



Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales y Materiales

Escuela de Doctorado de la Universitat Jaume I

ANÁLISIS Y MEDICIÓN CONJUNTA DEL GRADO DE CIRCULARIDAD Y DE NOVEDAD EN LA FASE CONCEPTUAL DEL DISEÑO DE PRODUCTOS

AUTORA:
Laura Ruiz Pastor

DIRECTORES:
Dra. Elena Mulet Escrig
Dr. Vicente Chulvi Ramos

Castelló de la Plana, Febrero 2021



Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales y Materiales

Escuela de Doctorado de la Universitat Jaume I

ANÁLISIS Y MEDICIÓN CONJUNTA DEL GRADO DE CIRCULARIDAD Y DE NOVEDAD EN LA FASE CONCEPTUAL DEL DISEÑO DE PRODUCTOS

*Memoria presentada por Laura Ruiz Pastor para optar al grado de doctora por la
Universitat Jaume I*

AUTORA:
Laura Ruiz Pastor

DIRECTORES:
Dra. Elena Mulet Escrig
Dr. Vicente Chulvi Ramos

Castelló de la Plana, Febrero 2021

Financiación recibida

Estancia de investigación

Ayuda con financiación de la Fundación Balaguer-Gonel Hermanos a tesis doctorales que optan a la mención de doctor o doctora internacional. Convocatoria 2019.

Financiación indirecta

KATCH_ e project, Knowledge Alliance on Product-Service Development towards Circular Economy and Sustainability in Higher Education (project nº 575793-EPP-1-2016-1-PT-EPPKA2-KA).

*“...a brillar,
que son dos sílabas.”*

El poeta Halley, L.O.L.

ABSTRACT

Nowadays there is a growing interest and need to implement the circular economy model (CE), which is based on keeping resources in circulation as long as possible. The transition towards this model has been taking place in recent years and product design is a crucial factor in achieving this. This is due to the fact that the use of many of the technical and biological resources in circulation and their good use depends on this discipline.

Product design, in turn, is a creative discipline which needs to be in permanent innovation to satisfy the new needs that emerge in society. Within all the stages that product design encompasses, it is in the conceptual design stage where the creative activity is carried out and, therefore, the most flexible stage in which changes and new characteristics, such as circularity, can be easily introduced in the products. In order to evaluate the conceptual proposals raised during this design stage, it is necessary to have metrics and evaluation tools that, in an objective way, analyse whether the proposals meet all the requirements and are suitable for further development. These evaluation metrics must be adequate for the conceptual stage in which the final product has not yet been developed and, therefore, the more specific details of the product are not yet available.

Creativity is defined in the literature as the combination of novelty and utility which, in turn, is defined by the appropriateness of the product. In the context of this Thesis, appropriateness is defined by how well a concept meets the requirements of circularity, so creativity would be given by novelty together with circularity. Thus, the main objective of this Thesis is the design of a metric that measures circularity and novelty together in conceptual product proposals completely and objectively. The metric has been developed, tested and validated, both internally and by external experts. The calculation of novelty is based on a comparison with products on the market, as it is already done in existing methods, but adapting the scale of scores and redefining the limits of each one of them to improve the combined evaluation of novelty and circularity in the conceptual design phase. Circularity, on the other hand, is assessed by taking into account the origin of the starting material, the destination of the material at its end of life and the life extension and design for duration strategies that the concept takes into account. The main contribution is to determine a quantitative score for each of the established sub-parameters and to facilitate the identification of this score in the design proposals. Novelty and circularity are assessed at the level of the established functions in the conceptual design proposal. The final value is computed according to the scores obtained by each function weighted with its importance. The result is an evaluation metric for the conceptual design stage that covers all the aspects integrated into the circular economy, referring to product design, and that provides an objective result of combined measurement of circularity and novelty of the proposals, encouraging them to have both characteristics at the same time.

Another aim of this Thesis is to study how the circular economy can be introduced into the creative process without harming the creativity of the results, since these new design requirements can be taken as restrictions, which in many cases diminish the creativity of designers. It is therefore necessary to study how creativity is affected when circularity is introduced into design problems.

For this purpose, three experiments have been undertaken in which various parameters have been modified in order to analyse the creativity and circularity of the results generated in each case and to be able to explore how circularity can best be implemented in the creative process.

In the first of the experiments, the intrinsic personal factors of the designer have been studied and it has been found that these factors (motivation, knowledge, relevance and affinity) make the circularity of the solutions decrease, but they make their novelty increase. In the second experiment, it has been studied how to introduce design requirements during the application of the creative method. Introducing them explicitly, in the form of guided questions (GQ), during the creative process does not change the creativity and circularity of the proposals, but in the case of circularity the results obtained are more dispersed. In the third of the experiments, the thematic conditioning of the random stimuli used during the process of generating ideas has been analysed. This conditioning has been carried out by introducing biomimicry as a stimulus and the results obtained indicate that, in this case, circularity has increased without making the creativity of the results diminish.

The conclusions obtained for each of the objectives stated in this Thesis are applicable both professionally and academically. The results are useful for improving the management of the creative design process and they show that there is an interaction between the degree of circularity and novelty of conceptual solutions. On the other hand, the design of the evaluation metric covers the existing gap in terms of measuring the circular economy in a complete way and together with the novelty in conceptual design proposals.

RESUMEN

En la actualidad existe cada vez más interés y necesidad de implantar el modelo de economía circular (CE), el cual se basa en mantener los recursos en circulación el mayor tiempo posible. La transición hacia este modelo se está llevando a cabo en los últimos años y el diseño de producto es un factor crucial para conseguirlo. Esto es debido a que de esta disciplina depende la utilización de muchos de los recursos, tanto técnicos como biológicos, en circulación y su buen aprovechamiento.

El diseño de producto, a su vez, es una disciplina creativa la cual necesita estar en continua innovación para satisfacer las nuevas necesidades que van surgiendo en la sociedad. Dentro de todas las etapas que el diseño de productos abarca, es en la etapa de diseño conceptual donde se lleva a cabo la actividad creativa y, por tanto, la etapa más flexible en la que se pueden introducir de una forma fácil cambios y nuevas características en los productos, como es la circularidad. Para evaluar las propuestas conceptuales que se plantean durante esta etapa de diseño, es necesaria la existencia de métricas y herramientas de evaluación que, de una forma objetiva, analicen si las propuestas cumplen todos los requisitos y son válidas para seguir desarrollándose. Estas métricas de evaluación deben de ser aptas para la etapa conceptual en la que todavía no se ha llegado a desarrollar el producto final y, por tanto, no se dispone de los detalles más específicos del producto.

La creatividad se define en la literatura como la combinación de novedad y utilidad que, a su vez, viene definida por lo apropiado que es el producto. En el contexto de esta Tesis, lo apropiado que es un concepto viene definido por cómo cumple los requisitos de circularidad, por lo que la creatividad vendría dada por la novedad junto con la circularidad. Así, el objetivo principal de esta Tesis es el diseño de una métrica que mida de una forma completa y objetiva la circularidad y novedad, conjuntamente, de propuestas conceptuales de producto. La métrica se ha desarrollado, probado y validado, tanto de forma interna como por expertos externos. El cálculo de la novedad tiene como base la comparación con productos del mercado, tal y como ya se realiza en métodos existentes, pero adaptando la escala de las puntuaciones y redefiniendo los límites de cada una de ellas para mejorar la evaluación conjunta de la novedad con la circularidad en la fase conceptual de diseño. La circularidad, por otra parte, se valora teniendo en cuenta la procedencia del material de inicio, el destino del material en su fin de vida y las estrategias para alargar la vida útil, así como las de diseño para duración que tiene en cuenta el concepto. La aportación principal consiste en determinar una puntuación cuantitativa para cada uno de los subparámetros establecidos y en facilitar la identificación de esta puntuación en las propuestas de diseño. La novedad y la circularidad se evalúan a nivel de las funciones establecidas en el diseño conceptual. El valor final se computa según las puntuaciones obtenidas por cada función ponderadas según su importancia. El resultado es una métrica de evaluación para la fase conceptual de diseño que cubre todos los aspectos integrados en la economía circular, referentes al diseño de producto, y que proporciona un resultado objetivo de medición conjunta de la circularidad y la novedad de las propuestas, fomentando que éstas tengan las dos características al mismo tiempo.

Otro objetivo de esta Tesis es estudiar de qué manera se puede introducir la economía circular en el proceso creativo sin perjudicar a la creatividad de los resultados, ya que estos nuevos requisitos de diseño pueden ser tomados como restricciones, las cuales en muchos casos hacen que disminuya la creatividad de los diseñadores. Por tanto, es necesario estudiar cómo se ve afectada a la creatividad cuando se introduce la circularidad en los problemas de diseño.

Para ello, se han planteado tres experimentos en los que se han variado diversos parámetros para analizar la creatividad y circularidad de los resultados generados en cada caso y poder profundizar en cómo se puede implantar de una forma óptima la circularidad en el proceso creativo.

En el primero de los experimentos se han estudiado los factores intrínsecos del diseñador y se ha obtenido que estos factores (motivación, conocimiento, relevancia y afinidad) hacen que disminuya la circularidad de las soluciones, pero hacen que aumente su novedad. En el segundo experimento se ha estudiado la forma de introducir los requisitos de diseño durante la aplicación del método creativo. Introducirlos de forma explícita, en forma de preguntas guiadas (GQ), durante el proceso creativo no hace que varíe la creatividad y circularidad de las propuestas, pero en el caso de la circularidad los resultados que se obtienen son más dispersos. En el tercero de los experimentos, se ha analizado el condicionamiento temático de los estímulos aleatorios utilizados durante el proceso de generación de ideas. Este condicionamiento se ha realizado introduciendo la biomimética como estímulo y los resultados obtenidos indican que, en este caso, la circularidad ha aumentado sin hacer que disminuya la creatividad de los resultados.

Las conclusiones obtenidas para cada uno de los objetivos planteados en esta Tesis son aplicables tanto profesional como académicamente. Los resultados son de utilidad para mejorar la gestión del proceso creativo de diseño y muestran que hay interacción entre el grado de circularidad y de novedad de las soluciones conceptuales. Por otra parte, con el diseño de la métrica de evaluación se cubre la brecha existente en cuanto la medición de la economía circular de forma completa y en conjunto con la novedad en propuestas conceptuales de diseño.

RESUM

En l'actualitat existeix cada volta més interès i necessitat d'implantar el model d'economia circular (CE), el qual es basa en mantindre els recursos en circulació el major temps possible. La transició cap a aquest model s'està portant a terme als darrers anys i el disseny de producte és un factor decisiu per aconseguir-ho. Açò es deu a que d'aquesta disciplina depèn la utilització de molts dels recursos, tant tècnics com biològics, en circulació i el seu adequat aprofitament.

El disseny de producte, alhora, es una disciplina creativa la qual necessita estar en continua innovació per tal de satisfer les noves necessitats que van sorgint a la societat. Entre totes les etapes que engloba el disseny de producte, és en l'etapa de disseny conceptual on es porta a terme l'activitat creativa i, per tant, l'etapa més flexible a la que es poden introduir d'una forma fàcil tant canvis com noves característiques als productes, com es el cas de la circularitat. Per tal d'avaluar les propostes conceptuals que es plantegen durant aquesta etapa de disseny, és necessària l'existència de mètriques i ferramentes d'avaluació que, de manera objectiva, analitzen si les propostes compleixen tots els requisits i son vàlides per tal de seguir desenvolupant-se. Aquestes mètriques d'avaluació han de ser aptes per a l'etapa conceptual en la qual encara no s'ha arribat a desenvolupar el producte final i, per tant, no es disposa dels detalls més específics del producte.

La creativitat es defineix a la literatura com a la combinació de novetat i utilitat que, al mateix temps, queda definida en funció de com d'adient es el producte. Al context d'aquesta Tesi, aquest fet queda definit per com compleix els requisits de circularitat, de manera que la creativitat quedaria definida per la novetat amb la circularitat. Amb açò, l'objectiu fonamental d'aquesta Tesi és el disseny d'una mètrica que mesure d'una forma completa i objectiva la circularitat i novetat, conjuntament, de propostes conceptuals de producte. La mètrica s'ha desenvolupat, provat i validat, tant de manera interna com per experts externs. El càlcul de la novetat té com a base la comparació amb productes del mercat, d'igual forma que es realitza amb altres mètodes existents, però adaptant l'escala de puntuacions i redefinint els límits de cadascuna d'aquestes per tal de millorar l'avaluació conjunta de novetat amb la circularitat a la fase conceptual de disseny. La circularitat, d'altra banda, es valora tenint en compte la procedència del material d'inici, el destí del material al seu fi de vida i les estratègies per tal d'allargar la vida útil, així com les de disseny per a duració que té en compte el concepte. L'aportació principal consisteix en determinar una puntuació quantitativa per a cadascun dels subparàmetres establerts i en facilitar la identificació d'aquesta puntuació a les propostes de disseny. La novetat i la circularitat s'avaluen a nivell de les funcions establertes al disseny conceptual. El valor final es computa segons les puntuacions obtingudes per cada funció ponderades segons la seua importància. El resultat és una mètrica d'avaluació per a la fase conceptual de disseny que cobreix tots els aspectes integrats a l'economia circular, referents al disseny de producte, i que proporciona un resultat objectiu de mesura conjunta de la circularitat i la novetat de les propostes, fomentant que aquestes continguin les dos característiques al mateix temps.

Un altre objectiu d'aquesta Tesi és estudiar de quina manera es pot introduir l'economia circular al procés creatiu sense perjudicar a la creativitat dels resultats, ja que aquests nous requisits de disseny es poden prendre com a restriccions, les quals en molts casos fan que disminueixi la creativitat dels dissenyadors. Aleshores, cal estudiar com es veu afectada la creativitat quan s'introdueix la circularitat en els problemes de disseny.

A tal fi, s'han plantejat tres experiments en els que s'han variat diversos paràmetres per tal d'analitzar la creativitat i circularitat dels resultats integrats en cada cas i poder aprofundir en com es pot implantar d'una manera òptima la circularitat al procés creatiu.

Al primer experiment s'han estudiat els factors intrínsecs del dissenyador i s'ha obtès que aquests factors (motivació, coneixement, rellevància i afinitat) fan que disminueixi la circularitat de les solucions, però fan que augmenti la seua novetat. Al segon experiment s'ha estudiat la manera d'introduir els requisits de disseny al llarg de l'aplicació del mètode creatiu. Introduir-los de forma explícita, en forma de preguntes guiades (GQ), al llarg del procés creatiu no fa que variï la creativitat i circularitat de les propostes, però en el cas de la circularitat els resultats que s'obtenen són més dispersos. Al tercer experiment, s'ha analitzat el condicionament temàtic del estímuls aleatoris emprats al llarg del procés de generació d'idees. Aquest condicionament s'ha dut a terme introduint la biomimètica com a estímuls i els resultats que s'han obtès mostren que, en aquest cas, la circularitat ha augmentat sense fer que disminueixi la creativitat dels resultats.

Les conclusions obteses per a cadascun dels objectius plantejats en aquesta Tesi són aplicables tant professionalment com acadèmica. Els resultats són d'utilitat per tal de millorar la gestió del procés creatiu de disseny i mostren que hi ha interacció entre el grau de circularitat i de novetat de les solucions conceptuals. D'altra banda, amb el disseny de la mètrica d'avaluació es cobreix la bretxa existent pel que fa a la mesura de l'economia circular de forma completa i en conjunt amb la novetat en propostes conceptuals de disseny.

AGRADECIMIENTOS

Acknowledgements

Quién me iba a decir hace un tiempo que escribiría la tesis confinada en casa porque había una pandemia mundial... Pero así ha sido y en una situación un tanto extraña finaliza esta etapa después de unos años en los que he aprendido y crecido, tanto profesional como personalmente.

En primer lugar, como no podía ser de otra manera, quiero agradecer a mis directores Elena y Vicent todo el tiempo que hemos compartido estos años. Gracias por todo lo que he aprendido de vosotros, por todo el trabajo, por todos los buenos momentos y por vuestra ayuda y paciencia en los malos. Gracias por todas las veces que me habéis hecho sentir de vuestras familias. Elena, gracias por aquel ‘si quieres te puedes venir a hacer el TFG a mi despacho y colaborar con nosotros’ hace ya unos cuantos años, que me abrió las puertas al mundo de la investigación y con el tiempo me hizo ver que quería dedicarme a esto. Gracias por tu rigor y por querer sacar siempre lo mejor de mí. Vicent, gracias por enseñarme a ver el lado fácil de las cosas, por cuidarme y por contar siempre conmigo. Gracias por ser mi compañero de cafés todas las mañanas y por estar a tiro de *WhatsApp* cuando sea, para lo que sea.

Marta, gracias por ser mi ‘hermana mayor’ y mi amiga, por estar ahí para hablar siempre que lo he necesitado. Gracias por todo lo que he aprendido de ti y por todos tus consejos. Todavía no me creo que ya haya llegado al punto donde tú estabas cuando empecé en esto, gracias por ser mi ejemplo a seguir en el escalón de arriba.

Gracias a la Escuela de Doctorado de la UJI, al Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, al área de Proyectos de Ingeniería y al grupo de investigación DACTIC por todas las facilidades para desarrollar este trabajo. Gracias a Julia Galán por su trabajo como tutora.

Gracias a todos los alumnos de la UJI y de la Universidad de Aveiro que han participado en los experimentos. Gracias a todos los compañeros de ambas universidades que, en calidad de expertos, han completado cuestionarios y/o probado la métrica ayudándome en distintos aspectos de la tesis.

Gracias, también, por su trabajo a todos los alumnos de prácticas que han colaborado conmigo durante estos años. En especial a Juli por ser la alegría del ‘zulo’ y a Paula y Lucía por vuestra amistad, me alegro de haberme encontrado con vosotras en este camino.

Gracias a Sara Romero por estar disponible siempre para todo lo que he necesitado y por todos los ánimos y los ratos de charla.

Gracias a Carlos García y a Carlos ‘Mates’ por vuestra ayuda con alguna de las partes de la tesis, por ayudarme a mejorarla. Gracias a los dos por haberme aplanado un poco el camino.

Thanks to all the people from *Universidade de Aveiro* that have made my research stay there more comfortable and especially to João Sampaio and Ana Afonso for hosting me there and for your help with the planning and setting up of the workshop. *Muito obrigada*. I hope to be back in Portugal soon and closing the stay as it deserves. Gracias a Tami, a Raquel and thanks Paulo por hacerme sentir como en casa en Aveiro.

Thanks also to all the KATCH_e people from Portugal, Austria, Denmark and Spain for everything that I have learned from you working on the project these years. And also, thanks for the good moments, laughs and parties during the transnational meetings!! I hope we will meet again somewhere, somehow.

Gracias a todas las personas con las que he compartido algún momento de descanso, de ir a comer o tomar un café (compañeros del departamento y de otros, doctorandos, etc.). También gracias a las personas con las que he compartido algún viaje a Valencia.

Gracias a todos los ‘Cantineros’ (aka ‘Pelea de Perros’) por los momentos divertidos que hemos pasado juntos. Y gracias a las personas con las que comparto mi día a día en la UJI.

Raúl, en media hora hemos quedado para tomar un café, quería tener esto acabado antes y todavía no sé qué poner aquí, es muy difícil resumirlo en unas líneas. Gracias por tu amistad, por tu compañía, por levantarme el ánimo cuando lo he necesitado y por ayudarme siempre. Sin olvidarme de las veces que me has salvado la vida tecnológicamente, sin ti parte de esta tesis no existiría, literalmente; al menos no tal y como está ahora. Gracias por tu compañía en los viajes de los domingos y por todos los ‘momentos vino’.

Raúl Izquierdo, gracias por transmitirme tu calma y por tener siempre bajo la manga algo que me haga reír cuando más lo necesito.

Carlos García, unos párrafos más arriba te he agradecido tu ayuda con la tesis, ahora te doy las gracias por todos los ratos de cantina y por estar disponible siempre para ayudarme a resolver cualquier cosa que he necesitado.

Julio, quizá no nos conozcamos desde hace mucho, pero los ratos que hemos estado hablando durante estos últimos meses me han ayudado mucho en la recta final. Mil gracias por todo, también por toda tu ayuda en estos últimos días.

Dani, empezamos esta locura juntos y ya casi lo tenemos, vamos a ser doctores tío... Quién me iba a decir aquel día, uno de los primeros del máster, que el chico majete que me llevó a la estación se iba a convertir en uno de mis grandes apoyos en la UJI. Gracias por ser mi amigo y estar para mí siempre, por los kilómetros que hemos echado dando paseos y por los ratos en el ‘rayito’ mientras arreglábamos el (nuestro) mundo.

Gracias también a todos mis compañeros de piso durante estos años, en especial a Laura: gracias ‘muyaya’ por acompañarme en los primeros años de esta aventura y gracias por estar siempre, a pesar de las temporadas sin vernos. Carlos y Sergio: gracias compis por vuestro apoyo, sobre todo en las últimas semanas de sprint final.

Gracias a mis amigos: Patri, Inés, Raquel, Cotanda, Sergi, Jen, Belén... por apoyarme durante estos años y por seguir ahí a pesar de que no nos podamos ver todo lo que nos gustaría. Gracias por entender mis temporadas de ausencia.

Quiero hacer una mención especial a las videollamadas de las nueve de la mañana durante el confinamiento, al equipo ‘Cafés COVID’. Julio, Raúl, Marta: gracias porque me habéis hecho afrontar el día a día en esta situación tan extraña de una forma más llevadera y me habéis ayudado a coger fuerzas cada mañana, durante meses, para ponerme a escribir.

Por último, pero no menos importante, gracias a mi familia. Papá, Mamá, Tita, a vosotros que os voy decir... gracias por TODO. Gracias por haberme apoyado y ayudado siempre en todo lo que he querido hacer, por nunca haberme cuestionado haber elegido este trabajo, que muchas veces no es fácil. Gracias por estar siempre esperándome en casa, aunque últimamente pase menos tiempo allí del que a todos nos gustaría. Alejandro, hermanito, siento que esto no sea una de las frases con las que me has intentado coaccionar para que esto esté a tu gusto, buen intento. Gracias por ser como eres, por tu carisma y por ayudarme en todo lo que puedes. Gracias por contarme tus aventuras y ser mi compañero y mi amigo, por ser mi ‘versión mejorada’ como tú dices. Gracias por todo lo que yo también aprendo de ti. Me alegro mucho de tenerte cerca en esta nueva etapa de tu vida.

A todos vosotros y a quienes estéis leyendo esto y hayáis compartido algún momento conmigo durante estos años:

GRACIAS, GRACIAS, GRACIAS

Castellón de la Plana, 15 de febrero de 2021

ÍNDICE GENERAL

ABSTRACT.....	V
RESUMEN.....	VII
RESUM.....	IX
AGRADECIMIENTOS	XI
ÍNDICE GENERAL.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVIII
ÍNDICE DE TABLAS	XXI
ABREVIATURAS.....	XXIII
CHAPTER 1.....	1
1.1 Motivation	3
1.2 Objectives of the Thesis	5
1.2.1 Main hypothesis	5
1.2.2 General objectives	5
1.2.2 Tasks to perform.....	6
1.3 Thesis methodology and structure.....	8
1.4 Chapter conclusions	12
CAPÍTULO 2.....	13
2.1 El proceso de diseño de producto.....	15
2.1.1 Diseño de producto.....	15
2.1.2 Fases del proceso de diseño	16
2.1.3 Diseño conceptual	17
2.2 Diseño para economía circular	19
2.2.1 Economía circular	19
2.2.1.1 Definición de economía circular	19
2.2.1.2 Aspectos integrados en la economía circular	21
2.2.1.3 Enfoques y estrategias para la economía circular.....	23
2.2.2 Papel del diseño en la economía circular	28
2.2.2.1 Diseño para apego y confianza.....	31
2.2.2.2 Diseño para fiabilidad y duración	31
2.2.2.3 Diseño para extender la vida útil del producto	32
2.2.2.4 Diseño para el ciclo tecnológico	34
2.2.2.5 Diseño para el ciclo biológico	34
2.2.2.6 Diseño de servicios para extender la vida útil	35
2.2.2.7 Diseño para innovación social.....	36
2.2.2.8 Uso de energías renovables.	36

2.2.3 Medición de la circularidad en el diseño de productos	37
2.2.3.1 Indicadores e índices	38
2.2.3.2 Herramientas basadas en Análisis de Ciclo de Vida (LCA).....	38
2.2.3.3 Herramientas basadas en preguntas guiadas (GQ)	39
2.2.3.4 Herramientas basadas en “ <i>checklists</i> ”	39
2.2.3.5 Herramientas basadas en QFD (“ <i>Quality Function Deployment</i> ”)	40
2.2.3.6 Herramientas de tipo matriz	40
2.2.3.7 Herramientas basadas en TRIZ	40
2.2.3.8 Etiquetado “ <i>Cradle to Cradle</i> ” (C2C).....	40
2.2.3.9 Softwares de análisis de impacto.....	41
2.2.3.10 Resumen de tipos de herramientas	41
2.2.3.11 Análisis de las herramientas más relevantes	42
2.3 Creatividad en el diseño de producto	56
2.3.1 Definición de creatividad	56
2.3.2 Medición de la creatividad en el diseño de productos.....	59
2.4 Herramientas que combinan circularidad y creatividad	66
2.4.1 Comparación de las herramientas que combinan circularidad y creatividad	69
2.5 El diseñador frente a la creatividad y circularidad	70
2.6 Conclusiones del capítulo.....	73
CAPÍTULO 3	75
3.1 Introducción	77
3.2 Experimento I: Factores personales intrínsecos de los diseñadores durante el proceso de diseño	77
3.2.1 Objetivo del Experimento I.....	77
3.2.2 Diseño del Experimento I.....	78
3.2.3 Métodos de evaluación utilizados	84
3.2.3.1 Medición de la novedad mediante el método SAPPhIRE (Chakrabarti et al., 2005).....	84
3.2.3.2 Medición de la circularidad mediante el Circular Economy Toolkit (Bocken & Evans, 2013).....	86
3.2.4 Evaluación de conceptos de elementos de transporte de objetos personales	87
3.2.4.1 Resultados de novedad según el método SAPPhIRE (Chakrabarti et al., 2005)...	87
3.2.4.2 Resultados de circularidad según el CET (Bocken & Evans, 2013)	88
3.2.5 Evaluación de conceptos de carritos de conserje	88
3.2.5.1 Resultados de novedad según el método SAPPhIRE (Chakrabarti et al., 2005)...	89
3.2.5.2 Resultados de circularidad según el CET (Bocken & Evans, 2013)	89
3.2.6 Análisis de los resultados obtenidos en el experimento I.....	90

3.2.6.1 Resultados del cuestionario para evaluar los factores personales intrínsecos hacia un problema.....	91
3.2.6.2 Análisis de la interacción entre los cuatro factores personales intrínsecos	92
3.2.6.2.1 Resultados de los factores personales por grupo de trabajo	95
3.2.6.3 Efecto de los factores personales intrínsecos (Motivación, Conocimiento, Relevancia y Afinidad) sobre la circularidad de los conceptos generados	96
3.2.6.4 Efecto de los factores personales intrínsecos (Motivación, Conocimiento, Relevancia y Afinidad) sobre la novedad de los conceptos generados	98
3.2.7 Conclusiones del Experimento I	100
3.3 Experimento II: Introducción explícita de los requisitos de diseño en el proceso creativo.....	102
3.3.1 Objetivos del experimento II.....	102
3.3.2 Diseño del experimento II	103
3.3.3 Métodos de evaluación utilizados	108
3.3.3.1 Medición de la creatividad mediante la métrica de (López-Forniés et al., 2017)	108
3.3.3.2 Medición de la circularidad mediante el recuento de características circulares..	109
3.3.4 Evaluación de la creatividad y circularidad de conceptos de mobiliario escolar	110
3.3.4.1 Resultados de creatividad según el método de (López-Forniés et al., 2017)	110
3.3.4.2 Resultados de circularidad obtenidos según el recuento de características circulares	111
3.3.5 Análisis de los resultados obtenidos en el experimento II	111
3.3.5.1 Resultados de creatividad según el método empleado	111
3.3.5.2 Resultados de circularidad según el método empleado	113
3.3.5.3 Número de soluciones obtenidas según el método empleado	114
3.3.5.4 Relación entre circularidad y novedad	115
3.3.6 Conclusiones del Experimento II	116
3.4 Experimento III: Condicionamiento del estímulo aleatorio mediante biomimética.....	117
3.4.1 Objetivo del Experimento III	117
3.4.2 Diseño del Experimento III	118
3.4.3 Métodos de evaluación utilizados	124
3.4.3.1 Medición de la creatividad mediante la métrica de Shah et al. (2003).....	125
3.4.3.2 Medición de la circularidad mediante la herramienta de Moreno et al. (2017).	129
3.4.4 Evaluación de la creatividad y circularidad de conceptos de elementos de refugio personal al aire libre	131
3.4.4.1 Resultados de creatividad según el método de Shah et al. (2003).....	131
3.4.4.2 Resultados de circularidad según el método de Moreno et al. (2017).....	132
3.4.5 Evaluación de la creatividad y circularidad de conceptos de elementos de transporte de comida	132
3.4.5.1 Resultados de creatividad según el método de Shah et al. (2003).....	133

3.4.5.2 Resultados de circularidad según el método de Moreno et al. (2017).....	133
3.4.6 Análisis de los resultados obtenidos en el experimento III	134
3.4.6.1 Análisis experimental sobre cómo afecta el condicionamiento del estímulo aleatorio a los resultados conceptuales.....	134
3.5 Conclusiones del capítulo.....	137
CAPÍTULO 4	139
4.1 Introducción	141
4.2 Diseño de la métrica	142
4.2.1 Justificación del diseño de la métrica.....	142
4.2.2 Cálculo de la puntuación total de circularidad y novedad conjuntamente (CN)	143
4.2.3 Parámetros de la métrica y establecimiento de puntuaciones.....	144
4.2.3.1 Parámetros de medición de la novedad y establecimiento de puntuaciones	144
4.2.3.2 Parámetros de medición de la circularidad y establecimiento de puntuaciones	145
4.2.3.2.1 Parámetros para alargar la vida útil del producto y de diseño para duración	145
4.2.3.2.2 Parámetros referentes a los materiales que emplea el concepto para cumplir las funciones.....	149
4.2.4 Funcionamiento de la métrica	159
4.2.5 Prueba de la métrica en un concepto	163
4.3 Testeo previo de la métrica diseñada.....	166
4.3.1 Objetivo del testeo.....	166
4.3.2 Evaluación de elementos de transporte	166
4.3.2.1 Resultados al realizar la evaluación con la métrica diseñada.....	166
4.3.2.2 Medición de la novedad mediante el método CPSS (O'Quin & Besemer, 1989).....	169
4.3.2.3 Análisis de los resultados de circularidad y novedad de forma conjunta en elementos de transporte.....	170
4.3.3 Evaluación de mobiliario escolar	176
4.3.3.1 Resultados al realizar la evaluación con la métrica diseñada.....	176
4.3.3.2 Análisis de los resultados de circularidad y novedad de forma conjunta en mobiliario escolar.....	179
4.3.4 Evaluación de refugios personales y elementos de transporte de comida.....	183
4.3.4.1 Resultados de novedad y circularidad conjuntamente con la métrica diseñada para los refugios personales	183
4.3.4.2 Resultados de novedad y circularidad conjuntamente con la métrica diseñada para los elementos de transporte de comida.....	184
4.3.4.3 Análisis de los resultados de circularidad y novedad de forma conjunta en refugios personales y elementos de transporte de comida.....	186
4.4 Conclusiones del capítulo.....	191
CAPÍTULO 5	193
5.1 Objetivo del capítulo	195

5.2 Valoración externa de la métrica.....	195
5.2.1 Diseño del cuestionario de opinión	195
5.2.2 Selección de muestra y procedimiento seguido	197
5.2.3 Resultados obtenidos y análisis.....	198
5.2.3.1 Análisis de la medición de resultados con la métrica.....	198
5.2.3.2 Análisis de los resultados del cuestionario.....	201
5.2.3.3 Conclusiones del análisis	204
5.3 Conclusiones del capítulo.....	205
CAPÍTULO 6.....	207
6.1 Introducción	211
6.2 Mejoras en la métrica después de su validación	211
6.2.1 Adición de un nuevo paso de uso.....	209
6.2.3 Mejora de las instrucciones	212
6.2.4 Mejora de la plantilla de uso	213
6.2.4.1 Adición de la escala global de los resultados	214
6.2.4.2 Adición de gráfica resumen de los resultados en cada parámetro.....	215
6.3 Diseño final de la métrica	218
6.4 Instrucciones de uso	221
6.5 Conclusiones del capítulo	222
CHAPTER 7.....	221
7.1 Global findings.....	223
7.2 Limitations	225
7.3 Implications.....	225
7.4 Scientific contribution	226
7.4.1 Journal publications.....	226
7.4.2 Conference proceedings contributions	226
7.4.3 Related publications	227
7.4.3.1 Conference proceedings	227
7.4.3.2 Books.....	228
7.4.4 Future contributions	228
CHAPTER 8.....	229
8.1 Introduction	231
8.2 Future work regarding the metric for concept evaluation designed	231
8.2.1 Application of the metric in practical cases, with professional level concepts	231
8.2.2 Study of the exact scoring for biodegradable materials discarded in landfills	231
8.2.3 Study of how the concept scores change according to the importance of the functions.....	231

8.2.4 Study of the behaviour of the metric with different types of products.....	232
8.2.5 Automating and graphic improvement of the tool	232
8.2.6 Adaptation to be used as a design aid method.....	232
8.3 Future work regarding the introduction of circular economy in the design process	232
8.3.1 Personal intrinsic factors of the designer and circularity and creativity.....	232
8.3.2 Design method and circularity and creativity.....	233
8.3.3 Conditioning of random stimulus and circularity and creativity.....	233
8.3.4 How the preparation in CE of the experiment participants affects the results	233
8.3.5 Continuing the study of the influence of the introduction of circularity in the creative design process	234
REFERENCIAS	235
ANEXO 1	251
ANEXO 2	289
ANEXO 3	325
ANEXO 4	359
ANEXO 5	379
ANEXO 6	405

ÍNDICE DE FIGURAS

Figure 1. Thesis framework	4
Figure 2. Thesis structure.	10
Figure 3. Relationship between Chapters, Objectives and Tasks of the Thesis	11
Figure 4. Time planning of the Thesis.	11
Figura 5. Proceso de Design Thinking.	15
Figura 6. Ejemplo de producto en fase de diseño conceptual.	18
Figura 7. Economía lineal vs. Economía circular (Sauvé, Bernard, & Sloan, 2016).....	20
Figura 8. Modelo de “loops” de circularidad de Ellen MacArthur Foundation (2013).....	23
Figura 9. Enfoques de aprovechamiento de recursos (Bocken et al., 2016a).....	24
Figura 10. “Value Hill Model” lineal frente a circular (Achterberg et al., 2016)	25
Figura 11. Acciones principales antes, durante y después de la vida útil de un producto, desde el punto de vista técnico (elaboración propia).	28
Figura 12. Plantilla de metodología de diseño circular de IDEO (n.d.)	30
Figura 13. Vasos reutilizables de varios eventos musicales.....	31
Figura 14. Mesa escolar, ejemplo de mueble robusto (“Pupitre,” n.d.)	32
Figura 15. Mueble infantil evolutivo (Nuun kids design, n.d.)	32
Figura 16. Diseño de un teléfono móvil modular (“Phonebloks,” n.d.).....	33
Figura 17. Luz delantera universal para bicicletas (Decathlon, n.d.-a).....	33
Figura 18. Lámpara Kurk, diseñada para desensamblarse fácilmente (Craig Foster, n.d.).....	34
Figura 19. Servicio de préstamo de bicicletas. (“Bicicas,” n.d.).....	34

Figura 20. Macetas biodegradables. (“Macetas Ecológicas ,” n.d.).....	35
Figura 21. Servicio de repuestos de IKEA. (IKEA, n.d.).....	36
Figura 22. Lavadora “GiraDora” (Cabunoc & You, n.d.).....	36
Figura 23. Linterna con dinamo (Decathlon, n.d.-b).....	37
Figura 24. Ejemplo de análisis de impacto mediante el software SimaPro®.....	41
Figura 25. Tipos de herramientas analizadas.	51
Figura 26. Fases de diseño para las que están diseñadas las herramientas analizadas.	51
Figura 27. Objetividad de las herramientas analizadas.	52
Figura 28. Número de tipos de parámetros con los que trabajan las herramientas.	53
Figura 29. Uso de cada tipo de parámetros en las herramientas.	54
Figura 30. Posibilidad de aplicar las herramientas en conceptos.	54
Figura 31. Dificultades encontradas para utilizar las herramientas con conceptos.	55
Figura 32. Definición de la creatividad.	57
Figura 33. Etapa creativa del diseño de un producto.	58
Figura 34. Ejemplos de productos circulares y creativos (“Cápsulas ecológicas ,” n.d.; EcoInnova TM , n.d.)	59
Figura 35. Niveles del modelo SAPPPhIRE (Chakrabarti et al., 2005).	60
Figura 36. Ejemplo de cálculo de variedad (Shah et al., 2003).....	63
Figura 37. Matriz del método EPI (Justel, 2008).	64
Figura 38. Extracto de la matriz de evaluación de (Bocken et al., 2012).....	69
Figura 39. Relación de conceptos del capítulo (elaboración propia).	74
Figura 40. Desarrollo del experimento I (Imagen propia).....	78
Figura 41. Enunciado proporcionado a los participantes en el experimento (Imagen propia). ...	79
Figura 42. Método del primer experimento.....	80
Figura 43. Cuestionario repartido durante el experimento 1.	80
Figura 44. Una de las soluciones obtenida para el elemento de transporte de objetos personales (Imagen propia).	81
Figura 45. Una de las soluciones obtenida para el carrito de conserjes (Imagen propia).	81
Figura 46. Solución estándar para el elemento de transporte de objetos personales. (EASTPAK, n.d.)	85
Figura 47. Solución estándar para carritos de transporte de conserje. (RAJA®, n.d.).....	85
Figura 48. “Circular Economy Toolkit” (Adaptada de http://circulareconomytoolkit.org/Assessmenttool.html).	87
Figura 49. Comparación del grado de factores personales intrínsecos entre los problemas A y B.	92
Figura 50. Relación entre los factores personales intrínsecos.	94
Figura 51. Relación entre la circularidad y los factores personales intrínsecos.	97
Figura 52. Relación entre la novedad y los factores personales intrínsecos.	99
Figura 53. Problema de diseño e instrucciones.	104
Figura 54. Desarrollo del experimento (Imagen propia).	104
Figura 55. Método del segundo experimento.	105
Figura 56. Ejemplo de solución de mobiliario escolar.	106
Figura 57. Resultados de creatividad en el segundo experimento (la primera gráfica muestra la escala total y la segunda una ampliación para mejor visualización de los resultados).	112
Figura 58. Resultados de circularidad en el segundo experimento.	114
Figura 59. Resultados para el número de características circulares.	115
Figura 60. Correlación entre creatividad y circularidad.	115
Figura 61. Actividad de calentamiento.	118
Figura 62. Esquema de problemas y estímulos según grupo.	118
Figura 63. 9 cartas extraídas de Life’s Principles Play Deck, (c) Biomimicry 3.8. (2019).....	119
Figura 64. Estímulos aleatorios externos.	119

Figura 65. Horario del taller.....	120
Figura 66. Propuesta de elemento de refugio personal.	121
Figura 67. Propuesta de elemento de transporte de comida.	121
Figura 68. Creatividad distribuida según el tipo de estímulo (la primera gráfica muestra la escala total y la segunda una ampliación para mejor visualización de los resultados).	135
Figura 69. Circularidad distribuida según el tipo de estímulo (la primera gráfica muestra la escala total y la segunda una ampliación para mejor visualización de los resultados).	136
Figura 70. Características deseadas en la métrica.	141
Figura 71. Distribución de las puntuaciones para Ne.....	148
Figura 72. Puntuaciones para todas las combinaciones de origen y fin de vida de los materiales.	157
Figura 73. Esquema de las acciones.....	158
Figura 74. Procedimiento de establecimiento de las puntuaciones referentes a los materiales: Mi y Mf.....	158
Figura 75. Pasos de aplicación de la métrica diseñada.....	160
Figura 76. Procedimiento de selección de Mf si no se especifica el fin de vida del material ...	162
Figura 77. Concepto de mobiliario escolar.	164
Figura 78. Comparación de resultados del problema A (elementos de transporte de objetos personales).....	172
Figura 79. Comparación de resultados del problema B (carritos de conserje).....	172
Figura 80. Propuestas con puntuaciones discordantes en el problema A.	173
Figura 81. Propuestas con puntuaciones discordantes en el problema B.	175
Figura 82. Comparación entre los dos grupos de resultados.	180
Figura 83. Propuestas con puntuaciones discordantes de mobiliario escolar.....	181
Figura 84. Comparación de resultados de los refugios personales.....	187
Figura 85. Propuestas con puntuaciones discordantes en las soluciones de refugios personales.	188
Figura 86. Comparación de resultados de los elementos de transporte de comida.	189
Figura 87. Propuestas con puntuaciones discordantes en las soluciones de elementos de transporte de comida.	190
Figura 88. Esquema de funcionamiento de la métrica.	192
Figura 89. Ejemplo de pregunta del grupo “Lógico – Entendible” planteada con escala Likert (Likert, 1932)	196
Figura 90. Extracto del correo electrónico enviado a los expertos.....	197
Figura 91. Parte de la plantilla para la medición enviada a los expertos.....	198
Figura 92. Puntuaciones otorgadas por los expertos a cada propuesta.....	199
Figura 93. Puntuaciones otorgadas por los expertos a cada propuesta II.	200
Figura 94. Resumen de respuestas de los expertos a las preguntas abiertas del cuestionario ...	202
Figura 95. Pasos de aplicación de la herramienta, con la nueva incorporación.	210
Figura 96. Extracto de la plantilla de la métrica de evaluación de conceptos.	214
Figura 97. Indicaciones de la escala global de los resultados en la plantilla mejorada.	215
Figura 98. Gráfica resumen de puntuaciones para un concepto.	215
Figura 99. Introducción de funciones y aspectos relacionados en la plantilla.	216
Figura 100. Introducción de la puntuación de la novedad.	216
Figura 101. Introducción de las características de los materiales empleados para cada función.	217
Figura 102. Introducción del número de estrategias que fomentan la circularidad para cada función.....	217
Figura 103. Cálculo de la puntuación final del concepto.	218
Figura 104. Plantilla de la tabla y la gráfica resumen de resultados.	218
Figura 105. Extracto de las instrucciones de cálculo de la métrica.....	219

ÍNDICE DE TABLAS

Table 1. Block I of Thesis' tasks.....	6
Table 2. Block II of Thesis' tasks.	6
Table 3. Block III of Thesis' tasks.	7
Table 4. Block IV of Thesis' tasks.....	7
Table 5. Block V of Thesis' tasks.	7
Tabla 6. Definición de las 9Rs de Vermeulen et al., (2019).	26
Tabla 7. Definición de las 9Rs de la Comisión Europea (2020)	27
Tabla 8. Estrategias de (Nancy M. P. Bocken et al., 2016a) para diseño circular.....	31
Tabla 9. Resumen de tipos de herramientas relacionadas con la sostenibilidad.	41
Tabla 10. Escala de objetividad.....	42
Tabla 11. Análisis de herramientas de evaluación de la circularidad I.	46
Tabla 12. Análisis de herramientas de evaluación de la circularidad II.	50
Tabla 13. Algunos de los parámetros del método CPSS (Christiaans, 2002)	62
Tabla 14. Aplicación de la Escala de Moss.....	64
Tabla 15. Resumen de las herramientas de medición de la creatividad existentes.	65
Tabla 16. Análisis de las herramientas que combinan creatividad y sostenibilidad I.	66
Tabla 17. Análisis de las herramientas que combinan creatividad y sostenibilidad II.	67
Tabla 18. Medición de la novedad según López-Forniés et al. (2017)	67
Tabla 19. Medición de la utilidad según López-Forniés et al. (2017).....	68
Tabla 20. Medición de la factibilidad según López-Forniés et al. (2017).....	68
Tabla 21. Conceptos generados en el experimento I.....	84
Tabla 22. Solución estándar para el elemento de transporte de objetos personales.	85
Tabla 23. Solución estándar para el carrito de transporte.	86
Tabla 24. Puntuaciones de novedad del experimento I (elementos de transporte de objetos personales).....	88
Tabla 25. Puntuaciones de circularidad del experimento I (elementos de transporte de objetos personales).....	88
Tabla 26. Puntuaciones de novedad del experimento I (carritos de conserje).	89
Tabla 27. Puntuaciones de circularidad del experimento I (carritos de conserje).	89
Tabla 28. Resumen de análisis estadísticos del Experimento I.	90
Tabla 29. Resultados numéricos, problema de elementos de transporte de objetos personales. .	91
Tabla 30. Resultados numéricos, problema de carritos de conserje.	91
Tabla 31. Significado de los valores de la correlación de Spearman.	93
Tabla 32. Resultado de los factores personales intrínsecos.....	93
Tabla 33. Resultados numéricos por grupo, problema de elementos de transporte de objetos personales.....	95
Tabla 34. Resultados numéricos por grupo, problema de elementos de transporte de objetos personales.....	96
Tabla 35. Estadísticos descriptivos de circularidad para los dos problemas (Problema A: elemento de transporte de objetos personales; Problema B: carrito de conserje).	96
Tabla 36. Significado de los valores de correlación de Pearson.	96
Tabla 37. Relación entre la circularidad y los factores personales intrínsecos.	97
Tabla 38. Significado de los valores de la Tau de Kendall.	98
Tabla 39. Correlación entre la novedad y los factores personales intrínsecos.	98
Tabla 40. Valor de Tau de Kendall entre la novedad y los factores personales intrínsecos.....	99
Tabla 41. Conceptos generados en el experimento II.	107
Tabla 42. Puntuación de la creatividad (López-Forniés et al., 2017).....	108

Tabla 43. Puntuación de cada tipo de ideas para evaluar la circularidad de las propuestas conceptuales de diseño.	110
Tabla 44. Puntuaciones de creatividad y novedad del experimento 2 (mobiliario escolar).	110
Tabla 45. Puntuaciones de circularidad del experimento 2 (mobiliario escolar).	111
Tabla 46. Resultados de creatividad obtenidos en el segundo experimento.	111
Tabla 47. Resultados de circularidad.	113
Tabla 48. Número de características circulares obtenidas en las soluciones de diseño.	114
Tabla 49. Conceptos generados en el experimento III.	124
Tabla 50. Funciones y puntuaciones para la evaluación de la novedad con la métrica de Shah et al. (2003).	126
Tabla 51. Ejemplo de puntuación de la novedad.	126
Tabla 52. Funciones y puntuaciones para la puntuación de la calidad con la métrica de Shah et al. (2003)	128
Tabla 53. Ejemplo de puntuación de calidad.	128
Tabla 54. Ejemplo de puntuación de la circularidad.	130
Tabla 55. Resultados de creatividad de los refugios personales.	131
Tabla 56. Resultados de circularidad de los refugios personales.	132
Tabla 57. Resultados de creatividad de los elementos de transporte de comida.	133
Tabla 58. Resultados de circularidad de los elementos de transporte de comida.	134
Tabla 59. Puntuación de la novedad (N) con la métrica que se está desarrollando.	145
Tabla 60. Comparación de estrategias evaluables en la métrica diseñada con los grupos de estrategias encontrados en la literatura.	146
Tabla 61. Puntuación (Ne) para las estrategias establecidas.	149
Tabla 62. Puntuaciones para Mi y Mf y resumen de su obtención.	151
Tabla 63. Eficiencias de reprocesado de materiales según (Rigamonti et al., 2009)	152
Tabla 64. Puntuaciones obtenidas al combinar los distintos casos de Mi y Mf	156
Tabla 65. Posibles combinaciones de origen y fin de vida de material.	159
Tabla 66. Resumen de consideraciones.	162
Tabla 67. Funciones e importancias para el elemento de mobiliario escolar.	164
Tabla 68. Valoración de la novedad para elemento de mobiliario escolar.	164
Tabla 69. Valoración de la circularidad para el concepto de mobiliario escolar.	165
Tabla 70. Puntuaciones del experimento 1 con la métrica diseñada (elementos de transporte de objetos personales).	167
Tabla 71. Puntuaciones del experimento 1 con la métrica diseñada (carritos de conserje).	169
Tabla 72. Puntuaciones de novedad del experimento I (elementos de transporte de objetos personales).	170
Tabla 73. Puntuaciones de novedad del experimento I (carritos de conserje).	170
Tabla 74. Resultados comparados en el análisis.	171
Tabla 75. Puntuaciones del experimento 2 con la métrica diseñada (mobiliario escolar).	178
Tabla 76. Resultados comparados en el análisis.	179
Tabla 77. Resultados obtenidos con la métrica diseñada para los refugios personales.	184
Tabla 78. Resultados obtenidos con la métrica diseñada para los elementos de transporte de comida.	185
Tabla 79. Resultados comparados en el análisis (refugios personales).	186
Tabla 80. Puntuaciones de los expertos para las propuestas conceptuales de refugios personales obtenidas con la métrica diseñada.	198
Tabla 81. Puntuaciones de los expertos para las propuestas conceptuales de elementos de transporte de comida obtenidas con la métrica diseñada.	198
Tabla 82. Estadísticos descriptivos de las puntuaciones otorgadas por los expertos a cada una de las propuestas.	200
Tabla 83. Resultados para cada par de adjetivos.	201

Tabla 84. Nueva codificación para los parámetros de origen y fin de vida del material.	212
Tabla 85. Nueva codificación para las estrategias de diseño que promueven la circularidad..	213
Table 86. Tasks related to objective O1 (I).....	223
Table 87. Tasks related to objective O1 (II).....	223
Table 88. Tasks related to objective O1 (VI).....	223
Table 89. Tasks related to objective O1 (V).....	224
Table 90. Tasks related to objective O2.....	224
Tabla 91. Tasks related to objectives O2.1, O2.2 y O2.3.....	224

ABREVIATURAS

ANOVA –Análisis de varianza

C - Creatividad

C - Circularidad

C2C – Cradle to Cradle

CE – Economía circular

CET – Circular Economy Toolkit

Ci – Puntuación de circularidad para una función

CN – Puntuación total de circularidad y novedad conjuntamente

CN_Con – Circularidad y Novedad en Conceptos

CP – Creative product

CPSS - Creative Product Semantic Scale

D – Resultado prueba de Kolmogórov-Smirnov

DRS – Grado de satisfacción de los requerimientos

DT – Desviación estándar

E – Impacto ambiental

EC – Comisión Europea

EEA – European Environment Agency

EOD - Environmental Objective Deployment

EPI – Evaluación del potencial innovativo

E-QFD - Environmental-QFD

F – Resultado ANOVA

F - Factibilidad técnica

F_i - función i

g - gramos

GQ – Preguntas guiadas/Guided Questions

H - Resultado prueba de Kruskal Wallis

Ic - Número de ideas para cerrar “loops”

IM – Motivación intrínseca

imp – importancia

imp_i - Importancia de la función i

In - Número de ideas para estrechar “loops”

Is - Número de ideas para ralentizar “loops”

ISO - International Organization for Standardization

KATCH_e – Knowledge Alliance on Product-Service Development towards Circular Economy and Sustainability in Higher Education

Kg – kilogramos
LCA – Análisis de ciclo de vida
LC-QFD - Life Cycle-QFD
LiDS – Life cycle Design Strategies
M – Media
MCI – Material Circularity Indicator
MET – Materiales, Energía, emisiones Tóxicas
Mf – Puntuación del fin de vida del material
Mi - Puntuación del origen del material
N – Tamaño de muestra
N - Novedad
Ne – Número de estrategias
OX – Objetivo X
OX.X – Objetivo X.X
p - p valor
p_{critic} - p valor crítico
Pt – Puntos de impacto
QFD – Quality Function Deployment
r – correlación
Rs – Acciones de aprovechamiento de recursos
SAPPhIRE - State, Action, Part, Phenomenon, Input, oRgan, Effect
SCAMPER – Sustituir, Combinar, Adaptar, Modificar, dar otros usos, Eliminar, del Revés
TRIZ - Teoría de Resolución de Problemas Inventivos
TX.X – Tarea X.X
U – Utilidad
UE – Unión Europea
W – Resultado prueba de Shapiro-Wilk
X² - Chi-Cuadrado
X^{2critic} - Chi-Cuadrado crítico
X^{2exp} - Chi-Cuadrado experimental

CHAPTER 1

INTRODUCTION

This chapter frames the context and objectives of the Thesis. Firstly, the work to be done is justified by means of a summary theoretical scenario. Then, the main objective and the sub-objectives to be achieved are indicated, as well as the tasks proposed to carry them out. Finally, the methodology and the work plan, as well as the structure of the Thesis, are set out.

