respuesta a las posibles flexiones, especialmente fuertes en los apoyos por ser éstos empotramientos; aunque el arco tiene un trazado de catenaria y con ello la propia forma ayuda a que las trayectorias de los esfuerzos se canalicen por el material.

El uso de una sección triangular, con un vértice hacia abajo, se repite en los casos de vigas y costillas de la cubierta de Sydney, en la cubierta de la Sala de asambleas de la UNESCO, o la marquesina del Flaminio. El plegado es una repetición de elementos de sección triangular con el vértice hacia abajo. Aunque en una losa plegada no se puede distinguir si se trata de una suma de V o de  $\Lambda$  (con el vértice hacia arriba). El módulo estructural unitario en casi todos los casos responde a la primera opción, en V, que es la porción correspondiente a un apoyo, como ocurre en el voladizo del estadio Flaminio; o en el de Zarzuela que no es un conjunto de arcos sobre dos pilares sino un conjunto de medios arcos sobre un pilar central (como un gran pájaro), como el prototipo que se construyó para las pruebas de carga.



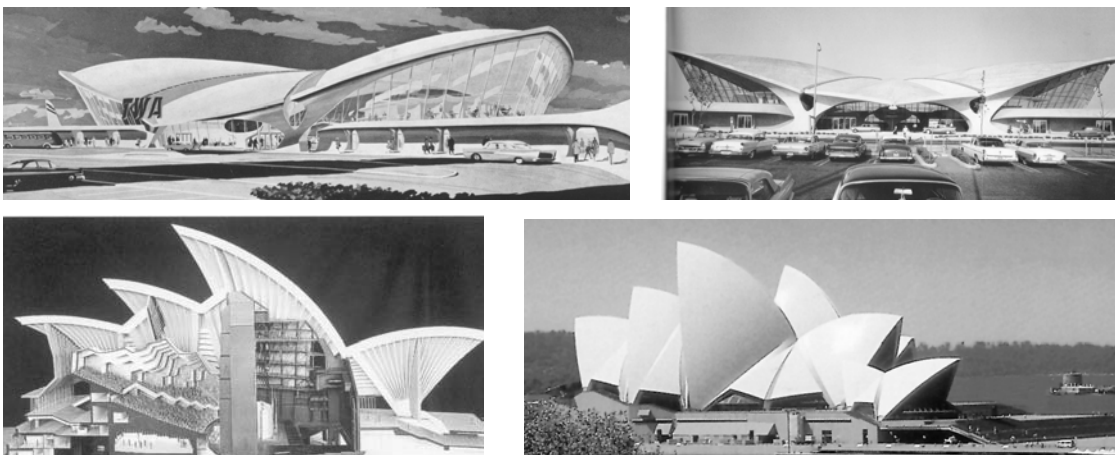
En el arco Jefferson, la disposición del material en el perímetro de la sección es también un recurso a favor del comportamiento estructural, puesto que la respuesta ante el pandeo es siempre mejor en los elementos tubulares que en los de cualquier otra sección. El hecho de disponer la masa en la envolvente, y de reducir su espesor y su densidad en altura, facilita los trabajos de transporte y colocación de los fragmentos del edificio.



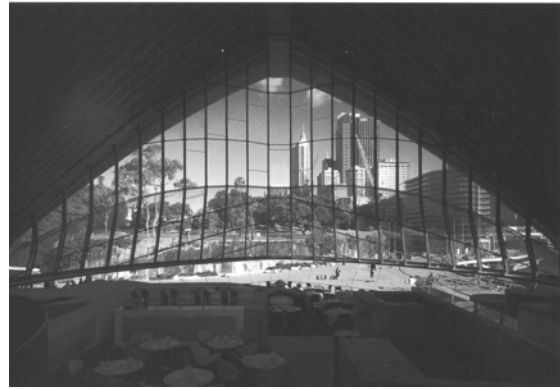
### ***Formas escultóricas***

La doble curvatura es la mayor aportación a la estabilidad de las formas superficiales. Y este es el único recurso que utilizan algunos edificios para conseguir ser estables, como en el edificio de la terminal TWA en el aeropuerto de Nueva York; o como en la concepción formal de la cubierta de la Opera House en Sydney. Estos dos casos, muy cercanos en el tiempo, tienen una estrecha relación puesto que Saarinen intervino decisivamente para que la Opera House fuera posible y los dibujos de Utzon para el concurso influyeron en Saarinen.