-empty page-

1.1 Motivation

Product design engineering is based, among other things, on the use of material and technical resources to create consumer goods. This is why product design has a very relevant role in the circular economy, a consumption model that proposes extending the life of resources to the maximum through a regenerative system by intention and design (Ellen MacArthur Foundation, 2013). This model is starting to become a reality and is beginning to be implemented in different areas of industry and social behaviour. The proper approach of future products can encourage the efficient use of resources. On the other hand, creativity plays a very important role in creating new functionalities and ways of developing products (T. Amabile & Amabile, 1996), since it is the basis of any innovation or improvement to be made in general and, specifically, in product design. So, applying creativity to product design is correspondingly very important when considering the new model of the circular economy. Sustainability, of which the circular economy is a part, requires creative thinking and new ideas (Kajzer Mitchell & Walinga, 2017).

The conceptual stage of product design is the right one to introduce this sort of changes in design since, as it is one of the earliest stages of product creation and where the most important decisions in the design process are made (Cross, 1999), it is also the most flexible one. Therefore, the conceptual stage is the one in which less effort is needed to implement any change during the product development process.

Introducing circularity into the product design process is not free of difficulties. The requirements of circularity introduced into the design process can be taken by designers as restrictions, which can affect the creativity of their work (Collado-Ruiz & Ostad-Ahmad-Ghorabi, 2010; Cucuzzella, 2016; Mohanani, Ralph, & Shreeve, 2014). It is therefore necessary to analyse how and to what extent the introduction of circularity affects the creative development of the design process and therefore it is also necessary to analyse how to promote circularity without compromising creativity, in order to design more circular and creative products at the same time. In contrast to works that claim that circularity requirements can negatively affect creativity, others claim that using eco-design tools and creativity tools could be useful in creative sessions focused on eco-innovation (Tyl, Millet, Vallet, & Toulon, 2010) and can help to obtain more creativity and novel ideas (Chang, Chien, Yu, Chu, & Chen, 2016). There is a gap between how to introduce the approach or requirements of the circular economy into design without this being an impediment to the creativity of the products.

There is a need to expand knowledge on how to integrate these aspects of circularity into the design process without harming the creative process. There are a lot of aspects in product design that can be studied in order to address this concern. Since it is not possible to study all of them in the extent of this work, this thesis will make a prospective exploration through three ways of doing this. These three topics are different enough to make a first insight into how to integrate circularity in a creative way in product design. The first one is related to the designer's intrinsic personal factors, such as the motivation for the design problem, the relevance of the problem, the perception of having knowledge about it and the affinity to the problem. These factors can affect the conceptual proposals that designers obtain. It is therefore important to analyse their effect in order to know how to take it into account when introducing circularity requirements in the creative process. On the other hand, it is interesting to acquire knowledge about how introducing circularity requirements as guided questions (GQ) influences the creativity and circularity of conceptual product proposals. It is also relevant to study the effectiveness of requirement-oriented methodologies used as idea-driven methodologies to obtain creative solutions. In this sense,

biomimicry used as a guided stimulus could promote creativity in the same way as a random stimulus, while also encouraging circularity, so it would be necessary to study if this premise is fulfilled. Conditioning the stimuli by introducing circularity into them during the design process, through disciplines such as biomimicry, is the third aspect taken into account when studying the introduction of circularity into the creative process.

Studying how the requirements of novelty and circularity affect the creative design process aims to ensure that circularity is not a conditioning factor for creativity and that it is possible to obtain more creative and circular conceptual design proposals at the same time. The researchers' consensus on the definition of creativity is that it involves the generation of ideas that are novel and appropriate (Sarkar & Chakrabarti, 2008). Normally, in product design the term "appropriate" is related to feasibility or usefulness. In this case, the requirements of circularity can, in turn, be interpreted as how appropriate the design is, playing a very important role in the definition of the product along with novelty and being, therefore, strongly related to creativity.

For an optimal implementation of circularity and novelty in new products it is interesting to evaluate the conceptual design proposals. This assessment must be objective, coherent and complete (Mesa, Esparragoza, & Maury, 2018). There are methods for assessing novelty and circularity, but in the case of circularity they are focused on products that have already been developed. Moreover, these methods do not assess circularity in a holistic way as they only cover some of the aspects that the circular economy encompasses (Linder, Sarasini, & van Loon, 2017).

As a summary, Figure 1 shows in a general way the different concepts framed in this Thesis.

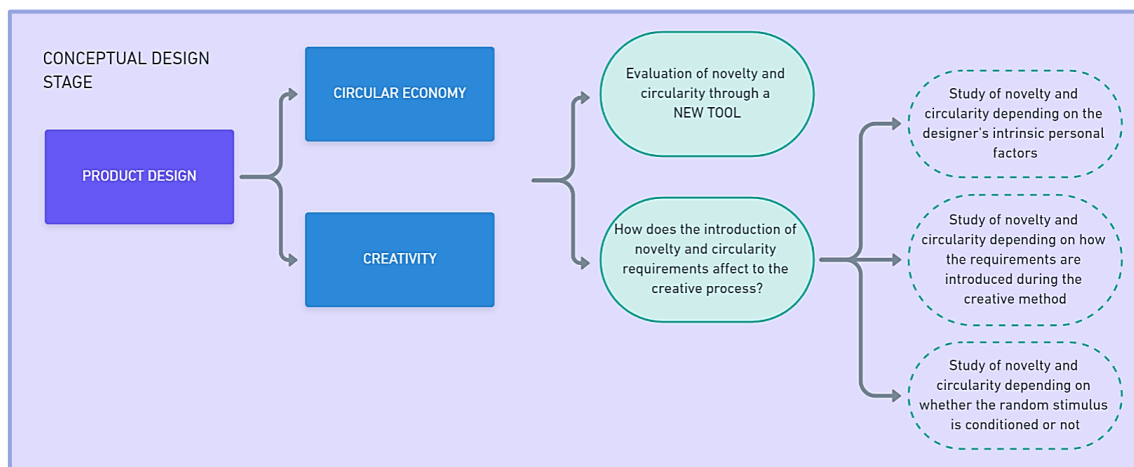


Figure 1. Thesis framework

With the development of this Thesis, it is intended to fill the gap that currently exists in the tools for evaluating product concepts by designing a metric that jointly measures the circularity and novelty of conceptual proposals. At the same time, the aim is to study the impact of introducing novelty and circularity into the designers' creative process. This will have an impact on product design at both professional and academic levels and will help to implement the model of the circular economy while encouraging creative design solutions.

1.2 Objectives of the Thesis

1.2.1 Main hypothesis

This thesis is based on the hypothesis that it is possible to evaluate and compare the degree of novelty and circularity of conceptual design proposals, through qualitative assessment of the circular features, turning them into numerical values to combine them with the novelty results. With this, a quantitative value that allows the objective evaluation and comparison of the concepts could be obtained.

Besides that, there are other hypothesis defended in this thesis related to the introduction of novelty and circularity in the conceptual design process:

- Motivation, as well as other personal intrinsic factors of the designer as perceived knowledge, relevance and affinity affect to the conceptual design results in terms of novelty and circularity.
- The way in which the design requirements are approached (added as explicit guided questions during the idea generation or implicit circular design indications integrated into the design problem statement) affects to the conceptual design results in terms of novelty and circularity.
- A design method oriented to introduce circular features, as biomimicry, can be used to increase circularity without compromising creativity.

To test the hypothesis, the thesis work is developed through the general objectives shown in the following subsection.

1.2.2 General objectives

The main objective of this Thesis (O1) is to design a metric for evaluating novelty and circularity together in conceptual product design proposals. This metric covers the need to perform this type of evaluations, since there is no method that evaluates these aspects in concepts jointly and at a conceptual development level. In this way, these two concepts of great relevance for the correct development of future products are introduced in a flexible stage, as it is the conceptual design phase, in which it is more viable to make changes.

The second objective of the Thesis (O2) is to extend the knowledge on how the introduction of novelty and circularity affects the conceptual solutions generated during a creative process. To this purpose, the following sub-objectives have been defined:

- To analyse how the designer's intrinsic personal factors (motivation, knowledge, relevance and affinity) affect the novelty and circularity of the concepts obtained during a creative process (O2.1).
- To analyse how affects the results the way in which design requirements are introduced during the creative method: explicitly, in the form of GQ, during the application of the method or integrated into the design problem statement (O2.2).
- To analyse whether the conditioning of random stimuli by introducing aspects belonging to biomimicry promotes more circular design results without damaging their creativity (O2.3).

Studying these characteristics of the design process can be the basis for future improvements and the optimisation of the design process and its management.

1.2.2 Tasks to perform

To solve the objectives of the Thesis, several tasks have been set up. Below are listed the tasks distributed in five blocks, according to their subject matter (Tables 1 to 5).

BLOCK	CODE	TASK	OBJECTIVE(S) TO WHICH IT RELATES
BLOCK I, concerning to the state of the art	TI.1	To know the context in which the concepts of creativity and circularity are developed.	O1 – O2
	TI.2	To know the existing methods of evaluation of circularity and creativity, individually or jointly, for products in general and for products in the conceptual design phase in particular.	O1
	TI.3	Analyse the functioning of these methods and tools with design concepts to detect the needs to be covered with the design of the metric.	O1

Table 1. Block I of Thesis' tasks.

BLOCK	CODE	TASK	OBJECTIVE(S) TO WHICH IT RELATES
BLOCK II, concerning to the experimental analysis of creativity and circularity in design	TII.1	To design three experiments in which conceptual designs are generated by solving different design problems in order to find out to what extent the intrinsic personal factors affect the circularity and creativity of the results, on the one hand, to find out how the method of introducing these two factors affects the design process and the results obtained and to observe how the conditioning of the stimuli affects the circularity and creativity of the results.	O2.1 – O2.2 – O2.3
	TII.2	To assess each of the conceptual proposals generated with existing methods, measuring their creativity and circularity separately.	O2.1 – O2.2 – O2.3
	TII.3	Analyse the results obtained.	O2.1 – O2.2 – O2.3

Table 2. Block II of Thesis' tasks.

BLOCK	CODE	TASK	OBJECTIVE(S) TO WHICH IT RELATES
BLOCK III, concerning the design of the metric	TIII.1.1	Defining the type of metrics to be designed so that it fulfils its function in an optimal way.	O1
	TIII.1.2	To study which parameters need to be used for the measurement of design concepts so that the required evaluation is carried out correctly. Furthermore, to assign a score value to each one of them to evaluate each concept according to how it fulfils each parameter.	O1

	TIII.1.3	To propose the performance of the metric, combining all the established parameters and their scores. The metric must generate a result that can be understood by the user and that allows to evaluate and compare the different proposals in a clear way. Likewise, its use must be intuitive and user-friendly.	O1
	TIII.2.1	To develop a design concepts assessment metric, which measures novelty and circularity together in a coherent and comprehensive way. The metric should promote that concepts present both characteristics in the same extent.	O1
	TIII.2.2	To perform a first test of the metric designed in order to validate the results that it provides. Test its operation by evaluating the results obtained in the experiments with it.	O1
	TIII.2.3	To analyse the possible coincidences or differences between the scores of creativity/novelty and circularity obtained by means of already existing evaluation methods and those obtained by means of the designed metric, contrasting the scores in each of the proposals.	O1

Table 3. Block III of Thesis' tasks.

BLOCK	CODE	TASK	OBJECTIVE(S) TO WHICH IT RELATES
BLOCK IV, concerning the validation of the metric	TIV.1	External evaluation of the metric by experts in the field of industrial design, in order to observe its operation in a real context.	O1
	TIV.2	Select the corresponding sample of experts and design the opinion questionnaire to be completed after testing the metrics by evaluating the concepts generated in the experiment.	O1
	TIV.3	Analysis of the results obtained when evaluating the concepts by the experts, comparing them to each other, to determine the validity of the designed metric.	O1
	TIV.4	To extract possible changes and/or improvements in the metric, according to the opinions and/or possible difficulties that the experts have had when applying it.	O1

Table 4. Block IV of Thesis' tasks.

BLOCK	CODE	TASK	OBJECTIVE(S) TO WHICH IT RELATES
BLOCK V, concerning the final design of the tool	TV.1	Implementation of the possible changes identified as a result of the external assessment.	O1
	TV.2	Final design of the metric to make it as easy as possible to use.	O1
	TV.3	Design of the user instructions of the metric to facilitate the understanding of it by the users.	O1

Table 5. Block V of Thesis' tasks.

1.3 Thesis methodology and structure

Once the objectives and tasks to be carried out in the Thesis have been defined, the methodology to be followed is detailed. After this first introductory chapter, the Thesis consists of seven more chapters, the first five of which correspond to the blocks of tasks shown in the previous section. The last two chapters are made up of the conclusions of the Thesis and the future work.

CHAPTER 2: STATE OF THE ART

In Chapter 2, the theoretical bases from which the work done in this Doctoral Thesis has been carried out are detailed, as well as the need to cover with the resolution of the main objectives of the Thesis. It talks about circular economy and creativity focused on the field of product design, specifically on the conceptual stage. It also develops a list of existing methods for evaluating creativity and circularity and analyses how they work in conceptual design proposals. This chapter corresponds to the Block of Tasks I.

CHAPTER 3: EXPERIMENTAL ANALYSIS OF CREATIVITY AND CIRCULARITY IN THE DESIGN PROCESS

In Chapter 3 an experimental analysis is carried out previous to the design of the metric and in which one of the two main objectives of the Thesis is answered, analysing how the introduction of novelty and circularity as requirements affects to the creative design process. This chapter consists in the design of three experiments from which conceptual design proposals have been generated to work with. These conceptual proposals, which solve five different design problems from the three experiments, have been evaluated with separate circularity and novelty/creativity measurement methods. The data obtained have been analysed to find out how the designers' intrinsic personal factors (motivation, knowledge, relevance and affinity) affect the novelty and circularity of the conceptual designs obtained, how these same two parameters are affected by how the design requirements are presented during the application of the creative method and how conditioning the random stimulus during the creative design process affects the circularity and creativity of the conceptual proposals obtained. This chapter corresponds to the Block of Tasks II.

CHAPTER 4: DEFINITION OF A METRIC TO MEASURE CIRCULARITY AND NOVELTY TOGETHER AND PREVIOUS ANALYSIS

Chapter 4 establishes a metric to evaluate circularity and novelty together in design proposals at the conceptual stage of development. The parameters selected to make the metric work are explained and their selection is justified. In addition, it is detailed how the developed method works. A first test is also carried out, evaluating with the designed metric the conceptual proposals obtained in the experiments developed in the previous chapter. Likewise, the scores obtained with the designed metric are compared with those obtained in the previous chapter using existing tools and methods of measurement and

metrics, analysing the similarities and differences of the results and their whys. This chapter corresponds to the Block of Tasks III.

CHAPTER 5: VALIDATION OF THE PROPOSED METRICS

An external assessment of the metric has been carried out. Product design experts from two countries have evaluated the conceptual proposals obtained in the experiment with the metric designed to study the similarities or differences between the scores established by each of them for each concept, thus giving validity to the metric. In addition, the experts have fulfilled an opinion questionnaire from which possible improvements or modifications to the designed metric have been obtained. This chapter corresponds to the Block of tasks IV.

CHAPTER 6: FINAL TOOL DESIGN

Chapter 6 shows the final tool, after implementing the improvements extracted from the experts' assessment. In addition, the user instructions to facilitate the use of the metric are shown. This chapter corresponds to the Block of tasks V.

CHAPTER 7: CONCLUSIONS

Chapter 7 sets out the conclusions of the Thesis, giving resolution to each of the objectives proposed. It also discusses the limitations faced in carrying out the work and the implications of the results obtained. On the other hand, the publications that have come out of this Thesis are indicated.

CHAPTER 8: FUTURE WORK

Chapter 8 details the possibilities for future work based on the work carried out during the development of this Thesis and on the conclusions obtained.

Figure 2 shows the different stages of work of the Thesis. These have been established and developed in order to achieve all the objectives proposed in this research. The steps followed to carry out the three experiments and obtain the corresponding results are also shown. In addition, the variable parameter for each of the proposed experiments is detailed, which will serve to respond to the objective O2 of the Thesis. A summary diagram of the structure of the Thesis can be seen in Figure 3.

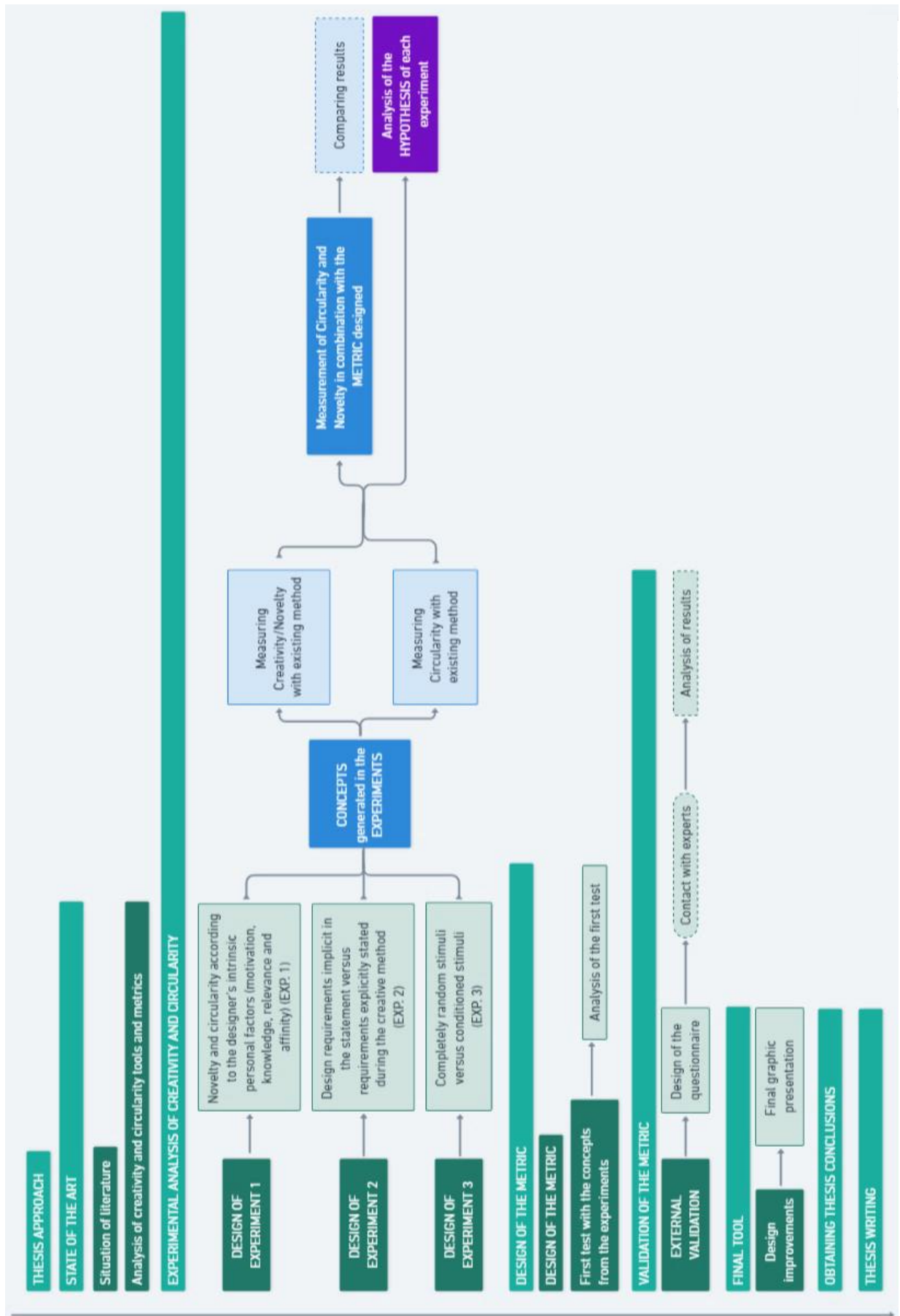


Figure 2. Thesis structure.

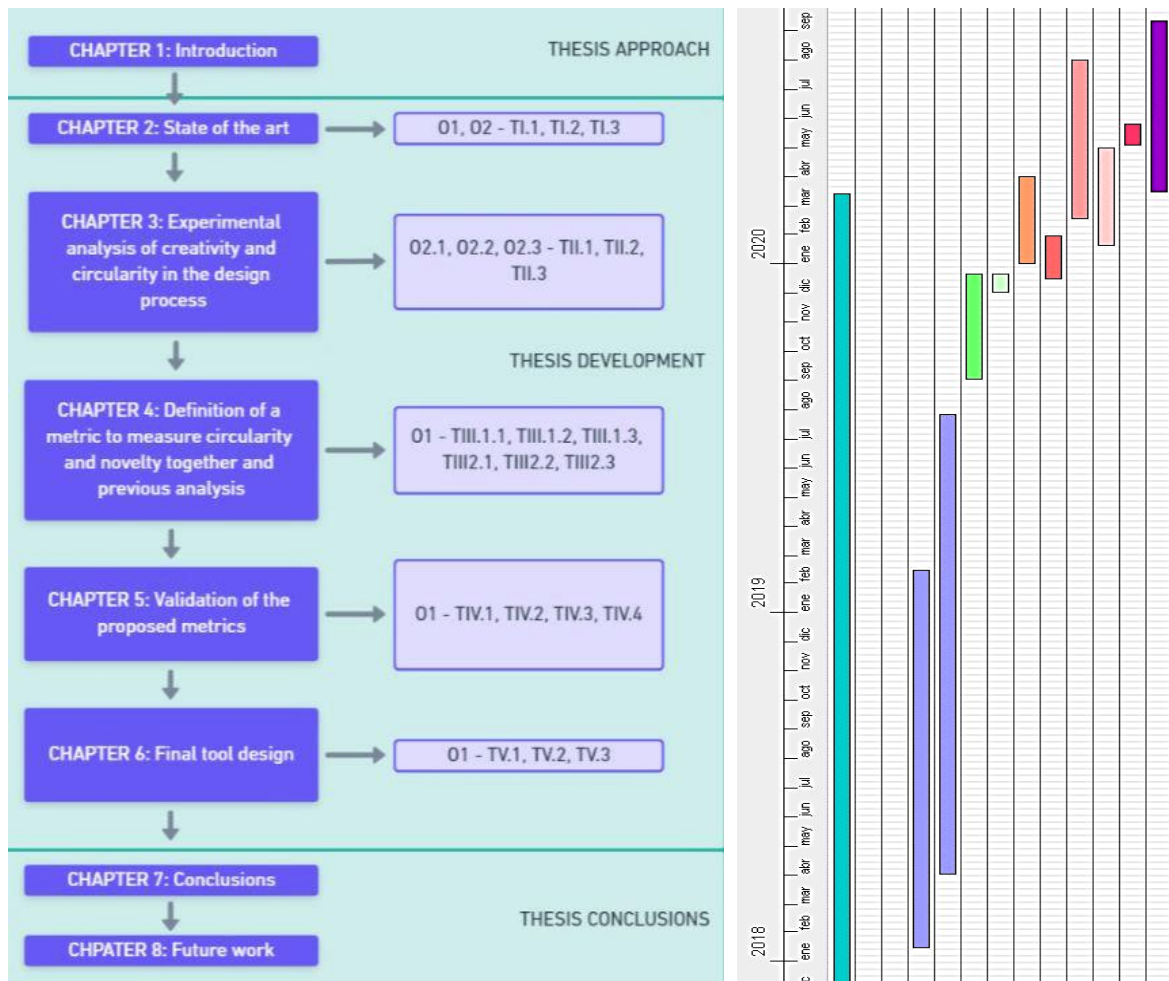


Figure 3. Relationship between Chapters, Objectives and Tasks of the Thesis

Figure 4 shows the temporal planning of the Thesis by means of a Gantt chart. As it can be seen, the methodology followed is based on the design of three experiments, using different methods for evaluating design concepts and studying different aspects of creative design, prospectively selected. Once the three experiments have been carried out and the concepts generated in them have been evaluated, the evaluation metric has been designed. The results generated in the experiments have also been evaluated with the designed metric in order to assess the similarities and differences of the results and, thus, to obtain a first validation of the metric. On the other hand, an external evaluation of the metric has been carried out, from which aspects of the metric have been obtained to be refined in order to, finally, define the final design of the tool. Once the metric has been fully designed, the template for its use has been developed.

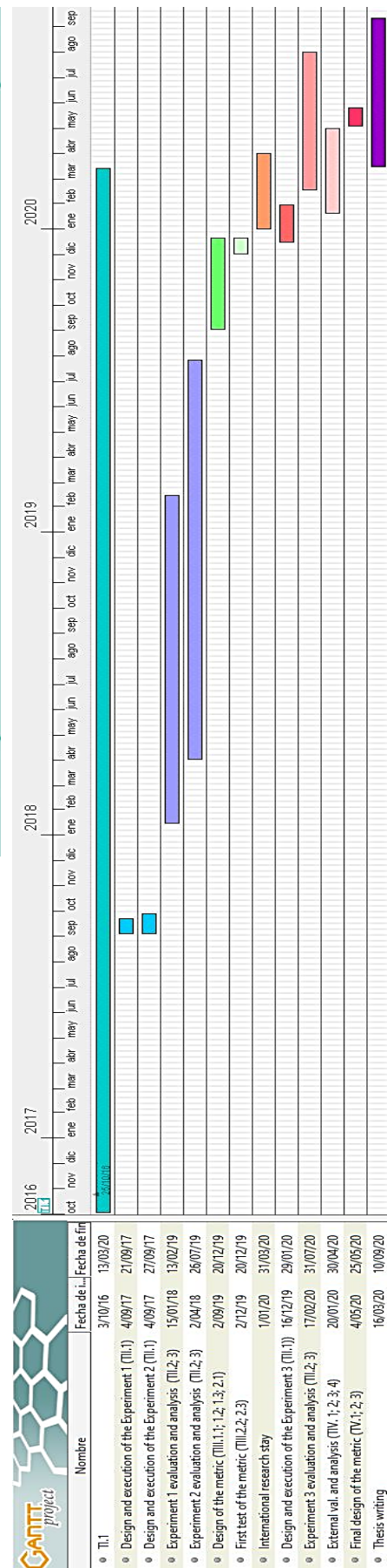


Figure 4. Time planning of the Thesis.

1.4 Chapter conclusions

This Thesis deals with two main objectives, which are related with two highly relevant aspects of product design: creativity and the circular economy.

The first of the objectives is the design of an evaluation metric for product design proposals in the conceptual development stage, the most flexible and suitable stage for introducing new features of all those that make up the product design process. Furthermore, as the definitive specific characteristics of the product are not yet established, in the conceptual design stage it is difficult to evaluate creativity and circularity in an objective and complete way, so other existing tools and methods are not appropriate for this evaluation. This metric will evaluate to what extent the concepts are novel and circular together, in order to select circular and novel ideas to guarantee that design products and services are developed and implemented with these considerations in place.

On the other hand, it is going to be studied how novelty and circularity affect the creative process of design by studying the behaviour of different parameters of the process (personal intrinsic factors of the designer, the way of introducing the requirements of design and the conditioning of stimuli) when introducing novelty and circularity as requirements.

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se define el marco teórico en el que se encuentra la Tesis. Se habla de diseño de producto en general y de la creatividad y la economía circular aplicadas al diseño de producto en particular. Se realiza un estudio de las herramientas existentes para evaluar la creatividad y la circularidad y se estudia su aplicación en conceptos de diseño. Además, se muestra información sobre los aspectos a tener en cuenta para resolver el segundo objetivo de la Tesis.

-página en blanco-

2.1 El proceso de diseño de producto

2.1.1 Diseño de producto

Los productos de consumo juegan, hoy en día, un papel muy relevante en nuestra sociedad y con ello su diseño, fabricación y modelo de negocio con el que se hacen llegar a los consumidores y el cual establece el modo en el que éstos los van a adquirir, consumir y desechar. El nivel de importancia del consumo es cada vez más elevado y las necesidades a satisfacer son cada vez más, y más diferentes, por lo que el diseño industrial se ve obligado a evolucionar junto con estas necesidades para que sea posible que se obtengan soluciones a estas nuevas competencias requeridas en los productos. Así, éstos evolucionan junto con las nuevas necesidades que surgen en la sociedad (Lloveras, 2013).

Las diferentes formas de vida instauradas en los distintos ámbitos en los que convivimos también evolucionan y se crean nuevos aspectos a cubrir por el diseño de productos, que ayudan a mejorar la calidad de vida de la población en una sociedad cambiante. Es necesario que el diseño sea responsable y sostenible para que esta evolución no afecte negativamente, tanto a los recursos disponibles, como a la sociedad en general, manteniéndose el mayor tiempo posible en su estado original (den Hollander, Bakker, & Hultink, 2017). El diseño socialmente responsable, según (Melles, de Vere, & Misic, 2011), se puede medir con los siguientes criterios: necesidad del usuario o comunidad, sostenibilidad (¿es el diseño culturalmente apropiado?), asequibilidad relativa del producto local y/o regionalmente, avances que crea en su entorno (nuevos trabajos, nuevas habilidades, etc.), control local (¿puede el producto controlarse, mantenerse y entenderse localmente?), usabilidad (¿es flexible y adaptable a las circunstancias cambiantes?) y empoderamiento y dependencia de la comunidad. Todos ellos enfocados a determinar el avance que provoca este nuevo producto en su ámbito de uso y en un contexto social. En este contexto, el diseño de producto permite que se creen los productos que sustentan y promueven la evolución del contexto social y sus nuevas necesidades, así como su sostenibilidad.

El pensamiento de diseño (“Design thinking”) se entiende como un proceso colaborativo en el que los métodos y sensibilidad de los diseñadores se emplean para conectar las necesidades de los consumidores con las posibilidades técnicas y una estrategia de negocio válida (Brown, 2009) (Figura 5). Así, las habilidades de “Design Thinking” pueden ayudar a los diseñadores a resolver problemas complejos y a ser capaces de adaptarse a cambios (Razzouk & Shute, 2012). Esto se puede conseguir entendiendo las necesidades del usuario y el contexto social y económico (Melles et al., 2011).



Figura 5. Proceso de Design Thinking.

El objetivo principal de la ingeniería de diseño de productos es desarrollar soluciones útiles e innovadoras a problemas y, para ello, esta disciplina consta de diversas etapas. Empezando con la definición del problema y hasta el diseño final del producto y su testeo en el desarrollo final de las soluciones, es clave la fase de generación de ideas (Nelson, Wilson, Rosen, & Yen, 2009). Así, esta disciplina tiene distintas etapas que pasan por todo el proceso de creación de un producto: desde una primera fase de definición del problema a resolver, seguida de la fase creativa de generación de ideas, pasando por todo el desarrollo del producto hasta el diseño final del mismo y el planteamiento del modelo de negocio correspondiente. Llegando, de esta manera, a obtener un producto que soluciona un problema concreto y que está totalmente definido en todos sus aspectos. El diseño de productos debe de ser, pues, una herramienta altamente creativa, multidisciplinar y comprometida con las necesidades de los individuos (Papanek, 1991).

2.1.2 Fases del proceso de diseño

El diseño de productos, como ya se ha dicho, abarca todas las fases de desarrollo que la disciplina conlleva, desde las primeras etapas de generación de ideas, las más creativas, hasta el desarrollo total del producto, su prueba y el modelo de negocio correspondiente. Si bien este proceso se adapta a cada una de las situaciones concretas, por lo general consta de las etapas de análisis, síntesis y evaluación y de las fases de diseño conceptual, diseño preliminar y diseño de detalle (Asimov, 1962). Así pues, en términos prácticos, el proceso de diseño para un caso general cuenta con las siguientes etapas:

- Definición del problema
En esta etapa se analizan las necesidades a cubrir por el producto que se va a diseñar, ya sean de una persona o empresa privadas o de la sociedad en general. Según las necesidades a cubrir se establecen los objetivos de diseño correspondientes, que son los que luego el diseño final del producto deberá cumplir. Algunos autores también incluyen la identificación, el análisis y la selección del problema en la fase de diseño conceptual (Chakrabarti, 2003).
- Diseño conceptual, etapa creativa
En la etapa de diseño conceptual se aplican técnicas de creatividad para generar el mayor número posible de ideas que satisfagan los objetivos, de una forma innovadora. De entre ellas o de una combinación de varias de ellas surge la idea de producto que se sigue desarrollando en las fases posteriores. En esta etapa, se define la funcionalidad y la imagen general del producto siguiendo los objetivos que es necesario cumplir y partiendo de la idea o combinación de ideas en la fase creativa. Aquí, también es posible que ya se empiecen a concretar algunos aspectos técnicos del producto como puede ser el material con el que se fabricarán los distintos componentes, las uniones que se emplearán para unirlos o algunas dimensiones, entre otros.
- Diseño preliminar
En esta etapa se define el producto al completo, incluyendo todos los detalles necesarios para su fabricación, uso y venta.
- Prototipado y testeo
Mediante un prototipo, una representación del diseño con funcionalidad y estética reales, se prueba el producto durante su uso para detectar fallos y posibles mejoras.

- Diseño de detalle

Se finaliza el desarrollo del producto realizando las mejoras oportunas en base a las deficiencias obtenidas en la fase de prototipado y a lo especificado en todas las etapas anteriores.

Además, también es importante un buen diseño de modelo de negocio para que la distribución y venta del producto sea la adecuada y éste se diseñe con los usuarios adecuados como destinatarios. Además, dentro de este aspecto, también entran factores como el posible diseño de un servicio de repuestos o reparaciones, entre otras cosas. El rol del diseñador se está expandiendo hacia otros campos, como pueden ser el diseño de productos-servicio o de nuevos modelos de negocio (Ceschin & Gaziulusoy, 2016).

- Diseño del modelo de negocio

Diseño de la forma en la que se pondrá a la venta y en la que se consumirá el producto. Es decir, si será un producto-servicio, si tendrá servicio de reparación y mantenimiento, si tendrá servicio de venta de consumibles, si tendrá servicio de venta de repuestos o piezas sueltas para su actualización, etc.

Esta Tesis se enmarca en la etapa de diseño conceptual, la etapa donde se lleva a cabo el proceso creativo y la más flexible para introducir características específicas en el producto, como son aquellas referentes a la economía circular.

2.1.3 Diseño conceptual

El diseño conceptual es una de las primeras fases desarrolladas en el proceso de diseño de productos. Es una etapa de índole creativo en la que se plantean las primeras soluciones al problema de diseño mediante dibujos, esquemas e indicaciones. Se parte de los objetivos de diseño que el producto debe cumplir, es una fase creativa y de generación de ideas. En esta fase, por tanto, se generan soluciones en las que aún están por determinar los aspectos más técnicos del producto, como son, entre otros muchos, dimensiones exactas, masas, aspectos de calidad o acabados superficiales. Durante la fase conceptual del diseño de un producto se establece su funcionalidad y su estética, definiendo la forma en la que se satisfacen los objetivos de diseño. Es muy importante que el diseñador resuelva el problema de una forma creativa (Csikszentmihalyi, 1998).

En esta fase del proceso de diseño, como ya se ha dicho, es muy relevante la creatividad ya que es la fase en la que se concreta la funcionalidad y forma principales de la solución de diseño. Esta resolución creativa de problemas se puede llevar a cabo debido a la flexibilidad de la que la fase de diseño conceptual dispone. Es, por tanto, también la fase en la que se toman las decisiones más importantes en todo el proceso de diseño y desarrollo del producto (Cross, 1999), ya que se establecen las características principales con las que contará el producto: la forma y aspecto básicos, al menos, y su funcionalidad. Es en esta fase, también, donde es posible que se establezca el cumplimiento de los objetivos de diseño de una forma creativa. El diseño conceptual establece el principio de solución que abre el camino a seguir para llegar a la solución final (Pahl & Beitz, 1996). Esta etapa comienza partiendo del problema que tiene que ser resuelto, el cual se traduce en requerimientos y especificaciones de diseño que deben de ser resueltas por el producto

resultante y que, el diseñador, como ya se ha dicho, es importante que resuelva de una forma creativa. Es una etapa, por tanto, flexible ya que el producto no está lo suficientemente desarrollado como para que sea difícil realizar cambios. El diseño está todavía solo en manos del equipo de diseño, por lo que es en esta etapa donde es posible dotar al producto de características que le proporcionen creatividad e innovación, así como que se cumplan los requisitos de diseño (Figura 6).

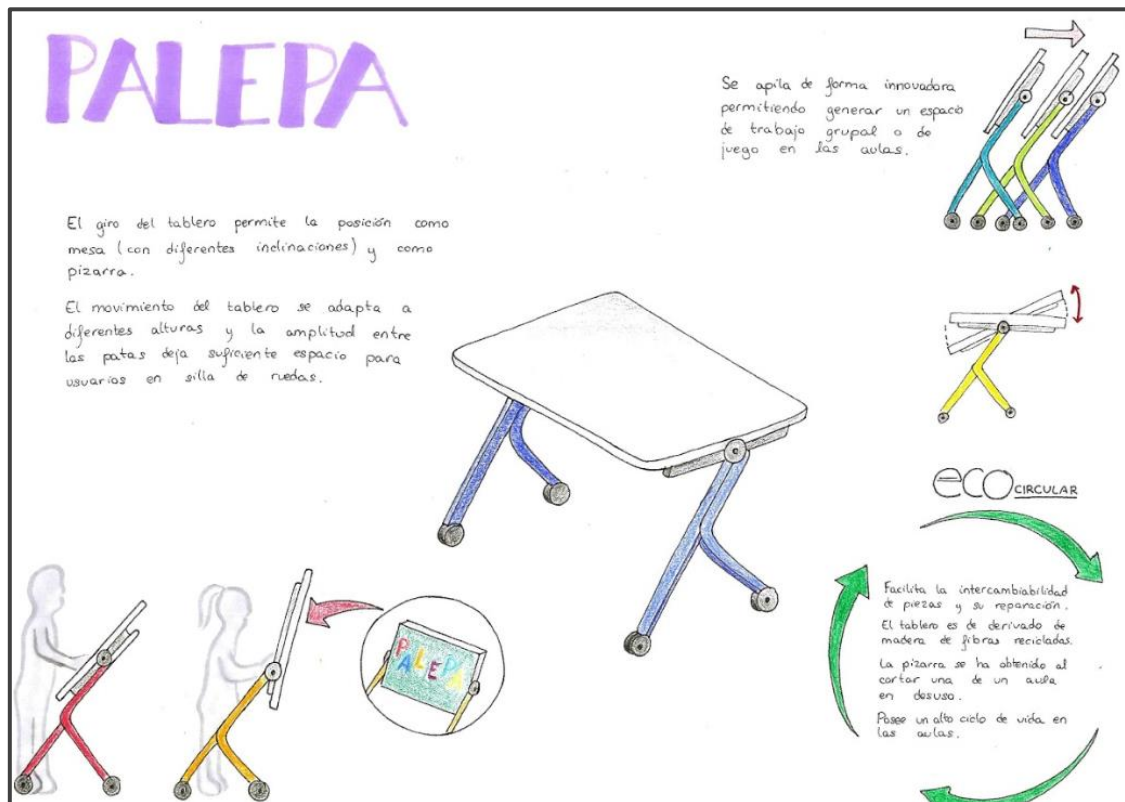


Figura 6. Ejemplo de producto en fase de diseño conceptual.

Cuando se comienza el diseño de un producto, en la fase conceptual, se generan distintas posibles soluciones al problema de diseño, de entre las cuales se elige la que se va a desarrollar o la combinación de las cuales se va a desarrollar. Ya que es muy probable que se haya obtenido más de una propuesta de diseño conceptual al final de esta etapa, se debe de realizar una selección del diseño que se continuará desarrollando en base, principalmente, a cómo cumplen los objetivos de diseño cada una de las propuestas.

Existen métodos para realizar esta selección y evaluación de diseños conceptuales, su grado de cumplimiento de los requisitos y objetivos de diseño. Ejemplos de ello son el método de los objetivos ponderados, en el que se cuantifica cada propuesta conceptual según su cumplimiento de los objetivos o el método DATUM de (Pugh, 1991), el cual compara las distintas alternativas de diseño entre sí, para valorar cuál de ellas cumple en mayor medida los objetivos de diseño. Estos objetivos también pueden tener variantes según las diversas ramas y ámbitos concretos a los que los objetivos y requisitos de diseño se pueden adaptar y que abarcan distintos ámbitos, como son el ecodiseño o el diseño sostenible, la creatividad o aspectos sociales.

Así, según lo explicado, el diseño conceptual es una de las etapas más importantes del proceso de diseño en la que radica la importancia de resolver el problema planteado de forma que incluya todas las funcionalidades requeridas y que se adapte a las necesidades que se tienen en ese momento y para ese problema de diseño en concreto.

2.2 Diseño para economía circular

2.2.1 Economía circular

2.2.1.1 Definición de economía circular

Los recursos que proporciona la naturaleza con los cuales el ser humano satisface muchas de sus necesidades son finitos y, por tanto, disminuyen conforme se explotan para el consumo. El impacto de la actividad humana sobre los recursos naturales supone una amenaza para el futuro de estos, por lo que es necesario plantear y afrontar retos de sostenibilidad, muchos de los cuales están enfocados al diseño de productos (Buchanan, 2001). Es necesario pensar en medidas que hagan posible el freno del agotamiento de los recursos naturales, pasando del actual modelo economía lineal (extraer – fabricar – consumir – depositar) a modelos más sostenibles, como es de la economía circular. El modelo económico de la Unión Europea (UE) es mayoritariamente lineal por naturaleza con el consecuente e inevitable impacto ambiental que ello conlleva (EEA, 2017). Los últimos 40 años en un modelo lineal de consumo han creado retos importantes (Rockström et al., 2009). Se necesita afrontar una gran cantidad de retos de sostenibilidad, conseguir un modelo de consumo sostenible a largo plazo requiere que se lleven a cabo nuevas soluciones (d’Orville, 2019). Para ello, es necesario un cambio de perspectiva desde el modelo de economía lineal de extraer-producir-usar-tirar hacia un modelo de economía circular, en el que prime el optimizar el uso de los recursos, tanto técnicos como biológicos, para darles la mayor duración y el mayor tiempo de vida posibles (European Commission, 2015).

El modelo de economía lineal supone un gran desgaste de los recursos. Este desaprovechamiento conlleva su disminución y su consecuente modelo de consumo no sostenible. Cada vez más, se está poniendo en marcha un modelo de economía circular en el que prima el aprovechamiento de recursos haciendo que estos estén, en primer lugar, lo más cerca del usuario posible y, en segundo lugar, que se reaprovechen y sean utilizados otra vez como materia prima cuando su vida útil finalice. En la Figura 7 se pueden observar los dos modelos de economía mencionados: el modelo de economía lineal, basado en la extracción, consumo y fin de vida de los recursos frente al modelo de economía circular, basado en el máximo aprovechamiento de los recursos, manteniéndolos en circulación el mayor tiempo posible.

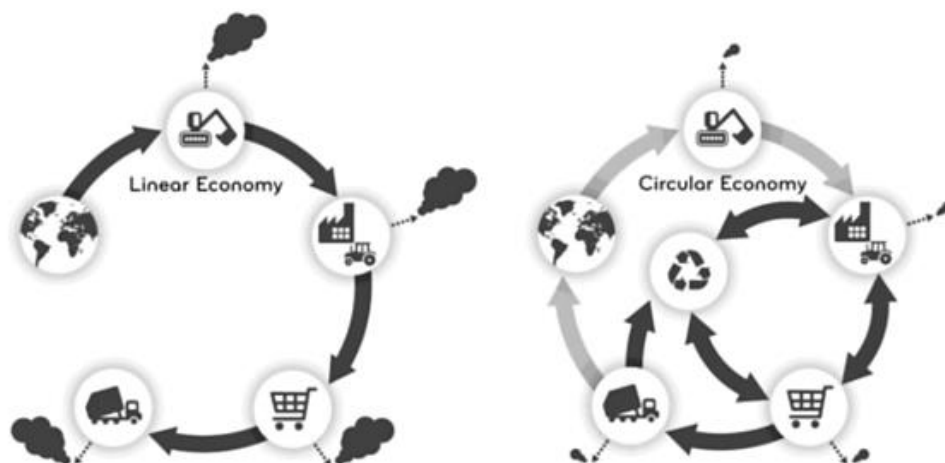


Figura 7. Economía lineal vs. Economía circular (Sauvé, Bernard, & Sloan, 2016)

Conceptos como el de sostenibilidad comenzaron a aparecer a principios de los años 70 (Meadows, Meadows, Randers, & Behrens, 1972) proponiendo una nueva visión para la gestión de los recursos al promover el máximo aprovechamiento de los mismos. La sostenibilidad se basa en la satisfacción de las necesidades del ser humano sin comprometer los recursos que proporcionan los ecosistemas (Morelli, 2011) y manteniéndolos en uso el mayor tiempo posible (Heijungs, Huppes, & Guinée, 2010). De esta manera, se consigue que se empleen menos recursos y que éstos perduren el máximo tiempo posible en uso antes de ser desechados, es decir, que su valor sea el máximo posible el mayor tiempo posible, aspectos que son la base de la sostenibilidad y, en concreto, del modelo de economía circular. La sostenibilidad y la economía circular son términos muy relacionados, aunque con alguna diferencia (Geissdoerfer, Savaget, Bocken, & Hultink, 2017).

El término de economía circular surgió a principios de los años 90, pero fue la Fundación Ellen MacArthur (2012) quién le dio popularidad a este concepto, que no ha parado de desarrollarse desde entonces. En su primera publicación sobre este tema, la Fundación definió el modelo de economía circular como: “*Un sistema industrial que es reconstituyente o regenerativo por intención y diseño. Reemplaza al concepto de “fin de vida” por el de restauración, orientando el uso hacia energías renovables, eliminando la utilización de químicos tóxicos, lo cual dificulta la reutilización, y apunta a la eliminación de desechos mediante el diseño superior de materiales, productos, sistemas y, dentro de esto, modelos de negocio.*” (p. 07).

Existen numerosas definiciones de economía circular, bien generales, o bien centrándose cada una de ellas en aspectos concretos de entre todos los que el paraguas de la economía circular engloba. En el estudio de Kirchherr, Reike, & Hekkert (2017), se analizan 114 definiciones demostrando que la definición de economía circular está lejos de llegar al consenso, en este trabajo se puede ver como Blomsma & Brennan (2017) definen la economía circular como un marco emergente alrededor de los residuos y su gestión, así como la gestión de recursos en general, que ofrece una alternativa al modelo actual de economía lineal promoviendo el uso de recursos cíclico mediante estrategias como el reciclado o la refabricación. Por otra parte, Bilitewski (2012) la define como un concepto que está transformando los patrones del crecimiento económico y producción, convirtiendo el sistema en circular, donde existe una conexión entre el uso de recursos y los residuos. Según Dupont-Inglis (2015), el concepto de economía circular tiene que ver con desvincular el crecimiento del consumo de recursos y maximizar los efectos

medioambientales, económicos y sociales, mediante el diseño de productos con materiales biodegradables o totalmente reciclables y que sean fáciles de reciclar o reutilizar. Asimismo, Bocken, Olivetti, Cullen, Potting, & Lifset (2017) introducen el uso y fabricación de productos y sus componentes en la definición de economía circular, expresando que alargar la vida útil del producto mediante la multifunción o compartir bienes entre usuarios, es favorecedor para la introducción de este modelo, además de realizar cambios en la propiedad de los bienes mediante el alquiler o los sistemas de producto-servicio. Con la intención de llegar a una definición completa del concepto de economía circular, en Afonso et al., (2020) la economía circular se define de la siguiente manera: *“La economía circular es un sistema reconstituyente y regenerativo por intención y diseño, que apoya al funcionamiento del ecosistema y al bienestar humano con el objetivo de lograr un desarrollo sostenible. Sustituye al concepto de fin de vida cerrando, ralentizando y estrechando los flujos de recursos en los procesos de producción, distribución y consumo, extrayendo el valor económico y la utilidad de los materiales, el equipamiento y los bienes durante el mayor tiempo posible, en ciclos energizados por fuentes renovables. Siendo esto posible gracias al diseño, a la innovación, a los nuevos modelos de negocio y organizativos y a la producción y consumo responsables.”* (p. 3).

Por último, cabe mencionar que en la última década se han estado implantando políticas reguladoras de la economía circular. En concreto, en los últimos años la Comisión Europea ha establecido numerosas bases del nuevo modelo de consumo, regulando su introducción en el modelo de consumo europeo y referentes a materiales perjudiciales, sostenibilidad de productos o directivas sobre materiales de desecho (EEA, 2017; European Commission, 2008, 2011, 2014, 2015, 2017, 2018, 2019; Schempp & Hirsch, 2020).

Con todo lo explicado en las líneas anteriores, se puede decir que la economía circular consiste en utilizar el menor número de recursos posible, asegurando que están en circulación el mayor tiempo posible y generando el menor número de residuos posible. Esto se puede conseguir mediante la ingeniería de diseño de productos.

2.2.1.2 Aspectos integrados en la economía circular

Son diversos los temas que engloba el concepto de economía circular, centrándose en distintos aspectos de la cadena de recursos y consumo, entre ellas, las referentes al diseño de producto y a los modelos de negocio. Estos dos aspectos son muy relevantes a la hora de una correcta implantación del modelo de la economía circular y son los primordiales para que sea posible el necesario cambio desde el actual modelo lineal hacia el nuevo modelo circular. El diseño de productos puede asumir muchos de los retos que surgen para conseguirlo (Buchanan, 2001). Además, es esencial que el diseño y los modelos de negocio se relacionen para fomentar dicha transición (Camacho-Otero, 2015; M. Moreno, De los Rios, Rowe, & Charnley, 2016). Existen distintas recopilaciones de aspectos englobados por el modelo de economía circular. En concreto, en (Ruiz-Pastor, Mulet, Veral-Borja, Celades, & Chulvi, 2017) se muestra un listado completo de temas que se encuentran englobados por el modelo de economía circular clasificados en tres grupos: los referentes al medio ambiente, los referentes a modelos de negocio y los referentes a la perspectiva de diseño.

- Eficiencia de recursos y medio ambiente:
 - Eficiencia de recursos
 - Cascada de recursos
 - Reutilizar – Reparar – Refabricar – Reciclar

- Modelo de negocio:
 - Simbiosis industrial
 - Sistemas de producto-servicio
 - Modelos de negocio circular
 - Economía del rendimiento

- Diseño de producto:
 - Diseño para sostenibilidad
 - Diseño circular
 - Diseño de la cuna a la cuna (“*Cradle to Cradle*”)
 - Innovación social
 - Diseño para innovación social

Uno de los aspectos más relevantes de la implantación del modelo de economía circular, el cual está empezando a ser una realidad (European Commission, 2015), además del diseño de producto, son los modelos de negocio. Éstos determinan la forma en la que los consumidores adquieren los productos y servicios que se presta a los mismos, aspectos que son muy influyentes en la vida útil del producto y de los recursos materiales y técnicos que lo forman. Mediante un adecuado modelo de negocio para el producto, se puede fomentar en gran medida la circularidad del mismo, haciendo que los materiales que componen el mismo se queden el mayor tiempo posible con el usuario o permitiendo un uso compartido del producto, que impide que se fabriquen más unidades del producto de las necesarias, con el consecuente ahorro de recursos que ello conlleva. La primera de las dos consecuencias de un modelo de negocio que fomente la circularidad del producto se puede conseguir, entre otras cosas, implantando servicios de reparación o mantenimiento, permitiendo al usuario adquirir componentes individuales del producto, lo que permite, a su vez, que el producto se pueda adaptar a cambios tanto personales como del entorno o se pueda actualizar parcialmente si una de las piezas pierde su función. El uso compartido del producto se puede implantar sustituyendo la venta de productos por la venta de un servicio, de su uso, es decir, mediante sistemas de alquiler o de uso compartido. Los puntos de retorno de productos en establecimientos o sistemas de renovación de productos, entre otros, también permiten que el usuario tenga un sitio donde depositar los productos cuya vida útil ha finalizado, los cuales, posteriormente, son tratados con el fin de recircular sus componentes como materia prima para nuevos productos.

La economía circular, de esta manera, pretende minimizar los residuos aprovechando la materia prima lo máximo posible y manteniéndolos en circulación el mayor tiempo posible (Milios, 2018). En cuanto al diseño de producto, igualmente, la economía circular pretende mantener en el tiempo la utilidad del producto, así como sus componentes y, por último, sus materiales, con el fin de conservar el valor de los recursos y minimizar la necesidad de nuevos materiales y aportes de energía, reduciendo, de esta manera, las pérdidas medioambientales (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

2.2.1.3 Enfoques y estrategias para la economía circular

Siendo una de las soluciones a la limitación de recursos, la implantación del modelo de economía circular se basa, como ya se ha dicho, en mantener los recursos en circulación el máximo tiempo posible, tanto biológicos como técnicos y dando prioridad a que éstos permanezcan con el usuario el mayor tiempo posible, conservando, así, su valor. Dentro de los recursos biológicos se incluyen todos aquellos que provienen de la naturaleza y que sirven como materia prima y recursos energéticos. Los recursos técnicos, por otra parte, son aquellos procesos que permiten la fabricación del producto, así como el alargamiento de su vida útil con procesos como la reparación o la refabricación. En la Figura 8, se puede ver el modelo de “loops” de circularidad que propone la Fundación Ellen MacArthur Foundation (2013) y del cual parte esta clasificación entre recursos biológicos y técnicos. A la izquierda se encuentran los aspectos biológicos, tales como los recursos materiales que proporciona la naturaleza y sus técnicas de extracción. La zona central representa la recolección de recursos y fabricación por parte del ser humano y la zona de la derecha los recursos técnicos, es decir, las posibles acciones con las que se actúa sobre un producto ya fabricado y sus materiales, desde el uso por parte del usuario hasta el reciclado de materiales.

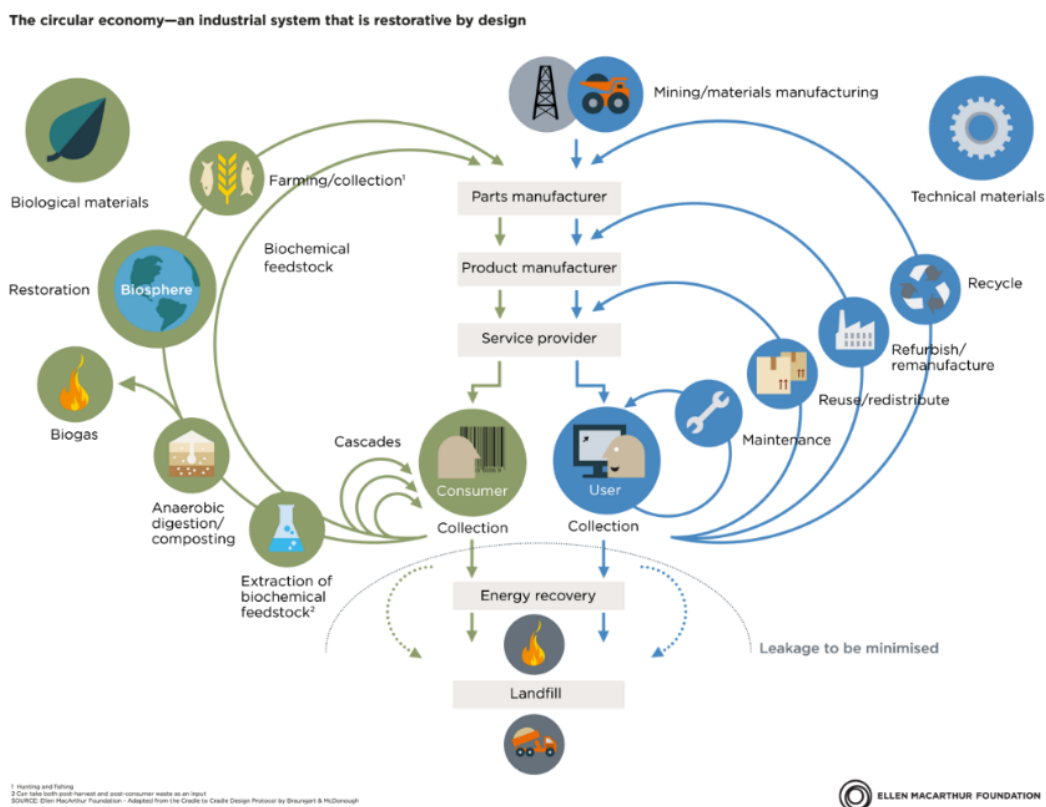


Figura 8. Modelo de “loops” de circularidad de Ellen MacArthur Foundation (2013)

Este diagrama (Figura 8) también representa la preferencia en realizar cada una de las acciones, siendo más favorables las acciones que se encuentran en los “loops” más pequeños, ya que están más cerca del usuario y, por definición, la economía circular pretende que los recursos alarguen su vida útil lo máximo posible, por lo que el mantener los productos con el usuario y realizar

primero las acciones de fin de vida que conlleven menor consumo de energía es favorecedor y primordial para un correcto aprovechamiento de los recursos.

Asimismo, en el trabajo de (Bocken, de Pauw, Bakker, & van der Grinten, 2016a) se establecen tres enfoques aplicables al diseño de producto y esenciales para introducir la circularidad en el mismo, partiendo, también, de utilizar los mínimos recursos posibles y mantenerlos cerca del usuario lo máximo posible. Los tres enfoques, que se muestran también en la Figura 9, son:

- Ralentizar loops
Hacer que los recursos duren el máximo tiempo posible, manteniendo los recursos materiales el mayor tiempo posible con el usuario y fomentando que los recursos sean duraderos y adaptables a cambios o reparaciones.
- Estrechar loops
Utilizar la mínima cantidad de recursos posible, optimizando la cantidad de material que se utiliza sin perjudicar la funcionalidad del producto.
- Cerrar loops
Recircular los materiales cuando el producto ya no tiene vida útil evitando, así, que se desechen y dándoles una nueva vida al servir otra vez como materia prima en cualquiera de las fases de entre las que pueda estar el material que forma parte de un producto.

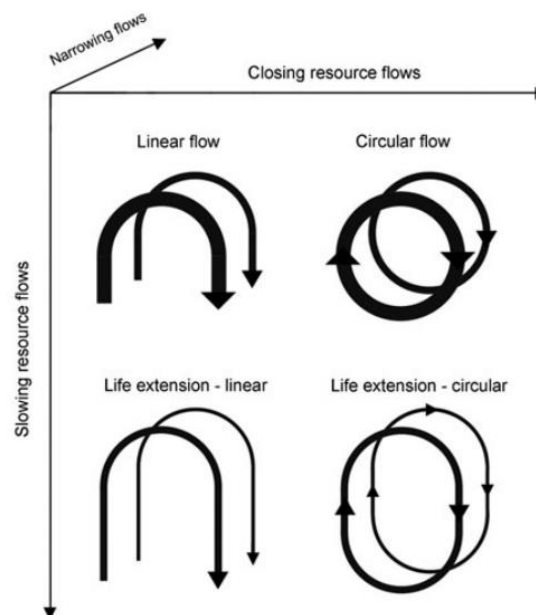


Figura 9. Enfoques de aprovechamiento de recursos (Bocken et al., 2016a)

Hoy en día, el cambio de modelo hacia una economía circular está empezando a ser una realidad. Esto se ve reflejado en la batería de acciones propuestas, entre otras, por la Comisión Europea (2015) o por la Ellen MacArthur Foundation (2013, 2014). Aun así, sigue siendo necesario implementar estrategias destinadas a reducir el consumo humano de recursos (Nancy M. P. Bocken et al., 2016a). Distintos autores han planteado estrategias de diseño circular, Ellen

MacArthur Foundation (2013) establece los cinco principios fundamentales en los que se basa el diseño de producto enfocado a la economía circular:

- Diseñar sin residuos: definir los materiales y distintos recursos necesarios para el diseño de producto de manera que éstos sean los mínimos posibles y que encajen en los ciclos tanto biológicos como técnicos. Establecer los materiales del producto de forma que se puedan volver a utilizar con el mínimo consumo de energía y la máxima retención de calidad posibles.
- Fortalecer la resiliencia a través de la diversidad: diseñar productos versátiles y duraderos en tiempo que tengan una mayor vida útil debido al uso de estrategias de diseño que así lo fomenten, como son la modularidad, la convertibilidad o la multifunción.
- Utilizar energía de fuentes renovables, si fuera necesario: Si el producto necesita energía para funcionar, diseñarlo de manera que éste dependa del uso de energías renovables (energía solar, energía eólica, etc.).
- Pensar en sistemas: tener en cuenta cómo los distintos componentes del producto se influyen unos a otros, cómo influyen en otros productos y con su contexto. Es decir, cómo interacciona el producto con su alrededor y con sí mismo.
- “Waste is food”: cuando el producto finaliza su vida útil y ya se han acabado los siguientes ciclos de vida de sus materiales, o ideal es que estos se puedan volver a reintroducir en la biosfera en forma de nutrientes biológicos.

Achterberg, Hinfelaar, & Bocken (2016), por otra parte, plantean el modelo de negocio de la Colina de Valor (“*Value Hill Business Model*”), el cual se basa en una clasificación según el ciclo de vida del producto de cada una de lo que llaman actividades de negocio, según estas actividades tengan lugar antes, durante o después de la fase de uso del producto. En un modelo perfecto de economía circular las acciones de antes y después del uso coincidirían, ya que los materiales estarían siempre en circulación.

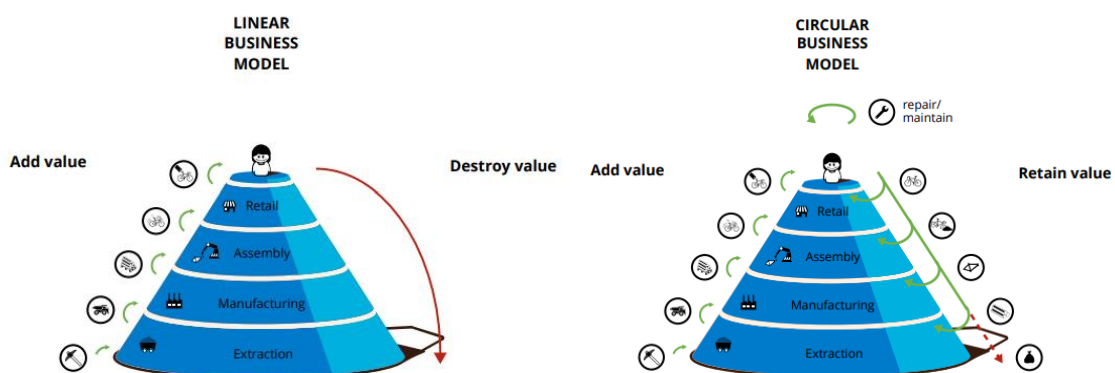


Figura 10. “Value Hill Model” lineal frente a circular (Achterberg et al., 2016)

Como se ve en la Figura 10, las actividades que se tienen en cuenta en este modelo equivalen a la zona derecha del modelo de “loops” de Ellen MacArthur Foundation (2013), es decir los recursos técnicos utilizados durante las distintas fases de fabricación, uso y fin de vida del producto.

Las distintas acciones que se pueden llevar a cabo para materializar ese aprovechamiento de recursos se clasifican tradicionalmente en la jerarquía de las 3 Rs: Reducir, Reutilizar y Reciclar (Faria, 2015), aunque trabajos más recientes amplían este concepto añadiendo más acciones (Rs) para definir de una forma más completa esta jerarquía y abarcar de manera más precisa toda la vida útil del producto con su distinta casuística. En concreto, Vermeulen, Reike, & Wities, (2019), amplían esta jerarquía a diez posibles acciones: rechazar, reducir, reutilizar, reparar, restaurar, refabricar, readaptar, reciclar, recuperar energía y re extraer. Estos autores realizan una clasificación según en qué “loops” de circularidad se aplique cada una de ellas: “loops” cortos, largos o medios. Estos conceptos se podrían definir como se indica en la Tabla 6:

ACCIÓN	DEFINICIÓN	TIPO DE “LOOPS”
Rechazar	Elegir utilizar o consumir menos material, por ejemplo, un producto sin embalaje o no utilizar bolsas al comprar. Desde el punto de vista del diseñador, rechazar utilizar material nuevo o materiales dañinos.	CORTOS: el producto sigue con el usuario.
Reducir	Comprar productos menos frecuentemente, usarlos por más tiempo. Desmaterializar el producto al diseñar.	
Reutilizar	Volver a usar un producto directamente, sin que éste cambie de estado, después de pequeñas adaptaciones o puesta a punto si es necesario (limpieza, por ejemplo).	
Reparar	Realizar mantenimiento del producto o de alguno de sus componentes, ya sea por parte del mismo consumidor o como servicio desde la empresa que lo proporciona.	
Restaurar	La mayoría de la estructura del producto permanece intacta, mientras que algunos componentes son reemplazados o reparados.	MEDIOS: al producto se le aplica algún tipo de procesado mecánico o cambia su función.
Refabricar	Todos los componentes del producto son desensamblados y revisados. Es una actualización general de producto.	
Readaptar	Volver a usar un producto ya desechado con una nueva función.	
Reciclar	El material que ha formado parte de un producto se reprocesa para volver a ser utilizado como materia prima.	LARGOS: el material sufre algún tipo de reprocesado.
Recuperar energía	Capturar la energía procedente de materiales desechados con procesos como la incineración, entre otros.	
Re-extraer	Recuperación de materiales después de haber sido depositados.	

Tabla 6. Definición de las 9Rs de Vermeulen et al., (2019).

Por otra parte, la Comisión Europea (2020), establece esta relación de posibles acciones en nueve: rechazar, replantear, reducir, reutilizar, reparar, restaurar, refabricar, readaptar y reciclar (Tabla 7).

ACCIÓN	DEFINICIÓN
Rechazar	“Hacer que el producto o servicio sea redundante porque abandone su función o la ofrezca de una forma radicalmente distinta (p. ej. digital).”
Replantear	“Hacer que el uso del producto sea más intensivo (p. ej. mediante un producto-servicio, reutilizando o compartiendo modelos o introduciendo productos multifuncionales en el mercado).”
Reducir	“Aumentar la eficiencia en la fabricación o uso del producto consumiendo menos recursos naturales y materiales.”
Reutilizar	“Reutilización de un producto que está todavía en buenas condiciones y cumple su función original (y no son residuos) para el mismo propósito para el que fue diseñado.”
Reparar	“Reparación y mantenimiento de un producto defectuoso para que pueda usarse con su función original.”
Restaurar	“Reacondicionar un producto viejo y ponerlo a punto (con un nivel de calidad específico).”
Refabricar	“Utilizar partes de un producto descartado en un nuevo producto, con la misma función (y como nueva condición).”
Readaptar	“Utilizar un producto redundante o sus componentes en un nuevo producto con función diferente.”
Reciclar	“Recuperar materiales desechados para reprocesarlos en forma de nuevos productos, materiales o sustancias, con el mismo o diferente propósito. Esto incluye el reprocesado de material orgánico, pero no incluye la recuperación de la energía y el reprocesado en materiales que son utilizados como combustible u operaciones de relleno.”

Tabla 7. Definición de las 9Rs de la Comisión Europea (2020)

Como se puede ver, la diferencia entre los dos planteamientos radica en que en la segunda relación no se tienen en cuenta los procesos de re-extracción y recuperación de energía, pero se añade la acción de replantear como forma alargar la vida útil del producto. Esto muestra que, aunque a día de hoy no hay una clasificación estándar para esta jerarquía de acciones, estas se resumen y clasifican siempre de una forma muy similar.

Todos los modelos mencionados en las líneas anteriores coinciden en que, desde el punto de vista técnico, es necesario llevar a cabo ciertas acciones antes, durante y después de la vida útil de un producto y que, cuanto más cerca del usuario estén estas acciones, más favorable será la acción para un óptimo aprovechamiento de recursos. En la Figura 11, se muestra un resumen de las principales acciones en distintos puntos de la vida útil del producto, recopiladas desde los distintos modelos descritos.

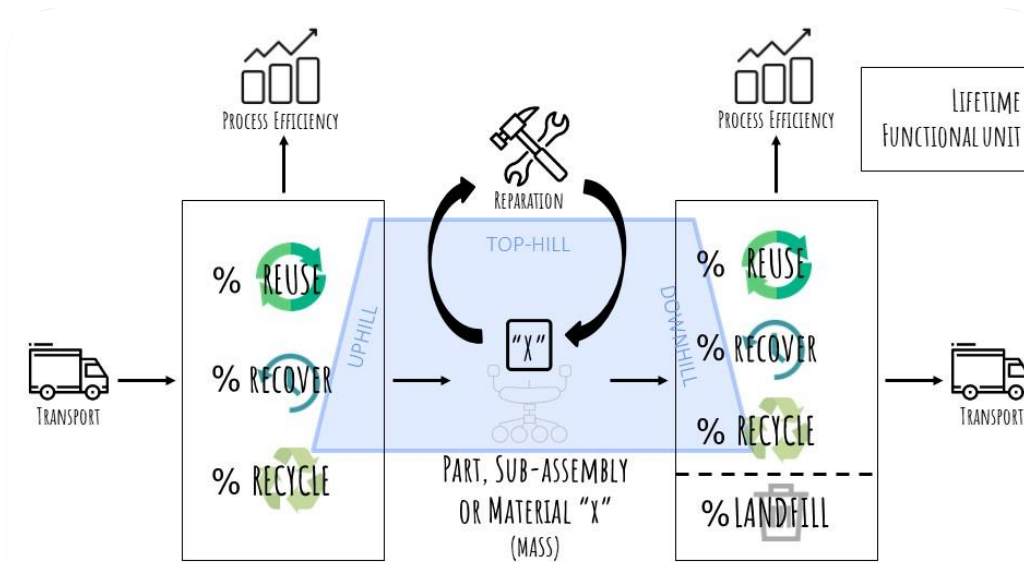


Figura 11. Acciones principales antes, durante y después de la vida útil de un producto, desde el punto de vista técnico (elaboración propia).

Queda claro que el interés, tanto de diseñadores como de consumidores, en aceptar los retos que introduce el modelo de economía circular en el sistema está en crecimiento y supone tener como objetivo generar resultados cada vez más responsables para con los recursos, tanto biológicos como técnicos (Brass & Mazzarella, 2015). Así pues, es imprescindible esta generalización del nuevo modelo circular, para paliar la limitación de recursos que sufrimos y ser capaces de diseñar productos optimizando al máximo los recursos disponibles.

2.2.2 Papel del diseño en la economía circular

Uno de los elementos más importantes para la introducción y aplicación de los principios de economía circular es el diseño de producto, ya que mediante el diseño se pueden conseguir realizar las diferentes acciones que dirigen la economía hacia un modelo circular. Así, Gilpin (1996) define el diseño sostenible como “un desarrollo que considera las necesidades actuales sin comprometer los recursos de las futuras generaciones”. Por otra parte, Ameta (2009) lo define como el diseño de productos que son sostenibles en su ciclo de vida, es decir, que no ponen en peligro los recursos naturales disponibles durante el ciclo de vida del producto. Es un concepto que surge de la intención de reducir el impacto ambiental de un producto durante todo su ciclo de vida y en todas sus fases (Sekutowski, 1994).

Aunque todavía hay falta de conocimiento sobre las implicaciones de la economía circular en el diseño de productos (Widgren & Sakao, 2016), no se cuestiona que los diseñadores deben reenfocar su pensamiento de diseño hacia el modelo de economía circular, creando productos y servicios que encajen con todos los criterios de este modelo y formado a los diseñadores en esta dirección desde su formación (Andrews, 2015). Los diseñadores son, pues, un agente muy importante dentro de este cambio hacia una economía circular porque, a través de ellos, se puede minimizar notablemente el uso de recursos materiales, considerando la economía circular desde las primeras fases de diseño, en las que se concibe el producto de forma general, así como el aprovechamiento de los recursos que lo forman. Son, entre otros intermediarios, agentes

innovadores en la transición hacia un modelo de economía circular (Golinska, Kosacka, Mierzwiak, & Werner-Lewandowska, 2015; Küçüksayraç, Keskin, & Brezet, 2015).

Esto supone un reto, ya que estos productos deben de ser creativos e innovadores para cumplir las nuevas demandas de sostenibilidad, pero, a su vez, deben de mantener y ampliar su funcionalidad para que su vida útil sea mayor. Incorporar la sostenibilidad en la ingeniería requiere que los límites actuales se expandan (Bakshi & Fiksel, 2003). Los diseñadores, están a favor de este cambio de modelo, opinan que es necesario, pero que el mayor problema en este proceso de cambio, es el adaptar los procesos de fabricación, debido al coste que ello conllevaría (Ruiz-Pastor, Mulet, et al., 2017). Por ello, el mejor momento para considerar la economía circular cuando se diseña un producto es la etapa de diseño conceptual, ya que esta es la más flexible y la que determina el principio de cómo será el producto que se va a desarrollar. Realizar las modificaciones oportunas en el producto para que éste siga el modelo de circularidad sería mucho más complicado y costoso si se realizara en fases posteriores de diseño, cuando el producto está mucho más definido. Consecuentemente, es necesario adaptar los indicadores tradicionales de sostenibilidad para que la medición sea completa y abarque el nuevo paradigma de la economía circular, en concreto en el diseño de producto (Mesa et al., 2018).

Existen métodos de diseño que promueven la economía circular en los nuevos productos guiando al diseñador hacia la sostenibilidad de los productos que crea y ayudando a que se introduzcan las características que la promueven en las fases tempranas de diseño. Algunos autores han desarrollado métodos o conjuntos de estrategias de diseño para guiar al diseñador en el camino de introducir la circularidad en sus productos. La evaluación de la circularidad es un tema bastante tratado, esto se puede ver en varios casos de estudio como son los realizados por Mesa et al. (2018), Parchomenko, Nelen, Gillabel, & Rechberger (2019) o Saidani, Yannou, Leroy, Cluzel, & Kendall (2019), entre otros. Éste último trabajo, define diez categorías para la clasificación de indicadores como, por ejemplo: los “*loops*” a los que hace referencia; el tipo de usuario de la métrica, diseñador, o cargo de dirección de la empresa; el nivel de aplicación: un producto, la empresa entera con sus proveedores, etc. Por otra parte, Parchomenko et al. (2019) analizan 63 métricas de circularidad, incluyendo varias que se centran en el producto.

Los productos son con frecuencia desechados porque el usuario así lo determina en lugar de ser desechados porque ya no cumplen su funcionalidad, ya sea para actualizarlo por otro producto más actual o porque ya no se tiene vinculación personal con él (T. Cooper, 2005). IDEO (n.d.) propone una serie de metodologías de diseño adaptadas para guiar al diseñador a introducir los principios de la economía circular en sus productos (Figura 12). Por otra parte, (Nancy M. P. Bocken et al., 2016a), proponen una serie de estrategias de diseño circular integradas en sus enfoques de aprovechamiento de recursos, para ralentizar y cerrar “*loops*” mediante el diseño de productos. Dichas estrategias se encuentran en la Tabla 8 y explicadas posteriormente y se centran en alargar la vida útil del producto mediante el diseño.

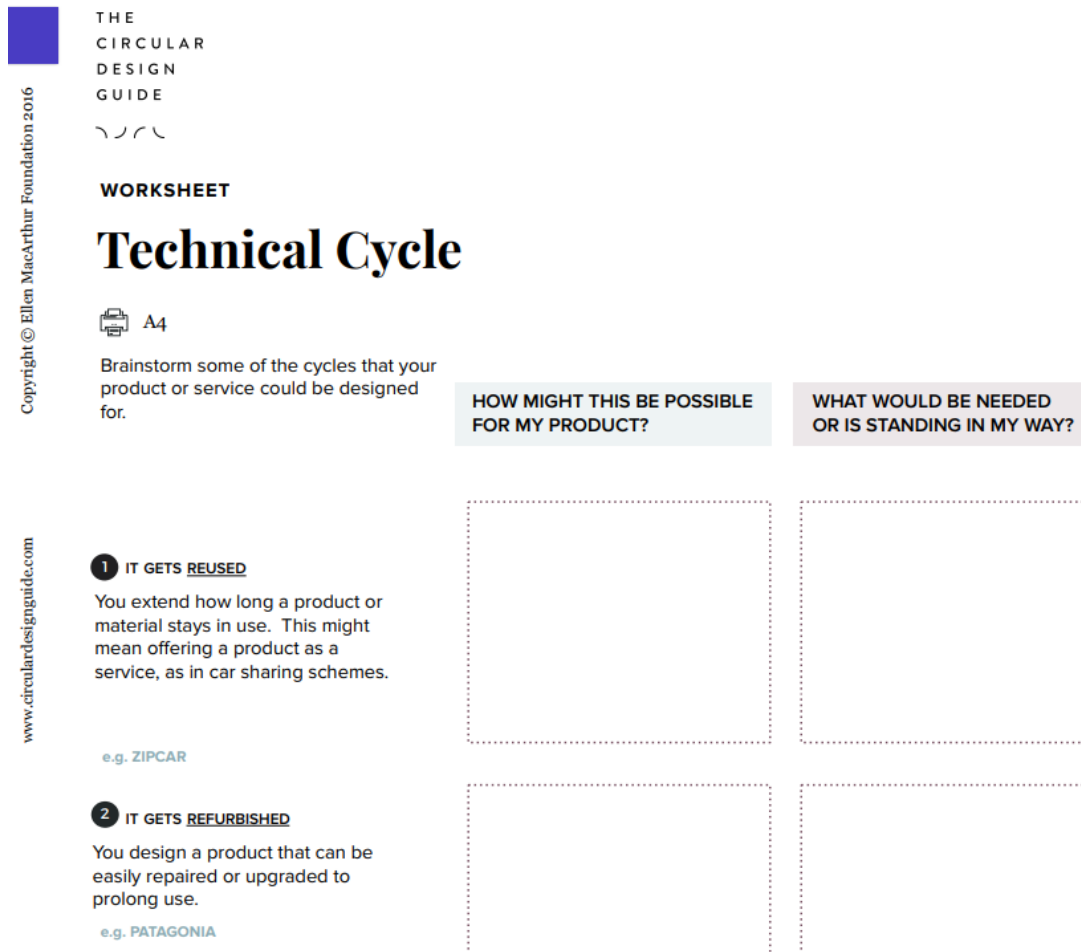


Figura 12. Plantilla de metodología de diseño circular de IDEO (n.d.)

ESTRATEGIAS PARA RALENTIZAR LOOPS	DEFINICIÓN
Diseñar productos de larga vida útil (asegurar la utilización de los productos por un largo periodo)	
Diseño para apego y confianza	El producto genera una relación con el usuario duradera en el tiempo, existe una conexión emocional entre el producto y la persona.
Diseño para fiabilidad y duración	Diseñar con materiales, componentes y procesos duraderos, establecer buenas relaciones entre componentes, diseñar para eliminar la necesidad de mantenimiento o reparación durante largos periodos, diseñar teniendo en cuenta la calidad del producto final.
Diseño para extender la vida útil (extensión del periodo de uso del producto)	
Diseño para fácil mantenimiento y reparación	El uso de esta estrategia permite a los productos estar en perfectas condiciones de uso durante más tiempo.
Diseño para actualización y reparabilidad	Diseñar para permitir una futura expansión y modificación de los productos, si es necesario. De esta manera se permite que un producto siga siendo útil si las situaciones cambian.
Diseño para estandarización y compatibilidad	Diseñar haciendo que los productos puedan compartir ciertos componentes con otros.
Diseño para des- y re -ensamblaje	Diseñar asegurándose de que los distintos componentes se pueden separar y volver a ensamblar fácilmente.

ESTRATEGIAS PARA CERRAR <i>LOOPS</i>	DEFINICIÓN
Diseño para el ciclo tecnológico	Diseñar de forma en la que los materiales que forman el producto se puedan transformar continuamente en nuevos materiales o productos. Ejemplo de ello podría ser el diseño de “productos de servicio”.
Diseño para el ciclo biológico	Se aplica a productos de consumo que se desechan con el uso, diseñándose estos con nutrientes biológicos que vuelvan a la circulación una vez inutilizado el material.
Diseño para des- y re -ensamblaje	Diseñar asegurándose de que los distintos componentes se pueden separar y volver a ensamblar fácilmente.

Tabla 8. Estrategias de (Nancy M. P. Bocken et al., 2016a) para diseño circular.

En los siguientes subapartados se explican las distintas estrategias para ralentizar *loops*.

2.2.2.1 Diseño para apego y confianza

Cuando se diseña siguiendo este criterio existe una conexión emocional entre el producto y la persona que hace que ésta no se deshaga del producto antes de que acabe su vida útil o que, incluso, lo conserve o le dé un nuevo uso después de que finalice ésta, ya que se genera un vínculo afectivo con el producto. Mugge, Schoormans, & Schifferstein (2008) proponen cuatro características que un producto diseñado para el apego con el usuario podría tener: proporcionar placer al usuario, expresar una identidad única, expresar el pertenecer a un grupo y/o ser un recordatorio del pasado. En la Figura 13, se pueden ver diferentes vasos reutilizables proporcionados a los asistentes de eventos musicales, lo que evita que se produzca una cantidad de residuos masiva. El usuario, además, conserva el vaso incluso al finalizar el evento debido a que el diseño está personalizado para el evento en concreto, lo cual es un aliciente de apego para no desechar el vaso alargando de esta manera su vida útil.



Figura 13. Vasos reutilizables de varios eventos musicales.

2.2.2.2 Diseño para fiabilidad y duración

Mediante esta estrategia se permite que la vida útil del producto sea más duradera, debido a la robustez tanto de los materiales utilizados como del diseño del producto. En la Figura 14, se muestra una mesa escolar clásica. Si bien su versatilidad podría mejorar en una gran medida, está

diseñada de una forma robusta, preparada para ser funcional durante muchos años. Esto es debido a sus materiales resistentes y a la forma robusta con la que ha sido diseñada.



Figura 14. Mesa escolar, ejemplo de mueble robusto (“Pupitre ,” n.d.)

2.2.2.3 Diseño para extender la vida útil del producto

Mediante la versatilidad un mismo producto tiene distintas funciones, se puede adaptar a diversos espacios y contextos y/o puede ser utilizado por usuarios con distintas características o por el mismo usuario durante un periodo de tiempo más largo, en el caso de que el producto evolucione con él. En la Figura 15 se puede ver un ejemplo de uso de esta estrategia en el que una trona para bebés evoluciona en una mesa y silla, que el niño/a utiliza cuando ya ha crecido. De esta manera, se evita tener que desechar la trona y, al mismo tiempo, la necesidad de comprar un nuevo mueble infantil para la siguiente etapa de vida del bebé.



Figura 15. Mueble infantil evolutivo (Nuun kids design, n.d.)

Este tipo de diseños alargan la vida del producto a través de la fácil adaptación a los cambios en el tiempo y las nuevas necesidades. Siendo posible, así, que se actualice solo uno o varios componentes del producto, en lugar de tener que adquirir el usuario uno nuevo en caso de avances tecnológicos o rotura de una parte, por ejemplo.



Figura 16. Diseño de un teléfono móvil modular (“Phonebloks,” n.d.)

En la Figura 16 se muestra un teléfono móvil totalmente modular, lo que permite que sus distintos componentes se vayan actualizando conforme acaba su vida útil o si hay avances tecnológicos, evitando así, nuevamente, el desechar el teléfono al completo y el tener que adquirir uno nuevo.

Otro buen ejemplo de ello serían los focos para bicicletas (Figura 17) que, en su mayoría, son universales y sirven para acoplarse a cualquiera de ellas. Es un componente de la bicicleta que puede ser renovado fácilmente en caso de rotura, evitando un esfuerzo técnico y económico mayor que si no fuera diseñado para ser intercambiable.



Figura 17. Luz delantera universal para bicicletas (Decathlon, n.d.-a)

De esta manera, también se consigue que la sustitución o reparación de componentes por separado se facilite, evitando que finalice la vida útil del producto completo. En la Figura 18 se muestra la lámpara Kurk, la cual está diseñada para desensamblarse de forma fácil, sin uso de tornillos u otros elementos extra y tener así acceso a todos sus componentes por separado de una forma sencilla. Esto permite que cada una de sus partes tenga un ciclo de vida independiente, con la optimización de recursos que ello conlleva.



Figura 18. Lámpara Kurk, diseñada para desensamblarse fácilmente (Craig Foster, n.d.)

En cuanto a las estrategias de cierre de *loops* se pueden encontrar las siguientes estrategias:

2.2.2.4 Diseño para el ciclo tecnológico

Un ejemplo de cumplimiento de esta estrategia sería el diseño de productos-servicio. Como, por ejemplo: lavanderías, bicicletas de alquiler (Figura 19), etc. En este tipo de productos el consumidor no adquiere la propiedad del producto, si no que paga por utilizar el servicio que éste proporciona por lo que se optimiza el uso de los productos que pueden servir a varios usuarios, en lugar de que cada uno de ellos adquiera un producto distinto. Esto conlleva un importante ahorro de recursos, tanto reduciendo la demanda de recursos naturales como alargando el uso de los productos (Leismann, Schmitt, Rohn, & Baedeker (2013), citado como en Smith, Morgan, & Howell (2015)).



Figura 19. Servicio de préstamo de bicicletas. (“Bicicas,” n.d.)

2.2.2.5 Diseño para el ciclo biológico

Como ya se ha visto, esta estrategia se basa en fabricar productos de consumo de manera que, al desecharse, sus materiales vuelvan a ser nutrientes biológicos. Ejemplo de ello son las macetas totalmente biodegradables mostradas en la Figura 20. No solo son reutilizables si no que, cuando acaba su vida útil, no generan ningún tipo de residuo.



Figura 20. Macetas biodegradables. (“Macetas Ecológicas,” n.d.)

Por otra parte, en los resultados del proyecto KATCH_e (Afonso et al., 2020) también se establece un listado de 8 estrategias para fomentar el diseño circular. Si bien en el trabajo de (Bocken et al., 2016a) ya se mencionaba de manera implícita, en este caso, se introduce el diseño de productos como servicio en el grupo de acciones a seguir en el diseño para lograr que los productos aprovechen los recursos al máximo. Las 8 estrategias son las siguientes:

- Diseño de productos para larga duración
- Diseño para extender la vida útil del producto
- Diseño de servicios orientados al producto
- Diseño de servicios orientados al uso o a los resultados
- Diseño para reciclado
- Diseño para refabricación
- Diseño para sostenibilidad de materiales
- Diseño para sostenibilidad de energía

A continuación, se habla sobre las estrategias que no se han definido anteriormente.

2.2.2.6 Diseño de servicios para extender la vida útil

En este caso, al usuario se le proporciona un servicio para que resuelva las diferentes situaciones en las que finalizaría la vida útil del producto en caso de no tomar acción, pero con este servicio se le da al usuario opciones para mantener su producto en uso. IKEA®, por ejemplo, tiene un servicio de solicitud de repuestos de piezas para sus muebles (Figura 21).



Repara tus muebles

¿Te falta un tornillo? ¿buscas piezas sueltas? Si se te ha perdido o echas en falta algún tornillo de tus productos IKEA, ¡no pasa nada! Consíguelos en la máquina de tornillería que tenemos en la tienda o a pídenoslos a través de este cuestionario y te los haremos llegar lo antes posible.

Además, en el Desván de las Oportunidades en la tienda tenemos piezas sueltas de algunos de nuestros productos. Pregunta allí si tienen lo que necesitas.

[Consigue los tornillos >](#)

Figura 21. Servicio de repuestos de IKEA. (IKEA, n.d.)

2.2.2.7 Diseño para innovación social

En la Figura 22 se muestra una lavadora a pedales diseñada para poder funcionar sin electricidad. Es un diseño para entornos sin recursos que, al mismo tiempo, concientiza a los demás usuarios de la posibilidad de cambiar la visión de uso de algunos productos comunes en términos de ahorro de recursos.



Figura 22. Lavadora “GiraDora” (Cabunoc & You, n.d.)

2.2.2.8 Uso de energías renovables.

Si es necesario que el producto consuma energía durante su uso, mediante el uso de energías renovables se hace el uso del producto más sostenible. En la Figura 23, se muestra una linterna que se alimenta de la dinamo que lleva incorporada, la cual genera energía mediante el movimiento de la manivela diseñada para ello, la cual es accionada por el usuario evitando el consumo de baterías.



Figura 23. Linterna con dinamo (Decathlon, n.d.-b)

2.2.3 Medición de la circularidad en el diseño de productos

El diseño de un producto debe satisfacer las especificaciones de diseño que se plantean para que su estética, funciones o calidad, entre otros aspectos, sean los adecuados. Para asegurar que estos requisitos se cumplen, es necesario evaluar los diseños con métodos que determinen su grado de cumplimiento, ya que el éxito del diseño se juzga según éste cumpla los objetivos de diseño planteados (Shah, Vargas-Hernandez, & Smith, 2003).

Aunque actualmente no existe un método estandarizado para la medición de la circularidad en productos (European Environment Agency (EEA), 2016), se está investigando sobre cómo evaluar y fomentar la circularidad en el campo de la ingeniería de diseño de producto. Para poder realizar esta evaluación de propuestas de diseño, existen distintos tipos de herramientas en el ámbito de la ingeniería del diseño, tanto como para realizar tareas evaluación de productos o de alguno de sus aspectos concretos, como para servir de guía durante el proceso de diseño. Hay diversos trabajos que clasifican estos métodos, dos ejemplos relevantes de ello son los de Nelson et al. (2009) y Bovea & Pérez-Belis (2012). Además, muchas de las clasificaciones se basan en los mismos aspectos. En primer lugar, en el trabajo de Nelson et al. (2009) clasifican estas herramientas en dos grupos:

- Herramientas basadas en procesos (guían en el proceso de diseño): Las herramientas para guiar y proporcionar ayuda durante el proceso de diseño se basan, normalmente, en proporcionar taxonomías de características o requisitos a incorporar en el mismo, también pueden indicar potencial de mejora en ciertos ámbitos de desarrollo del producto.
- Herramientas basadas en resultados (evalúan productos): son las más extendidas dada la complejidad de uso de los enfoques de aquellas que están basadas en procesos (Shah et al., 2003), este tipo de herramientas se basan en proporcionar valoraciones de los resultados de diseño.