En ambos proyectos, los respectivos arquitectos confiaron en la forma, más que en ningún otro atributo, la carga expresiva del edificio. También coinciden en que las dos conchas son figuras de la misma familia de superficies convexas y esta característica es una constante de los respectivos diseños desde la concepción inicial hasta la solución construida.

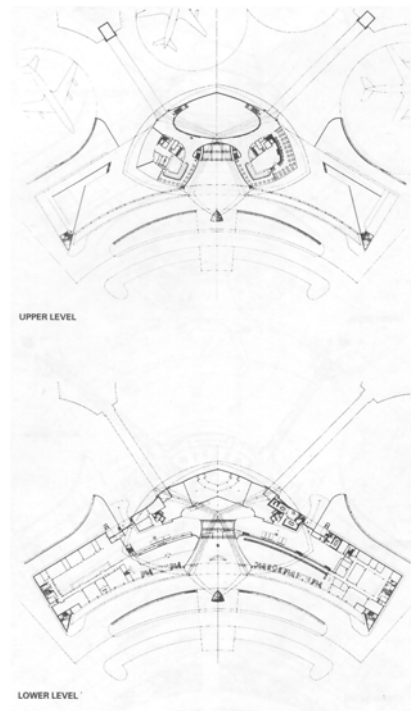
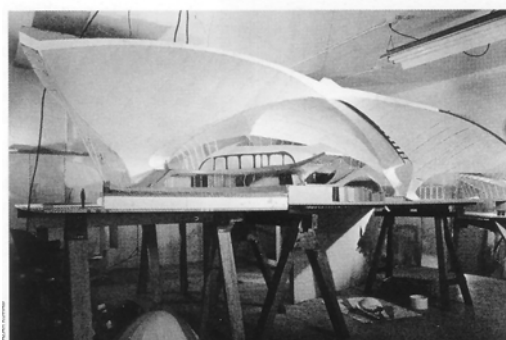


La idea de una concha que cubre las actividades previstas, sin paredes que las encierren, es común a los dos casos. En ambos edificios el suelo es el lugar donde se realiza la actividad y la cubierta es un gran paraguas que la protege de la intemperie y que se apoya directamente sobre el suelo. Las entradas de luz y las puertas encuentran su lugar en las aberturas que la cubierta deja de una manera natural.



Estos edificios vivieron procesos de diseño muy complicados e intensos y en los equipos redactores intervinieron de manera decisiva ingenieros de gran prestigio internacional. Otra componente en común fue el uso de modelos a escala para realizar de una manera empírica los análisis estructurales y de comportamiento mecánico de las conchas.<sup>2</sup>

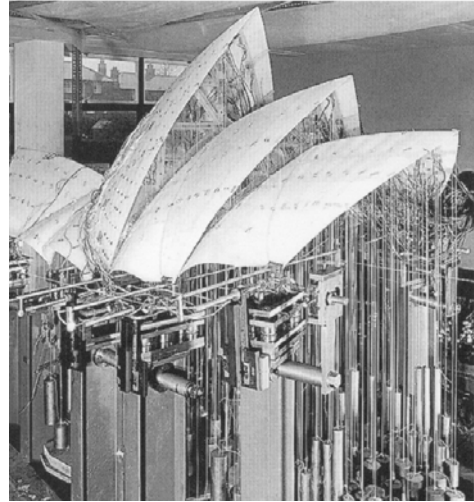
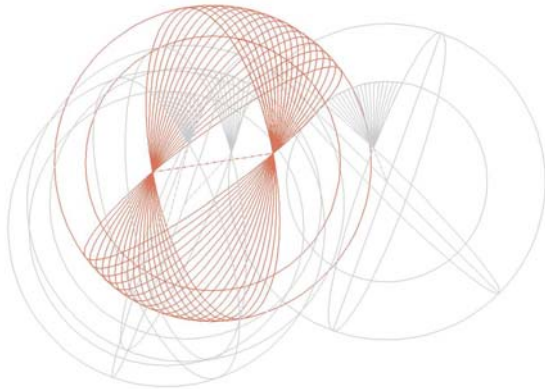
Sin embargo hay divergencias significativas entre estas dos obras tan próximas en la concepción como geográficamente alejadas. Estas divergencias están en el proceso de proyecto que cada una siguió a partir de las primeras ideas. Saarinen parte de un estudio detallado de los flujos y movimientos en un aeropuerto y enseguida emprende un camino de estudio sobre modelos a escala en los cuales se basa y toma decisiones, y a partir de los cuales construye los dibujos del proyecto.