Bovea & Pérez-Belis (2012), por otra parte, se centran en métodos para la evaluación del rendimiento ambiental de los productos y clasifican los métodos existentes en:

- Métodos cuantitativos y semicuantitativos: tienen más facilidad de uso y se pueden aplicar en fases tempranas de diseño, donde hay muchas características del producto que todavía no están definidas, aunque, al mismo tiempo y por esta misma razón no son del todo fiables en cuanto al producto definitivo se refiere.
- Métodos cualitativos: cuando se trabaja con datos muy específicos o características muy concretas, son más convenientes este tipo de métodos. Aunque dada la naturaleza de los datos con los que trabajan, solo suelen ser aplicables en las últimas fases del proceso de diseño, o en productos desarrollados.

La situación óptima es que la evaluación se realice en la fase conceptual de diseño, ya que es la más flexible, siendo así más fácil la introducción de características que proporcionan las características requeridas al producto. En esta fase se determinan alrededor del 80% de los costes del ciclo de vida del producto, en etapas posteriores, la mayoría de cambios ya son irreversibles (Corbett & Crookall, 1986; Curran, Raghunathan, & Price, 2004; Graedel, Comrie, & Sekutowski, 1995; Mileham, Currie, Miles, & Bradford, 1993; Weustink, Ten Brinke, Streppel, & Kals, 2000). Por ello, es muy importante que ya desde el planteamiento de las especificaciones del producto, en las fases más tempranas del proceso de diseño, se tengan en cuenta los aspectos necesarios para que el producto resultante tenga todas características necesarias, como pueden ser las que proporcionan circularidad al producto. Así, las herramientas para evaluar aspectos ambientales de producto, como es su grado circularidad, deben de poder funcionar de una forma objetiva y fiable en etapas tempranas del diseño de productos para poder tener en cuenta estos aspectos ya desde el diseño conceptual del producto.

Existen diversas herramientas que evalúan características referentes a la economía circular o distintos aspectos de sostenibilidad en productos. Seguidamente, se comentan y clasifican distintas familias de estas herramientas y se analizan las herramientas que se han considerado más relevantes para esta investigación, ya que tienen potencial para poder encajar en las características requeridas para que una herramienta evalúe la circularidad en conceptos de diseño con completitud y coherencia.

2.2.3.1 Indicadores e índices

Los indicadores son aquellos que se centran en la evaluación de un aspecto muy específico, como pueden ser aspectos relacionados con la energía, costes o emisiones de carbono, entre otros muchos. Evalúan estableciendo una puntuación numérica y objetiva. Los índices trabajan, por otra parte, con grupos de indicadores (Ameta, 2009). Así, existen indicadores e índices que evalúan parámetros específicos de sostenibilidad, o de circularidad en concreto, pero ninguno que cubra todos los aspectos necesarios como para abarcar todo lo referente a economía circular y poder realizar una medición completa, no es suficiente utilizar índices e indicadores aislados (Arundel & Kemp, 2009). Algunos estudios que recogen taxonomías de indicadores relacionados con la sostenibilidad son los de Elia, Gnoni, & Tornese (2017); Figge, Thorpe, Givry, Canning, & Franklin-Johnson (2018); Patlitzianas, Doukas, Kagiannas, & Psarras (2008), Saidani et al. (2019) o el de (Parchomenko et al., 2019), entre muchos otros de los que se pueden encontrar en la literatura. Utilizar este tipo de herramientas en fases tempranas de diseño es dificultoso, ya que se precisan datos muy específicos del producto que todavía no están definidos.

2.2.3.2 Herramientas basadas en Análisis de Ciclo de Vida (LCA)

El Análisis de Ciclo de Vida (LCA) es un método cuantitativo de análisis del impacto ambiental de un producto durante todo su ciclo de vida, desde los materiales de fabricación hasta la disposición de residuos. La medición que se realiza está basada en las distintas emisiones que produce el producto en su producción, uso y fin de vida. Realizar este tipo de análisis necesita gran cantidad de datos muy concretos sobre diversos aspectos del producto como son el transporte, el consumo, etc. (ISO, 2006). Es una técnica para evaluar las entradas y salidas de recursos de productos, servicios o procesos y sus emisiones, es decir, según el inventario del

producto, evalúa su impacto medioambiental. Realizar este tipo de análisis durante las fases iniciales de diseño del producto, como es la fase conceptual, tiene poco sentido, ya que la información relevante y necesaria para ello todavía no se ha definido, aún no está disponible (Gehin, Zwolinski, & Brissaud, 2008). La información que se requiere para realizar un análisis de este tipo se vuelve todavía más crítica cuando se habla de la etapa conceptual de diseño (Eisenhard, Wallace, Sousa, & De Schepper, M. S. Rombouts, 2000).

Existen, además, diversas métricas que se basan en este tipo de análisis. Son muy concretas y solo se centran en aspectos aislados de sostenibilidad y de todos los que puede incluir un análisis LCA completo. Algunos ejemplos de este tipo de herramientas son “Pre-LCA Tool” (Tolle et al., 1994) o las que se muestran en parte de la taxonomía recogida en el trabajo de (Rousseaux et al., 2017).

2.2.3.3 Herramientas basadas en preguntas guiadas (GQ)

El pensamiento de diseño se dirige por preguntas, en especial en sus etapas más creativas (Cardoso, Badke-Schaub, & Eris, 2016). Es por ello que las preguntas guiadas durante el proceso de diseño facilitan un proceso dirigido para la resolución del problema a la vez que identifican potenciales problemas del mismo. Ayudan a determinar distintas situaciones hipotéticas del uso del producto, así como de interacción con el usuario (Royo, Chulvi, Mulet, & Ruiz-Pastor, 2019). Así, no son métodos de evaluación de productos, si no, de apoyo al diseñador durante el proceso de creación.

Dos de los métodos más extendidos de los basados en preguntas guiadas son: la técnica SCAMPER (Eberle, 1971) y la técnica de los 8 factores (Michalko, 2006). Ambos métodos guían al diseñador a pensar en ciertos aspectos del producto (aspectos que las mismas herramientas proporcionan) para tenerlos en cuenta durante el proceso de diseño y poder llegar, así, a soluciones más completas y que tengan en cuenta en mayor medida tanto a los posibles problemas que puedan surgir durante el proceso de diseño, como al usuario.

2.2.3.4 Herramientas basadas en “checklists”

Las herramientas basadas en checklists tienen mucho en común con las basadas en preguntas guiadas, comentadas en el apartado anterior (2.2.3.3). En este caso, en lugar de preguntas, los métodos proponen taxonomías de características de distintas temáticas que se deberían tener en cuenta en el diseño que se está desarrollando, por lo que tampoco son métodos de evaluación, si no de ayuda durante el proceso de diseño. Al igual que en el caso anterior, este tipo de herramientas son más relevantes durante las etapas creativas del proceso de diseño, cuando es más flexible llevar a cabo algún tipo de innovación e introducir nuevas características en el producto. Algunas de las metodologías más extendidas de este tipo son la *checklist* de (Osborn, 1953), la *checklist* de VanGundy (1988, 1992) o la *checklist* de Quarante (1992).

2.2.3.5 Herramientas basadas en QFD (“Quality Function Deployment”)

El método QFD es un método de ayuda al diseño que relaciona las características del producto en desarrollo con las necesidades de usuario (Akao, 1990). Numerosos autores han adaptado este método para introducir características relacionadas con el impacto ambiental que ayuden a obtener productos más sostenibles. Entre ellos se encuentran “Environmental Objective Deployment (EOD)” (Karlsson, 1997), “Environmental-QFD (E-QFD)” (Davidsson, 1998) y “Life Cycle Quality Function Deployment (LC-QFD)” (Ernzer & Birkhofer, 2005).

2.2.3.6 Herramientas de tipo matriz

Numerosas herramientas de diseño se basan en matrices que el diseñador o el usuario de la herramienta utiliza como guía durante el proceso de diseño para conseguir determinados resultados. Este tipo de herramientas basado en matrices también ha sido adaptado en numerosas ocasiones para ayudar a que los productos que están en proceso de diseño cumplan requisitos medioambientales. Algunos ejemplos son: la “MET-Matrix” (matriz de materiales, energía y emisiones tóxicas) de Brezet & van Hemel (1997), la “Requirements Matrix” (matriz de requerimientos) desarrollada por Keoleian & Curran (1995) o la “DFE Matrix” (Johnson & Gay, 1995).

2.2.3.7 Herramientas basadas en TRIZ

El método TRIZ (Teoría de Resolución de Problemas Inventivos) es una herramienta creativa para llegar a soluciones innovadoras a partir del pensamiento sistemático (Altshuller, 1984, 1997). Con el fin de crear herramientas para eco-innovar, algunos autores han adaptado esta herramienta a estrategias de ecodiseño, creando metodologías que ayudan a crear productos creativos a la vez que siguen los principios de diseño sostenible.

Algunos ejemplos son el trabajo de (Chulvi & Vidal, 2011), en el que se comparan las tendencias del método TRIZ con la rueda LiDS de ecodiseño o la adaptación del método que desarrollan (Cherifi, Dubois, Gardoni, & Tairi, 2015). Otras herramientas que se basan en TRIZ para crear productos sostenibles son: la “TRIZ Contradiction Matrix” (Chen & Liu, 2003), o el modelo “TRIZ-CBR” de Hu, Zhao, Chen, & Xiang (2011), entre muchos otros.

2.2.3.8 Etiquetado “Cradle to Cradle” (C2C)

El certificado “Cradle to Cradle”™ (de la cuna a la cuna) (Cradle to Cradle Products Innovation Institute, n.d.) es un sistema de evaluación de productos sostenibles diseñados para seguir los principios de la economía circular, mediante el cual ya han sido certificados empresas y productos de todo el mundo.

Los productos se evalúan en cinco categorías para obtener el certificado: salud de los materiales, reutilización de materiales, energías renovables y gestión del carbono, administración del agua y justicia social.

2.2.3.9 Softwares de análisis de impacto

Además de los tipos de herramientas ya vistos, existen softwares de evaluación del impacto ambiental de productos que analizan sobre productos totalmente desarrollados distintos aspectos relacionados con el impacto durante todas las fases de su ciclo de vida. Algunas de ellas son los módulos de análisis ambiental de CES EduPack® y SolidWorks®, la base de datos GaBi® o el software SimaPro® (Figura 24), estos dos últimos realizan análisis de tipo LCA.

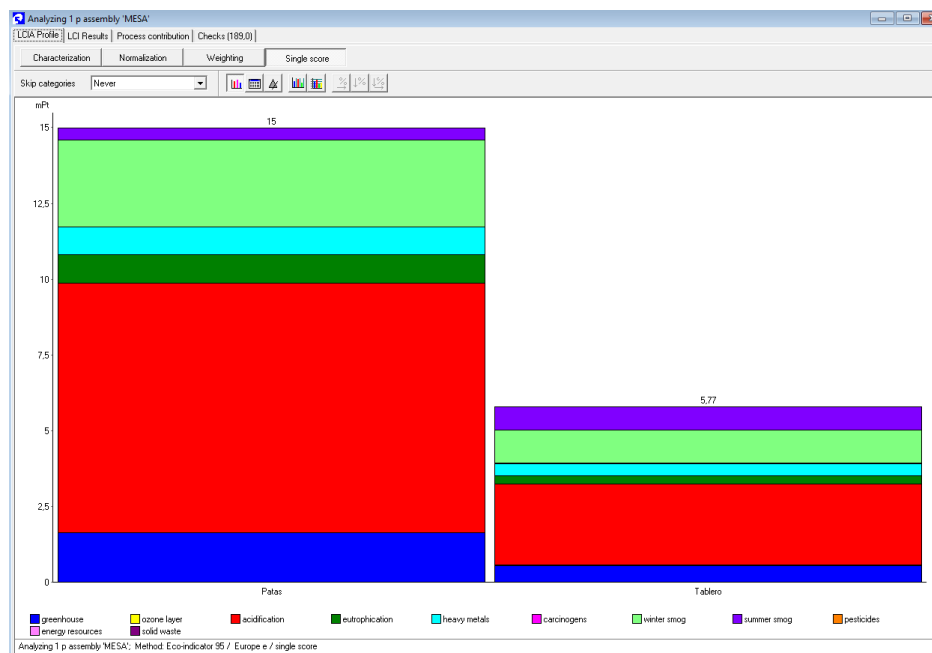


Figura 24. Ejemplo de análisis de impacto mediante el software SimaPro®.

2.2.3.10 Resumen de tipos de herramientas

En la Tabla 9 se puede ver un resumen de las características de cada uno de los grupos de herramientas explicados.

TIPO DE MÉTODOS	BASADO EN PROCESOS	BASADO EN RESULTADOS	CUALITATIVO	SEMICUANTITATIVO	CUANTITATIVO
Indicadores e índices		X			X
LCA		X			X
Basados en Preguntas Guiadas	X		X		
Basados en Checklists	X		X		
Basados en QFD	X			X	
Tipo matriz	X	X	X	X	X
Basadas en TRIZ	X		X		
Etiquetado C2C		X			
Softwares	X	X			X
TOTAL	6	5	4	2	4

Tabla 9. Resumen de tipos de herramientas relacionadas con la sostenibilidad.

Como se puede ver, de entre los tipos de métodos analizados, la mayoría (aunque con poca diferencia) son basados en procesos, es decir, ayudan al diseñador durante el proceso de diseño a conseguir ciertas características en el producto. Aunque, en el caso de las herramientas de tipo matriz y los softwares, depende del caso. Por otra parte, la mayoría de tipos de herramientas son cualitativas o cuantitativas, frente a los métodos semicuantitativos. Si bien no hay ningún tipo de herramienta que destaque notablemente sobre otro, se puede apreciar una pequeña ventaja en las de tipo proceso, la mayoría de las cuales trabajan de forma cualitativa. En cambio, son las herramientas basadas en resultados las que utilizan los datos de forma cuantitativa.

2.2.3.11 Análisis de las herramientas más relevantes

A continuación, se realiza un análisis de cómo las herramientas existentes llevan a cabo la medición de la circularidad y en qué fase de diseño son aplicables, así como, cómo funcionan evaluando propuestas de diseño en fase conceptual. Para realizar el análisis se han considerado las herramientas más relevantes para esta Tesis de las encontradas en la literatura, intentando abarcar todas las variantes posibles. Además, de los distintos parámetros analizados con respecto a su funcionamiento en fase conceptual de diseño, se ha establecido una escala de objetividad para poder clasificar las herramientas en este aspecto, puntuando con un valor de 1 a 4 cuánto de objetiva es una herramienta, dependiendo de si los datos introducidos o resultantes son objetivos o tienen que ser interpretados por el usuario de la herramienta (Tabla 10). Se ha considerado que una herramienta es objetiva cuando, tanto a la hora de introducir los datos, como a la hora de generar los resultados, no deja lugar a la interpretación por parte del usuario de la herramienta, si no que su funcionamiento y parámetros de medición proporcionan un resultado directo y no interpretable.

VALOR DE OBJETIVIDAD	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
1	Datos objetivos – Resultado objetivo	Se introduce un material concreto del producto evaluado - La herramienta proporciona un valor numérico de entre un rango de valores
2	Datos objetivos – Resultado interpretable	Se introduce un material concreto del producto evaluado – La herramienta proporciona directrices de diseño sobre aprovechamiento de material
3	Datos interpretables – Resultado objetivo	El evaluador debe elegir entre varias opciones de aprovechamiento de material - La herramienta proporciona un valor numérico de entre un rango de valores
4	Datos interpretables – Resultado interpretable	El evaluador debe elegir entre varias opciones de aprovechamiento de material - La herramienta proporciona directrices de diseño sobre aprovechamiento de material

Tabla 10. Escala de objetividad.

Las distintas herramientas analizadas se han elegido para su análisis por ser las más relevantes y extendidas en este campo, al mismo tiempo que se ha realizado una búsqueda de métodos de evaluación de la economía circular en productos. La literatura es muy extensa en este campo, existen numerosas herramientas e indicadores para medir aspectos concretos de la circularidad, por lo que una limitación del análisis es la incapacidad de recopilar en su totalidad los métodos

que evalúan algún aspecto específico de todos los que se encuentran integrados en la economía circular, en concreto en el diseño circular de productos.

La información que se muestra en la Tabla 11 y la Tabla 12, obtenida del análisis de distintas herramientas enfocadas a promover la sostenibilidad en el diseño de productos, se ha estudiado para determinar las carencias que tienen ese tipo de herramientas en la actualidad con respecto a la evaluación de la circularidad en conceptos y, al mismo tiempo, obtener información sobre cómo se desarrollan en los métodos existentes las características referentes a la economía circular.

HERRAMIENTA	RECURSO	TIPO DE HERRAMIENTA	FASE DE DISEÑO PARA LA QUE ESTÁ DISEÑADA	INFORMACIÓN NECESARIA	TIPO DE DATOS DE ENTRADA	TIPO DE DATOS DE SALIDA	OBIETIVIDAD
1. <i>Material Circularity Indicator (MCI)</i>	(Ellen MacArthur Foundation; Gramta Design, 2015)	Evalúa, basada en resultados	Productos desarrollados	Cantidad de material reutilizado antes y después del uso Cantidad de material reciclado antes y después del uso Eficiencia del proceso reciclaje antes y después del uso Tiempo de vida del producto y de uno estándar de la industria Unidad funcional del producto y de uno estándar de la industria	Cuantitativos	Cuantitativos	1
2. <i>Circularity Calculator</i> (evolución del MCI)	(IDEAL&CO Explore & Ellen MacArthur Foundation, 2020)	Evalúa, basada en resultados	Productos desarrollados	Masa del producto Precio por kg Coste de componentes fabricados Coste de productos ensamblados % de productos que se venden/entregan Ciclos del producto que el producto pasa con el consumidor % de producto desechado % de producto reciclado % del producto que se recicla (fin de vida) % del producto que se refabrica % del producto renovado Cada cuántos ciclos de uso del producto hay que hacer mantenimiento % del producto recolectado en el fin de vida	Cuantitativos	Cuantitativos	1
3. <i>Circular Economy Toolkit (CET)</i>	(N. Bocken & Evans, 2013)	Evalúa y guía en el proceso de diseño, basada en resultados y basada en procesos	Productos desarrollados (Puede servir para indicar el potencial de mejora en fases de desarrollo)	Hay que posicionar el concepto que se está diseñando o evaluando entre tres posiciones (de más a menos circular) para distintos parámetros referentes a los siguientes aspectos del producto (entre 2 y 12 parámetros para cada grupo): -Diseño, fabricación, distribución (por ejemplo, cantidad de materiales utilizados o reciclabilidad de los mismos) -Uso (por ejemplo, tiempo de vida o energía) -Reparación/mantenimiento (por ejemplo, acceso a componentes o servicio de reparación) -Reutilización/Redistribución (por ejemplo, tiempo de vida o mercado de segunda mano) -Refabricación (por ejemplo, facilidad de desensamblaje o costes de devolución a fábrica) -Producto como servicio (si hay mercado o no de servicios para ese producto) -Reciclado del producto en el fin de vida (facilidad de separado de materiales y variedad de materiales utilizados)	Cuantitativos	Cualitativos	3

4. <i>CE Designer</i>	("CE Designer," n.d.)	Evalúa y guía en el proceso de diseño, basada en resultados y basada en procesos	Distintas fases del proceso de diseño	Se necesita información sobre cómo se cumplen las siguientes estrategias de diseño circular: -Diseño para larga duración del producto -Diseño para extender la vida útil del producto -Diseño de servicios para extender la vida del producto -Diseño de servicios orientados hacia el uso -Diseño para reciclaje -Diseño para la sostenibilidad de materiales -Diseño para la sostenibilidad de energía	Cuantitativos	Cuantitativos	3
5. <i>A metric for quantifying product-level circularity</i>	(Linder et al., 2017)	Evalúa, basada en resultados	Productos desarrollados	Costes y masas de los componentes "reciculados" del producto que se está evaluando.	Cuantitativos	Cuantitativos	1
6. <i>Circular Spider Map</i>	(Van der Berg & Bakker, 2015)	Evalúa, basada en resultados	Distintas fases del proceso de diseño	Hay que posicionar el concepto que se está diseñando o evaluando entre cuatro posiciones (de menos a más circular) para cinco parámetros referentes a los siguientes aspectos del producto: -Prueba de futuro (tiempo de vida útil) -Desmontaje (facilidad y rapidez) -Mantenimiento (limpieza y reparabilidad) -Remake (aumento de tiempo de vida a través de la diversidad y versatilidad del producto: producto modular, regulable, etc.) -Reciclaje (materiales utilizados)	Cuantitativo	Cualitativos (con posibilidad de cuantificarse fácilmente)	3
7. <i>Rueda LIDS</i>	(Brezet & van Hemel, 1997)	Evalúa, basada en resultados	Fase de desarrollo	Novedad del producto Materiales Técnicas de producción Sistema de distribución Impacto durante el uso Tiempo de vida Sistema de fin de vida	Cuantitativos	Cualitativo	3
8. <i>Ecolizer</i>	(OVAM, n.d.)	Evalúa, basada en resultados	Productos desarrollados	Materiales de cada componente y packaging Masas de cada componente y packaging Procesos de fabricación de cada componente y packaging Consumo y distancias del transporte de cada componente y del producto completo Consumo de energía y consumibles en la vida útil del producto Tiempo de vida del producto	Cuantitativos	Cuantitativos	1
9. <i>Ecodesign Pilot</i>	(TU Wien, n.d.)	Guía en el proceso de diseño, basada en procesos	Distintas fases del proceso de diseño	Se necesita información del producto sobre: -Materia prima -Fabricación -Transporte -Uso -Disposición	Cuantitativos	Cualitativos	4

10. <i>CE Index</i>	(Di Maio & Rem, 2015)	Evalúa, basada en resultados	Productos desarrollados	Información detallada sobre la reciclabilidad de los materiales de los componentes de un producto, así como su valor económico.	Cuantitativos	Cuantitativos	1
11. <i>Tool to diagnose product recyclability</i>	(de Aguiar et al., 2017)	Evalúa, basada en resultados	Distintas fases del proceso de diseño	-Número de fijaciones para ensamblaje en un componente -Número de fijaciones para ensamblaje en total en el producto -Tipos de uniones -Materiales de cada componente	Cuantitativos	Cuantitativos	1
12. <i>Eco Compass</i>	(Fussler & James, 1996)	Evalúa, basada en resultados	Distintas fases del proceso de diseño	Información del producto relativa a: -Materiales -Consumo de energía -Riesgos medioambientales -Revalorización -Conservación de recursos -Extensión de servicio	Cuantitativos	Cualitativos	3
13. <i>Ten Golden Rules</i>	(Luttropp & Lagerstedt, 2006)	Guía en el proceso de diseño, basada en procesos	Fase conceptual	Se necesita información sobre el problema de diseño a resolver, para poder adaptar las reglas que propone la herramienta a las especificaciones de diseño. Las reglas a adaptar son: -No emplear sustancias tóxicas -Minimizar la energía de producción y transporte -Optimizar el uso de material -Minimizar la energía consumida en la etapa de uso -Promover la actualización y la reparación -Promover el alargamiento de la vida útil -Invertir en mejores materiales para que la duración sea mayor -Preestablecer medidas para la actualización y reparabilidad -Promover la actualización, reparación y reciclado -Minimizar los elementos de unión	Cuantitativos	Cualitativos	4
14. <i>Circular Design Tool</i>	(M. A. Moreno, Ponte, & Chamley, 2017)	Evalúa, basada en resultados	Fase conceptual	Se necesita información del producto sobre los siguientes aspectos: -Conservación de recursos -Ciclos de vida (fin de vida) -Diseño del sistema completo -Consumidor -Desarrollo (diseño para el presente hacia el futuro)	Cuantitativos	Cuantitativos	3

Tabla 11. Análisis de herramientas de evaluación de la circularidad I.

PARÁMETROS DE ENTRADA						
HERRAMIENTA	RECURSO	IDENTIFICABLES EN CONCEPTOS	NO IDENTIFICABLES EN CONCEPTOS	IDENTIFICABLES SEGÚN EL GRADO DE DESARROLLO DEL CONCEPTO	CÓMO SE PODRÍA APLICAR A CONCEPTOS	DIFICULTADES PARA UTILIZAR CON CONCEPTOS
1. <i>Material Circularity Indicator (MCI)</i>	(Ellen MacArthur Foundation; Grantia Design, 2015)	Ningún parámetro	Todos los parámetros	Ningún parámetro	Aunque no sea aplicable a los conceptos, un diseñador podría hacer estimaciones a grosso modo de los distintos valores que pide la herramienta para calcular lo circular que es el concepto que se está desarrollando y para comparar distintas opciones de diseño.	Se necesitan datos exactos, sobre cantidades de material, eficiencias de procesos y tiempo de vida de los que, a veces, no se dispone en la fase de diseño conceptual.
2. <i>Circularity Calculator</i> (evolución del MCI)	(IDEAL&CO Explore & Ellen MacArthur Foundation, 2020)	Ningún parámetro	Coste de componentes fabricados Coste de productos ensamblados % de productos que se venden/entregan Ciclos del producto que el producto pasa con el consumidor % de producto desechado % de producto reciclado % del producto que se recicla (fin de vida) % del producto que se refabrica % del producto renovado Cada cuántos periodos de uso del producto hay que hacer mantenimiento % del producto recolectado en el fin de vida	Masa del producto Precio por kg	Se podría estimar la masa según las dimensiones aproximadas de cada componente y sus materiales. El precio se podría estimar según costes de materiales o precios de productos similares.	El resultado para fases no finales de diseño no es fiable ya que los datos introducidos serían estimados y no definitivos y, por lo tanto, a criterio del diseñador, el resultado aplicado en fases no finales podría ser diferente dependiendo de la persona que aplique la métrica.

<p>3. <i>Circular Economy Toolkit (CET)</i></p>	<p>(N. Bocken & Evans, 2013)</p>	<p>-REPARACIÓN: servicio ya disponible -REUTILIZACIÓN: mercado de segunda mano y ventas de segunda mano ya realizadas -PRODUCTO COMO SERVICIO: existencia de mercado para vender el producto como servicio y productos ya vendidos como servicio</p>	<p>-USO: frecuencia de fallo del producto -REPARACIÓN/MANTENIMIENTO: coste de reparación y facilidad o dificultad de encontrar fallos</p>	<p>Todos los demás parámetros</p>	<p>Al no requerir datos numéricos, aun los parámetros que no se pueden aplicar, se podrían estimar a groso modo escogiendo una posición entre las que define la herramienta para el parámetro, dando la puntuación que se intuye más cercana en cada caso para el concepto evaluado.</p>	<p>Los parámetros con los que trabaja la herramienta son muy específicos por lo que la estimación que se tienen que realizar para valorar un concepto puede no ser correcta.</p>
<p>4. <i>CE Designer</i></p>	<p>("CE Designer," n.d.)</p>	<p>Los parámetros dentro del grupo: -Diseño de productos orientados a servicios (estas características no hacen referencia al diseño en sí) -Diseño de servicios orientados al resultado (estas características no hacen referencia al diseño en sí) -Diseño para sostenibilidad de materiales</p>	<p>Los parámetros en el grupo: -Diseño para refabricación -Diseño para sostenibilidad de la energía</p>	<p>Los parámetros en el grupo: -Diseño para productos duraderos -Diseño para alargar la vida del producto -Diseño para reciclaje</p>	<p>Los parámetros no definidos en el concepto se pueden estimar seleccionando una de las tres opciones de puntuación, según la consideración del evaluador.</p>	<p>Para puntuar muchos de los parámetros se necesita tener información que no está todavía establecida en la etapa conceptual, por lo que el resultado para un concepto puede no ser del todo verídico.</p>
<p>5. <i>A metric for quantifying product-level circularity</i></p>	<p>(Linder et al., 2017)</p>	<p>Ningún parámetro</p>	<p>Para todos los parámetros</p>	<p>Ningún parámetro</p>	<p>Aunque no sea aplicable a los conceptos, un diseñador podría hacer estimaciones a groso modo de los distintos valores que pide la herramienta para calcular lo circular que es el concepto que se está desarrollando y para comparar distintas opciones de diseño.</p>	<p>Se necesitan datos exactos sobre cantidades de material y costes de los que no se dispone en la fase de diseño conceptual.</p>
<p>6. <i>Circular Spider Map</i></p>	<p>(Van der Berg & Bakker, 2015)</p>	<p>-Prueba de futuro</p>	<p>-Desmontaje -Mantenimiento -"Rehacer"</p>	<p>-Reciclar</p>	<p>Si se ya conocen los materiales, se puede estimar una puntuación para el parámetro de reciclar, a criterio del evaluador y según la naturaleza de los materiales establecidos en el concepto.</p>	<p>Según lo desarrollado que esté el concepto que se está evaluando, puede haber dificultades para establecer una puntuación en algunos de los parámetros.</p>

7. Rueda <i>LIDS</i>	(Brezet & van Hemel, 1997)	-Novedad	-Sistema de distribución -Técnicas de producción	-Materiales -Impacto durante el uso -Tiempo de vida inicial -Sistema de fin de vida	Se podría utilizar con conceptos estimando los parámetros que dependen del grado de desarrollo del diseño, según los datos que proporciona el concepto, y obviando los parámetros que no se pueden medir en conceptos.	Son demasiados los parámetros que es necesario estimar o dependen del grado de desarrollo del diseño, por lo que el resultado podría no ser fiable y cambiar según el evaluador.
8. <i>Ecolizer</i>	(OVAM, n.d.)	Materiales de cada componente y packaging	Consumo y distancias del transporte de cada componente y del producto completo Consumo de energía y consumibles en la vida útil del producto	Masas de cada componente y packaging Procesos de fabricación de cada componente y packaging Tiempo de vida del producto	Se podría aplicar parcialmente teniendo en cuenta solo los parámetros ya conocidos en fase conceptual.	No se obtiene un resultado completo porque varios parámetros no se pueden valorar en conceptos. Hay algunos otros que se tendrían que estimar, por lo que el resultado no es fiable del todo.
9. <i>Ecodesign Pilot</i>	(TU Wien, n.d.)	Ningún parámetro	-Fabricación -Transporte	-Materia prima -Uso -Disposición	Debido a que es una herramienta con algunos parámetros de respuesta abierta, los tres aspectos que dependen del desarrollo del concepto se pueden estimar por el usuario dando a cada uno la importancia correspondiente y añadiendo opciones de mejora, por ejemplo. Además, la herramienta se puede utilizar como guía de diseño si se siguen las estrategias que indica.	La herramienta está enfocada al rediseño, por lo que para evaluar muchas de las estrategias, se necesitan datos de los cuales no se dispone en la fase conceptual del producto.
10. <i>CE Index</i>	(Di Maio & Rem, 2015)	Ningún parámetro	-Valor económico del material reciclado del producto -Valor económico del material no reciclado del producto	Ningún parámetro	Se podría hacer una estimación de materiales y su reciclabilidad y aproximar el valor económico según materiales en el mercado.	Se necesitan datos de los cuales no se dispone en la fase conceptual del producto. El resultado no sería exacto y podría variar según el evaluador.

11. <i>Tool to diagnose product recyclability</i>	(de Aguiar et al., 2017)	Ningún parámetro	Ningún parámetro	Para todos los parámetros	Si el concepto está lo suficientemente desarrollado, se puede aplicar con los datos de uniones y materiales. Si no se dispone de esa información, se podría estimar prediciendo los datos del futuro producto.	Se necesita información de la cual, en muchos casos, todavía no se dispone en la fase conceptual. El resultado no sería riguroso y podría variar según el evaluador.
12. <i>Eco Compass</i>	(Fussler & James, 1996)	Ningún parámetro	-Consumo de energía -Riesgos medioambientales	-Materiales -Revalorización -Conservación de recursos -Extensión de servicio	Esta herramienta se podría utilizar parcialmente estimando los cuatro parámetros que dependen del grado de desarrollo del concepto y eligiendo uno de los valores de puntuación.	Varios de los parámetros no están definidos todavía en la etapa conceptual de diseño, por lo que la herramienta no se puede utilizar al completo con conceptos. El resultado no sería riguroso y podría variar según el evaluador.
13. <i>Ten Golden Rules</i>	(Luttropp & Lagerstedt, 2006)	Para todos los parámetros	Ningún parámetro	Ningún parámetro	La herramienta sirve de ayuda para establecer las especificaciones de diseño.	No hay dificultad ya que el método se aplica antes de comenzar a resolver el problema de diseño.
14. <i>Circular Design Tool</i>	(M. A. Moreno et al., 2017)	Los parámetros en el grupo: -Diseño para extender la vida del producto -Diseño para usuarios (excepto "reducir tiempo de entrega") -Diseño para el presente hacia el futuro	Los parámetros en el grupo: -Diseño para conservación de la energía -Diseño para múltiples ciclos de vida -El parámetro "Reducir tiempo de entrega al consumidor"	Los parámetros en el grupo: -Diseño para conservación del material y eliminación de residuos -Diseño para sostenibilidad	Los datos no definidos se pueden estimar si el evaluador asigna una de las opciones de puntuación a los conceptos, a su criterio, según se considere que cumple más o menos el parámetro de acuerdo con lo detallado en la propuesta conceptual.	Existe cierta dificultad para establecer puntuaciones en varios de los parámetros porque estos datos no están definidos todavía en conceptos.

Tabla 12. Análisis de herramientas de evaluación de la circularidad II.

En primer lugar, se puede apreciar en la Figura 25 como la mayoría de métodos estudiados están diseñados para la evaluación, frente a los que guían en el diseño o a los que combinan las dos tareas. Esto podría ser debido a que, como se puede observar en la Figura 26, 6 de las 14 herramientas analizadas están destinadas a productos finalizados frente a una minoría clara de aquellas destinadas a la fase conceptual o a la fase de desarrollo del producto. Trabajar con productos desarrollados permite que las herramientas se diseñen como método de evaluación ya que, en este caso, es posible trabajar con parámetros concretos los cuales ya están definidos, al contrario que durante la fase conceptual o la de desarrollo del producto, y se pueden evaluar.

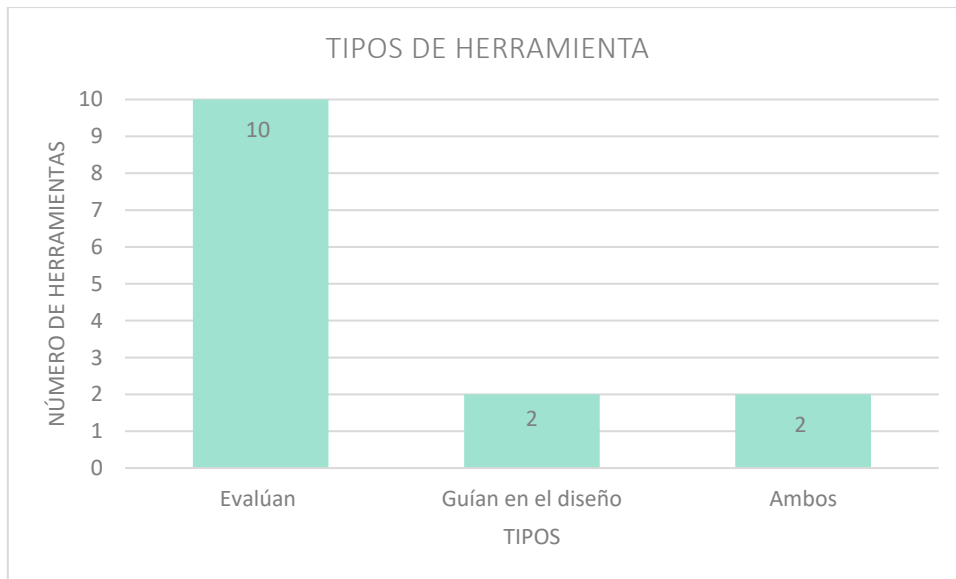


Figura 25. Tipos de herramientas analizadas.

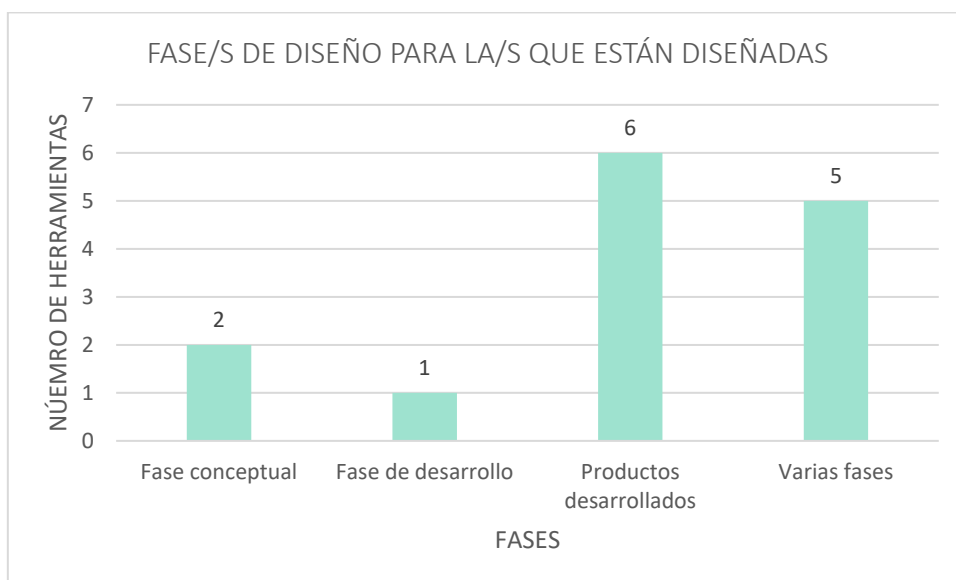


Figura 26. Fases de diseño para las que están diseñadas las herramientas analizadas.

Por otra parte, la mayoría de las herramientas están diseñadas para trabajar con datos de entrada y salida cuantitativos, lo que concuerda nuevamente con la evaluación de productos finales para poder obtener resultados rigurosos en este tipo de mediciones. Aun así, casi la mitad de resultados (6 de 14) se expresan de forma cualitativa. Por otra parte, en 11 de los 14 casos analizados, el formato de datos de entrada es igual al de los datos de salida, ambos son o cualitativos o cuantitativos, frente a los 3 casos en los que el tipo de resultado difiere del tipo de datos de entrada. De estos tres casos, dos de ellos son herramientas las cuales, con datos de entrada cuantitativos, emiten resultados cualitativos, en este caso gráficos y en forma de matriz de información. Además, se ha comprobado que las herramientas que funcionan con datos cuantitativos son aquellas basadas en resultados, es decir, las herramientas de evaluación.

Seis de las 14 herramientas tienen un grado de objetividad 1 (Figura 27), es decir, la introducción de datos es objetiva, así como los resultados que se obtienen con la misma. Por otra parte, otras seis de las herramientas tienen un grado de objetividad 3, lo que significa que la introducción de datos es interpretable por el usuario, pero los resultados son objetivos. Ninguna de las herramientas tiene una objetividad de nivel 2 (los datos introducidos son objetivos, pero el resultado interpretable) y, finalmente, dos de las herramientas tienen un grado de objetividad en el que, tanto los datos introducidos como el resultado, son interpretables (nivel 4).

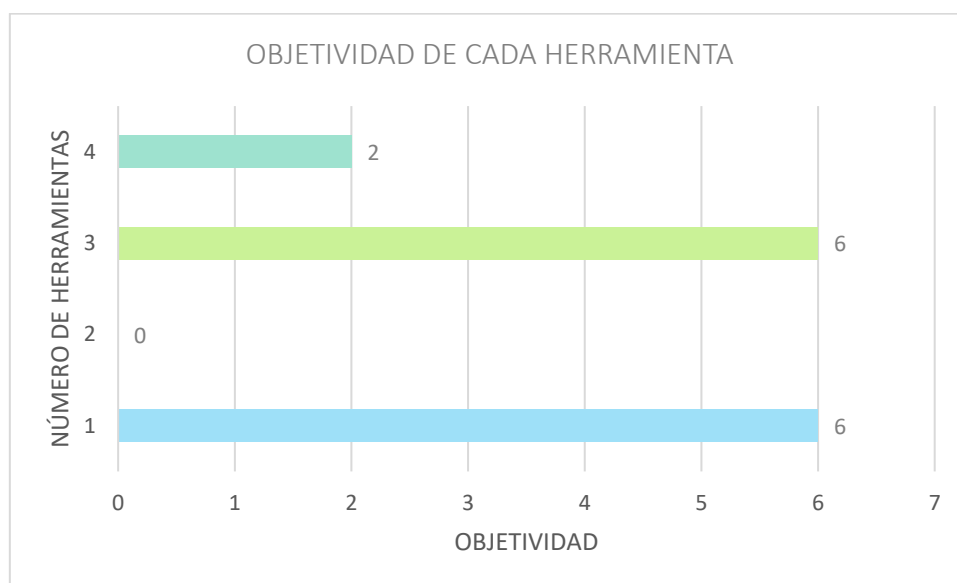


Figura 27. Objetividad de las herramientas analizadas.

En cuanto al tipo de parámetros que utiliza cada una de las herramientas analizadas para determinar los resultados correspondientes, se ve en la Figura 28 que los parámetros más utilizados son aquellos de alargamiento de la vida útil de los productos, seguidos de aquellos de reciclado, los de recirculación del material y los de energía y consumibles que usa el producto durante su vida útil. Los parámetros más utilizados son aquellos que necesitan de datos muy concretos sobre el producto para definirse, excepto aquellos referentes a la vida útil del producto, los cuales pueden necesitarlos o no.

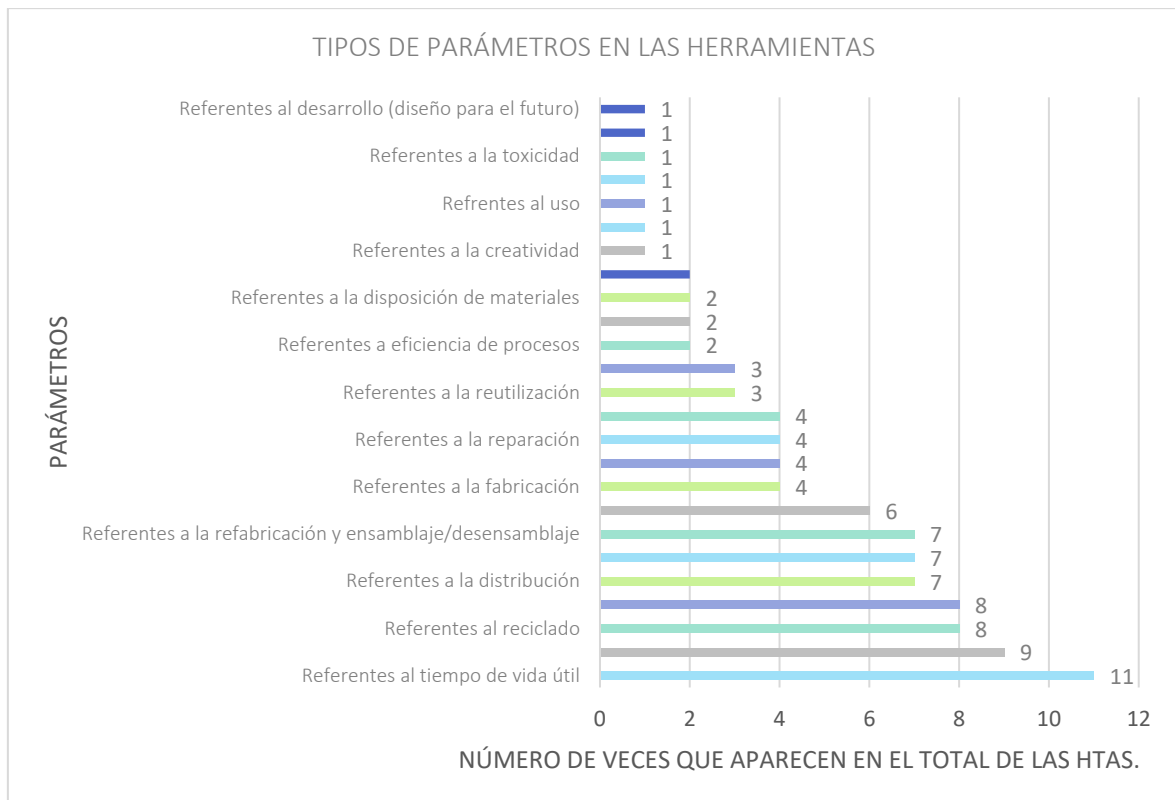


Figura 28. Número de tipos de parámetros con los que trabajan las herramientas.

No es posible evaluar en conceptos de diseño algunos de los parámetros que utilizan las herramientas ya que los datos que se necesitan son muy específicos y se determinan durante el desarrollo final del producto. En cambio, otros de los parámetros, tampoco suelen estar definidos en la fase de diseño conceptual, pero según el grado de desarrollo del concepto se pueden estimar o incluso ya están indicados en el concepto y se pueden aplicar en la herramienta.

En cuanto a la cantidad de veces que se ha encontrado cada tipo de parámetros en el total de las herramientas analizadas, en la Figura 29 se muestra la cantidad de herramientas que utilizan parámetros con cada una de las aplicabilidades explicadas. Así, los parámetros para los cuales no se puede establecer un valor en conceptos son los que priman en las herramientas analizadas, ya que este tipo de parámetros aparece en 14 de ellas. Los parámetros menos encontrados son aquellos que se pueden aplicar sin ningún inconveniente en conceptos de diseño de producto, están presentes en 8 de las herramientas. En un puesto intermedio, se encuentran aquellos parámetros que se pueden definir en los conceptos según su grado de desarrollo. Nótese que una misma herramienta tiene, en ocasiones, más de uno de los tres tipos de parámetros. En esta parte del estudio se deja entrever la carencia de recursos en este tipo de herramientas para evaluar la circularidad de productos en fase conceptual de diseño.

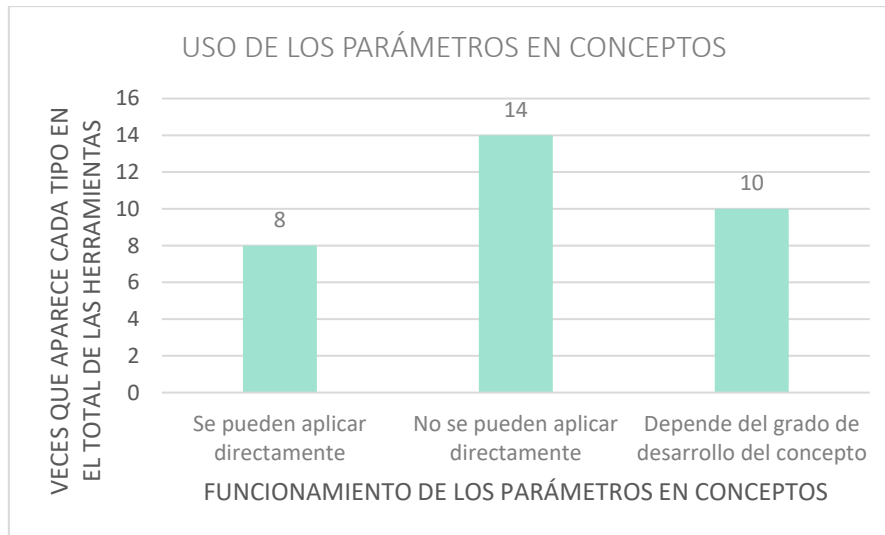


Figura 29. Uso de cada tipo de parámetros en las herramientas.