<sup>2</sup> Incluso las anécdotas se parecen, se explica que Utzon encontró la referencia formal en una naranja cortada según sus caparazones, Saarinen lo hizo con un grano de uva que aplastado reproducía su cubierta.



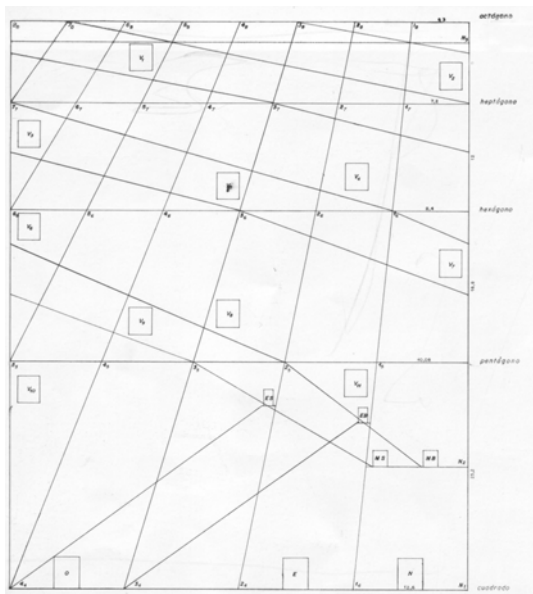
Utzon, por su parte, anduvo buscando una figura geométrica que le sirviera para tener un control analítico (para los cálculos estructurales de los ingenieros) y un control que le permitiera ordenar los elementos que iban a configurar la construcción. La maqueta para Utzon era la comprobación de las propuestas sobre planos, unas propuestas que salían de la construcción según una geometría. Las decisiones del diseño de la Opera House se apoyaban en criterios de construcción y organización y, en este caso, una forma geométrica conocida simplificó el trabajo.



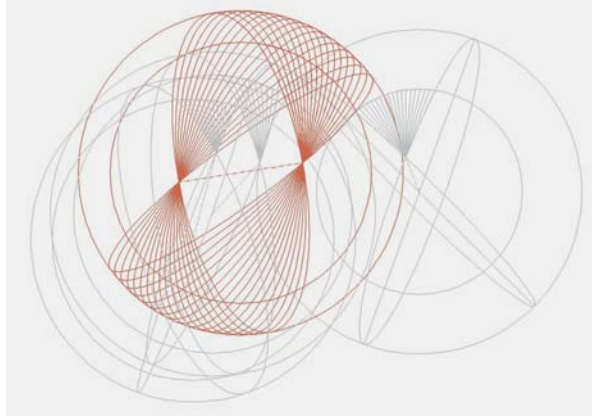
La elección de la figura esférica para el diseño de la cubierta de Sydney fue el principio del camino hacia la posibilidad de construir el edificio; la geometría permitió desarrollar y definir los fragmentos de cada costilla. En la **TWA**, la no-geometría abstracta es su estandarte y el resultado natural de su proceso de diseño.

### ***Plástica y geometría: formas libre, formas posibles.***

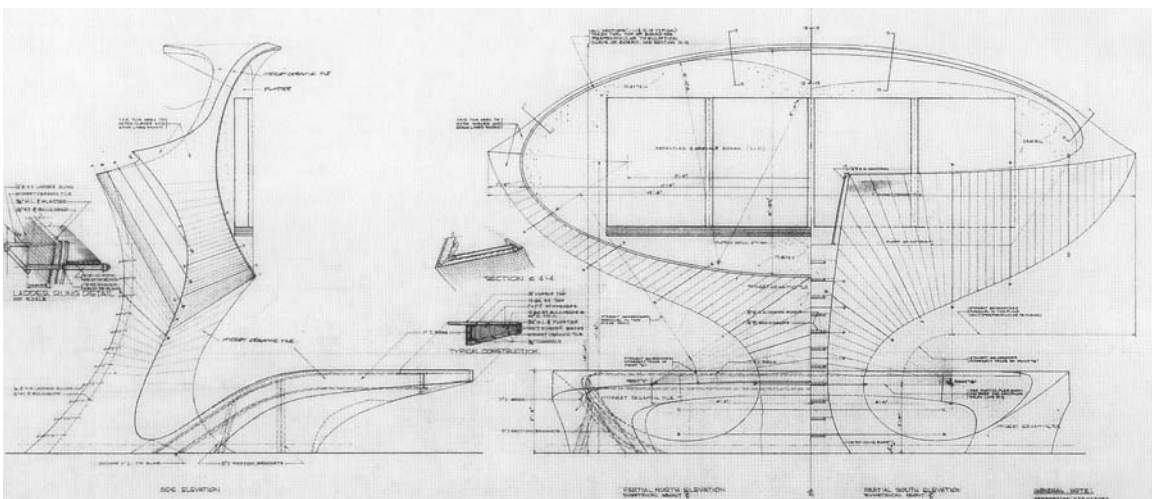
La torre de San Isidro para un museo en Madrid de Francisco Alonso, es un caso muy especial donde la geometría está en la concepción de la figura tridimensional. El diseño se ha entendido aquí como un ejercicio de búsqueda de una ley, como en Sydney, que hiciera indiscutible la propuesta final. En cierto modo se propone que la envolvente de la torre (que es en definitiva lo que se diseña) esté sometida a una norma determinante y absoluta que borre cualquier duda de cómo debe ser su forma.



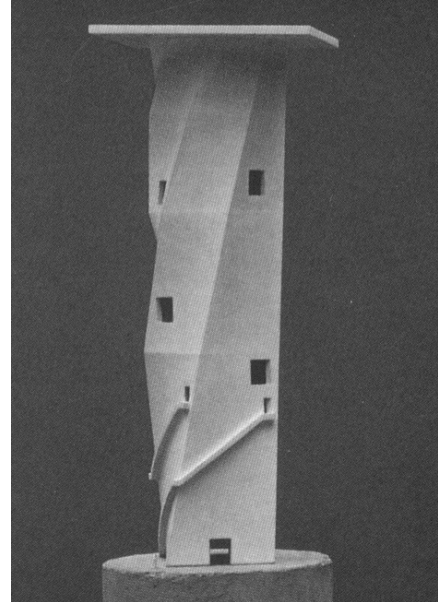
No se deja lugar a la arbitrariedad y en este sentido se sitúa en el extremo opuesto a la manera de hacer de Saarinen para la TWA. Sydney está a medio camino entre uno y otro; su geometría es una pauta, un sistema al que acogerse para jugar con un gran margen de libertad, como son los trazados reguladores: las costillas son idénticas en todo menos en su longitud, que dependerá del lugar que ocupe cada una de ellas en un conjunto estudiado, éste sí, desde la inspiración. El dibujo de las líneas geodésicas que se reproduce aquí, a la derecha, sintetiza este juego geométrico.