Por otra parte, se ha estudiado la posible utilización de las métricas existentes con conceptos (Figura 30). Nuevamente remarcar que en una misma herramienta se pueden encontrar más de una de las posibilidades de uso diferenciadas en el análisis. La mayoría de las herramientas (en 9 de los casos) se podrían aplicar realizando estimaciones en todos o algunos de sus parámetros. Las otras tres posibilidades de aplicación de los parámetros de las herramientas se presentan en medidas similares (dos de ellas en 2 casos y una de ellas en 3 casos) pero de una manera no muy extendida. Estas tres otras posibilidades son: aplicando de forma parcial la herramienta (3), utilizando la herramienta como guía de diseño (2) y utilizando datos estándar ya que no se dispone todavía de la información necesaria en la etapa de diseño conceptual (2).

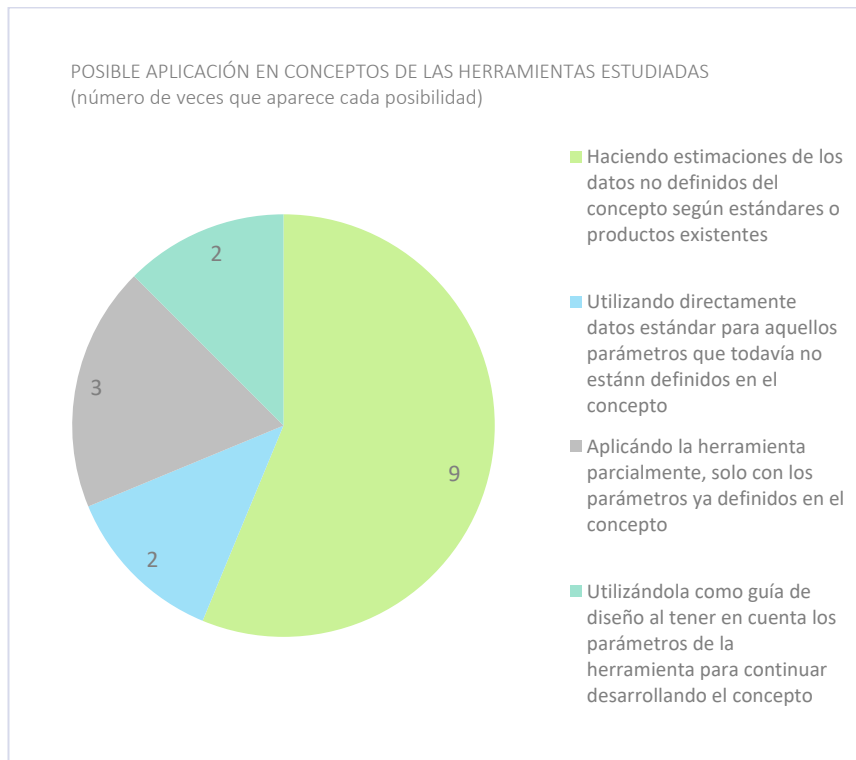


Figura 30. Posibilidad de aplicar las herramientas en conceptos.

Con el análisis realizado se empieza a observar la dificultad de aplicación de los métodos estudiados a conceptos. En la Figura 31, se muestran las dificultades encontradas para aplicar los distintos parámetros a conceptos. El principal problema encontrado es que, en 11 de las herramientas estudiadas, se necesitan datos demasiado específicos como para haberlos definido en la fase conceptual de diseño, esto es, por ejemplo, espesores, probabilidad de fallo o eficiencias y consumos exactos de energía durante la fabricación o uso del producto. Por otra parte, al realizarse estimaciones de algunos parámetros, se encuentran casos en los que el resultado podría no ser fiable o variar dependiendo del evaluador, ya que, al ser parámetros no concretados todavía se abre una brecha hacia la interpretación. Sólo una de las herramientas estudiadas no presenta ningún tipo de dificultad de uso en la fase conceptual, las Ten Golden Rules (Luttrupp & Lagerstedt, 2006). Esta herramienta actúa como guía para establecer las especificaciones de diseño, antes de comenzar el proceso del mismo, por lo que no es una herramienta evaluadora si no de guía en el diseño.

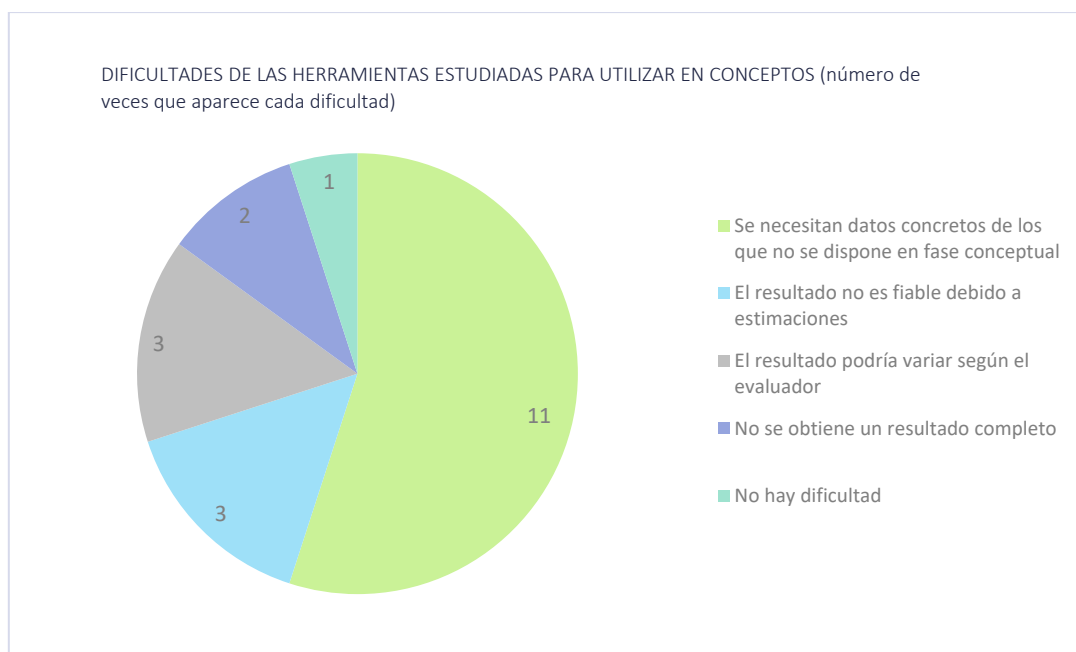


Figura 31. Dificultades encontradas para utilizar las herramientas con conceptos.

Como se ha visto en el análisis realizado, en su mayoría, las herramientas existentes están diseñadas para funcionar evaluando parámetros en productos desarrollados completamente. Los datos necesarios para realizar los cálculos o para seguir el método de la mayoría de herramientas son demasiado específicos, todavía no están establecidos en la fase de diseño conceptual. Si bien, en algunos casos, se podrían estimar los parámetros correspondientes para poder aplicar la herramienta o para poder aplicarla al completo, el resultado obtenido no sería preciso ya que se basaría en interpretaciones del usuario de la herramienta y, además, por este mismo motivo el resultado podría variar entre distintos evaluadores.

En alguno de los casos, aunque de forma minoritaria, la aplicación en conceptos sí que es posible pero, excepto en uno de los casos (nuevamente, las Ten Golden Rules de Luttrupp & Lagerstedt, (2006)), en todas las herramientas se debe de hacer alguna estimación o no tienen en cuenta todos los aspectos necesarios para que se lleve a cabo una evaluación completa, se ha observado que no

se cubre todo el conjunto de temas que abarca el concepto de economía circular. Así y todo, en su mayoría, las herramientas miden de forma objetiva tanto en la introducción de los datos como en el resultado que proporcionan o bien la introducción de datos es interpretable por el usuario, pero la salida de resultados es objetiva. En cuanto al formato tanto de entrada de datos como de salida de los resultados, en su mayoría son cuantitativos y el tipo de datos coincide en forma tanto en la introducción de datos como en los resultados que se proporcionan para una misma herramienta. Asimismo, se puede intuir que los datos cuantitativos corresponden a los resultados o datos de entrada objetivos (todos los métodos de objetividad 1 emplean datos de entrada y proporcionan resultados cuantitativos) y los datos cualitativos corresponden a los resultados o datos de entrada interpretables por el usuario de la herramienta (las herramientas de objetividad 4 utilizan datos de entrada y proporcionan resultados cualitativos). No existe, según el análisis realizado, ninguna herramienta que esté diseñada explícitamente para medir circularidad en diseños en fase conceptual de desarrollo y que lo haga de forma completa, utilizando solo información ya conocida en esta fase temprana de desarrollo.

2.3 Creatividad en el diseño de producto

2.3.1 Definición de creatividad

Si bien se han establecido varias definiciones de creatividad a lo largo del tiempo, en términos amplios, la creatividad es la habilidad de enfocar el problema de forma diferente, reestructurándolo para llegar a soluciones y a posibilidades nuevas a las que no se había llegado con anterioridad (J. S. Linsey, Wood, & Markman, 2008). En el trabajo de (Oman, Tumer, Wood, & Seepersad, 2013) la creatividad se define como el proceso de evaluación de un problema de un modo inesperado o inusual para generar ideas novedosas, siendo pues la innovación, la creatividad que presenta utilidad para impactar en la sociedad. Las soluciones creativas son necesarias para romper con productos que solo presentan sus características básicas e introducir características que hagan que los consumidores tengan más interés y el diseño de productos de mayor medida al usuario, añadiendo utilidad y cubriendo el hueco que surge entre función y forma.

Por otra parte, se podría decir que la creatividad es la respuesta a un problema de forma que esta sea novedosa y apropiada, a la vez que útil y correcta (T. M. Amabile, 1983). Ésta se lleva a cabo a través de un proceso en el que un sujeto utiliza sus habilidades para generar soluciones y productos útiles y novedosos (Chulvi & González-Cruz, 2016). Shah et al. (2003) definen la creatividad como la intersección de novedad y utilidad. Más adelante, en Sarkar & Chakrabarti (2008), se propone como conclusión a estudios previos una definición común de la creatividad como la generación de ideas novedosas y útiles (Figura 32). Esta definición ha sido comúnmente adoptada en numerosos estudios, por ejemplo, en Chulvi, Mulet, Chakrabarti, López-Mesa, & González-Cruz (2012) se afirma que la creatividad es un proceso mediante el cual un agente genera ideas, soluciones y productos que son novedosos y útiles. Sternberg & Lubart (1999) también indican que la creatividad es la habilidad de producir resultados novedosos y apropiados. Algunos autores han estudiado variantes de esta definición. Por ejemplo, el papel del significado como componente de la creatividad (Sääksjärvi & Gonçalves, 2018) o la influencia que tiene el número de ideas generadas en la creatividad de los resultados que surgen al aplicar técnicas creativas para resolver problemas de enunciados poco definidos (Kudrowitz & Wallace, 2013).

La novedad es el elemento que define la creatividad, si bien esta definición se suele completar comúnmente con la utilidad (Dean, Hender, Rodgers, & Santanen, 2006).

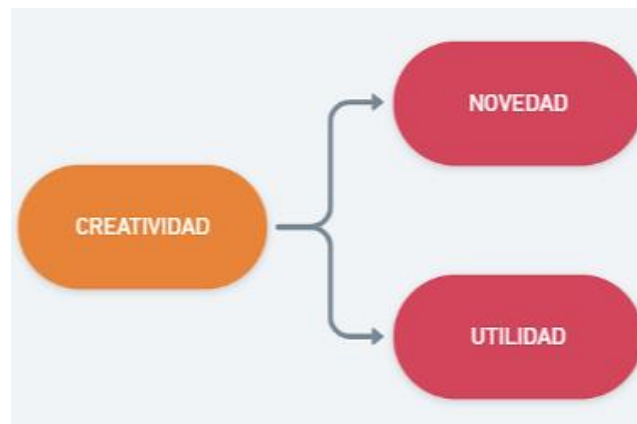


Figura 32. Definición de la creatividad.

En el trabajo de Alves, Marques, Saur, & Marques (2007) se muestra un resumen de las formas en las que la creatividad se ha conceptualizado a lo largo del tiempo: la personalidad individual facilitando la creación de nuevas ideas, como el proceso en sí de generar nuevas ideas, como los resultados del proceso creativo o como el entorno guiando hacia nuevas ideas y comportamientos. Asimismo, según Taylor (1988), la creatividad clasificaría en cuatro categorías: el entorno creativo, el producto creativo, la persona creativa y el proceso creativo y, Cropley & Cropley (2005) aportan que la creatividad debe proporcionar relevancia y efectividad, novedad, elegancia y ser general.

El proceso creativo, se define, por lo general y según Mccoy & Evans (2002) en las fases de acumulación de conocimiento, incubación de ese conocimiento, reconocimiento de la solución innovadora al problema y, por último, la transformación de esa visión en un producto útil y novedoso, aspectos que conforman su creatividad. La creatividad individual ha sido estudiada desde el campo de la psicología en numerosos estudios (Guildford, 1968; López-Martínez & Navarro-Lozano, 2008; Torrance, 1969) aunque en el ámbito del diseño de producto, el que los resultados sean creativos también depende del proceso creativo en sí (Csikszentmihalyi, 1998).

La creatividad es una característica innata del ser humano y uno de los factores más importantes al enfrentarse a nuevos retos en la ingeniería del diseño (T. Amabile & Amabile, 1996), ya que permite generar soluciones que cubran los nuevos problemas que aparecen en una sociedad cambiante, así como obtener nuevas formas de resolver productos para que estos cumplan sus funciones de una forma óptima. Mccoy & Evans (2002) establecen en su estudio varias dimensiones subyacentes a la creatividad a la hora de resolver un problema creativo: la naturaleza, que el trabajo suponga un reto, la libertad y la autonomía personal, el apoyo tanto de las condiciones físicas como psicológicas para requeridas para resolver la tarea, la coherencia en la dirección de trabajo, eliminar amenazas en el entorno de diseño, valorar cómo el *statu quo* puede estar en conflicto con la creatividad.

En una situación real de diseño de producto (Figura 33), la etapa de búsqueda de soluciones es aquella en la que la creatividad del diseñador está presente en mayor medida, por lo que es en las

primeras fases de diseño es donde más relevancia tiene la creatividad, ya que éstas son las fases más flexibles, donde se pueden llegar a muy variadas soluciones de diseño de entre las infinitas variables y posibilidades existentes de soluciones a problemas de diseño determinados. Así pues, el diseñador debe de resolver el problema de una forma creativa. En este contexto, una importante innovación en un producto es una solución realmente nueva y con una innovación radical (O'Connor, 2008) que, normalmente, viene acompañada de importantes mejoras, tanto en términos de producto como de sistema, en los que el usuario juega un papel importante en la forma final del producto (Abernathy & Utterback, 1978).



Figura 33. Etapa creativa del diseño de un producto.

La creatividad, por otra parte, también está también relacionada con la sostenibilidad. Según Kajzer Mitchell & Walinga (2017), mantener la sostenibilidad requiere de formas creativas de pensar, así como de nuevas ideas. Alcanzar la sostenibilidad a largo plazo requiere, también, de la generación de nuevas soluciones, lo que conlleva que la novedad está claramente ligada a la sostenibilidad (d'Orville, 2019). Esta idea también se defiende en otros estudios como en el de Lozano (2014), en el que se indica que la creatividad y el pensamiento creativo en particular son cruciales para cuestionar ciertos modelos mentales y construir sociedades más sostenibles. Kajzer Mitchell & Walinga (2017), por otra parte, mantienen que la sostenibilidad requiere formas de pensar creativas y nuevas ideas. Asimismo, en la actualidad se está empezando a sugerir que, también, las empresas y marcas deberían promover iniciativas de pensamiento creativo (Awan, Sroufe, & Kraslawski, 2019). En la Figura 34 se pueden ver dos ejemplos de productos que mediante la innovación han contribuido en gran medida a la implantación de la economía circular en sus respectivos sectores. A la izquierda, se puede ver una cápsula de café rellenable y, a la derecha, tapas reutilizables adaptables a distintos recipientes. En los dos casos, los productos contribuyen a disminuir el elevado número de residuos que su tipo de productos normalmente genera.



Figura 34. Ejemplos de productos circulares y creativos (“Cápsulas ecológicas,” n.d.; EcoInnova™, n.d.)

Además de lo apropiado de la solución, referente a la utilidad, la creatividad también puede involucrar otros aspectos y nuevas características como, por ejemplo, podría ser la circularidad. En estos términos, Charter (2018), afirma que el diseño para la economía circular requiere pensar en cómo introducir las características que proporcionarán circularidad al producto ya en las fases creativas de diseño. Por otra parte, Jawahir & Bradley (2016) afirman que la creación de valor en el producto a través de la circularidad requiere una forma de pensar visionaria, la cual combinen la creatividad con técnicas ya establecidas para implementar soluciones a problemas del “mundo real”. Como ya se ha visto, normalmente el término “apropiado”, en términos de calificar la solución, está relacionado con la utilidad o la factibilidad del producto, aspectos que, junto con la novedad, conforman la creatividad del producto. El cumplimiento de las demandas que necesita satisfacer el producto para que el diseño sea completo y disponga de todas las funciones que sea necesario, además de los requisitos específicos del problema que está resolviendo, determina lo apropiado que es el producto, según su grado de cumplimiento. Así, siendo que las demandas de circularidad se convierten en requisitos de diseño de cara a introducir el modelo de economía circular en el diseño de un producto, su cumplimiento determina, en este caso, lo apropiado que es el resultado, jugando un rol muy importante en la definición del producto junto con la novedad del mismo e intuyendo, así, la fuerte relación de la circularidad con la novedad y, por tanto, la creatividad.

2.3.2 Medición de la creatividad en el diseño de productos

Para poder cuantificar la creatividad de un producto, es necesario la existencia de métricas que los evalúen de forma objetiva y teniendo en cuenta todos los aspectos necesarios para una evaluación coherente, correcta y objetiva. El poder valorar la creatividad es muy importante y crucial para una correcta detección de los aspectos en los que el producto es menos creativo y ayudar, así, a su desarrollo (Jordanous, 2012). Mediante la medición de la creatividad en la etapa conceptual de diseño se presenta la oportunidad a los ingenieros de diseño de elegir la propuesta de diseño apropiada de manera efectiva (Oman et al., 2013).

Existen numerosos métodos para evaluar la creatividad en productos y en diversos estudios de numerosos autores se han hecho colecciones y clasificaciones de los mismos a lo largo del tiempo (Bahill et al., 1998; Chulvi, Mulet, & González-Cruz, 2012; Higgins, 1994; Jones, 1970; Oman et al., 2013; Ranjan, Siddharth, & Chakrabarti, 2018; Shah et al., 2003; VanGundy, 1988). Algunas de las herramientas más relevantes, por ser las más extendidas y completas en este campo

se describen a continuación, mostrando su funcionamiento básico y de qué modo evalúan la creatividad.

MÉTODO SAPPPhIRE (Chakrabarti, Sarkar, Leelavathamma, & Nataraju, 2005)

El método SAPPPhIRE es un modelo de causalidad que puede ser utilizado para comparar un grupo de productos con uno estándar de la misma clase, representando la innovación en cada uno de los siguientes niveles del producto: State – Action – Part – Phenomenon – Input – oRgan – Effect (Estado – Acción – Componente – Fenómeno – Entrada – Órgano - Efecto). El modelo trata de adaptarse a la forma en la que los ingenieros diseñan conceptos técnicos (Ranjan, Venkataraman, & Chakrabarti, 2012; Srinivasan & Chakrabarti, 2010) y mide la novedad relativa entre productos. En la Figura 35 se muestra el esquema jerárquico de los distintos niveles de abstracción que forman el modelo.

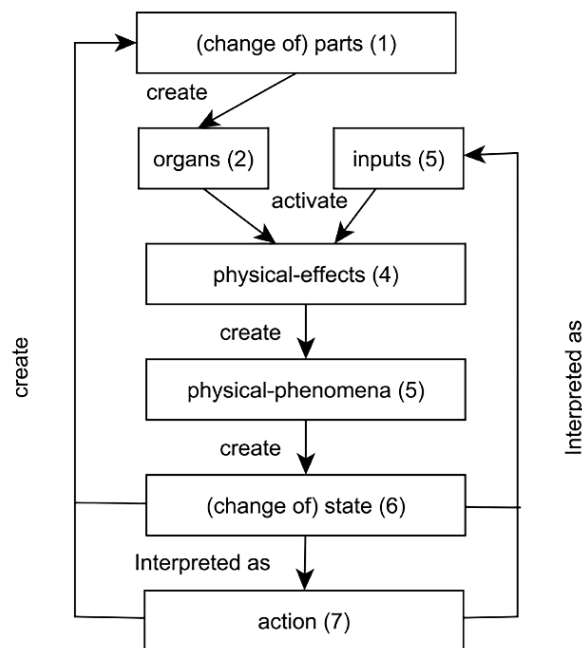


Figura 35. Niveles del modelo SAPPPhIRE (Chakrabarti et al., 2005).

“Action” es el nivel de abstracción más alto, entendido como la interpretación de un cambio de estado o de la aportación de algún elemento nuevo. “State”, se refiere a los atributos y a los valores que definen las propiedades de un sistema particular, en un instante dado en el tiempo durante su funcionamiento. “Phenomenon”, habla en términos del conjunto de cambios potenciales asociados a un efecto físico determinado, que, a su vez, es la ley natural que rige ese cambio. Los “oRgan” son los contextos estructurales necesarios para activar un efecto físico (“Effect”) y las “Parts” son los componentes físicos que forman un “Organ”. De esta manera, las “Parts” son necesarias para crear “Organs” que, junto con los instrumentos necesarios, activan los efectos físicos (“Effect”) necesarios para generar un cambio de estado. Esto último es interpretado, a su vez, como una acción de entrada (“Action”), que crea o activa a un componente (“Part”).

Para identificar la novedad relativa, el aspecto que el método evalúa, el mayor nivel de novedad (novedad muy alta) corresponde a aquellos productos que satisfacen un función o acción por primera vez; un cambio a nivel de estado o de input, representa el siguiente nivel de novedad

(novedad alta); un nivel algo más bajo de novedad (novedad media), se refiere a cambios en los niveles de fenómeno o efecto y el siguiente nivel, el de menor novedad (baja novedad), se corresponde con aquellos sistemas en los cuales un producto difiere de otros solo por cambios en los niveles de “Organ” o “Part”. Para determinar los cambios, se establece una solución estándar para el problema de diseño y se comparan con ella las distintas propuestas de diseño, para establecer a qué nivel se producen los cambios. Los diseños evaluados se ordenan según el nivel y cantidad de cambios y el resultado se expresa de forma ordinal.

En el trabajo de Sarkar & Chakrabarti (2008), por otra parte, se combinan la novedad obtenida como resultado de la aplicación del método SAPPPhIRE con la utilidad del producto, calculada tan y como se muestra en la Ecuación 1:

$$U = L \times (F \times D) \times R$$

Ecuación 1. Cálculo de la utilidad según Sarkar & Chakrabarti (2008).

Siendo,

L = nivel de importancia de la función del producto

F = frecuencia de uso (cuántas veces es utilizado el producto por un usuario)

D = duración del beneficio por uso

R = ratio de popularidad de uso (cuánta gente usa el producto)

Para la puntuación de estos parámetros se les da un valor según su grado de cumplimiento de cada parámetro. Por último, para la obtención de la puntuación final, los resultados de utilidad se transforman en un orden, para coincidir en formato con los de novedad y se calcula el producto entre ellos.

MÉTODO DE Ranjan, Siddharth, & Chakrabarti (2018)

Este método de evaluación de la creatividad computa su resultado mediante el Grado de satisfacción de los requerimientos (DRS) y la novedad de las soluciones que se evalúan. En primer lugar, se construye un árbol de requerimientos y subrequerimientos y se les da peso según su importancia. A cada requerimiento se le asigna una puntuación de satisfacción de entre 0 y 1 según cómo se cumpla en la solución. La puntuación final de DRS se computa mediante una media ponderada de cada puntuación y su importancia para cada grupo de subrequerimientos. La novedad se obtiene mediante el método SAPPPhIRE (Chakrabarti et al., 2005). La puntuación de creatividad se calcula mediante el producto del grado de satisfacción de los requerimientos y la novedad de cada solución (Ecuación 2).

$$\text{Creatividad} = \text{Grado de Satisfacción} \times \text{Novedad}$$

Ecuación 2. Cálculo de la Creatividad según (Ranjan et al., 2018).

MÉTODO CPSS (O'Quin & Besemer, 1989, 2006)

La Escala Semántica de Productos Creativos (*Creative Product Semantic Scale*, CPSS) es una taxonomía de pares de adjetivos (subescalas bipolares) que conceptualizan tres dimensiones de los atributos del producto: novedad, resolución y estilo (elaboración y síntesis) para, así, evaluar la creatividad del producto. A su vez, estas dimensiones se dividen en subdimensiones, las cuales contienen a los pares de adjetivos. El método es apto para aplicarse en diversas etapas del proceso de diseño.

En cuanto a su funcionamiento, cada uno de los parámetros que conforman las dimensiones, es decir, cada par de adjetivos (55 en total), se puntúa en una escala Likert de 7 puntos, siendo el producto más creativo, cuanto mayor puntuación obtenga. En la Tabla 13, se pueden ver algunos de los pares de adjetivos que se evalúan:

DIMENSIÓN	SUBDIMENSIONES	SUBESCALAS BIPOLARES
Novedad	Original	Usual/Inusual
		Novedoso/Predecible
	Sorprendente	Sorprendente/Tradicional
		Chocante/Corriente
	Germinal	Revolucionario/Corriente
		Radical/Anticuado
Resolución	Útil	Operable/Inoperable
		Útil/Inútil
	Valioso	Importante/Sin importancia
		Necesario/Innecesario
	Lógico	Lógico/Ilógico
		Adecuado/Inadecuado
Estilo	Orgánico	Organizado/Desorganizado
		Completo/Incompleto
	Elegante	Encantador/Repelente
		Atractivo/No atractivo
	Complejo	Complejo/Simple
		Interesante/Aburrido
	Entendible	Entendible/Misterioso
		Claro/Ambiguo
	Elaborado	Hábil/Torpe
		Experto/Inepto

Tabla 13. Algunos de los parámetros del método CPSS (Christiaans, 2002)

MÉTRICA DE Shah et al. (2003)

Esta herramienta, se basa en la evaluación de la creatividad de un conjunto de propuestas de diseño conceptual, según la novedad de cada una de las funciones que el producto satisface, la variedad en cómo cada una de las funciones del producto está resuelta, la calidad de las ideas y, finalmente, según la cantidad de ideas generadas. El añadir los parámetros de variedad y cantidad hace que la evaluación se extienda hacia el proceso creativo, más allá del diseño de producto. Se han desarrollado por parte de diversos autores refinamientos de esta métrica que ahondan en este aspecto, algunos de ellos son, para la variedad, los de J. Linsey (2007); Nelson et al. (2009); Peeters, Verhaegen, Vandevenne, & Duflou (2010). En cuanto a la novedad se pueden encontrar en la literatura los refinamientos de Fiorineschi, Frillici, & F. (2020); Peeters et al. (2010), entre otros. El proceso de uso de la métrica, por otra parte, es el siguiente:

- Después de haber identificado las funciones que satisface el concepto y de qué manera, se establece la novedad para cada una de ellas, de acuerdo a uno de los dos enfoques que se plantean: definiendo lo que no es novedoso o contando cuántas veces se repite cada solución en el conjunto de ideas evaluadas. Se obtiene una puntuación final de novedad para cada idea ponderando cada una de las funciones y escenarios.
- En cuanto a la variedad, se examina cómo se satisfacen las funciones y se agrupan según cómo de diferentes sean las ideas entre ellas. Si la misma función se satisface con distintos principios físicos estas ideas serán muy diferentes, en cambio, si solo se diferencian en algunos detalles estas serán menos variadas, pasando por los niveles de principios de trabajo y materialización (Figura 36).

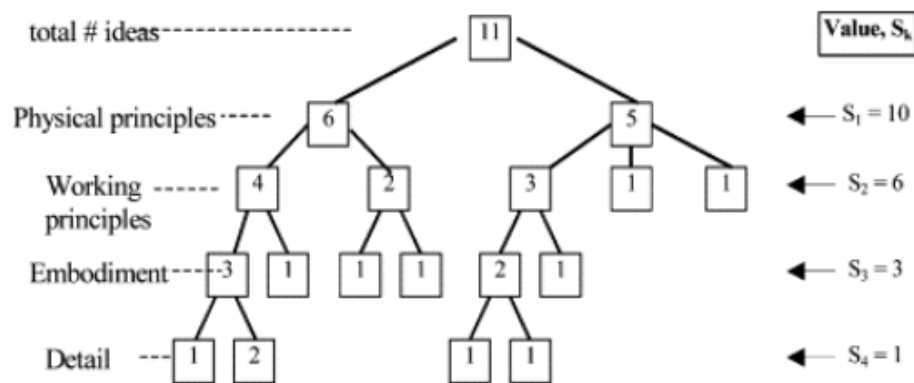


Figura 36. Ejemplo de cálculo de variedad (Shah et al., 2003)

- La calidad de las ideas se obtiene como medida independiente evaluando la factibilidad técnica y el rendimiento de las alternativas de diseño. Los autores proponen utilizar algún método ya existente para este fin, como puede ser los de tipo QFD y, posteriormente, sumar todas las puntuaciones de las alternativas para tener una puntuación total del grupo.
- Finalmente, la cantidad de ideas representa el número total de ideas generado durante un tiempo determinado.

ESCALA DE Moss (1966)

Esta herramienta fue una de las pioneras en la evaluación de la creatividad. Valora la creatividad de productos a través de la valoración de su utilidad y de lo usual que éste es. La utilidad se valora por comparación con un producto estándar (“solución del profesor”) y lo usual que éste es se mide en términos de probabilidad de que la idea que se está valorando se repita dentro de un grupo de soluciones. Es un método comparativo por lo que, para una correcta evaluación el usuario de la herramienta tiene que estar familiarizado con el tipo de productos que se está evaluando, pudiendo realizar de esta manera las comparaciones de forma oportuna (Chulvi, Mulet & González-Cruz, 2012). La utilidad y lo usuales que son los productos se valora con una escala de entre 0 y 3 (Tabla 14). Para obtener la puntuación de creatividad estos valores se multiplican. Es aplicable en cualquier etapa de diseño, desde la fase conceptual.

PRÁMETRO A EVALUAR	PUNTUACIÓN			
	0	1	2	3
Utilidad	El diseño no satisface los requerimientos			La solución es mejor que la “del profesor”
Usual	La solución es muy común			La solución es excepcionalmente original

Tabla 14. Aplicación de la Escala de Moss.

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL INNOVATIVO (EPI) (Justel, 2008)

En este método se obtiene la creatividad de propuestas de diseño conceptuales evaluando su potencial innovador. Mediante la valoración de requisitos de diseño innovadores se evalúa la novedad, el potencial de innovación del diseño conceptual y los factores de éxito empresarial.

En lo que respecta a la creatividad, la novedad se obtiene según el tipo de innovación que se obtiene con el concepto de entre innovación incremental, moderada o radical. Para evaluar el potencial de innovación, el usuario completa una matriz (Figura 37) en la que se ponderan los requisitos según su importancia, se valora la innovación de los conceptos y se puntúa el cumplimiento de cada uno de los requisitos en las propuestas de diseño conceptual, obteniéndose el Potencial Absoluto resultante mediante una relación de las correlaciones entre requisitos y conceptos, la ponderación de cada requisito y el grado de novedad.

		Diseños conceptuales						
				2				
		Grado de novedad						
Nº	Requisitos de diseño	Ponderación requisito						
1								
2	1					3		
3								
4								
5								
		Potencial absoluto						
		Potencial relativo						
Variables de influencia		Factor de ponderación						
Comparación mercado								
Eficiencia económica				4				
Evaluación comercial								
Encaje estratégico								
POTENCIAL INNOVADOR								
Patentabilidad								5
ORDEN DE IMPORTANCIA								

Correlaciones	
Satisfactoria	9
Media	3
Débil	1

Figura 37. Matriz del método EPI (Justel, 2008).

A modo de resumen, en la Tabla 15, se muestra la información obtenida en cada una de las herramientas sobre cómo interpretan la medición de la circularidad, es decir, con qué parámetros la miden y de qué manera se realizan las distintas mediciones.

HERRAMIENTA	RECURSO	PARÁMETROS CON LOS QUE MIDE LA CREATIVIDAD	FORMA EN LA QUE SE REALIZA LA MEDICIÓN
Método SAPPPhIRE	Chakrabarti et al. (2005)	Solo proporciona resultado de Novedad.	Mediante los niveles del producto de Estado, Acción, Componente, Fenómeno, Entrada, Órgano Y Efecto. Comparación con producto estándar en cada nivel y establecimiento de un orden.
Método SAPPPhIRE (ampliación)	P Sarkar & Chakrabarti, (2008)	Novedad y Utilidad (siendo utilidad una relación entre Importancia, Frecuencia de uso, Duración del beneficio y Ratio de popularidad).	Método SAPPPhIRE para obtener la novedad. Selección de valores en una escala discreta y mediante fórmulas matemáticas. El resultado obtenido es un orden.
Método de Ranjan et al.	Ranjan et al. (2018)	Satisfacción y Novedad	Mediante ponderación de requerimientos y su grado de cumplimiento (satisfacción) y mediante el método SAPPPhIRE (novedad).
Escala Semántica de Productos Creativos (CPSS)	O'Quin & Besemer (1989, 2006)	Pares de adjetivos opuestos referentes a aspectos de Novedad, Resolución y Estilo.	Escala Likert de 7 puntos para cada par de adjetivos.
Métrica de Shah	Shah et al. (2003)	Novedad, Variedad, Calidad y Cantidad.	Por comparación entre ideas y de forma cuantitativa.
Escala de Moss	Moss (1966)	Utilidad y la Rareza del producto.	Comparación con producto estándar. Selección de valores en escala.
Evaluación del potencial innovativo (EPI)	Justel (2008)	Requisitos de diseño, Novedad, Potencial de innovación del diseño y Factores de éxito empresarial	Selección de entres tres opciones. Completar matriz. Estableciendo puntuaciones. Puntuación obtenida mediante ponderación y correlaciones.

Tabla 15. Resumen de las herramientas de medición de la creatividad existentes.

Como se puede ver, una de las formas más comunes de evaluar, es buscando soluciones similares en el espacio del producto y mediante comparación, ya sea entre los mismos resultados de diseño o entre productos ya existentes y aspectos de la industria, es decir, identificando características y productos existentes para su comparación, lo que coincide con el estudio de Ranjan et al. (2018). Además, la recopilación de Chulvi et al. (2012), también coincide en que los parámetros más utilizados de medición de la creatividad en las herramientas es la combinación de los niveles de utilidad y novedad, aunque, dependiendo del estudio, los términos utilizados pueden variar, siempre se refieren a lo nuevo que es el producto (“novedad” o “rareza”, entre otros) y a el grado en el que se cumple una función determinada, que es necesario que esté presente en el producto (“utilidad”, “resolución” o “grado de cumplimiento”, entre otros), siempre se puede hablar en

términos de novedad y utilidad. Además, en muchos de los casos, también se utilizan escalas de valores cuantitativas discretas, en las que el usuario debe de elegir uno de los valores para puntuar el parámetro correspondiente, según se corresponda con las descripciones dadas para cada uno de los valores a elegir.

Por tanto, las herramientas que la literatura propone para evaluar la creatividad en propuestas de diseño conceptual o productos se basan en la combinación de la novedad y lo apropiado que es el producto (en alguna de sus formas, normalmente la utilidad) y otorgan una puntuación de forma cuantitativa que permite la evaluación de una forma objetiva.

2.4 Herramientas que combinan circularidad y creatividad

Al realizar la búsqueda de herramientas de evaluación o de guía en el proceso de diseño sobre creatividad y circularidad no se ha encontrado ninguna que mida la creatividad combinada junto con la circularidad. No obstante, las herramientas más similares a esta combinación son aquellas que integran la innovación y la sostenibilidad. Estas herramientas son las planteadas por Bocken, Allwood, Willey, & King (2012) y por López-Forniés, Sierra-Pérez, Boschmonart-Rives, & Gabarrell (2017). En línea con el análisis realizado en el Subapartado 2.2.3.1.1 del presente Capítulo, se muestran en la Tabla 16 la Tabla 17, las distintas características de las dos herramientas en términos de su aplicabilidad a conceptos.

HERRAMIENTA	TIPO DE HERRAMIENTA	FASE DE DISEÑO PARA LA QUE ESTÁ DISEÑADA	INFORMACIÓN NECESARIA	TIPO DE DATOS DE ENTRADA	TIPO DE DATOS DE SALIDA	OBJETIVIDAD
Eco ideation process (Bocken et al., 2012)	Evalúa y guía en el proceso de diseño	Distintas fases del proceso de diseño	Emisiones de efecto invernadero del producto por parte de los materiales de origen, el proceso de fabricación, la distribución, el uso y la disposición en el fin de vida.	Cuantitativos	Cualitativos	2
Eco-innovation process (López-Forniés et al., 2017)	Evalúa	Fase conceptual	Para cada concepto, se debe evaluar la novedad, utilidad, factibilidad e impacto ambiental, estableciendo una puntuación según los criterios que se indican.	Cuantitativos	Cuantitativos	3

Tabla 16. Análisis de las herramientas que combinan creatividad y sostenibilidad I.

HERRAMIENTA	SE PUEDE APLICAR DIRECTAMENTE A CONCEPTOS (qué parámetros)	NO SE PUEDE APLICAR DIRECTAMENTE A CONCEPTOS (qué parámetros)	SE PUEDE APLICAR A CONCEPTOS DEPENDIENDO DEL GRADO DE DESARROLLO DEL CONCEPTO (qué parámetros)	CÓMO SE PODRÍA APLICAR A CONCEPTOS	DIFICULTADES PARA UTILIZAR CON CONCEPTOS
Eco ideation process (Bocken et al., 2012)	Ningún parámetro	Para todos los parámetros	Ningún parámetro	Se podría utilizar la herramienta con otros datos de partida, ya que, si al inicio se compararan datos de los que se dispone en fase conceptual, el resto del método sí que se podría utilizar.	La herramienta trabaja con datos concretos de resultados de LCA de los cuales no se dispone en la fase conceptual de diseño.
Eco-innovation process (López-Forniés et al., 2017)	-NOVEDAD -UTILIDAD -FACTIBILIDAD	-IMPACTO AMBIENTAL	Ningún parámetro	Se puede utilizar con conceptos, pero estimando los datos de impacto ambiental o utilizando datos estándar.	Los datos de análisis de impacto ambiental que utiliza son demasiado concretos para que estén ya establecidos en un concepto.

Tabla 17. Análisis de las herramientas que combinan creatividad y sostenibilidad II.

ECO-INNOVATION PROCESS (López-Forniés et al., 2017)

En esta métrica, los autores proponen evaluar la eco innovación en propuestas de diseño conceptual. Para ello, combinan en una fórmula sencilla la novedad (N), la utilidad (U), la factibilidad técnica (T) y el impacto ambiental (E) (Ecuación 3).

$$CP \text{ (Creative Product)} = N \times U \times T \times E$$

Ecuación 3. Medición de la eco innovación (López-Forniés et al., 2017)

La posible utilización de esta métrica en conceptos ya se ha estudiado en el apartado 2.4. En este caso prestando atención a su forma de evaluar la creatividad. Esto se lleva a cabo, nuevamente, con la combinación de la novedad y de lo apropiado que es el concepto (combinando la utilidad y la factibilidad técnica). Para determinar estas tres puntuaciones en cada uno de los aspectos, se establece una escala de puntuaciones discretas de cuatro niveles: 1, 0.7, 0.3 y 0.1, para cada una de ellas, cada nivel se define en las Tablas de la 18 a la 20:

NOVEDAD	PUNTUACIÓN	SIGNIFICADO
Alta	1	El producto derivado del concepto será nuevo para el mercado: no existe o no se puede comparar.
Media	0.7	El concepto existe en el mercado, pero no con la característica específica con la que se diseña, esto podría suponer una novedad.
Baja	0.3	El concepto ya existe en el mercado, pero se utiliza para otras aplicaciones.
Sin novedad	0.1	El concepto ya existe en el mercado para la misma aplicación, aunque difiere en algunos aspectos.

Tabla 18. Medición de la novedad según López-Forniés et al. (2017)

UTILIDAD	PUNTUACIÓN	SIGNIFICADO
Alta	1	El concepto resuelve un problema existente o es la solución a una nueva aplicación.
Media	0.7	El concepto resuelve parte de un problema existente de forma independiente.
Baja	0.3	El concepto resuelve parte de un problema existente bajo ciertas circunstancias, dependiendo de factores externos.
Sin utilidad	0.1	El concepto resuelve parte de un problema existente bajo ciertas circunstancias, pero esto ya está resuelto de manera más sencilla.

Tabla 19. Medición de la utilidad según López-Forniés et al. (2017)

FACTIBILIDAD	PUNTUACIÓN	SIGNIFICADO
Alta	1	Fácil de realizar, se puede obtener sin inversión y no son necesarios cambios técnicos en la cadena de producción.
Media	0.7	Para implementar el concepto, son necesarios algunos cambios en la cadena de producción, requiriendo algo de inversión.
Baja	0.3	Los cambios son relevantes y se necesita un alto nivel de inversión. La tecnología de la compañía puede verse afectada.
Sin factibilidad	0.1	Los cambios que se necesitan son difíciles de conseguir. Se necesita una inversión muy alta.

Tabla 20. Medición de la factibilidad según López-Forniés et al. (2017)

Así, el usuario puede elegir la puntuación para cada parámetro que más concuerde con el concepto que se está evaluando para obtener una valoración global de la eco innovación del mismo. En cuanto a la parte ambiental del método, esta se basa en análisis de LCA y, para poder realizar los cálculos de impacto correspondientes, los autores proponen modelar los conceptos en softwares de diseño 3D para, a partir de ellos, poder estimar datos de dimensiones, masas y demás especificaciones del producto. El definir a este nivel de detalle el producto va más allá de la fase de diseño conceptual por lo que, en este caso, no se evalúa el impacto ambiental de conceptos como tal.

ECO IDEATION PROCESS (Bocken et al., 2012)

Esta herramienta es una matriz de ayuda a la toma de decisiones en el diseño (Figura 38), con ella se estudia el beneficio potencial, en términos de impacto ambiental, de una opción de diseño innovadora frente a la dificultad de su implementación. Así, la herramienta trabaja con todas las fases de vida del producto y ayuda a evaluar ideas innovadoras para alargar cada una de las etapas de su ciclo de vida, teniendo en cuenta la sostenibilidad. Aunque la herramienta no trabaja en términos de gas de efecto invernadero, sí que es necesario haber realizado un análisis LCA previo de los productos a evaluar. Los pasos para el uso de la herramienta son los siguientes:

- Identificar fases con mayores emisiones (es necesario un análisis LCA previo)
- Aportar ideas y su potencial de reducción de impacto para las fases de mayores emisiones
- Valorar la dificultad de implementación de las ideas
- Completar la matriz con las distintas opciones obtenidas

Como resultado se obtiene una serie de pasos de ayuda a la mejora del impacto ambiental del producto mediante ideas innovadoras para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero en cada fase del ciclo de vida del producto (o en alguna de ellas). La herramienta ayuda a detectar las fases del producto en las que se puede reducir el impacto ambiental del mismo y guía al usuario en la generación de ideas que persigan ese objetivo en las fases correspondientes.

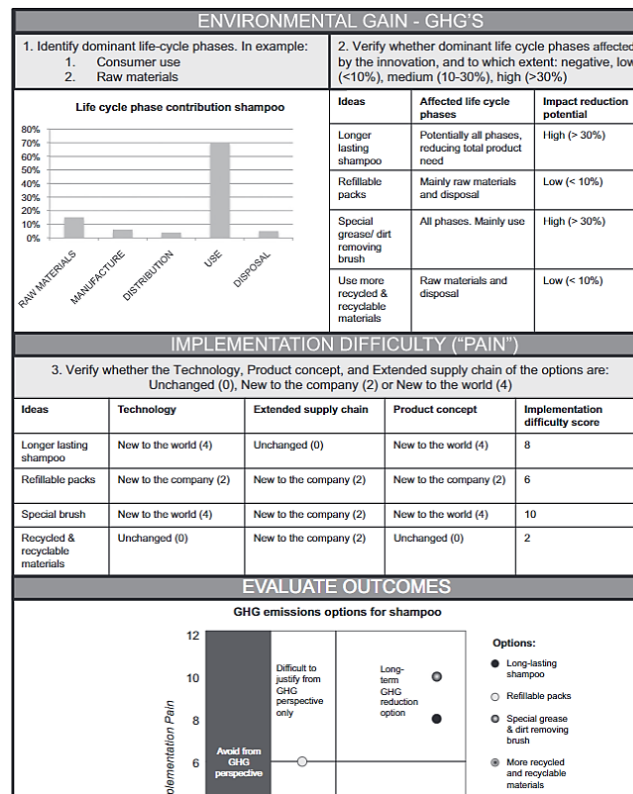


Figura 38. Extracto de la matriz de evaluación de (Bocken et al., 2012)

2.4.1 Comparación de las herramientas que combinan circularidad y creatividad

Como se puede ver, ambas herramientas se basan en resultados, evalúan. Si bien la primera de ellas (Bocken et al., 2012) también sirve como guía en el proceso de diseño, a la vez que pasa por todas sus fases. En cambio, la herramienta de López-Forniés et al. (2017) está diseñada para ser utilizada en la fase conceptual de diseño. En cuanto a cómo tratan las herramientas la evaluación de la circularidad, esta última realiza un análisis LCA sobre los conceptos. Para ello, los conceptos deben de ser modelados mediante un software 3D con el fin de conocer todas sus características específicas, pero, según lo visto anteriormente en este capítulo de la Tesis, en esas condiciones se estaría hablando de un diseño preliminar, no de un producto en fase conceptual. En cuanto a la herramienta de (Bocken et al., 2012), ésta se basa en las emisiones de efecto invernadero de los productos que evalúa por lo que, para ser aplicada en conceptos se tendrían que estimar esos datos a partir de datos estándar por lo que la evaluación perdería rigurosidad con respecto al concepto que se está evaluando. En cuanto a la evaluación de la creatividad, esta herramienta no la evalúa como tal, sino que es una matriz de toma de decisiones que ayuda al diseñador a moverse por todas las fases del producto según sus emisiones de efecto invernadero. Por lo que respecta a la herramienta de López-Forniés et al. (2017), ésta evalúa la creatividad mediante los parámetros habituales (novedad, utilidad, y factibilidad). Como se puede ver, estas dos herramientas evalúan la creatividad y circularidad de forma conjunta, en cierta manera, pero no son del todo aplicables a productos en fase conceptual de desarrollo, aunque se podrían aplicar a conceptos estimando cierta información. No se han encontrado métodos de evaluación de la creatividad en diseños de producto en fase conceptual que tengan como objetivo evaluar otros aspectos de los mismos,

como podría ser la circularidad. Si bien la herramienta de López-Forniés et al. (2017) sí que tiene en cuenta aspectos de sostenibilidad en su métrica, esta parte de la misma se basa en análisis de LCA, por lo que se necesita para su aplicación conocer aspectos muy concretos del producto que todavía no están establecidos en la etapa conceptual del diseño de producto.

2.5 El diseñador frente a la creatividad y circularidad

Como se ha visto durante el desarrollo de todo el capítulo, los diseñadores deben proponer conceptos que satisfagan los requerimientos tanto de los consumidores como en términos de ingeniería (Oman et al., 2013) y, en este caso, la población quiere productos circulares y creativos. Además, numerosos autores afirman que el diseño sostenible necesita creatividad (d'Orville, 2019; Kajzer Mitchell & Walinga, 2017; Lozano, 2014). Ayudar a los diseñadores en este tipo de tareas ha sido la motivación detrás de la creación de muchos métodos de diseño.

A lo largo del tiempo se han desarrollado numerosos métodos de diseño. Para alcanzar los objetivos de esta Tesis se emplearán varios de ellos. En concreto, en el Método 6-3-5 (Rhorbach & B., 1969) se dibujan y escriben ideas durante un periodo de tiempo y después estas se cambian con las del compañero de al lado, hasta que cada uno en el grupo ha trabajado con todas las ideas. Por otra parte, la biomimética se refiere al proceso de utilizar las soluciones de diseño eficientes de la naturaleza como inspiración para la innovación dentro de la ingeniería (Wadia & McAdams, 2010). Hay numerosas opciones para proporcionar inspiración sobre biomimética, como el *Animal Crackers* (Grossman & Lloyd, 2006) el juego de cartas *Life's Principles of Biomimicry 3.8* ("Life's Principles Play Deck - Biomimicry 3.8," n.d.) o la base de datos *Ask Nature* ("AskNature - AskNature," n.d.). Los estímulos aleatorios externos (DeBono, 1970) por otra parte, han sido utilizados en la investigación creativa en numerosos estudios, como en Chakrabarti & Tang (1996), Altshuller (1999) y T. Howard, Culley, & Dekoninck (2008); T. J. Howard, Culley, & Dekoninck (2011).

Los factores personales intrínsecos del diseñador pueden afectar a la novedad de las propuestas que se generan en una sesión creativa (Toh, Miller, & Kremer, 2012). La motivación se muestra en la literatura como una competencia crítica en el desempeño de los diseñadores (Robinson, Sparrow, Clegg, & Birdi, 2005). Se define como la participación en una actividad con un interés y percepción de disfrute inherentes y con una asociación a un resultado de valor (Kunrath, Cash, & Kleinsmann, 2020). La motivación se entiende también como una fuerza que mueve la interacción y pertenece a la persona, pero que también puede estar causada por el sistema (Schibelsky, Piccolo, Cecília, & Baranauskas, 2012). La motivación intrínseca (IM) es el deseo de una persona de llevar a cabo una actividad por sí misma y no por el fin alcanzado en sí mismo (Lepper, Greene, & Nisbett, 1973). Una actividad puede considerarse intrínsecamente motivadora si proporciona valor al individuo sin ninguna fuente externa de satisfacción, especialmente satisfaciendo las necesidades humanas de manipulación, curiosidad y exploración (Staw, 1989). Algunos factores pueden influenciar la IM, por ejemplo, el aspecto controlador puede disminuirla y el aspecto de retroalimentación la aumenta a través de la mejora del sentido de competencia de la persona (Deci, 1972). A diferencia de la motivación intrínseca, la motivación extrínseca se centra en la recompensa externa, que impulsa el comportamiento de la persona. La motivación es uno de los aspectos esenciales de la conducta creativa y algunos estudios afirman que la capacidad

de resolución de problemas no es suficiente si no hay deseo de resolver el problema (Zimmerman & Campillo, 2003).

T. Amabile & Amabile (1983; 1996) realizó una serie de experimentos que sugieren que el grado de creatividad alcanzado se reduce conforme la IM disminuye. Este argumento ha sido ampliado por Morosanu (2018), quienes también postulan que la IM aumenta la creatividad, mientras que la orientación extrínseca puede inhibirla. Un argumento frecuentemente defendido al respecto es que la IM ayuda a los individuos a generar ideas creativas porque se sienten entusiasmados con su trabajo y mantienen el interés en llevar a cabo la tarea (Elsbach & Hargadon, 2006). Sin embargo, los resultados de muchos de los estudios que tratan de establecer una relación entre la motivación y la creatividad realizados hasta la fecha han sido poco significativos (Shalley & Perry-Smith, 2001; Shalley, Zhou, & Oldham, 2004). Gilson, Lim, D’Innocenzo, & Moye (2012) afinaron un poco más la búsqueda distinguiendo entre los tipos de creatividad. Sus resultados muestran que la IM tiene una relación estadísticamente significativa con la innovación radical pero no con la innovación incremental. Además, Medeiros, Aguirre González, de Oliveira Ferreira, de Melo, & de Vasconcelos (2017) incluyen la IM como una de las catorce líneas que se asocian positivamente con el desarrollo de técnicas creativas.

La motivación intrínseca también se correlaciona con el comportamiento de minimización de desechos (Gilli, Nicolli, & Farinelli, 2018). En este punto, las personas con una fuerte concienciación ambiental llevan a cabo comportamientos ambientales por su cuenta, sin esperar ningún tipo de recompensa externa (Van der Werff, Steg, & Keizer, 2013). Los diseñadores, por otra parte, tienen una motivación intrínseca para reducir el impacto en el medio ambiente y la sociedad de los productos que diseñan, según (Sumter, Bakker, & Balkenende, 2017), lo cual también está relacionado con el diseño de productos circular.

Por lo tanto, a pesar de que hay estudios que apuntan a una correlación entre la motivación intrínseca y la creatividad, otros trabajos limitan este efecto solo a los casos de innovación radical. Consecuentemente, se necesita ir más allá en este concepto para verificar si la motivación intrínseca afecta directamente al factor de novedad y si tiene influencia en los resultados de la circularidad.

El concepto de relevancia surge de la premisa de que, si un usuario de un sistema de obtención de información tiene necesidad de información, es razonable decir que la información en ese sistema es relevante para la necesidad (W. S. Cooper, 1971). Según Schamber, Eisenberg, & Nilan (1990), la literatura tiene una visión de la relevancia como un concepto cognitivo multidimensional que depende de la percepción de los usuarios de la información y de sus situaciones de necesidad de información, que es dinámica pero medible si se aborda conceptualmente desde la perspectiva del usuario. La relevancia podría incluirse en el atributo de la intención (Cosijn & Ingwersen, 2000). Sin embargo, no se han encontrado estudios previos que relacionen la relevancia para los diseñadores del tema del problema de diseño con la novedad y la circularidad de los resultados que proporcionan para resolverlo.

La afinidad es una actitud innata e individual del ser humano que implica preferencias personales. Desde la perspectiva del diseño, es difícil utilizar estas actitudes innatas como un punto de partida en el diseño, ya que son innatas y personales, pero algunas actitudes parecen ser comunes, como la afinidad con algunos aspectos concretos. El diseño de productos, igualmente, refleja esas actitudes innatas (Stompff, 2003). El trabajo de Inoue et al. (2017) muestra que, en los problemas de diseño que implican afinidad y conocimiento sobre el problema, como una silla, dar a los

diseñadores poca información parece llevarles a presentar más variedad de alternativas conceptuales y hacerlas más inesperadas, comparadas con las obtenidas cuando se les da información más visual sobre el problema. Los resultados de varios estudios han demostrado que, un menor grado de empatía con el problema de diseño, conduce a un menor nivel de competencia en las soluciones de diseño conceptual. La empatía ayuda a descartar los conceptos iniciales a favor de mejores alternativas (Kim & Ryu, 2014). No obstante, Kim & Ryu (2014) también encontraron que un menor grado de empatía con el problema de diseño conduce a un mejor proceso de resolución del problema y, por consiguiente, a mejores alternativas de diseño. El significado de empatía coincide con el significado que le asignamos a la afinidad en esta Tesis. Por lo tanto, hay estudios que señalan que se logran los mejores resultados con una baja afinidad, pero que la variedad e imprevisibilidad aumentan con una alta afinidad. No se conocen estudios sobre el efecto de la afinidad en los resultados de circularidad.

También se ha observado que los diseñadores noveles tienden a resolver el problema por ensayo y error y no son conscientes de las estrategias de diseño que podrían ayudarles. Esto les lleva a pasar por alto parte de las necesidades de conocimiento que les ayudarían a resolver el problema (Ahmed, Wallace, & Blessing, 2003). Además, los expertos señalan más necesidades y recursos que son relevantes para la tarea en cuestión (Björklund, 2013). El proceso de diseño es altamente dependiente del contexto y este puede variar dependiendo del grado de conocimiento que el diseñador tenga sobre el problema (Löfqvist, 2010). La percepción de tener conocimiento y el procesamiento flexible del conocimiento son una de las influencias centrales de la creatividad. La creatividad requiere conocimiento y cuanto más rango y amplitud del conocimiento mejor, ya que la creatividad requiere de conocimiento para ser procesada (Chakrabarti, 2003). En la actividad de diseño, el conocimiento está influenciado por los agentes de percepción del contexto de diseño y el conocimiento del agente de diseño (Sim & Duffy, 2003). Sin embargo, no se han encontrado estudios que identifiquen una relación entre el conocimiento percibido de un tema y la circularidad de los resultados.

No existen, pues, estudios que relacionen la circularidad con la motivación, el conocimiento, la relevancia o la afinidad y sólo se relacionan la motivación y el conocimiento con la creatividad, considerándola en su conjunto. Sería interesante ampliar el conocimiento al respecto para mejorar el planteamiento de los problemas de diseño según los factores personales intrínsecos de cada diseñador.

Por otra parte, hay estudios que relacionan algunos de estos factores: la relación entre conocimiento y afinidad (Ito, Leung, & Huang, 2020) o la relación entre motivación y afinidad (Li, Bhowmick, & Sun, 2011; StGeorge, Holbrook, & Cantwell, 2014), pero no se ha encontrado ninguna investigación relacionada con la correlación entre los cuatro factores intrínsecos mencionados. Sería interesante conocer si están correlacionados para tener menos variables a controlar a la hora de gestionar la resolución de problemas de diseño, buscando mejorar el enfoque de este proceso.

2.6 Conclusiones del capítulo

El modelo de economía circular está empezando a ser una realidad, pero todavía queda mucho camino por recorrer para su total implantación. Este modelo se basa en el aprovechamiento de recursos manteniéndolos en circulación el mayor tiempo posible y lo más cerca del usuario posible. Es por ello que el diseño de productos tiene un papel esencial en la introducción de la economía circular en el consumo.

Siguiendo las estrategias de diseño apropiadas se puede conseguir que los productos se diseñen con ciertas características que hacen que su vida útil aumente y que sus materiales se aprovechen al máximo. Estas características son tales como la versatilidad, el diseño con materiales duraderos o el diseño de productos-servicio. De entre todo el proceso de diseño de un producto, la fase donde es más relevante introducir estos cambios que guíen al mismo a cumplir los objetivos de la economía circular, es la fase de diseño conceptual. Es en esta fase en la que se establecen las funciones del producto, así como su estética general, todo ello de una forma creativa, por lo que, siendo, también, una etapa flexible, es el momento en el que es más fácil introducir las características requeridas en el futuro producto.

Por otra parte, las herramientas de evaluación de productos tienen el fin de medir cómo el producto, ya sea que esté totalmente desarrollado, en proceso de desarrollo o en fase conceptual, cumple los objetivos o requerimientos de diseño. En concreto en la fase conceptual de diseño, pueden servir para elegir cuál de las propuestas que se han obtenido en esta fase creativa, cumple mejor estos objetivos y seleccionar cuál de ellas se sigue desarrollando. Hoy en día, existen métricas de evaluación de la economía circular en productos, así herramientas de ayuda al diseño circular, pero todas ellas, o bien están enfocadas a la evaluación de productos totalmente desarrollados, debido a la naturaleza de los parámetros que miden, o bien no cubren todos los aspectos que el paraguas de la circularidad abarca, se centran solo en algunos de ellos.

La creatividad, a su vez, también es un factor muy importante en el diseño de productos, mediante ella se pueden obtener soluciones a problemas de forma novedosa y apropiada, acorde a las características que se requiere cumplir, en este caso, las que promueven la circularidad en el producto. Los métodos de evaluación de creatividad, se definen, normalmente, por una combinación de novedad y utilidad, esto último como forma de representar lo apropiado que es el producto, y están consideradamente extendidos en el campo del diseño.

En la Figura 39, se pueden ver cómo se relacionan entre sí los distintos conceptos de los que se ha hablado a lo largo del capítulo. Partiendo de la relación existente entre la sostenibilidad, el diseño de productos, la creatividad, la economía circular, existen diversos conceptos que fomentan introducir estas características en el producto y que están relacionados entre ellos. Con un enfoque especial en la unión de la novedad y la circularidad, en concreto, en la evaluación de estos dos parámetros de forma conjunta, en la fase conceptual de diseño.

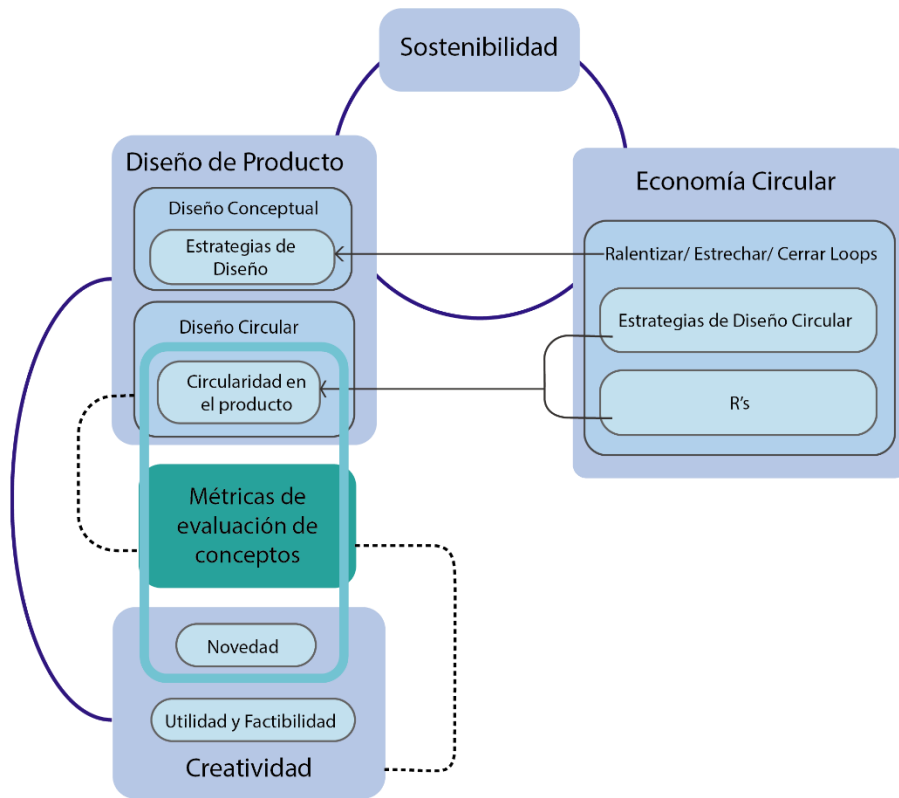


Figura 39. Relación de conceptos del capítulo (elaboración propia).

Es necesario, por tanto, un método que evalúe la circularidad y la novedad de forma conjunta en propuestas conceptuales de diseño, de una forma fiable, coherente y completa. De esta manera, se podría analizar de qué manera se cumplen estos requisitos en los nuevos productos y ayudar, así, a que éstos incorporen circularidad de una forma novedosa.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CREATIVIDAD Y LA CIRCULARIDAD EN EL PROCESO DE DISEÑO

En este capítulo, se plantean tres experimentos mediante los cuales se han obtenido resultados para analizar cómo afecta la introducción explícita de los requisitos de creatividad y circularidad en el proceso de diseño. Para ello, se han analizado las soluciones conceptuales obtenidas en los dos experimentos llevados a cabo, evaluándose cómo afectan a estos conceptos (en términos de novedad/creatividad y circularidad) los factores personales intrínsecos del diseñador, por un lado. Por otra parte, se ha estudiado cómo afecta a los conceptos generados la forma en la que se introducen estos dos requisitos: de forma explícita durante la aplicación del método creativo o de forma implícita en el enunciado del problema. En un tercer experimento se ha estudiado cómo afecta el condicionamiento de los estímulos aleatorios mediante biomimética a la creatividad y circularidad de las propuestas conceptuales generadas en el experimento.

-página en blanco-

3.1 Introducción

Para alcanzar el objetivo planteado en este capítulo (O2) se ha indagado en cómo afecta la introducción de la creatividad y la circularidad como requisitos en el proceso de diseño mediante el análisis de los factores personales intrínsecos del diseñador, de la forma de introducir los requisitos de circularidad en el método creativo y del condicionamiento de los estímulos aleatorios. Para ello, se han diseñado tres experimentos en los que, en cada uno de ellos, se modifica una de las variables para estudiar cómo influye el correspondiente cambio a los resultados. En los siguientes subapartados, se muestra el diseño de los tres experimentos, así como los resultados obtenidos en cada uno de ellos y su análisis estadístico. De la misma manera que se han escogido tres factores a estudiar que cubren aspectos distintos del proceso de diseño, las propuestas conceptuales generadas en los experimentos se han evaluado con distintas herramientas de las estudiadas en el Capítulo 2 de esta Tesis. Esto tienen como fin de estudiar en mayor profundidad cómo funcionan diversas métricas actuales aplicables en el marco de esta Tesis, tanto de evaluación de la circularidad como de evaluación de la novedad y creatividad. Las herramientas escogidas tienen una relevancia significativa en la literatura y tienen un buen grado de adaptabilidad para la evaluación de propuestas conceptuales de diseño.

3.2 Experimento I: Factores personales intrínsecos de los diseñadores durante el proceso de diseño

3.2.1 Objetivo del Experimento I

Este experimento corresponde al objetivo O2.1 de los planteados en el Capítulo 2, Subapartado 1.2.1 de esta Tesis. El objetivo de esta investigación es ampliar el conocimiento sobre las relaciones entre los factores personales intrínsecos de los diseñadores y el grado de novedad y circularidad obtenidas durante la fase conceptual de diseño. Como ya se ha mostrado en el Capítulo 2 de esta Tesis, se han considerado como factores personales intrínsecos la motivación como interés inherente hacia una actividad, la relevancia que el diseñador siente que tiene la misma, la afinidad del diseñador con el problema que se está resolviendo y la percepción de tener conocimiento sobre el mismo. Se han escogido estos factores en concreto ya que, la motivación, está considerada como uno de los factores personales más importantes en la literatura y, tanto la relevancia, como la percepción de conocimiento y la afinidad están presumiblemente relacionados con la motivación.

Las preguntas de investigación planteadas son:

- Cuando la motivación intrínseca aumenta, ¿hay mayor novedad y circularidad?
- Cuando el nivel de afinidad sobre un problema de diseño aumenta, ¿hay mayor novedad y circularidad?
- Cuando los diseñadores perciben el problema de diseño como más relevante, ¿hay mayor novedad y circularidad?
- Cuando el nivel de conocimiento sobre el problema de diseño aumenta, ¿hay mayor novedad y circularidad?

- ¿Hay correlación entre los factores personales intrínsecos (motivación intrínseca, afinidad, relevancia y conocimiento)?

3.2.2 Diseño del Experimento I

En el primer experimento, se llevó a cabo con la colaboración de un grupo de 35 estudiantes de último curso del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos sin experiencia profesional en el campo del diseño (Figura 40). Todos los participantes tenían, por lo tanto, la misma formación y edades comprendidas entre 20 y 32 años ($M = 22$, $DT = 2.74$). A los participantes, en una sesión previa, se les impartió una formación de media hora, a modo de recordatorio de los principios básicos de la economía circular. La actividad se llevó a cabo en dos sesiones y cada estudiante eligió a cuál de ellas asistir. Para simular el tipo de trabajo que se lleva a cabo en los estudios de diseño, los diseñadores fueron distribuidos en equipos de trabajo. Los grupos se formaron de forma aleatoria, estando compuesto cada uno de ellos por 3 o 4 miembros, con un total de 11 grupos participantes, distribuidos en las dos sesiones. En estas sesiones, ya que los participantes trabajaron en grupos y de forma colaborativa, predominaba un comportamiento comunicativo entre diseñadores, el cual es inherente al proceso de diseño (Chiu, 2002; Valkenburg & Dorst, 1998).



Figura 40. Desarrollo del experimento I (Imagen propia).

A los estudiantes se les pidió generar conceptos que resolvieran dos problemas diferentes. El tiempo disponible para resolver cada problema se estableció en 40 minutos, ya que se ha probado que la frecuencia de la producción de ideas, durante la etapa creativa del diseño, es constante durante los primeros 60 minutos (T. Howard et al., 2008). Estudios similares utilizan rangos de tiempo de entre 30 y 60 minutos para este tipo de experiencias de resolución conceptual de problemas, como los llevados a cabo por Chulvi, Agost, Felip, & Gual (2020) (30 minutos), García-García, Chulvi, Royo, Gual, & Felip (2019) (30 minutos), Viswanathan & Linsey (2012) (40 minutos), Sipilä & Perttula (2006) (40 minutos) o López-Mesa, Mulet, Vidal, & Thompson (2011) (45 minutos), entre muchos otros.

Así, los diseñadores noveles tuvieron que enfrentarse la etapa de resolución del problema de diseño, la cual consiste en actividades como la generación, evaluación y selección de la propuesta conceptual final para su futuro desarrollo (Blessing, 1994; Nidamarthi, Chakrabarti, & Bligh,

1997; Roozenburg & Eeckels, 1995). Durante este proceso, los participantes pudieron generar más de una alternativa para resolver el problema de diseño, pero al final de la experiencia, tuvieron que elegir una opción final, la que ellos consideraran que encajaba mejor con el problema propuesto. Los dos problemas planteados fueron (Figura 41):

- Problema A: Se pide desarrollar un concepto novedoso de un elemento para transportar objetos, que pueda configurarse según su uso, teniendo en cuenta las consideraciones de la economía circular.
- Problema B: Se pide desarrollar un concepto novedoso de una carretilla para conserjes, que pueda configurarse según lo que se tenga que transportar, teniendo en cuenta las consideraciones de la economía circular.



Figura 41. Enunciado proporcionado a los participantes en el experimento (Imagen propia).

Como ya se ha dicho, a los estudiantes se les dio 40 minutos para resolver cada uno de los problemas. Al finalizar este tiempo, tuvieron que entregar una solución conceptual al problema en una hoja de papel tamaño A3. Además, durante la realización del experimento, los participantes también tuvieron hojas de papel tamaño A4, material de dibujo y acceso a internet para buscar información, si así lo deseaban. Entre la resolución de los dos problemas, se permitió a los participantes un descanso de 10 minutos (Figura 42).

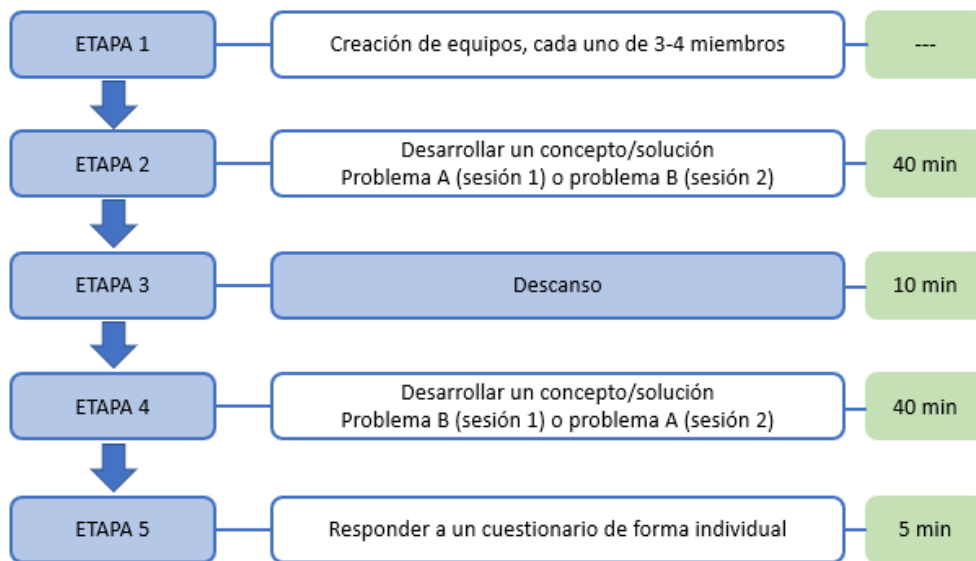


Figura 42. Método del primer experimento.

Después de terminar el trabajo con los dos problemas, los participantes tuvieron que responder un cuestionario con preguntas de tipo escala Likert para indicar su nivel de motivación para cada uno de los productos a diseñar, cómo de relevantes eran para ellos, su afinidad hacia el producto y el nivel de conocimiento que consideraban que tenían sobre ellos (Figura 43). La autoevaluación ha sido utilizada comúnmente en numerosos estudios como, por ejemplo, en Grewal, Hmurovic, Lamberton, & Reczek (2019) o Kunrath et al. (2020). Tracey & Hutchinson (2016) subrayan la importancia de la conciencia de uno mismo como diseñador. La autoevaluación normalmente se realiza clasificando las competencias con la ayuda de los extremos de una escala. Una escala Likert (Likert, 1932), por otra parte, es una escala de respuesta psicométrica utilizada para obtener las preferencias de los participantes, en términos de acuerdo con una afirmación o un grupo de afirmaciones. Estas escalas son no comparativas y unidimensionales y los encuestados indican el nivel de acuerdo con la afirmación propuesta a través de una escala ordinal (Bertram, 2007). Las escalas Likert permiten medir la actitud de quien responde de una forma científicamente aceptada y validada (Joshi, Kale, Chandel, & Pal, 2015). Los términos empleados en el cuestionario fueron verbalmente explicados a los participantes al principio del paso 5 (Figura 42).

	Producto A: transporte de objetos					Producto B: carretilla para conserjes				
	Bajo		Medio		Alto	Bajo		Medio		Alto
Tu conocimiento del producto consideras que es:	☹️	☹️	😐	😊	😄	☹️	☹️	😐	😊	😄
La relevancia que este producto tiene para ti es:										
La motivación que tienes para diseñar este producto es:										
La afinidad que tienes con el producto es:										

Figura 43. Cuestionario repartido durante el experimento 1.

Como resultado del experimento, se obtuvieron 11 propuestas de diseño conceptual para cada uno de los problemas de diseño. Las soluciones obtenidas se pueden ver con detalle en el Anexo 1. Asimismo, en la Figura 44 y la Figura 45, se pueden ver algunos ejemplos de soluciones

obtenidas, tanto para elementos de transporte de objetos como para carritos de conserje y en la Tabla 21 todos los conceptos obtenidos.

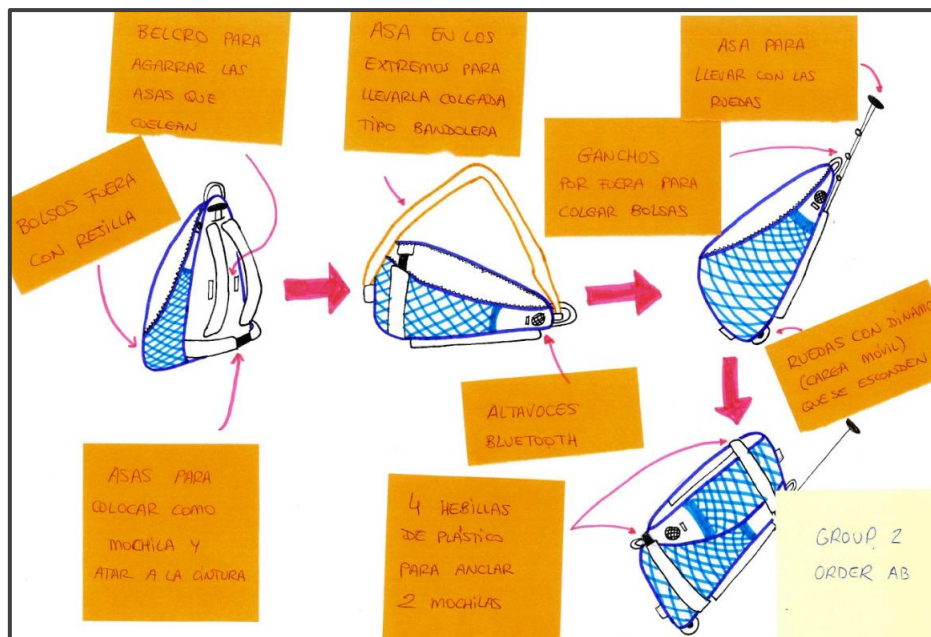


Figura 44. Una de las soluciones obtenida para el elemento de transporte de objetos personales (Imagen propia).

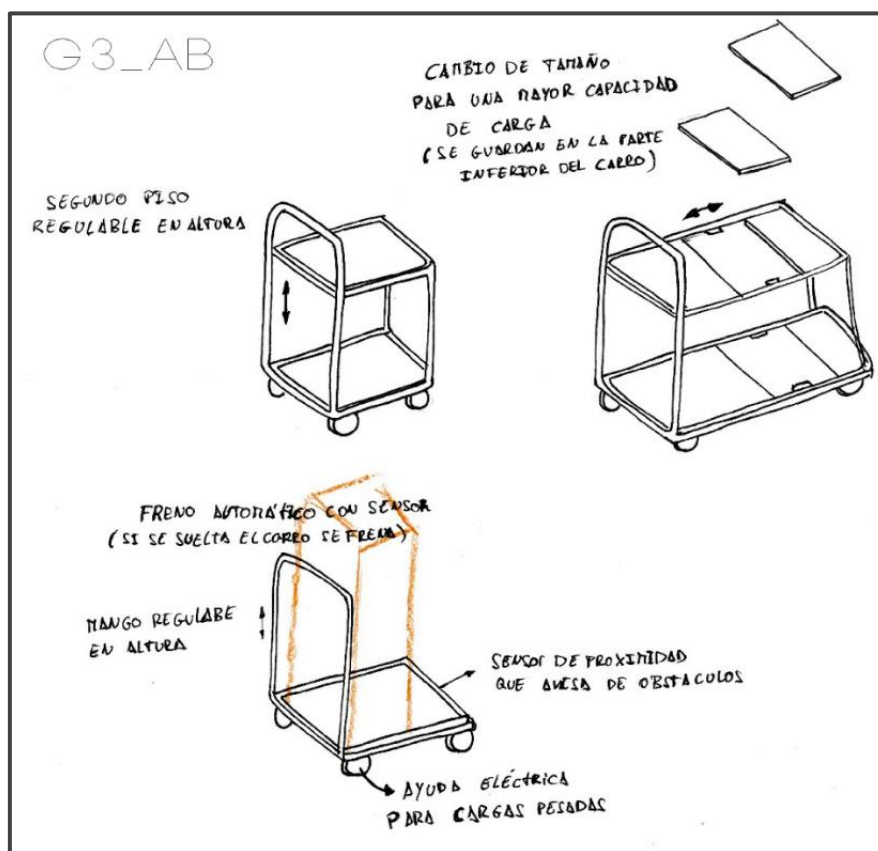
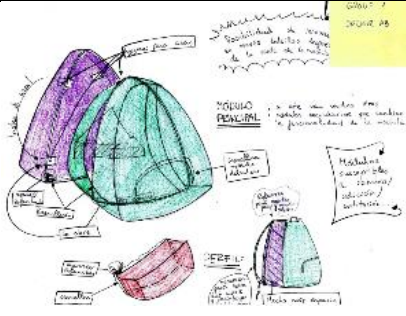
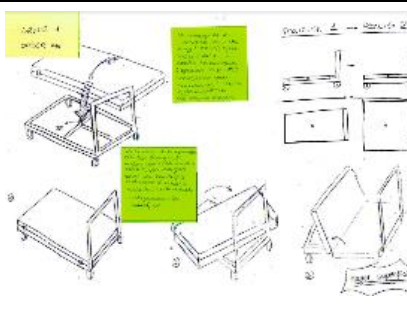
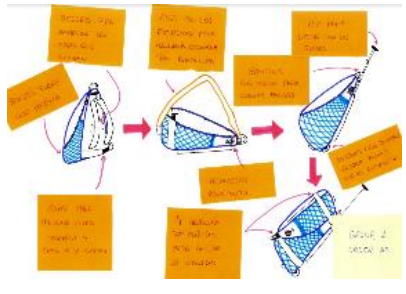
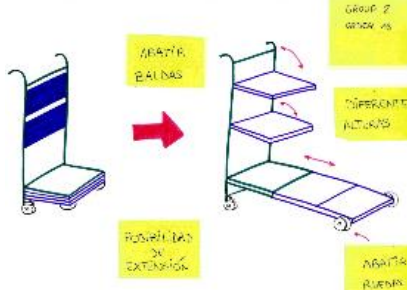
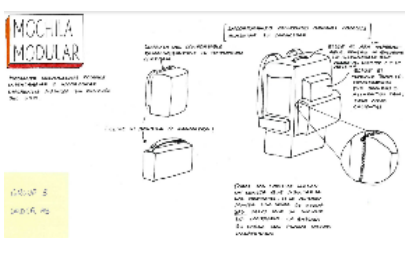
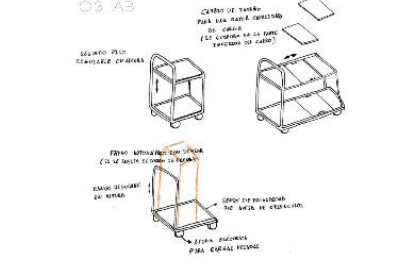
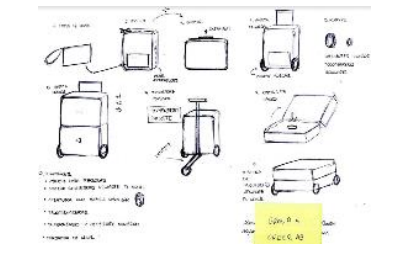
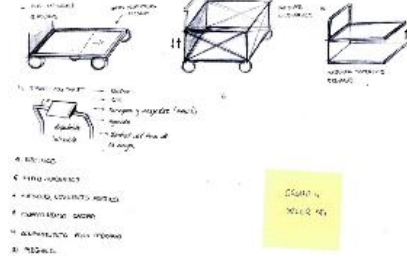
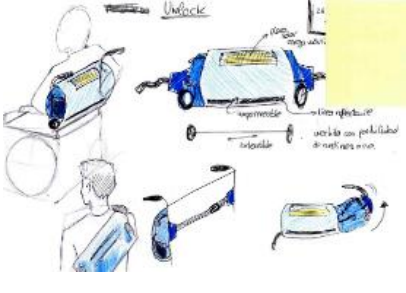
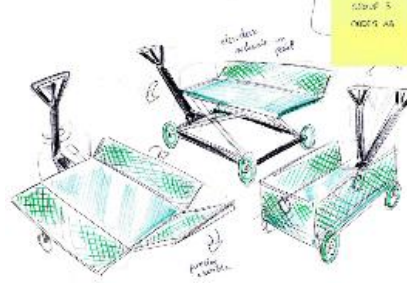
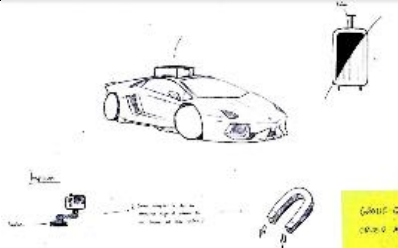
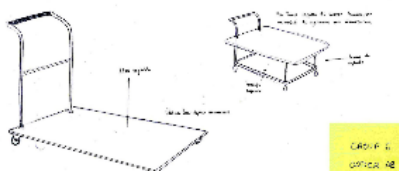
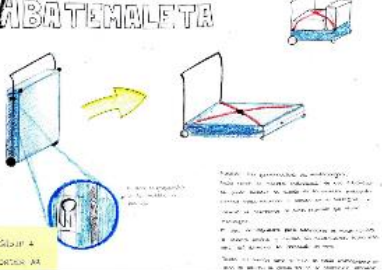
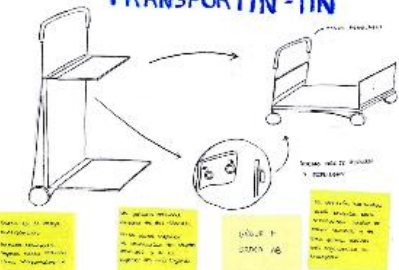
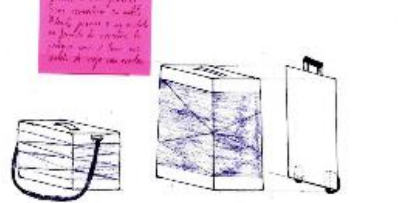

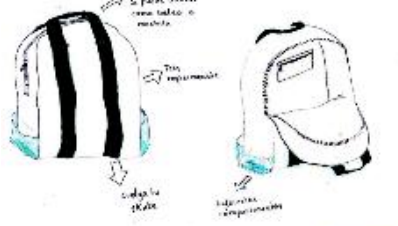
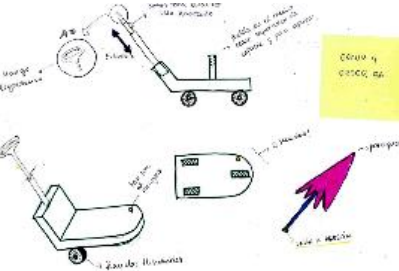

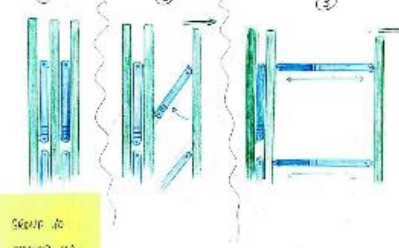


Figura 45. Una de las soluciones obtenida para el carrito de conserjes (Imagen propia).

SOLUCIÓN DE DISEÑO	DESCRIPCION	SOLUCIÓN DE DISEÑO	DESCRIPCION
1A	 <p>GROUP 1 DESIGN A1</p> <p>... posibilidad de tener una estructura ligera y de la cual se puede sacar...</p> <p>... una vez que se ha hecho el modelo se puede hacer una estructura de la cual se puede sacar...</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p>	1B	 <p>GROUP 1 DESIGN A1</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p>
2A	 <p>GROUP 2 DESIGN A2</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p>	2B	 <p>GROUP 2 DESIGN A2</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p>
3A	 <p>MOCULA MODULAR</p> <p>GROUP 3 DESIGN A3</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p>	3B	 <p>GROUP 3 DESIGN A3</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p>
4A	 <p>GROUP 4 DESIGN A4</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p>	4B	 <p>GROUP 4 DESIGN A4</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p>
5A	 <p>GROUP 5 DESIGN A5</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p>	5B	 <p>GROUP 5 DESIGN A5</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p> <p>... estructura ligera...</p>

<p>6A</p>	 <p>GROUP 10 ORDER 15</p>	<p>6B</p>	 <p>GROUP 11 ORDER 16</p>
<p>7A</p>	<p>ABATEMALETA</p>  <p>GROUP 4 ORDER 17</p>	<p>7B</p>	<p>TRANSPORTIN - TIN</p>  <p>GROUP 1 ORDER 18</p>
<p>8A</p>	<p>GRUP 8 ORDRE 19</p> 	<p>8B</p>	<p>GRUP 3 ORDRE 20</p> 
<p>9A</p>	<p>GRUP 2 ORDRE 21</p> 	<p>9B</p>	<p>GRUP 14 ORDRE 22</p> 
<p>10A</p>	<p>GRUP 10 ORDRE 23</p> 	<p>10B</p>	<p>GRUP 10 ORDRE 24</p> 

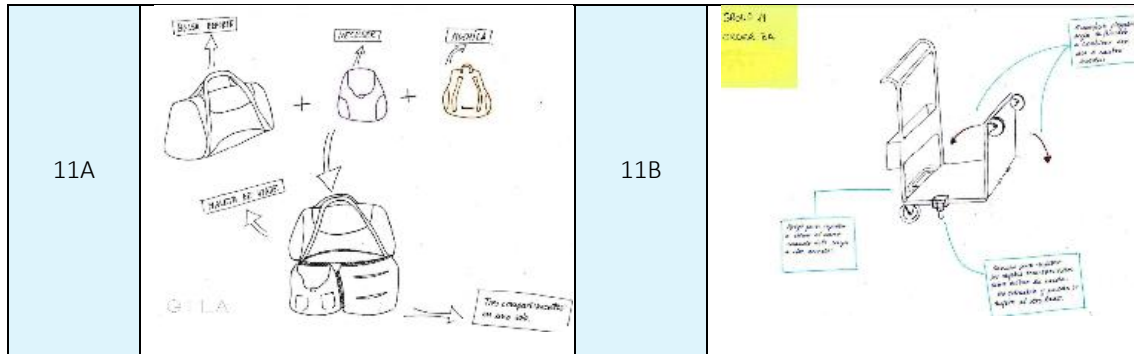


Tabla 21. Conceptos generados en el experimento I.

3.2.3 Métodos de evaluación utilizados

De entre todos los métodos analizados y estudiados en el Capítulo 2 de esta tesis, se han escogido dos de ellos para evaluar las propuestas conceptuales generadas en el experimento. Uno para evaluar la novedad y otro para la evaluación de la circularidad. En los siguientes apartados se indican los métodos escogidos y cómo se ha realizado la evaluación.

3.2.3.1 Medición de la novedad mediante el método SAPPPhIRE (Chakrabarti et al., 2005)

La novedad de los conceptos obtenidos en el experimento, se ha evaluado mediante el método SAPPPhIRE (cuyo significado es Estado – Acción – Parte – Fenómeno – Entrada – Organización – Efecto), propuesto por (Chakrabarti et al., 2005). Este modelo ya se ha validado empíricamente, concluyéndose que, efectivamente, corresponde a la forma en la que los ingenieros diseñan conceptos técnicos (Ranjan et al., 2012; Srinivasan & Chakrabarti, 2010). Se ha evaluado formalmente en términos del nivel de acuerdo entre los resultados proporcionados por el modelo y el grado de novedad percibido por diseñadores con experiencia del mismo tipo de productos (Prabir Sarkar, 2007; Prabir Sarkar & Chakrabarti, 2007). Todas las evaluaciones se han realizado con un único evaluador. El resultado, pues, después de haber aplicado el método es un orden de las propuestas, según su novedad.

La solución estándar para el elemento de transporte, consiste en una mochila de tela de tamaño medio con dos compartimentos – el principal y otro más pequeño por fuera – con dos tirantes que permiten que la mochila sea transportada por el usuario. Ambos compartimentos, se pueden cerrar con una cremallera. En la Figura 46, se pueden ver el producto establecido como solución estándar para el elemento de transporte de objetos personales. Asimismo, en la Tabla 22, se puede observar cómo se representa la solución estándar en el modelo SAPPPhIRE.



Figura 46. Solución estándar para el elemento de transporte de objetos personales. (EASTPAK, n.d.)

		SOLUCIÓN ESTÁNDAR PARA ELEMENTO DE TRANSPORTE DE OBJETOS PERSONALES
ACCIÓN		Transportar objetos
CAMBIO DE ESTADO		Sólido
FENÓMENO		Contacto entre el elemento de transporte y el objeto
EFECTO		El elemento de transporte contiene al objeto
ÓRGANO 1	(Sistema donde los objetos son transportados)	Bolsas
ÓRGANO 2	(Sistema para ser transportado por una persona)	Tirantes (2)
ÓRGANO 3	(Sistema de cerrado)	Cierre con cremalleras
Parte 1_1		Bolsa grande
Parte 1_2		Bolsa pequeña
Parte 2_1		Tirantes (2)

Tabla 22. Solución estándar para el elemento de transporte de objetos personales.

En el caso de los carritos de conserje, la solución estándar consiste en una superficie cubierta por una goma antideslizante que cubre el espacio donde se coloca la carga, un asa de una pieza plegable y cuatro ruedas. En la Figura 47, se puede ver el producto establecido como solución estándar. Asimismo, en la Tabla 23, se puede observar cómo se representa la solución estándar en el modelo SAPPPhIRE.



Figura 47. Solución estándar para carritos de transporte de conserje. (RAJA®, n.d.)

SOLUCIÓN ESTÁNDAR PARA CARRITOS DE TRANSPORTE		
ACCIÓN		Transportar objetos
CAMBIO DE ESTADO		Sólido
FENÓMENO		Contacto entre el carrito y el objeto
EFEECTO		El carrito de transporte lleva al objeto
ÓRGANO 1	(Sistema donde los objetos son transportados)	Plataforma
ÓRGANO 2	(Sistema para ser transportado por un apersona)	Asa entera
ÓRGANO 3	(Sistema de transporte)	Ruedas
ÓRGANO 4	(Sistema para plegar el asa)	Pedal
Parte 1_1		Base de la plataforma
Parte 1_2		Superficie antideslizante
Parte 2_1		Asa entera
Parte 3_1		Ruedas (4)
Parte 4_1		Pedal para activar el mecanismo de plegado
Parte 4_2		Elementos del sistema de plegado

Tabla 23. Solución estándar para el carrito de transporte.

3.2.3.2 Medición de la circularidad mediante el Circular Economy Toolkit (Bocken & Evans, 2013)

La circularidad de cada una de las propuestas, por otra parte, ha sido evaluada utilizando la herramienta proporcionada por el “Circular Economy Toolkit” (Bocken & Evans, 2013). Esta herramienta gratuita (Figura 48) permite cuantificar 33 parámetros, con tres posibles puntuaciones para cada uno. Estos parámetros están divididos en 7 categorías relacionadas con la economía circular y el enfoque “Cradle to Cradle”, el cual ofrece información sobre cómo disminuir la cantidad de residuos generada y cómo reducir el uso de materiales, así como las áreas potenciales de mejora del producto o marca (N. Bocken & Evans, 2013; Miedzinski et al., 2016). A cada uno de los parámetros evaluados con la herramienta se le ha dado un valor de 0 (alta), 1 (media) o 2 (baja), en cada una de las propuestas, según lo indicado en los dibujos y los textos explicativos que los diseñadores expresaron en las hojas de soluciones. Por ejemplo, en la Figura 48, como se puede observar en la propuesta conceptual, el producto no utiliza materiales escasos, así, este parámetro en la herramienta tiene una puntuación de 0 y, como no existe servicio de reparación para el producto (o, por lo menos, no se indica en la solución), la puntuación para este parámetro es 2. En cuanto a los componentes modulares, como hay algunos, pero podrían haber más, la puntuación es 1.

Se ha obtenido un resultado general sumando las puntuaciones en cada uno de los aspectos. Así, el valor máximo y mínimo de circularidad para cada propuesta es de 0 y 66, respectivamente. Siendo 0 la mejor valoración posible (máxima circularidad) y 66 la peor (mínima circularidad), lo cual quiere decir, por tanto, que cuanto menor puntuación, más circular es la solución.

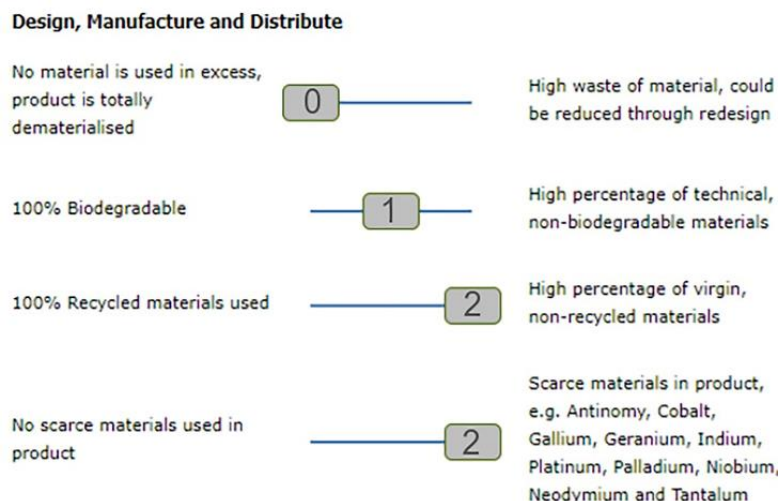


Figura 48. “Circular Economy Toolkit” (Adaptada de <http://circulareconomytoolkit.org/Assessmenttool.html>).