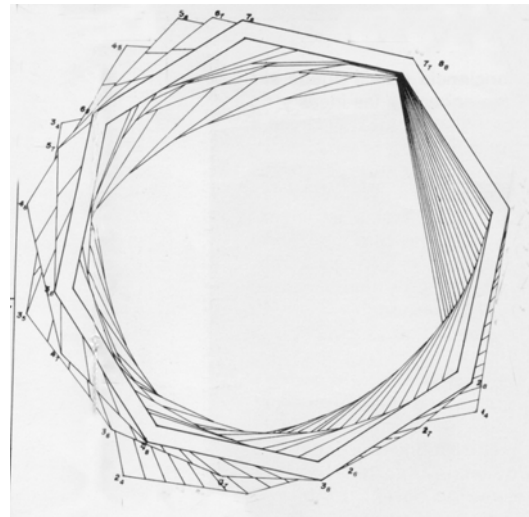
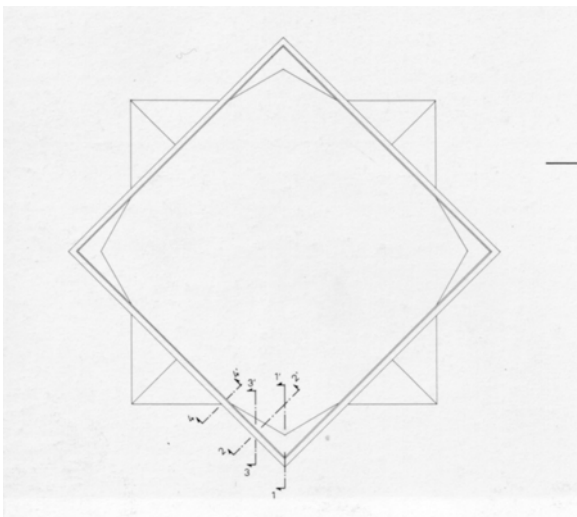
Paco Alonso propone una ley total (expresada en el desarrollo de la envolvente exterior de la torre) que sólo deja una elección y es hacia qué sentido se envuelve la hoja del trazado. En el edificio de la TWA la libertad en las decisiones está viva hasta el final, hasta la construcción. Esto no significa que la forma no se vea influida por las cuestiones técnicas. La necesidad de construirse y el tamaño de esa “escultura” obligó al diseño a modificarse para encajar en la técnica de la construcción en hormigón. Las superficies curvas se ajustaron, en muchos casos, a superficies regladas incluso a conos y cilindros, que simplificaban los encofrados. Y los propios modelos a escala se ajustaban a la forma más estable posible.



La torre de los laboratorios Jorba de Miguel Fisac, es comparable con la torre de San Isidro de Paco Alonso. Ambos edificios utilizan el giro como argumento compositivo para un elemento vertical como es una torre. Pero en el museo, la concepción constructiva está emparentada con la papiroflexia. La idea de formación de la torre es una consecuencia de un dibujo recortado y plegado. En los laboratorios, la forma está concebida en el espacio, partiendo del ventanal perimetral cuadrado, girado en las plantas alternas, se plantea una transición obvia entre antepechos y dinteles consecutivos que son líneas rectas. Este giro es el saque de la jugada, a diferencia de San Isidro en el cual el giro es la operación constructiva de la forma.



Las aristas añadidas al giro entre los centros de cada cuadrado y los vértices del cuadrado siguiente anula la idea de movimiento espiral en un sentido concreto, con lo cual la forma, más que movimiento, tiene dinamismo. Por el contrario, en el caso del museo de San Isidro, el movimiento es ineludible puesto que hay una dirección de giro. Una dirección expresamente escogida por parte del arquitecto en cuya elección se manifiesta necesariamente su intervención arbitraria.



El caso de la torre AGBAR ilustra un ejemplo en el cual los criterios técnicos constructivos han estado enfrentados a los criterios estéticos y en algunos momentos de la construcción han llegado a plantear caminos opuestos. En cualquier caso la vía de acuerdo entre esos intereses encontrados ha pasado por el conocimiento geométrico de la forma. La información digitalizada de la forma y sus relaciones

geométricas han permitido prever las variantes que imponía la construcción, se ha podido adaptar el diseño de los elementos y hacer ciertas concesiones a favor del proceso técnico sin renunciar a la idea generadora del proyecto.

La concepción de esta torre es, en esencia, una imagen cambiante; pero el cambio consiste en la combinación de un elemento básico de forma cuadrada y tamaño constante que presenta acabados diferentes de transparencia y color. La contradicción de este proyecto se encuentra en que la reducción de tamaño del perímetro del edificio se pretendía suave sin saltos ni discontinuidades a la vez que se quería mantener el módulo cuadrado. Esta contradicción sí se resuelve en la representación del desarrollo de la envolvente de la torre, pero la figura tridimensional no se corresponde geoméricamente con ese dibujo plano. Especialmente en la franja troncocónica del muro de hormigón la realidad es que cada módulo debería ser trapezoidal y no cuadrado. Cuando se producen agrupaciones de módulos se entra en una distorsión aún más evidente.