3.2.4 Evaluación de conceptos de elementos de transporte de objetos personales

Seguidamente, se muestran los resultados obtenidos para el primero de los problemas del experimento: el diseño de elementos de transporte de objetos personales. Tanto para la evaluación de la novedad como de la circularidad, se explica cómo se han aplicado los métodos de evaluación y se muestran los resultados obtenidos.

3.2.4.1 Resultados de novedad según el método SAPPPhIRE (Chakrabarti et al., 2005)

Para calcular los resultados de novedad de los conceptos de elementos de transporte, como ya se ha dicho, se ha aplicado el método SAPPPhIRE (Chakrabarti et al., 2005). En la Tabla 24, se pueden ver todas las propuestas de diseño generadas, para este problema, junto con la puntuación que han obtenido. Por otra parte, en el Anexo 2, se puede ver en detalle el desarrollo de las puntuaciones otorgadas a cada concepto.

SOLUCIÓN DE DISEÑO	SUMA “action”	SUMA “state change”	SUMA “phenomenon”	SUMA “effects”	SUMA “organs”	SUMA “parts”	POSICIÓN
1A						2	12^a
2A					9	22	4^o
3A					5	13	6^o
4A	2		1	2	13	13	2^o

5A					7	10	5°
6A			1	1	1	4	3°
7A	2		2	2	4	5	1°
8A					4	5	9°
9A					3	4	10°
10A					1	8	11°
11A					4	8	8°

Tabla 24. Puntuaciones de novedad del experimento I (elementos de transporte de objetos personales).

3.2.4.2 Resultados de circularidad según el CET (Bocken & Evans, 2013)

Como ya se ha dicho, las distintas propuestas generadas han sido evaluadas también con el método Circular Economy Toolkit (Bocken & Evans, 2013), para conocer su circularidad. En la Tabla 25, se muestran las puntuaciones obtenidas por cada una de las propuestas y en los dos problemas de diseño resueltos. En el Anexo 2, se puede ver el desarrollo seguido para obtener cada una de ellas.

SOLUCIÓN DE DISEÑO	PUNTUACIÓN DE CIRCULARIDAD	SOLUCIÓN DE DISEÑO	PUNTUACIÓN DE CIRCULARIDAD
1A	40	7A	42
2A	45	8A	40
3A	47	9A	41
4A	43	10A	38
5A	41	11A	43
6A	36		

Tabla 25. Puntuaciones de circularidad del experimento I (elementos de transporte de objetos personales).

Como se puede ver en la Tabla 25, los resultados de circularidad oscilan entre 36 (6A) y 47 (3A). Por otra parte, también se puede observar que los valores de las puntuaciones son, por lo general, medias en el caso de la novedad y medias-altas en el caso de la circularidad. En la Tabla 29, se muestran los datos estadísticos de los resultados obtenidos.

3.2.5 Evaluación de conceptos de carritos de conserje

A continuación, se muestran las propuestas conceptuales obtenidas resolviendo el problema de diseño de carritos de conserje.

3.2.5.1 Resultados de novedad según el método SAPPhIRE (Chakrabarti et al., 2005)

En la Tabla 26, se pueden ver todas las propuestas de diseño generadas para este problema junto con la puntuación de novedad que han obtenido según el método SAPPhIRE (Chakrabarti et al., 2005). Por otra parte, en el Anexo 2, se puede ver en detalle el desarrollo de la aplicación del método sobre las propuestas y de las puntuaciones obtenidas por cada una de ellas.

SOLUCIÓN DE DISEÑO	SUMA "action"	SUMA "state change"	SUMA "pheno- menon"	SUMA "effects"	SUMA "organs"	SUMA "parts"	POSICIÓN
1B					1	3	11°
2B					6	3	5°
3B					7	5	3°
4B	1		1	1	8	7	1°
5B					2	4	8
6B					3	1	7°
7B					2	3	9°
8B					2	1	10°
9B					7	5	3°
10B					7	14	2°
11B					4	3	6°

Tabla 26. Puntuaciones de novedad del experimento I (carritos de conserje).

3.2.5.2 Resultados de circularidad según el CET (Bocken & Evans, 2013)

En la Tabla 27, se muestran las puntuaciones obtenidas por cada una de las propuestas y, en el Anexo 2, se puede ver el desarrollo seguido para obtener cada una de ellas.

SOLUCIÓN DE DISEÑO	PUNTUACIÓN DE CIRCULARIDAD	SOLUCIÓN DE DISEÑO	PUNTUACIÓN DE CIRCULARIDAD
1B	40	7B	47
2B	39	8B	40
3B	41	9B	46
4B	45	10B	34
5B	40	11B	42
6B	42		

Tabla 27. Puntuaciones de circularidad del experimento I (carritos de conserje).

En cuanto a Los valores de circularidad obtenidos, estos oscilan entre los 34 puntos obtenidos por la Propuesta 10B y los 47 obtenidos por la Propuesta 7B. Las puntuaciones referentes a la circularidad también son medias-altas en este caso. En la Tabla 30, se pueden ver los datos estadísticos de las puntuaciones obtenidas por cada concepto.

3.2.6 Análisis de los resultados obtenidos en el experimento I

Todos los análisis estadísticos se han llevado a cabo mediante el software *SPSS, PASW Statistics versión 25 (IBM Corporation)*. Los parámetros Novedad, Circularidad, Motivación, Conocimiento, Relevancia y Afinidad se han tratado como variables en los análisis estadísticos que se describen a continuación.

Posteriormente a calcular los correspondientes indicadores estadísticos, se ha estudiado la interacción entre los cuatro factores personales intrínsecos mediante una regresión lineal seguida de la prueba de correlación de Spearman. Para ello se han utilizado los datos individuales de cada participante. Después de realizar este primer estudio y debido a sus resultados, los cuatro factores personales se han tratado como variables dependientes, analizando su relación con la novedad y la circularidad (mediante dos análisis por separado) a través de una regresión multivariable, con la limitación de una muestra pequeña. Estos dos análisis se han realizado con los datos grupales de los participantes y los conceptos a analizar.

En el caso de la circularidad, para estudiar cómo esta se ve afectada por los factores personales intrínsecos de los diseñadores, se ha realizado un análisis de regresión multivariable, como ya se ha dicho, para comparar los p valores obtenidos seguido de la prueba de correlación de Spearman para determinar el tamaño de la correlación. En caso de la novedad, se ha realizado una regresión ordinal seguida del cálculo del índice de correlación Tau de Kendall para determinar el tamaño de la correlación. En la Tabla 28 se puede ver un resumen de los análisis estadísticos realizados.

ANÁLISIS	MÉTODO ESTADÍSTICO	PRUEBA DE CORRELACIÓN	DATOS UTILIZADOS (grupales o individuales)
Cálculo de indicadores estadísticos	-	-	Ambos
Correlación entre los dos evaluadores	-	Coefficiente de correlación intraclase	-
Interacción entre factores personales intrínsecos	Regresión lineal	Correlación de Spearman	Individuales
Cómo influyen los factores personales intrínsecos a la circularidad	Regresión multivariable	Correlación de Spearman	Grupales
Cómo influyen los factores personales intrínsecos a la novedad	Regresión ordinal multivariable	Correlación de la Tau de Kendall	Grupales

Tabla 28. Resumen de análisis estadísticos del Experimento I.

3.2.6.1 Resultados del cuestionario para evaluar los factores personales intrínsecos hacia un problema

Los resultados obtenidos en el cuestionario de motivación se muestran abajo. Valores entre 1 (bajo) y 5 (alto) se han recogido para cada problema de diseño planteado y para cada uno de los aspectos preguntados en el cuestionario (Anexo 2).

N = 35	Motivación	Conocimiento	Relevancia	Afinidad
Media	4.09	3.83	4.37	4.26
Máximo	6	5	5	5
Mínimo	2	3	2	3
Desviación estándar	0.887	0.664	0.843	0.741
Varianza	0.787	0.440	0.711	0.550

Tabla 29. Resultados numéricos, problema de elementos de transporte de objetos personales.

N = 35	Motivación	Conocimiento	Relevancia	Afinidad
Media	3.17	2.66	2.57	2.57
Máximo	5	5	5	5
Mínimo	1	1	1	1
Desviación estándar	1.014	0.968	1.037	1.008
Varianza	1.029	0.938	1.076	1.017

Tabla 30. Resultados numéricos, problema de carritos de conserje.

Como se puede ver en la Tabla 29 y Tabla 30, los factores personales tienen mayor puntuación, por lo general, en el problema A (elementos de transporte). La Figura 49 muestra gráficamente las puntuaciones obtenidas para cada uno de los parámetros y para los dos problemas, el A (elemento de transporte de objetos personales) y el B (carritos de conserje).

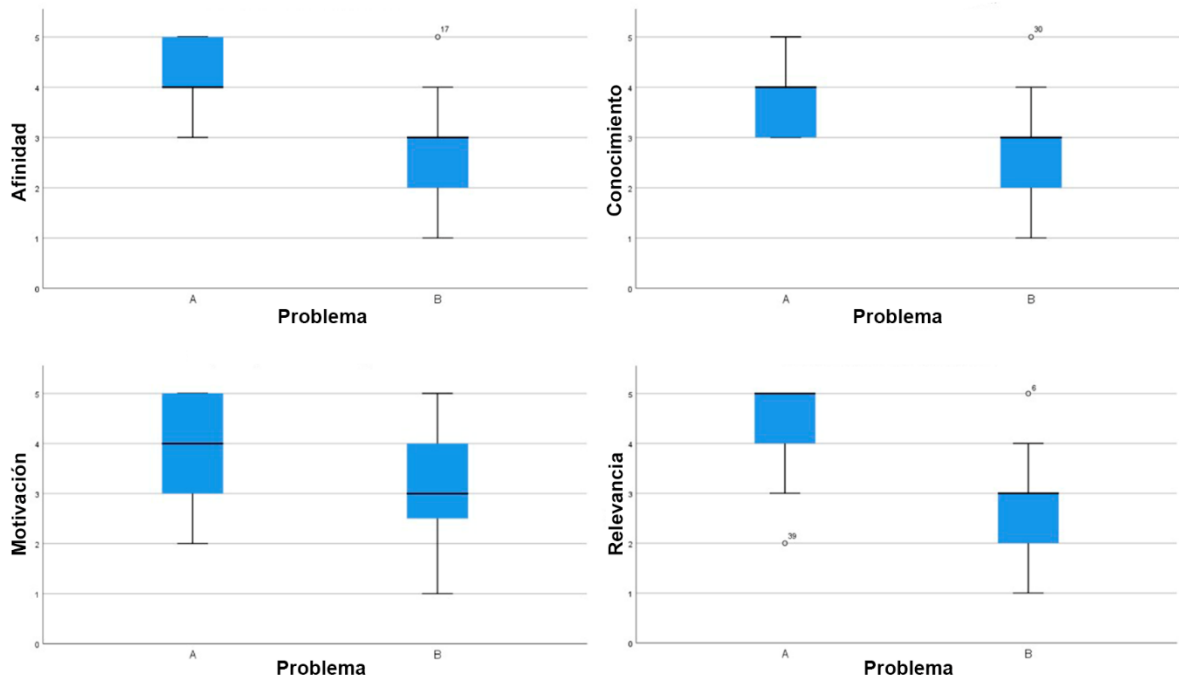


Figura 49. Comparación del grado de factores personales intrínsecos entre los problemas A y B.

Analizando como los factores personales intrínsecos varían según el problema, se ha obtenido que, en el caso de la motivación, se puede ver como en el problema A, el cual fue pensado para ser de mayor afinidad, las puntuaciones se concentran entre 3 y 5. Esto contrasta con el problema B, en el que se concentran entre 2 y 4. Los resultados, por tanto, muestran que el problema más motivador es en el que se esperaba que los participantes tuvieran mayor afinidad, es decir, el problema más motivador es el problema A (elemento de transporte de objetos personales).

En cuanto al conocimiento, los participantes en el experimento afirmaron que tenían más conocimiento sobre el problema A que sobre el problema B. Así, el problema A obtuvo puntuaciones mayoritariamente entre 3 y 4 y, el problema B, entre 2 y 3.

Para los participantes en el experimento, el problema A es notablemente más relevante que el problema B. En el problema A, la mayoría de las puntuaciones fueron entre 4 y 5 y en problema B entre 2 y 3.

Finalmente, el problema A fue también considerado como el de más afinidad para los participantes, con puntuaciones concentradas entre 4 y 5 frente a puntuaciones mayoritariamente entre 2 y 3 para el problema B. Este resultado coincide con la consideración inicial de que se esperaba que el problema A tuviera más afinidad que el problema B.

3.2.6.2 Análisis de la interacción entre los cuatro factores personales intrínsecos

Para determinar si hay algún tipo de interacción entre los diferentes factores personales analizados, se ha realizado un análisis de regresión lineal con los datos obtenidos para ver si las relaciones entre el conocimiento/relevancia/afinidad y la motivación por el problema de diseño y

entre el conocimiento que se tiene sobre el problema y la motivación/relevancia/afinidad son significantes (Tabla 32). Los gráficos en la Figura 50 muestran la relación entre los diferentes factores analizados. Para medir el tamaño de la correlación entre los diferentes grupos estudiados, se ha calculado el índice de correlación de *Spearman*. En este índice un valor por debajo de 0.2 indica un tamaño de correlación muy bajo, uno alrededor de 0.4 refleja un tamaño bajo de correlación, un valor entre 0.4 y 0.6 muestra una correlación moderada, un valor entre 0.6 y 0.8 indica una buena correlación y un valor mayor de 0.8 implica una muy buena correlación (Tabla 31).

VALOR	TAMAÑO DE LA CORRELACIÓN
Menor que 0.2	Muy baja
Entre 0.2 y 0.4	Baja
Entre 0.4 y 0.6	Moderada
Entre 0.6 y 0.8	Buena
Mayor que 0.8	Muy buena

Tabla 31. Significado de los valores de la correlación de *Spearman*.

$N = 70; p_{\text{critic}} = .05$	p valor	95% Intervalo de confianza	Correlación de Spearman
Motivación frente a conocimiento	5.2506E-9	(0.458; 0.849)	0.615 - Buena
Motivación frente a afinidad	2.1229E-11	(0.450; 0.749)	0.653 - Buena
Motivación frente a relevancia	1.1452E-7	(0.312; 0.629)	0.557 - Moderada
Conocimiento frente a afinidad	2.3487E-8	(0.345; 0.664)	0.589 - Moderada
Conocimiento frente a relevancia	3.7824E-11	(0.400; 0.672)	0.683 - Buena
Relevancia frente a afinidad	3.0682E-15	(0.666; 0.992)	0.777 - Buena

Tabla 32. Resultado de los factores personales intrínsecos.

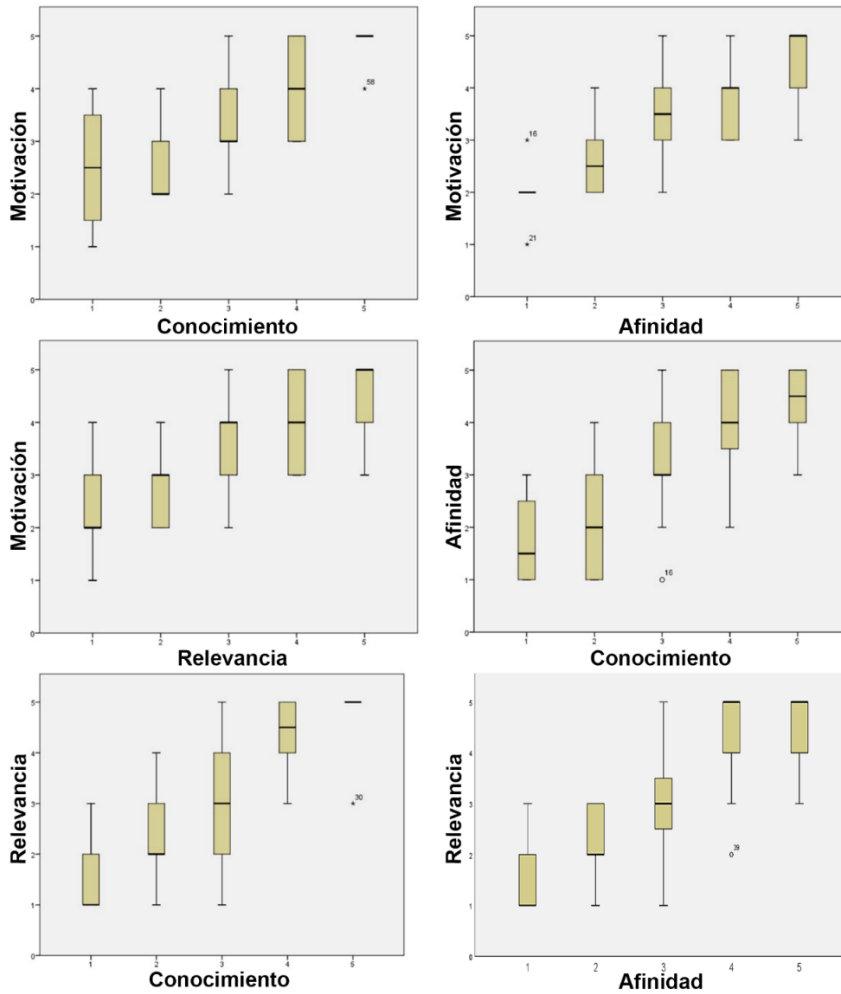


Figura 50. Relación entre los factores personales intrínsecos.

El primer análisis muestra como la motivación podría estar influenciada por el conocimiento que se dice tener sobre el problema. En este caso el p valor obtenido al llevar a cabo el análisis estadístico es más bajo que el valor crítico y, por lo tanto, el resultado es significativo. Como se puede ver en la Figura 50, la motivación aumenta a la misma velocidad que el conocimiento declarado. El resultado de la correlación de *Spearman* es 0.615 y, por lo tanto, la correlación es buena.

El segundo análisis prueba como la motivación podría verse afectada en este caso por la afinidad hacia el problema. El p valor obtenido al realizar el test estadístico es menor que el valor crítico y, por lo tanto, el resultado es significativo. Como se puede ver en la Figura 50 el efecto es positivo, esto es, la motivación aumenta conforme aumenta la afinidad. El resultado de la correlación de *Spearman* es 0.653 y, por lo tanto, la correlación es buena.

El siguiente análisis muestra cómo la relevancia percibida hacia el problema podría cambiar la motivación que se siente sobre él. En este caso el p valor obtenido es también menor que el crítico y el resultado, por lo tanto, es significativo. Como se puede ver en la Figura 50 y como en casos anteriores, el efecto es positivo, lo cual quiere decir que, cuánto más relevante se percibe el problema, la motivación aumenta. El resultado de la correlación de *Spearman* es 0.557, lo cual quiere decir que la correlación es moderada.

El siguiente análisis se ha llevado a cabo para probar cómo el conocimiento que se declara tener sobre el problema de diseño podría cambiar a la afinidad hacia el mismo. El p valor obtenido es menor que el valor crítico por lo que el resultado es significativo. Como se puede ver en la Figura 50, el efecto es positivo, esto es quiere decir que la afinidad aumenta con la percepción de tener más conocimiento. El resultado de la correlación de Spearman es 0.589, en este caso la correlación es moderada.

Se ha llevado a cabo otro análisis para determinar cómo el conocimiento que se percibe tener sobre el problema afecta a la relevancia que se le da al mismo. El p valor obtenido al realizar el test estadístico es menor que el valor crítico y, por lo tanto, el resultado es significativo. Como se puede ver en la Figura 50, el efecto en este caso es también positivo, lo cual quiere decir que la relevancia que se tiene por el problema de diseño aumenta con la percepción de tener conocimiento sobre el mismo. El resultado de la correlación de Spearman es 0.683, lo que quiere decir que la correlación es buena.

Finalmente, se ha determinado como la afinidad por el problema interacciona con la relevancia percibida. El resultado muestra un p valor de 3.0682E-15, lo cual quiere decir que la interacción es significativa. La afinidad, en este caso, podría haber hecho variar la relevancia percibida por el problema. La relevancia, por tanto, puede aumentar con la afinidad de forma positiva, con una correlación de Spearman de 0.777 (correlación buena). La relación entre estos dos parámetros se puede ver en la Figura 50.

3.2.6.2.1 Resultados de los factores personales por grupo de trabajo

Debido a que los resultados de diseño fueron generados de forma grupal, los análisis de la relación entre la circularidad, por un lado, y la novedad, por otro, con los factores personales intrínsecos se han llevado a cabo con resultados obtenidos grupalmente. Es por ello que se han calculado los valores estadísticos de los factores personales intrínsecos para cada uno de los grupos y se ha trabajado con ellos en los análisis posteriores. Estos datos agrupados se muestran en la Tabla 33 y la Tabla 34, para obtenerlos se ha calculado, para cada parámetro, la media de los valores indicados por cada uno de los miembros del grupo de trabajo.

N = 11	Motivación	Conocimiento	Relevancia	Afinidad
Media	4.007	3.795	4.318	4.205
Máximo	5.00	4.50	5.00	5.00
Mínimo	3.33	3.00	3.00	3.00
Desviación estándar	0.581	0.482	0.655	0.601
Varianza	0.338	0.232	0.429	0.362

Tabla 33. Resultados numéricos por grupo, problema de elementos de transporte de objetos personales.

N = 11	Motivación	Conocimiento	Relevancia	Afinidad
Media	3.12	2.63	2.56	2.55
Máximo	4.67	3.25	3.67	4.00
Mínimo	1.50	2.00	1.50	1.00
Desviación estándar	0.798	0.429	0.631	0.785
Varianza	0.637	0.184	0.398	0.616

Tabla 34. Resultados numéricos por grupo, problema de elementos de transporte de objetos personales.

3.2.6.3 Efecto de los factores personales intrínsecos (Motivación, Conocimiento, Relevancia y Afinidad) sobre la circularidad de los conceptos generados

A continuación, en la Tabla 35, se muestran los datos estadísticos para los resultados de circularidad de las propuestas conceptuales de diseño.

N = 11	Circularidad (Problema A)	Circularidad (Problema B)
Media	41.45	41.45
Máximo	47.00	47.00
Mínimo	36.00	34.00
Desviación estándar	3.078	3.643
Varianza	9.473	13.273

Tabla 35. Estadísticos descriptivos de circularidad para los dos problemas (Problema A: elemento de transporte de objetos personales; Problema B: carrito de conserje).

Para comprobar si la circularidad de las propuestas puede variar debido a los factores personales intrínsecos, se ha realizado una regresión lineal multivariable, seguida del cálculo de la correlación de *Pearson*, el significado de cuyos valores se muestra en la Tabla 36. Los resultados del análisis se muestran en la Tabla 37.

VALOR	TAMAÑO DE LA CORRELACIÓN
Entre 0.1 y 0.3	Baja
Entre 0.3 y 0.5	Media
Entre 0.5 y 0.1	Grande

Tabla 36. Significado de los valores de correlación de *Pearson*.

N = 22; <i>p</i> critic = .05	<i>p</i> valor	95% Intervalo de confianza	Correlación de Pearson	Tamaño de la correlación
Circularidad frente a motivación	0.661	(-4.024;2.619)	0.102	Baja
Circularidad frente a conocimiento	0.851	(-5.352;4.464)	0.072	Baja
Circularidad frente a relevancia	0.669	(-4.955;3.263)	0.105	Baja
Circularidad frente a afinidad	0.229	(-1.439;5.606)	0.222	Baja

Tabla 37. Relación entre la circularidad y los factores personales intrínsecos.

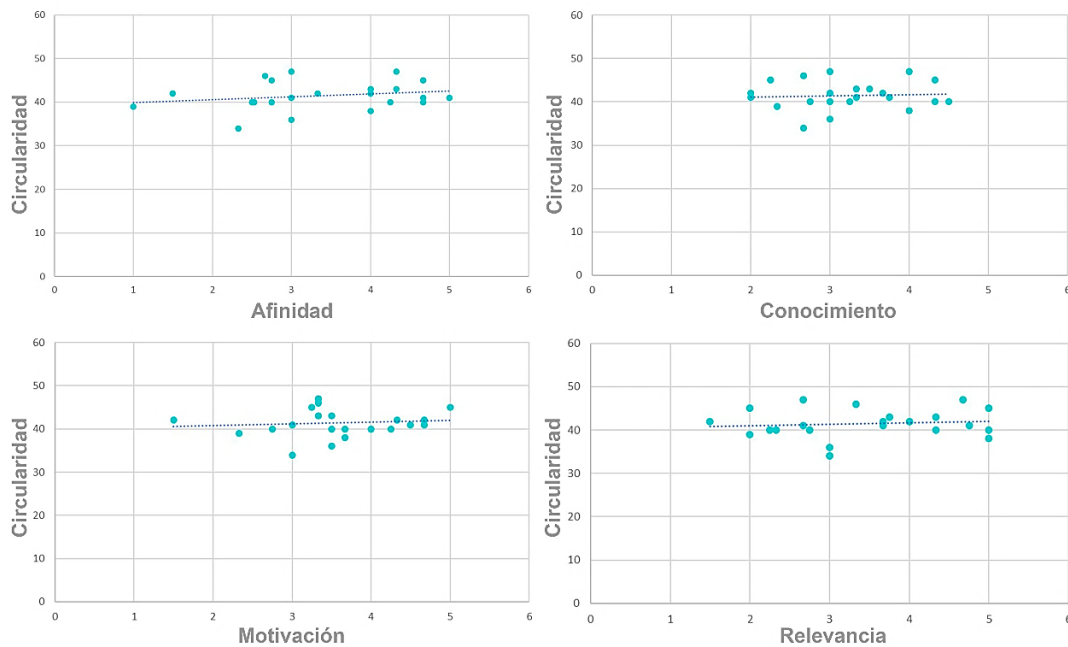


Figura 51. Relación entre la circularidad y los factores personales intrínsecos.

Como se puede ver en la Tabla 37 y la Figura 51, la comparación entre todos los factores personales intrínsecos y la circularidad es no significativa, con *p* valores notablemente más altos de 0.05. La correlación de *Pearson* indica que existe una pequeña correlación positiva de la circularidad con los cuatro factores, siendo todos los coeficientes menores de 0.3.

La muestra pequeña podría ser una limitación al calcular la interacción entre las variables, ya que es posible que la interacción no se detecte. Quizá por esto el efecto de los factores personales en la circularidad podría ser mayor de lo que los resultados muestran. Solo con un gran tamaño de muestra se podría determinar esta interacción con mayor robustez. Aun con esta limitación, ya que, prácticamente, no hay otros estudios analizando la interacción de entre la circularidad y los cuatro factores personales intrínsecos estudiados, este trabajo ofrece un primer acercamiento al efecto de la motivación, conocimiento del problema, afinidad y relevancia en la circularidad (y en la novedad en el siguiente subapartado).

3.2.6.4 Efecto de los factores personales intrínsecos (Motivación, Conocimiento, Relevancia y Afinidad) sobre la novedad de los conceptos generados

Después de obtener el orden de la novedad de las propuestas, el cual se puede ver en la Tabla 24 y la Tabla 26, se ha realizado un análisis para examinar la relación entre la novedad obtenida y los aspectos que se preguntaba en el cuestionario de motivación: conocimiento, relevancia, afinidad y motivación. Para ello, se ha realizado una regresión ordinal multivariable, cuyo resultado se muestra en la Tabla 39. Posteriormente, se ha calculado el coeficiente *Tau de Kendall* (Tabla 38) para ver la magnitud de la correlación entre los factores personales y la novedad.

VALOR	TAMAÑO DE LA CORRELACIÓN
Entre 0.1 y 0.3	Baja
Entre 0.3 y 0.5	Media
Entre 0.5 y 0.1	Grande

Tabla 38. Significado de los valores de la *Tau de Kendall*.

df = 21; <i>p critic</i> = .05	p valor	R-Cuadrado (Cox y Snell)
Novedad frente a factores personales intrínsecos	1,4834E-13	0.992

Tabla 39. Correlación entre la novedad y los factores personales intrínsecos.

Como se puede ver en la Tabla 39 la correlación entre la novedad y los factores personales es significativa, lo que quiere decir que la novedad de las propuestas conceptuales podría verse condicionada por el valor declarado por los participantes de los factores personales intrínsecos. El *p* valor obtenido ha sido de 1.4834E-13. Por otra parte, el resultado del coeficiente de *Cox y Snell* ($R^2_{cox} = 0.992$) indica que hay una correlación grande entre las variables, o lo que es lo mismo, entre la novedad y los factores personales intrínsecos de los participantes en el experimento.

La *Tau de Kendall* también se ha calculado, para determinar el tamaño de la correlación entre cada factor personal y la novedad y el resultado es una correlación positiva pequeña con valores alrededor de 0.1 y 0.2 en todos los factores (Tabla 40). La causa de esto podría ser el tamaño de muestra pequeño. Esta diferencia entre correlaciones (factores personales individuales frente a factores personales grupales) también podría estar causada por la interacción entre los cuatro factores personales intrínsecos.

	TAU DE KENDALL	TAMAÑO DE LA CORRELACIÓN
Novedad frente a motivación	0.159	Pequeña
Novedad frente a conocimiento	0.259	Pequeña
Novedad frente a relevancia	0.090	Pequeña
Novedad frente a afinidad	0.145	Pequeña

Tabla 40. Valor de Tau de Kendall entre la novedad y los factores personales intrínsecos.

En la Figura 52, por otra parte, se puede ver gráficamente la relación entre la novedad de los resultados y la motivación, conocimiento, relevancia y afinidad. Como se puede ver, la correlación no es muy fuerte, pero, en este caso, la novedad aumenta significativamente con los factores personales intrínsecos.

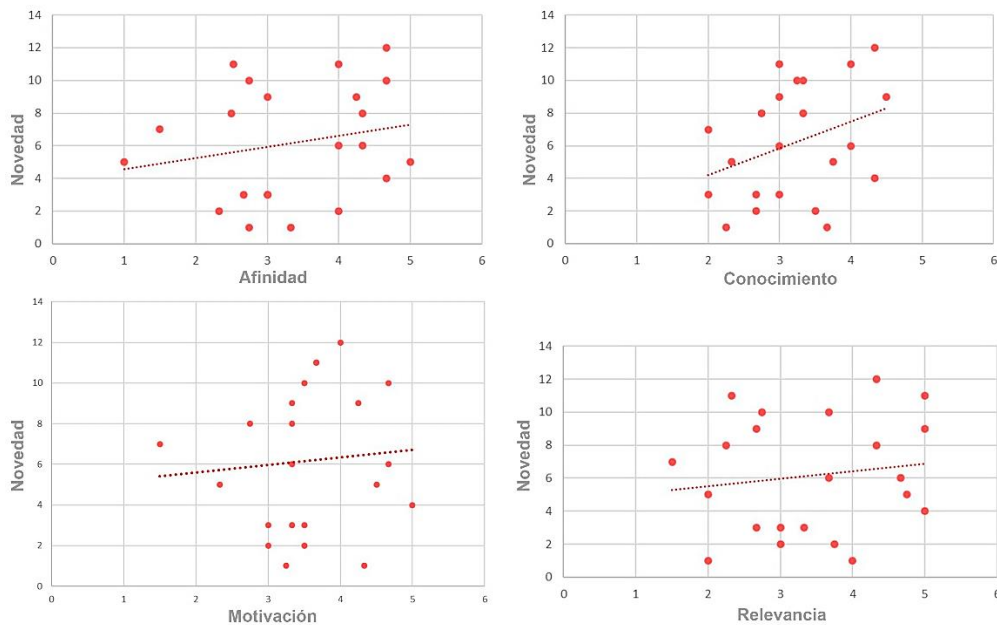


Figura 52. Relación entre la novedad y los factores personales intrínsecos.

Aunque en la figura anterior se puede apreciar que los resultados tienen dispersión, esto puede deberse al hecho de que los valores de novedad son ordinales. Las líneas de tendencia permiten ver, sin embargo, como la novedad tiende a mejorar al mismo tiempo que los factores personales intrínsecos aumentan. Ya que el resultado de análisis estadístico indica que estas variables son dependientes, es razonable que en los cuatro factores exista la misma tendencia. Sin embargo, se puede observar que la tendencia es más pronunciada en el caso del conocimiento percibido que en el resto de casos.

3.2.7 Conclusiones del Experimento I

Con la realización de este experimento se han resuelto las tres tareas referentes al Bloque II planteadas en Capítulo 1, Subapartado 1.2.2 de esta Tesis y que responden al objetivo O2.1. Después de llevar a cabo los análisis estadísticos de los resultados, hay varios aspectos a resaltar. El primero de ellos es la fuerte preferencia por el diseño A (elementos de transporte de objetos personales) frente al diseño B (carritos de conserje). En este sentido, se ha observado que 24 personas estaban más motivadas por el problema A en comparación con los 6 que estaban más motivados por el problema B; 25 de ellos afirmaron que tenían más conocimiento sobre el problema A frente a los 2 en el caso del problema B; el problema A es más relevante para 31 de los estudiantes en comparación con los 3 que veían el B como más relevante; y 30 de los participantes afirmaron que sentían mayor afinidad por el tema planteado en el problema A que por el B, caso que solo se dio en uno de los estudiantes. Esta marcada diferencia se puede ver en los análisis llevados a cabo en el apartado anterior, el cual muestra que hay una significativa relación entre todos los factores personales intrínsecos. La tendencia se puede ver también en la Figura 50. Además, en el Anexo 2 se pueden ver los resultados obtenidos en los cuestionarios al completo.

En el caso de los resultados para la novedad y circularidad, los resultados puedan haberse visto afectados por la necesidad de realizar la media de los mismos según los grupos de trabajo, ya que los resultados de circularidad y novedad corresponden a los conceptos generados en grupos de trabajo. Inicialmente, se obtienen más resultados novedosos para el problema A y la novedad aumenta con los aspectos personales (motivación, conocimiento, relevancia y afinidad) según la regresión ordinal multivariable realizada ($p = 1.4834E-13$). Estos resultados están en consonancia con Gilson et al. (2012), quienes reducen el efecto de la motivación intrínseca sólo a los casos de innovación radical, que están más vinculados a soluciones novedosas. Sin embargo, en la Figura 52, se puede observar que, aun siguiendo la novedad esta tendencia de aumentar con los factores personales intrínsecos, la dispersión de los resultados es muy alta. Dado que la novedad es uno de los principales componentes de la creatividad (Sarkar & Chakrabarti, 2008), los resultados presentados amplían los anteriores y van en la misma línea que los estudios que indican que la motivación intrínseca ayuda a lograr un resultado más creativo (T. Amabile & Amabile, 1996; Gilson et al., 2012; Medeiros Leopoldino et al., 2017; Roxana Morosanu, 2018).

En lo que respecta a la circularidad, el efecto de los resultados analizados es en su mayoría, al contrario: se producen más resultados circulares en los problemas con las puntuaciones más bajas en los factores personales. En este caso, la tendencia que muestra como la circularidad decrece cuando los factores personales aumentan no ha resultado ser significativa según la regresión multivariable realizada ($p_{\text{motivación}} = 0.661$; $p_{\text{conocimiento}} = 0.851$; $p_{\text{relevancia}} = 0.669$; $p_{\text{afinidad}} = 0.229$). Sin embargo, estudios anteriores apuntan en la misma dirección mostrando que, cuando aspectos medioambientales se consideran como requisitos de diseño, los resultados son más conservadores, es decir, menos novedosos (Collado-Ruiz & Ostad-Ahmad-Ghorabi, 2010). En el experimento llevado a cabo, esta podría ser la razón por la que la circularidad disminuye con el aumento de los factores intrínsecos, al mismo tiempo que la novedad aumenta. Aunque los resultados no son significativos, en la Figura 51 se puede observar que las líneas de tendencia apuntan a las mismas conclusiones, la circularidad disminuye ligeramente con el aumento de los factores personales intrínsecos (según la escala utilizada el valor 0 corresponde al valor de mayor circularidad).

La correlación entre los factores intrínsecos está en línea con el trabajo de Limberg, (1998), que señala que cuanto más interesados estemos en el tema, más información buscamos sobre él. En consecuencia, los diseñadores noveles que afirmaban tener una mayor motivación también afirmaban tener más conocimiento del tema (correlación de Spearman 0.615), ya que estaban más informados, y las discrepancias entre la percepción de conocimiento de las personas y su conocimiento real no son inusuales (Radecki & Jaccard, 1995).

Así pues, estos conocimientos adquiridos por interés no conducen a resultados más circulares, lo que parece sugerir que ambos tipos de conocimientos, el adquirido por interés y el recopilado al comienzo de la tarea, proporcionan buenos resultados en cuanto a novedad y circularidad. De hecho, permitir a los participantes obtener información en internet si así lo desean puede haber ayudado a mejorar los resultados de circularidad, ya que el desconocimiento de un tema puede llevarlos a buscar información específica sobre ese tema, mientras que los que ya lo conocían confiaban en mayor medida en sus conocimientos previos. Por otra parte, las personas que han sobrestimado sus propios conocimientos corren el riesgo de buscar muy poca información y, en consecuencia, tomar sus decisiones sobre bases insuficientes (Radecki & Jaccard, 1995) ya que la recopilación de información es una de las cinco fases de la toma de decisiones según Galotti (2005). Esta podría ser una razón por la cual la circularidad es menor cuando aumenta el conocimiento percibido. Esta conclusión parece estar en consonancia con la labor de (Inoue et al., 2017), ya que la búsqueda de información podría haber dado lugar a ideas menos diversificadas e inesperadas, aunque cumplieran mejor el objetivo de la circularidad. Esto, a su vez, estaría relacionado con la labor de (Ahmed et al., 2003), que relaciona los conocimientos con resultados de diseño que se adaptan mejor a los requerimientos.

Los resultados obtenidos pueden deberse a que la falta de conocimiento implica que, al no conocer todo lo que existe en el mercado, los resultados no son del todo novedosos y, por otro lado, la búsqueda se centra más en el desarrollo de los elementos que dotan al diseño, posiblemente, de mayor circularidad. Además, el hecho de que los diseñadores obtengan resultados con una mayor dosis de novedad cuando afirman tener un mayor conocimiento del problema puede deberse a que ese mayor conocimiento del problema les permite ser más novedosos. Indirectamente, con este aumento de la novedad, en gran medida dejan de trabajar en la circularidad. Según Chakrabarti (2003), el conocimiento y el procesamiento flexible del conocimiento, entendido como un apoyo a las asociaciones libres entre este conocimiento para crear resultados alternativos, son algunas de las influencias centrales en la creatividad.

Como conclusión, en este experimento, se muestra el grado de novedad y circularidad de las ideas conceptuales propuestas por 35 estudiantes organizados en grupos de entre 2 y 5 miembros con diferentes grados de conocimiento, relevancia, motivación y afinidad hacia los problemas de diseño planteados. Todos estos factores intrínsecos presentaron correlaciones positivas entre ellos. Esto responde a la última pregunta de investigación planteada para este experimento referida a la posible interacción entre los factores intrínsecos del diseñador: ¿Existe correlación entre los factores personales intrínsecos (motivación intrínseca, afinidad, relevancia y conocimiento)?

En cuanto a las demás preguntas de investigación, parecen estar condicionadas por la correlación entre los factores intrínsecos personales, ya que todos los factores analizados en este caso están positivamente correlacionados entre ellos. Así, los cuatro muestran la misma tendencia con respecto a la novedad y la circularidad de los resultados analizados.

Por lo tanto, en lo que respecta a la primera pregunta de investigación (Cuando la motivación intrínseca aumenta, ¿existe mayor novedad y circularidad?) la novedad de los resultados analizados aumenta con la motivación intrínseca. Sin embargo, la circularidad de las soluciones analizadas disminuye con la IM, pero en este caso de forma no significativa. Lo mismo ocurre con la afinidad: tiene una relación positiva con la novedad, pero ligeramente negativa con la circularidad. Estas conclusiones contribuyen al conocimiento existente sobre la influencia de la afinidad en los resultados de diseño, ya que ya era conocida una relación positiva entre los parámetros del proceso de diseño y la afinidad del diseñador hacia el problema de diseño. Las últimas preguntas de investigación se referían a cuán relevante es un problema de diseño para los diseñadores y el conocimiento que manifiestan tener sobre el tema del problema de diseño. Como en los demás casos, la novedad aumenta a la vez que estos factores y la circularidad disminuye.

Los resultados presentados en este primer experimento se han visto condicionados por la limitación de haber trabajado datos grupales, ya que el experimento se planteó como trabajo en grupo para emular a los estudios de diseño profesionales y plantear una situación de trabajo más realista, por lo que los resultados de diseño también eran grupales, al contrario que el cuestionario referente a los factores intrínsecos, al cual respondieron de forma individual. Con el propósito de resolver este problema, se ha calculado un valor medio grupal de los factores personales intrínsecos para poder analizar los resultados. En consecuencia, la muestra se ha visto reducida considerablemente, lo que constituye la mayor limitación de este estudio para proveer conclusiones sólidas. Por lo tanto, una posibilidad de trabajo futuro es replicar el experimento ampliando la muestra para comprobar si las tendencias resultantes persisten. Sin embargo, las conclusiones obtenidas son válidas ya que apuntan a unas primeras conclusiones para expandir el conocimiento y mejorar el planteamiento de los problemas de diseño según los factores personales intrínsecos de cada diseñador y para optimizar la combinación de novedad y circularidad en los resultados de diseño.

3.3 Experimento II: Introducción explícita de los requisitos de diseño en el proceso creativo

3.3.1 Objetivos del experimento II

La economía circular puede introducirse durante las primeras fases de diseño en forma de requerimientos. Sin embargo, estudios anteriores muestran que la consideración de los requisitos relacionados con el medio ambiente puede dar lugar a resultados menos creativos. Por ejemplo, cuando se espera que los diseñadores noveles apliquen requisitos de diseño muy estrictos, que pueden dar lugar a un entendimiento de "lo que es" en lugar de "lo que puede ser", la creatividad de sus resultados disminuye (Cucuzzella, 2016). También disminuye cuando los requisitos son tan abiertos que es demasiado difícil imaginar un futuro diferente (Cucuzzella, 2016). Curiosamente, el uso de los términos "requerimientos" y "deberá" para una tarea de generación de conceptos, lleva al diseñador a centrarse en la satisfacción de estos requisitos explícitos e inhibe la creatividad (Mohanani et al., 2014). El mismo estudio revela que, si se proporciona una lista de ideas durante la tarea de generación de conceptos, sin utilizar explícitamente la palabra "requisito", la creatividad aumenta. Además, otro estudio destaca que, cuando los diseñadores utilizan información ambiental detallada, las soluciones generadas son más conservadoras y

menos creativas. Esto hace necesario para los métodos y herramientas del futuro, entregar información relevante evitando este efecto de fijación (Collado-Ruiz & Ostad-Ahmad-Ghorabi, 2010). Los tres estudios coinciden en que, cuando existen requisitos estrictos, la creatividad de los diseñadores disminuye. Por lo tanto, existe una tensión entre la creatividad y la satisfacción de los requisitos de diseño.

Por lo tanto, es necesario analizar cómo fomentar la circularidad sin comprometer la creatividad para diseñar productos más circulares y más creativos. Aunque, en contraste con esto, hay trabajos que afirman que el uso de herramientas de ecodiseño y creatividad, podría ser útil en sesiones creativas dirigidas a la eco-innovación (Tyl et al., 2010) y pueden ayudar a aumentar creatividad e ideas novedosas (Chang et al., 2016), existe una brecha entre cómo introducir el enfoque/requisitos de la economía circular en el diseño de productos sin ser un impedimento para la creatividad durante el proceso de diseño. Por consiguiente, el objetivo de este experimento es adquirir conocimientos sobre la forma en que la aplicación de los requisitos circulares en forma de preguntas guiadas (GQ) influye en la creatividad y la circularidad de los conceptos de producto generados. En consecuencia, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

- ¿La aplicación de un método creativo que introduzca los requisitos circulares en forma de preguntas guiadas mejora la creatividad y la circularidad?

3.3.2 Diseño del experimento II

El segundo de los experimentos, se ha llevado a cabo con 72 estudiantes de tercer curso del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos, por tanto, al igual que en el caso del experimento anterior, con una formación similar. En primer lugar, los participantes asistieron a una sesión de preparación sobre economía circular. En esta sesión de una hora de duración, se explicó a los participantes mediante ejemplos los conceptos básicos de la economía circular y las estrategias de diseño para obtener propuestas de diseño circulares. Una semana después, se llevó a cabo un taller de dos horas para analizar cuatro productos de muebles escolares, en términos de requerimientos de economía circular. En este taller (Figura 54), se distribuyó a los participantes en cuatro sesiones diferentes, debido a restricciones de espacio y organización. La sesión se realizó con 20 grupos de trabajo con tres o cuatro miembros en cada uno. Estas dos sesiones, sirvieron de preparación a los participantes para el experimento. El entorno y los materiales utilizados fueron los mismos en las cuatro sesiones: una sala con mesas y sillas para facilitar a los participantes el trabajo en grupo.

Una semana más tarde, se realizó el experimento como tal. A los mismos equipos se les pidió generar una propuesta novedosa para un mueble escolar. Se les proporcionó una descripción del problema de diseño, en este caso, un nuevo mueble escolar, que debía:

- Ser novedoso
- Responder a algunas tendencias educativas en las cuales el mobiliario juega un papel fundamental
- Tener en cuenta la economía circular

Antes de empezar con la generación de ideas, a cada equipo se le proporcionó instrucciones escritas. En estas instrucciones se les informó de que debían de aplicar un método creativo para obtener ideas. Además, se establecieron una serie de criterios como guía para la selección de la idea final. Siete de estos criterios referentes a la economía circular y cuatro relacionados con otros

aspectos, como la novedad, lo lúdico del producto y la diversidad. El problema de diseño se les proporcionó a los participantes de la siguiente manera (Figura 53):

SESIÓN CREATIVA – Semana 3

Objetivo: generar un nuevo diseño de mobiliario escolar que:

- Sea novedoso
- Dé respuesta a las tendencias en educación que se describen en los artículos y en los ejemplos mostrados, donde el mobiliario tiene un papel fundamental
- Considere la economía circular

Material:
Rotuladores, colores, lápices, post-its y la presentación del tema de trabajo.

Pasos:

1. Ejercicios de calentamiento cerebral
2. Aplicar el método creativo que se te ha explicado
3. Elegir la solución de diseño que más adecuada veáis. Para ello señalaréis de cada una, sus puntos fuertes y sus puntos débiles según los aspectos analizados ya en la práctica 1 y cualquier otro criterio que consideréis:

Facilita hacer reparaciones y sustituciones de piezas
Las piezas se podrían reutilizar de nuevo en el mismo diseño o en otro producto
Aprovecha la existencia de otros residuos para usarlos como materia prima de este producto
Cuando ya no se usa, NO genera residuos
Alarga el tiempo de vida mediante la versatilidad
Cubre una necesidad en un entorno pobre
Se puede usar o interaccionar con él de varias formas
Está pensado para que el usuario disfrute con su uso
Es original e innovador
Se aleja del concepto de economía lineal: extraer, fabricar y ensamblar, usar y tirar
Está pensado para usuarios con diversidad (movilidad reducida, sensorialidad reducida, etc.)

4. Describir la solución elegida, utilizando una hoja formato A3, donde se muestre la siguiente información:
 - El mayor espacio lo ocupará un dibujo principal que muestre lo mejor posible el diseño
 - Dibujos secundarios más pequeños que muestren otras vistas, otras formas de interacción u otros detalles del diseño. Se recomienda usar siluetas para mostrar la interacción.
 - Descripción de las características principales del diseño y las ventajas para el usuario.
 - Descripción de cómo el diseño tiene en cuenta la economía circular

Figura 53. Problema de diseño e instrucciones.

Para realizar la actividad propuesta en el experimento, se indicó a los participantes que debían aplicar el método de generación de ideas “6-3-5” (Rhorbach, 1969). En este método, seis participantes tienen cinco minutos para escribir o dibujar tres ideas. También se puede aplicar con cuatro, cinco o siete miembros. En el caso del experimento, la descripción de las ideas mediante bocetos era muy importante, por lo que, en lugar de cinco minutos, en el primer turno del método se disponía de 15 minutos y, los turnos siguientes de 8 minutos. Por lo tanto, el objetivo era obtener 48 ideas por grupo de trabajo (27 en equipos con tres miembros) como propuestas para resolver el problema planteado en el enunciado.



Figura 54. Desarrollo del experimento (Imagen propia).

Nueve de los once grupos aplicaron el método solo con los requerimientos de circularidad implícitos en el enunciado, mientras que los otros once lo aplicaron introduciéndoles, además, preguntas guiadas sobre circularidad, de forma verbal y explícita en cada una de las rondas de ocho minutos. Las preguntas fueron las siguientes:

- ¿Cómo puede este producto ser más adaptable o modular (y usarse para diferentes actividades, en varios espacios, con diferente número de niños, por niños de distintas edades, etc.)?
- ¿De dónde se pueden obtener los materiales de fabricación del producto y sus componentes de manera que no haya que extraer nuevos materiales del planeta para fabricarlos?
- ¿Qué se puede hacer con el producto cuando su uso en colegios ha finalizado para no producir residuos?

Así pues, durante cada ronda del método, se les decía una de las preguntas cuando recibían la hoja del compañero de grupo que tenían al lado. Finalmente, cada grupo seleccionó una de las propuestas, o una combinación de varias, como solución final. Como resultado del experimento, cada grupo de trabajo propuso una solución de diseño conceptual, de la cual se evaluó, posteriormente, su creatividad y su circularidad. Los pasos seguidos en el experimento se muestran en la Figura 55.

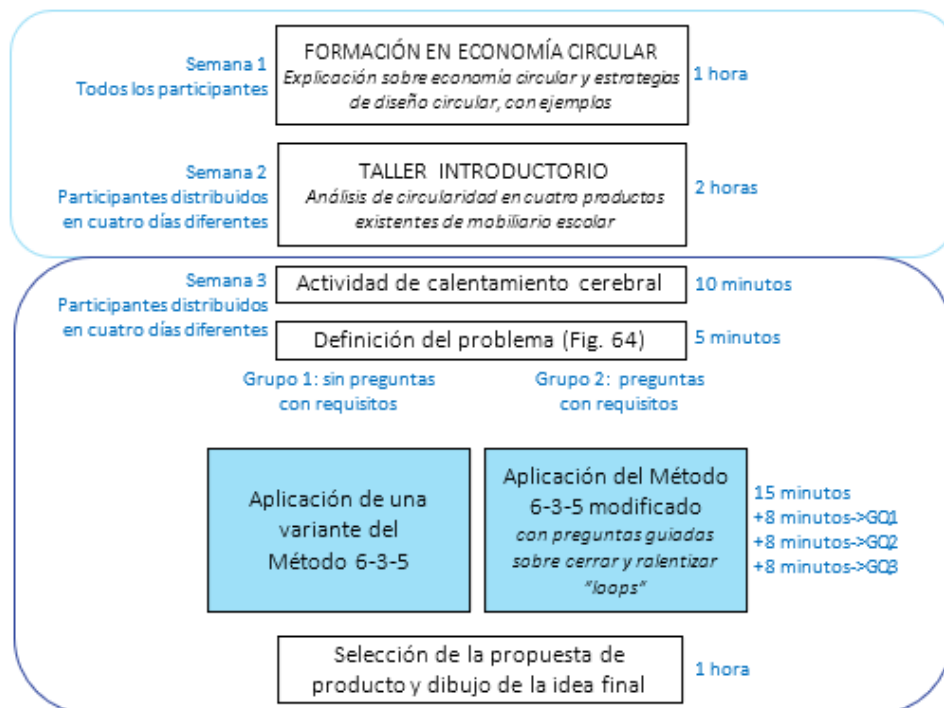


Figura 55. Método del segundo experimento.

Al final del experimento, se proporcionó a los participantes un cuestionario de percepción que rellenaron para evaluar las siguientes preguntas sobre una escala de Likert de 5 puntos, las preguntas planteadas son las siguientes:

- ¿Cuánto te ha gustado el método aplicado para generar ideas?
- ¿Te ha resultado fácil aplicar el método?
- ¿Crees que el método te ha ayudado a generar más ideas novedosas?
- ¿Crees que el método te ha ayudado a proponer más ideas circulares?

Como resultado del experimento, se obtuvieron 20 propuestas de diseño conceptual que resolvían el problema de diseño. Las soluciones obtenidas se pueden ver con detalle en el Anexo 1. Asimismo, en la Figura 56, se puede ver un ejemplo de solución obtenida. En la Tabla 41, por otra parte, se encuentran todos los conceptos generados.

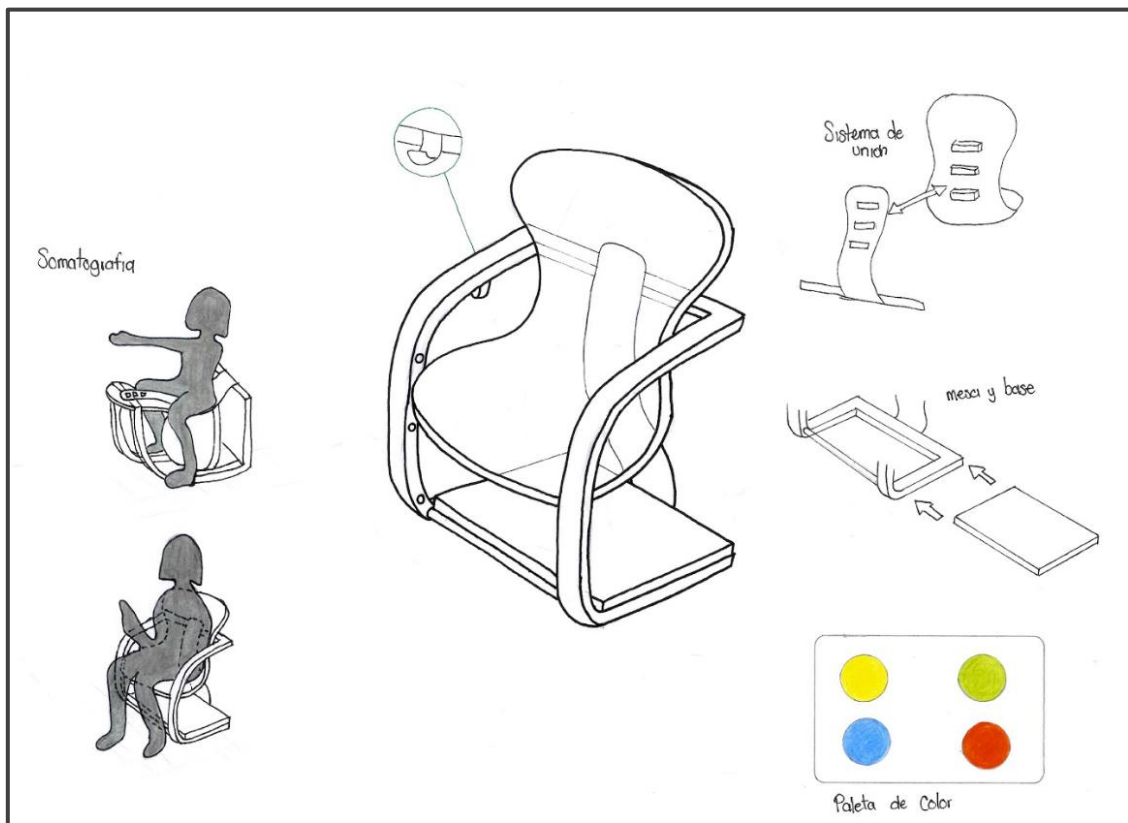


Figura 56. Ejemplo de solución de mobiliario escolar.


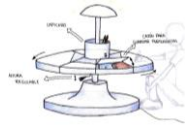
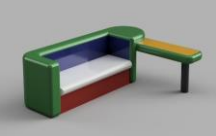

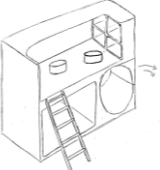

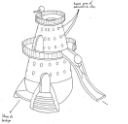


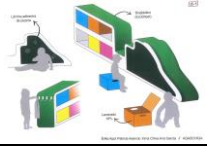

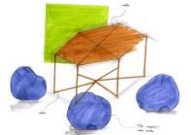

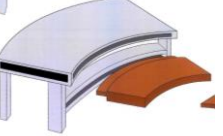
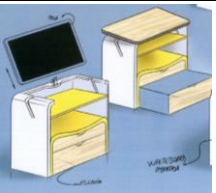
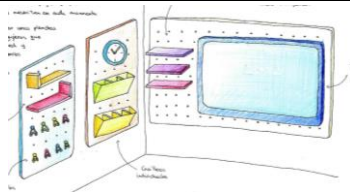



GRUPO	SOLUCIÓN	GRUPO	SOLUCIÓN
L1 - 1		L3 - 1	
L1 - 2		L3 - 2	
L1 - 3		L3 - 3	
L1 - 4		L3 - 4	
L1 - 5		L5 - 1	
L7 - 1		L5 - 2	
L7 - 2		L5 - 3	
L7 - 3		L5 - 4	
L7 - 4		L5 - 5	
L7 - 5			

Tabla 41. Conceptos generados en el experimento II.

3.3.3 Métodos de evaluación utilizados

Igual que en el caso del experimento anterior, seguidamente se explican los dos métodos de evaluación escogidos de entre todos los estudiados en el Capítulo 2 de esta tesis, para evaluar las propuestas de diseño conceptual generadas. Además, se explica cómo se ha realizado la evaluación en cada caso.

3.3.3.1 Medición de la creatividad mediante la métrica de (López-Forniés et al., 2017)

La creatividad (C) de cada una de las propuestas obtenidas como solución, se ha evaluado según el método propuesto por López-Forniés et al. (2017), que como ya se ha visto en el Capítulo 2 de esta tesis, evalúa conceptos según una escala propuesta para medir colectivamente la novedad (N), la utilidad (U) y la factibilidad técnica (F). De esta manera, los tres aspectos mencionados, se evaluaron con el criterio que se muestra en la Tabla 42.

ESCALA	EXPLICACIÓN	PUNTUACIÓN
Mucha novedad	El concepto será nuevo y no puede ser comparado	1
Mucha utilidad	El concepto resuelve el problema	
Mucha factibilidad	El concepto es fácil de conseguir sin ningún cambio técnico	
Novedad media	El concepto existe, pero con considerables diferencias	0.7
Utilidad media	El concepto solo resuelve parte del problema	
Factibilidad media	Se requiere alguna inversión para implementar el concepto	
Poca novedad	El concepto ya existe, pero para otras aplicaciones	0.3
Poca utilidad	El concepto resuelve parte del problema bajo circunstancias específicas	
Poca factibilidad	Los cambios son relevantes y se requiere una inversión considerable	
Sin novedad	El concepto ya existe para la misma aplicación	0.1
Sin utilidad	El problema ya se ha resuelto de una forma más simple	
Sin factibilidad	Los cambios requeridos son difíciles de conseguir y se necesita una inversión muy alta para llevarlos a cabo.	

Tabla 42. Puntuación de la creatividad (López-Forniés et al., 2017).

La puntuación final se ha establecido calculando, para cada concepto, una combinación de los tres valores (Ecuación 4). Por tanto, la puntuación de creatividad oscila, en este caso, entre 1 (más creativo) y 0.001 (menos creativo).

$$C = N \times U \times F$$

Ecuación 4. Cálculo de la creatividad según López-Forniés et al. (2017)

3.3.3.2 Medición de la circularidad mediante el recuento de características circulares

En el caso de este segundo experimento, la circularidad de cada propuesta se ha evaluado en términos del número de aspectos que aumentan la circularidad del producto propuesto en la solución conceptual. Para obtener la puntuación, todas las características incluidas en las propuestas se han clasificado según como siguen las estrategias de diseño circular enfocadas en ralentizar, estrechar o cerrar “loops” de circularidad (Bocken et al., 2016a; Mesa et al., 2018).

El resultado se ha obtenido calculando una suma ponderada de todas las características que se refieren a cada tipo de “loop” en cada una de las propuestas. Ya que no existe ningún método semicuantitativo estandarizado para medir circularidad en conceptos, se ha decidido evaluar la circularidad de las propuestas de diseño con los mismos pesos que los utilizados en la evaluación la creatividad (Subapartado 3.3.3.1). Así pues, se han adoptado los valores propuestos por López-Forniés et al. (2017) para establecer los pesos en la evaluación de la circularidad de la misma manera, siendo estos 0.3, 0.7 y 1, dependiendo del tipo de acción realizada para aumentar la circularidad del concepto.

Por otra parte, según la *Ellen MacArthur Foundation* (2013), cuanto más cerca esté el producto del usuario, es decir, cuanto más cerrado sea el “loop” de circularidad, más favorable será la acción que se está realizando para favorecer la circularidad del producto. Por lo tanto, las características de las propuestas que favorecen ralentizar “loops”, han sido evaluadas multiplicando el número de características por 1, aquellas favoreciendo el estrechar “loops” se han multiplicado por 0.7, mientras que aquellas favoreciendo cerrar “loops” se han puntuado multiplicando el número de características por 0.3. Las características en las propuestas que no estaban referidas a la circularidad, no se han tenido en cuenta (como, por ejemplo: la comodidad o el aprovechamiento del espacio, entre otras). De acuerdo con lo explicado, cuanto más alta ha sido la puntuación obtenida (Ecuación 5), más circular es la propuesta. La Tabla 43 muestra los valores para puntuar a las distintas ideas que promueven la circularidad en las propuestas. Por lo tanto:

$$C = I_s \times 1 + I_n \times 0.7 + I_c \times 0.3$$

Ecuación 5. Cálculo de la circularidad.

C = Circularidad

I_s = Número de ideas para ralentizar “loops”

I_n = Número de ideas para estrechar “loops”

I_c = Número de ideas para cerrar “loops”

TIPO DE ACCIÓN EN EL "LOOP"	PUNTUACIÓN
Ideas para ralentizar "loops"	1
Ideas para estrechar "loops"	0.7
Ideas para cerrar "loops"	0.3
Otras ideas no relacionadas con la economía circular	0

Tabla 43. Puntuación de cada tipo de ideas para evaluar la circularidad de las propuestas conceptuales de diseño.

3.3.4 Evaluación de la creatividad y circularidad de conceptos de mobiliario escolar

Como en el caso del experimento anterior, a continuación, se muestran los resultados obtenidos, tanto de creatividad como de circularidad para los conceptos de mobiliario escolar. Se detalla cómo se han aplicado los métodos de evaluación, así como, los resultados obtenidos.

3.3.4.1 Resultados de creatividad según el método de (López-Forniés et al., 2017)

Después de aplicar el método de López-Forniés et al. (2017) para cada uno de los conceptos de mobiliario escolar generados, en la Tabla 44, se pueden ver las puntuaciones obtenidas por cada uno de ellos, tanto de creatividad, como solo de novedad. Además, en el Anexo 2, se muestra el proceso de obtención de cada una de ellas. En este caso, de la puntuación total de creatividad propuesta por los autores de la herramienta, solo se ha empleado la puntuación de novedad, para poder comparar estas puntuaciones con las de otros experimentos. Es por ello que en la Tabla 44, solo se muestran las puntuaciones de novedad (valor comparable con los resultados de otros experimentos) y creatividad (como puntuación total de cada concepto). En el Anexo 2, se pueden ver los valores obtenidos por cada concepto para los parámetros de utilidad y factibilidad.

GRUPO	PUNTUACIÓN DE CREATIVIDAD	PUNTUACIÓN NOVEDAD	GRUPO	PUNTUACIÓN DE CREATIVIDAD	PUNTUACIÓN NOVEDAD
L1 - 1	0.210	0.3	L3 - 1	0.210	0.3
L1 - 2	0.003	0.1	L3 - 2	0.210	0.3
L1 - 3	0.030	0.1	L3 - 3	0.210	0.3
L1 - 4	0.027	0.3	L3 - 4	0.021	0.3
L1 - 5	0.070	0.1	L5 - 1	0.049	0.3
L7 - 1	0.210	0.3	L5 - 2	0.090	0.3
L7 - 2	0.490	0.7	L5 - 3	0.147	0.7
L7 - 3	0.210	0.3	L5 - 4	0.210	0.3
L7 - 4	0.030	0.1	L5 - 5	0.003	0.3
L7 - 5	0.030	0.1			
L7 - 6	0.063	0.3			

Tabla 44. Puntuaciones de creatividad y novedad del experimento 2 (mobiliario escolar).

Las puntuaciones de creatividad obtenidas por las propuestas conceptuales son, exceptuando el caso de la propuesta L7-2, bajas o muy bajas. Éstas oscilan entre 0,490, del mencionado concepto, y 0,003, de la propuesta L1-2. En cuanto a las puntuaciones de novedad, no hay ninguna de 1 y la mayoría de ellas son de 0,3 o 0,1, si bien se encuentran algunas de 0,7.

3.3.4.2 Resultados de circularidad obtenidos según el recuento de características circulares

La Tabla 45 muestra los resultados de circularidad obtenidos por cada una de las propuestas mediante el recuento de características circulares. Y, al igual que en el caso de la novedad, en el Anexo 2, se pueden ver las puntuaciones completas para cada una de ellas.

GRUPO	PUNTUACIÓN DE CIRCULARIDAD	GRUPO	PUNTUACIÓN DE CIRCULARIDAD
L1 - 1	2.30	L3 - 1	4.30
L1 - 2	0.00	L3 - 2	4.60
L1 - 3	6.60	L3 - 3	2.30
L1 - 4	3.30	L3 - 4	2.00
L1 - 5	0.00	L5 - 1	2.70
L7 - 1	4.60	L5 - 2	3.30
L7 - 2	3.20	L5 - 3	1.00
L7 - 3	5.20	L5 - 4	4.70
L7 - 4	2.60	L5 - 5	1.90
L7 - 5	4.30		
L7 - 6	5.10		

Tabla 45. Puntuaciones de circularidad del experimento 2 (mobiliario escolar).

3.3.5 Análisis de los resultados obtenidos en el experimento II

3.3.5.1 Resultados de creatividad según el método empleado

Los resultados de creatividad se han analizado en busca de diferencias marcadas entre las propuestas obtenidas con los requisitos de circularidad implícitos y las obtenidas al incluir requisitos circulares en forma de GQ durante la aplicación del método creativo 6-3-5. Los valores de creatividad obtenidos son los siguientes (Tabla 46):

	Resultados de creatividad										M	SD	
Con requerimientos implícitos	0.21	0.21	0.21	0.021	0.049	0.09	0.147	0.21	0.003			0.128	0.088
Añadiendo GQ explícitas	0.21	0.003	0.03	0.027	0.07	0.21	0.49	0.21	0.03	0.03	0.063	0.125	0.146

Tabla 46. Resultados de creatividad obtenidos en el segundo experimento.

En primer lugar, se ha comprobado la normalidad del grupo de puntuaciones obtenidas mediante la prueba estadística Kolmogórov-Smirnov, que ha resultado en que los datos no siguen una distribución normal:

$$D(20) = 0.193, p=0.049$$

Consecuentemente y a fin de comparar los resultados de los grupos que utilizaron las GQ explícitas, en contraposición a los que siguieron el método creativo con requerimientos implícitos en el enunciado, se ha utilizado la prueba estadística de Kruskal Wallis:

$$H(1) = 0.151, p=0.697$$

Así pues, los resultados no muestran ninguna diferencia significativa entre la creatividad de las propuestas obtenidas con los requerimientos de diseño circular implícitos y las obtenidas añadiendo al método creativo GQ. Como se muestra en la Figura 57, los resultados de creatividad han sido similares durante las sesiones en las que se han añadido GQ durante el método creativo y cuando no se han utilizado preguntas guiadas. Cuando los requisitos de circularidad están implícitos y no se aplican como preguntas guiadas, se han obtenido resultados ligeramente más creativos, aunque la diferencia entre los dos grupos de resultados no es significativa. Los resultados muestran que el 95% de los resultados del diseño tienen "poca" creatividad o "ninguna" creatividad y sólo el 5% de los resultados tienen entre media y "mucho" creatividad (Tabla 46). Por lo tanto, en general, el método no ha ayudado en gran medida a generar resultados altamente creativos, independientemente de si los requisitos se han utilizado implícitamente o como preguntas guiadas. La conclusión más relevante es que el uso de requisitos explícitamente como preguntas guiadas no disminuye la creatividad.

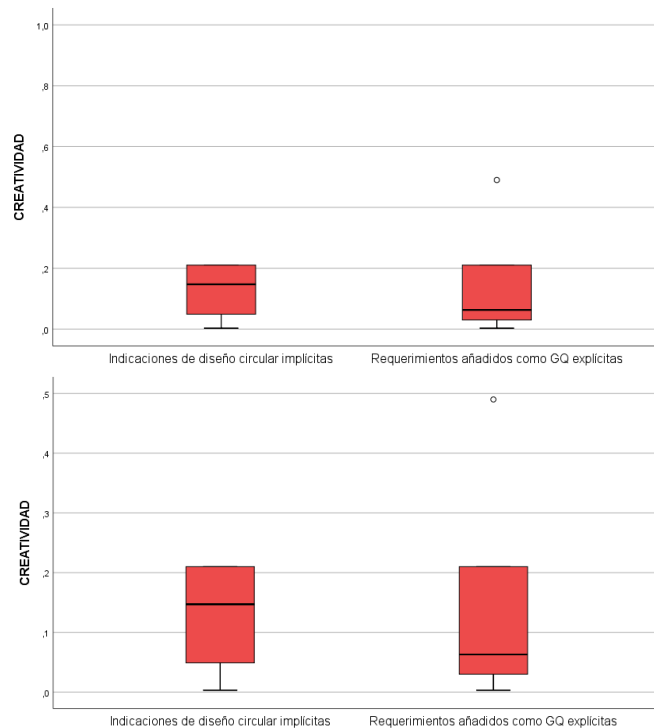


Figura 57. Resultados de creatividad en el segundo experimento (la primera gráfica muestra la escala total y la segunda una ampliación para mejor visualización de los resultados).

3.3.5.2 Resultados de circularidad según el método empleado

Los resultados de circularidad obtenidos se muestran en la Tabla 47. Resultados de circularidad. Se han analizado para ver si existe alguna diferencia relevante entre las propuestas obtenidas mediante los requerimientos implícitos en el enunciado y las obtenidas al añadir GQ de forma explícita al aplicar el método creativo adaptado 6-3-5. Se ha analizado cada resultado de diseño obtenido en el experimento teniendo en cuenta las características relacionadas con la circularidad que presenta. Las propuestas se han puntuado como se explica en el Subapartado 3.3.3.2 de esta Tesis.

	Resultados de creatividad											M	SD
Con requerimientos implícitos	4.3	4.6	2.3	2	2.7	3.3	1	4.7	1.9			2.978	1.324
Añadiendo GQ explícitas	2.3	0	6.6	3.3	0	4.6	3.2	5.2	2.6	4.3	5.1	3.382	2.089

Tabla 47. Resultados de circularidad.

Al igual que en el caso anterior, la normalidad del grupo de puntuaciones obtenidas se ha comprobado mediante la prueba de Kolmogórov-Smirnov, que ha resultado en que la serie de datos sigue una distribución normal.

$$D(20) = 0.135, p=0.200$$

Así pues, después de comprobar la normalidad de los datos obtenidos, se han comparado los dos grupos mediante un análisis de varianza (ANOVA), que ha revelado que el resultado no es significativo. Por lo tanto, no hay ninguna diferencia en los resultados de circularidad obtenidos al utilizar o no GQ de forma explícita durante la aplicación del método creativo.

$$F(1,18) = 0.252, p=0.622$$

La Figura 58 muestra que los resultados obtenidos durante las sesiones en las que se introdujeron los requerimientos de circularidad como GQ durante el método creativo son ligeramente superiores. El rango de puntuaciones va de 1 a 4,6 cuando los requisitos no se introducen como GQ, y de 0 a 6,6 cuando se introducen mediante GQ. Así, los resultados son mucho más dispersos para el caso en que se han introducido las GQ. Esto podría indicar que no todos los diseñadores afrontan la metodología aplicada con las GQ explícitas de la misma manera, a pesar de que los requisitos son teóricamente los mismos. La dispersión puede residir en el estímulo creativo proporcionado al formularlos como GQ. Los estímulos sentenciales, como las preguntas, tienen un efecto diferente sobre los resultados en función del estilo de resolución de problemas innovador o adaptativo de los diseñadores (López-Mesa et al., 2011).

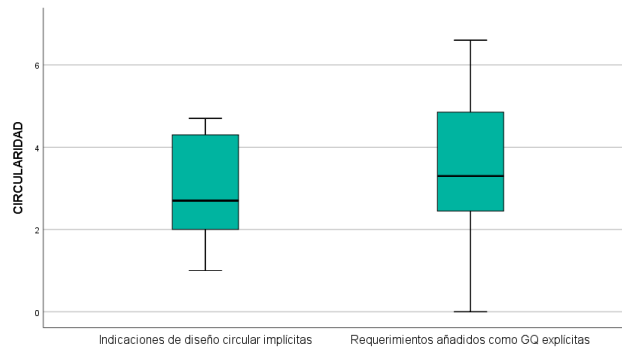


Figura 58. Resultados de circularidad en el segundo experimento.

3.3.5.3 Número de soluciones obtenidas según el método empleado

En cuanto al número de características circulares que se han obtenido en las propuestas de diseño, se ha estudiado cómo varía su número, dependiendo de si se obtuvieron en los grupos que trabajaban con los requerimientos de diseño circular implícitos en la hoja de instrucciones o, por el contrario, si estos grupos de trabajo trabajaron con el método 6-3-5 adaptado con preguntas guiadas (Tabla 48).

	Número de características circulares										M	SD	
	5	7	3	2	3	6	1	5	4				
Con requerimientos implícitos	5	7	3	2	3	6	1	5	4			4	1.936
Añadiendo GQ explícitas	3	0	8	5	0	7	6	8	4	5	6	5	2.796

Tabla 48. Número de características circulares obtenidas en las soluciones de diseño.

En primer lugar, como en los demás casos, se ha comprobado la normalidad de los resultados mediante la prueba de Kolmogórov-Smirnov y el resultado es, también en este caso, que los datos siguen una distribución normal.

$$D(20) = 0.148, p=0.200$$

Tras comprobar la normalidad de los resultados se ha realizado una prueba ANOVA para comparar cómo varían los mismos, dependiendo de si el método creativo aplicado proporciona los requisitos de circularidad en forma de preguntas guiadas o no, como se ha señalado anteriormente. Aunque la Figura 59 muestra que los resultados con preguntas guiadas explícitas son más dispersos y tienen las puntuaciones más altas, el resultado del análisis muestra que no hay diferencia entre los resultados de los dos grupos.

$$F(1,18) = 0.436, p=0.512$$

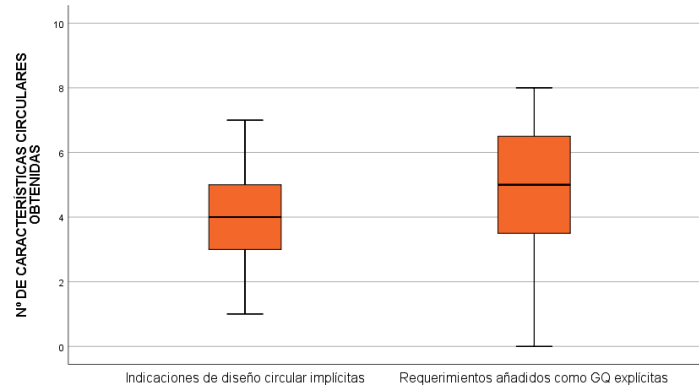


Figura 59. Resultados para el número de características circulares.

3.3.5.4 Relación entre circularidad y novedad

También se ha comprobado la relación entre los resultados de creatividad y los resultados de circularidad en ambos casos de estudio, dependiendo de si los requisitos de circularidad estaban implícitos en la descripción del problema o si se incluían como GQ explícitas durante el proceso creativo. En la Figura 60 se muestra la correlación y la dispersión entre los resultados de circularidad y creatividad. La correlación se ha calculado en tres casos: la correlación entre la creatividad y la circularidad en general, la correlación entre la creatividad y la circularidad cuando los requisitos están implícitos en el enunciado y la correlación entre la creatividad y la circularidad cuando se añaden GQ modificando el método. Se ha obtenido una correlación positiva baja (coeficiente de correlación de *Pearson* = 0.203) para la relación entre la circularidad y la creatividad obtenidas (Figura 60). Por lo tanto, se ha obtenido una correlación positiva moderada (coeficiente de correlación de *Pearson* = 0.578) para los grupos de resultados obtenidos con los requisitos de circularidad implícitos en el enunciado, mientras que se ha obtenido una correlación positiva muy pobre (coeficiente de correlación de *Pearson* = 0.092) cuando se modifica el método con GQ.

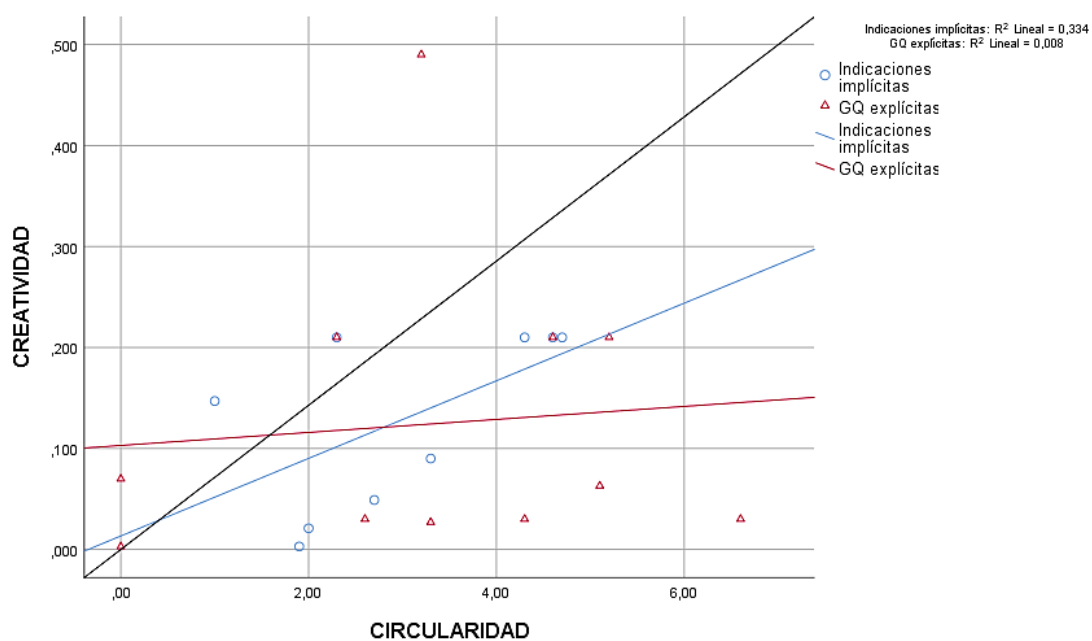


Figura 60. Correlación entre creatividad y circularidad.

La comparación de los resultados de circularidad y creatividad muestra que, aunque el índice de correlación es bajo con los requisitos implícitos, la correlación es mayor que cuando se introducen GQ. En los casos en que los requisitos de circularidad estaban implícitos, la dispersión de los datos es más estrecha que cuando se introducen las GQ explícitas para generar resultados circulares. A pesar de que se pueden ver algunos *outliers* entre los resultados (en concreto en el grupo de las GQ), es posible generalizar ya que estos no afectan a los resultados. Los resultados calculados sin *outliers* indican el mismo tamaño de correlación entre la circularidad y la creatividad ($p = 0.289$). Solo comparando los resultados cuando se introducen GQ se produce un ligero cambio (de $p = 0.092$ a $p = 0.208$), pero esta diferencia no se considera relevante en este caso.

Esta dispersión de los resultados puede deberse a la personalidad del diseñador. Por lo tanto, introducir preguntas explícitamente y una por una en cada cambio del "Método 6-3-5" puede ser una medida alentadora o un obstáculo, dependiendo de la personalidad del diseñador. Esto estaría en línea con otros estudios, como el de Chulvi & González-Cruz (2016) que afirman que, dependiendo del tipo de personalidad del diseñador, emocionalmente hablando, reaccionan de forma distinta al método de diseño que utilizan; o los de Mulet, Chulvi, Royo, & Galán (2016) y (García-García et al., 2019) que demostraron que la personalidad de los diseñadores interactúa con variables relacionadas con la creatividad de los resultados. Sin embargo, esto no es así en todas las metodologías. Por ejemplo, los diseñadores con un juicio racional y una percepción sensorial producen resultados creativos similares a los que tienen un juicio emocional y una percepción intuitiva (Chulvi, González-Cruz, & Mulet, 2015) utilizando el método SCAMPER. En nuestro caso, se ha demostrado que cuando se modifica la metodología introduciendo directamente las GQ, los resultados del diseño han sido más dispersos en cuanto a la circularidad y la creatividad, posiblemente como resultado de cómo reaccionan los diferentes perfiles de personalidad de los diseñadores. Esto estaría de acuerdo con Eris (2004), quien dice que la introducción de preguntas durante el proceso de diseño tiene una influencia en los resultados de diseño.

Estudios anteriores también muestran que los requisitos muy estrictos disminuyen la creatividad. En este estudio, se contribuye con nuevos resultados acerca de cómo el uso de requerimientos circulares como preguntas guiadas, durante el método creativo, aumenta la circularidad y la creatividad en algunos diseñadores y la disminuye en otros.

3.3.6 Conclusiones del Experimento II

Con la realización de este experimento se han resuelto las tres tareas referentes al Bloque II planteadas en Capítulo 1, Subapartado 1.2.2 de esta Tesis y que responden al objetivo O2.2. Los datos empíricos obtenidos muestran que la introducción de las GQ explícitamente no causa ninguna diferencia en la creatividad de los resultados en comparación con su introducción de forma implícita en la descripción del problema. Es decir, los requisitos de diseño afectan a la creatividad de forma similar independientemente de cómo se introduzcan, implícitamente como criterios de selección o como preguntas guiadas explícitas mientras se resuelve el problema.

En cuanto a la forma en la que esto afecta a la circularidad de las soluciones propuestas, inicialmente no se ha encontrado ninguna diferencia significativa en los resultados obtenidos por los dos grupos. Además, no hay diferencias significativas entre el número de aspectos de circularidad obtenidos. Sin embargo, sí existen diferencias en la dispersión de los resultados ya

que los participantes con requisitos implícitos han propuesto resultados de circularidad similares entre sí, mientras que se ha observado una mayor dispersión en el caso de los que recibieron GQ. En otras palabras, una parte de la población del estudio obtuvo mejores resultados, mientras que la otra parte obtuvo resultados algo más deficientes. Esto indica que el uso de requisitos en forma de GQ explícitas podría tener efectos diferentes en los diseñadores participantes en el experimento.

Al analizar esta diferencia en términos de percepción, se ha mostrado una ligera preferencia por el uso de GQ ya que también se ha percibido que las GQ ayudan a los diseñadores a generar ideas más circulares. A pesar de que un mayor número de participantes declaró que les gustaba más el método sin GQ, también hubo un mayor porcentaje de participantes que declararon que no les gustaba el método, mientras que el porcentaje de los que usaron GQ y no les gustó el método fue prácticamente cero. Por lo tanto, la preferencia por el uso de GQ encontrada se debe a que al utilizarlas los participantes se encuentran menos incómodos, no porque las GQ proporcionen comodidad durante el proceso de diseño.

3.4 Experimento III: Condicionamiento del estímulo aleatorio mediante biomimética

3.4.1 Objetivo del Experimento III

Este experimento, responde al Objetivo O2.3 de esta Tesis, planteado en el Capítulo 1, Subapartado 1.2.1. Este nuevo experimento es un paso adicional para obtener más conceptos diseñados por distintos perfiles de diseñador. Se ha evaluado la creatividad y circularidad de los conceptos obtenidos mediante la métrica de Shah et al. (2003) y el método planteado por Moreno et al. (2017) respectivamente, métodos descritos en el Capítulo 2, Subapartados 2.3.2 y 2.2.3.11 de esta Tesis. Mediante su realización se pretende responder a la pregunta de si la eficacia de las metodologías orientadas a los requerimientos sirve también para obtener soluciones creativas como las metodologías creativas orientadas a las ideas. En este experimento en particular eso se plantea como la siguiente pregunta de investigación: La biomimética, utilizada como estímulo "guiado", ¿puede fomentar tanto la creatividad como los estímulos "aleatorios"? Y, en caso de que no, ¿el estímulo biomimético promueve la circularidad en mayor medida que un estímulo aleatorio lo suficiente para compensar la pérdida de creatividad con respecto al método aleatorio? Se han escogido estas dos técnicas en concreto ya que son muy similares en cuanto a funcionamiento, al mismo tiempo que una fomenta la obtención de resultados creativos (el método de estímulos aleatorios) y la otra fomenta la circularidad (biomimética).

La respuesta a estas preguntas es relevante en el ámbito del diseño de producto, ya que ayudará en la selección de la metodología adecuada según las prioridades del diseño: creatividad o resolución de requisitos.

3.4.2 Diseño del Experimento III

La experiencia práctica se planteó como un taller en el que participaron doce estudiantes del Máster de Diseño e Ingeniería de Productos de la Universidad de Aveiro (Portugal). Entre los participantes había 5 hombres y 7 mujeres, con una edad media de 23 años, SD 1.64. Todos ellos tenían el mismo nivel de formación y experiencia en Ingeniería de Diseño y economía circular, ya que habían cursado una asignatura sobre economía circular. Esto supone que estos diseñadores noveles tenían algo más de conocimiento sobre el tema que los participantes en los dos experimentos anteriores, pero no tanto como para que afecte a los resultados generados.

Los participantes fueron llamados a participar en el taller, todos al mismo tiempo. En la primera parte de la sesión, se explicó en términos generales el objetivo y el trabajo a realizar. Se pidió a los participantes que firmaran el formulario de consentimiento y protección de datos. Como final de la parte introductoria e inicio de la experiencia, participaron en una actividad de calentamiento, consistente en dibujar una "palabra secreta" por grupos utilizando el mismo rotulador atado por cuerdas (Figura 61). Después, los demás grupos tuvieron que adivinar cuál era la palabra que estaban dibujando, por turnos.



Figura 61. Actividad de calentamiento.

Después, los participantes fueron separados en mesas individuales con material de dibujo. Se les pidió que resolvieran dos problemas de diseño diferentes, cada uno con uno de los métodos definidos: biomimética y estímulos aleatorios. El orden del problema y el método se combinaron para evitar una posible interacción de estos aspectos en los resultados, siguiendo la siguiente combinación (Figura 62):

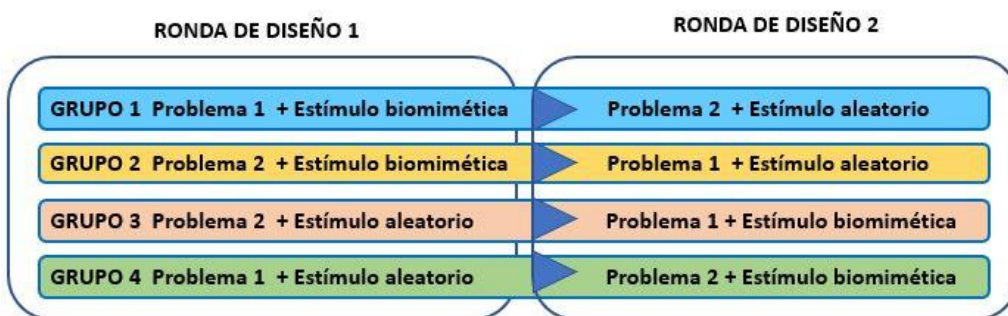


Figura 62. Esquema de problemas y estímulos según grupo.

Para la aplicación de los estímulos condicionados con biomimética, se ha seleccionado la baraja *Life's Principles*, Biomimética 3.8. Nueve cartas se seleccionaron al azar de la baraja (Figura 63) con el objetivo de que todos los participantes tuvieran los mismos estímulos de biomimética como inspiración. El orden en que se proporcionó cada tarjeta a los individuos fue aleatorio, de modo que el orden de aparición de los estímulos no condicionara la inspiración del diseñador.



Figura 63. 9 cartas extraídas de *Life's Principles Play Deck*, (c) *Biomimicry 3.8*. (2019).

En cuanto a los estímulos aleatorios externos, estos se han utilizado de la misma manera que Howard et al. (2011). Al igual que en su estudio, se han extraído nueve imágenes al azar de un banco de imágenes en línea. En este caso, las imágenes fueron generadas al azar en la web “<http://lorempixel.com/500/500/>” (n.d.) e impresas en tarjetas para formar una baraja. La intención era que todos los participantes recibieran los mismos estímulos aleatorios para evitar el posible efecto de que cada individuo recibiera diferentes estímulos. En todo caso, la baraja se mezcló antes de cada uso para aleatorizar el orden de los estímulos. Las imágenes aleatorias utilizadas se pueden ver en la Figura 64.



Figura 64. Estímulos aleatorios externos.

Entre los dos problemas se dio a los participantes un descanso de 15 minutos para evitar fatiga que pudiera afectar a los resultados. Así, el horario de la experiencia se puede ver en la Figura 65:

Para esta experiencia se consideró suficiente con 50 minutos para la generación de ideas, siguiendo las recomendaciones de Howard et al. (2008; 2009), quien afirma que la generación de ideas se mantiene prácticamente constante durante los primeros 60 minutos y, también, disminuye lenta y constantemente después de 30 minutos.

Los enunciados de los problemas se pensaron para ser breves, con el fin de evitar la fijación y estrechar la creatividad de los resultados. En cualquier caso, se han planteado como objetivos de diseño que las soluciones sean creativas y circulares. Esto está expresado de este modo porque, de esta manera, se evitan las soluciones comunes y/o no circulares que podrían resolver el problema, en cualquier caso. Es decir, las soluciones debían seguir los principios de economía circular explicados en el Capítulo 2 de esta Tesis. Siendo los enunciados dados a los estudiantes:

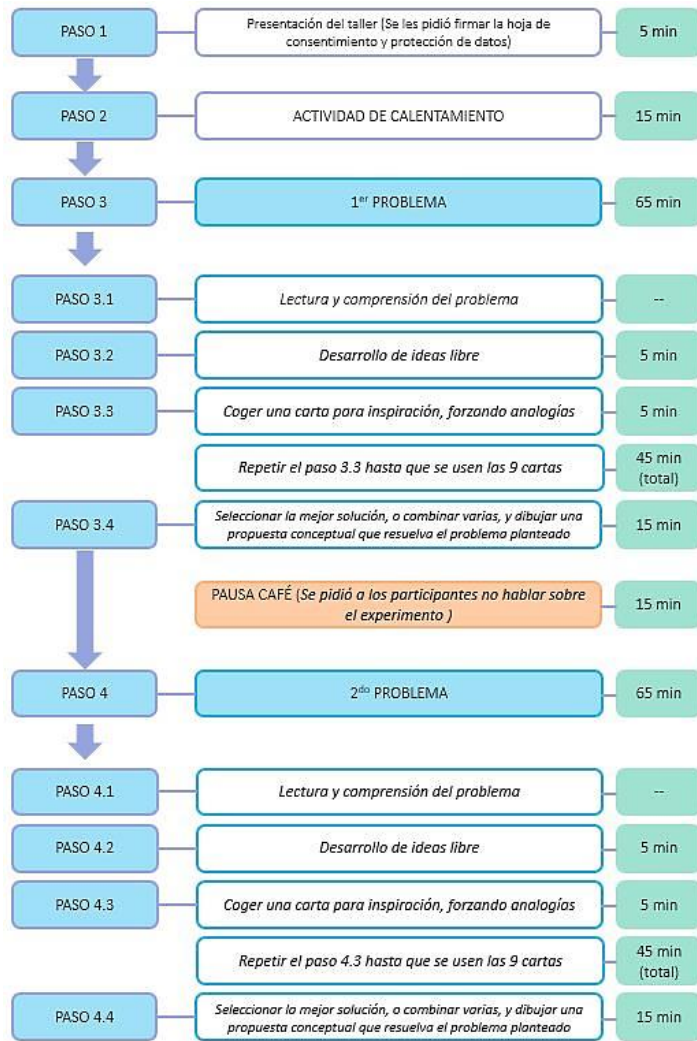


Figura 65. Horario del taller.

Problema 1: Diseño de un elemento creativo de refugio exterior para las personas, siguiendo los principios de la CE.

Problema 2: Diseño de un conjunto creativo de elementos para transportar alimentos, siguiendo los principios de CE.

Como resultado del experimento se obtuvieron 12 propuestas de conceptos para resolver cada uno de los problemas, 24 en total. En la Figura 66 y Figura 67 se pueden ver dos ejemplos de los conceptos obtenidos y en la Tabla 49 se encuentran todos los obtenidos. Además, en el Anexo 1, se pueden ver con detalle estos conceptos.

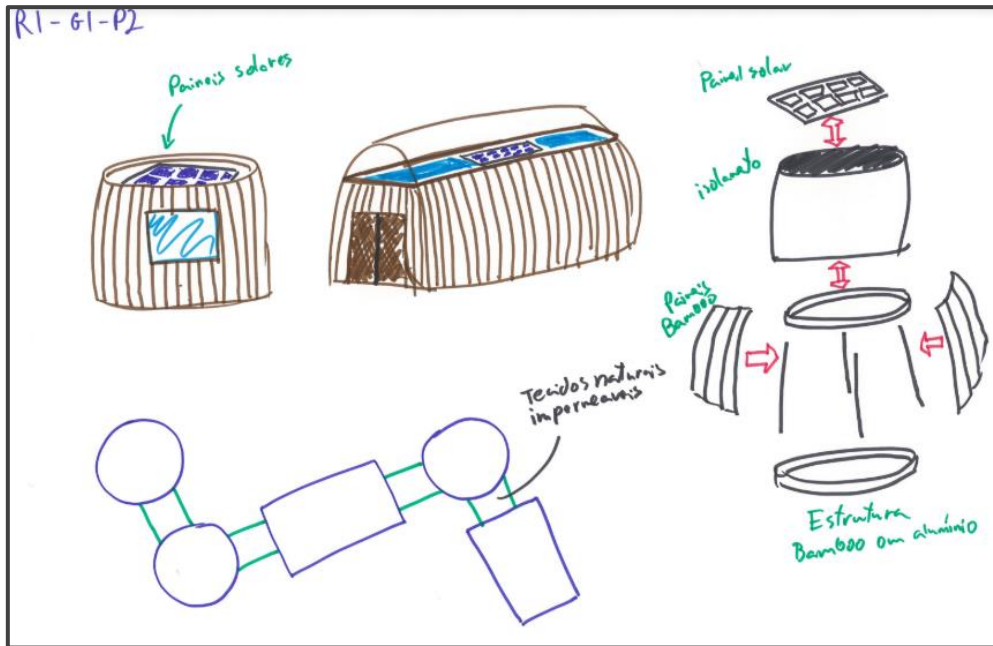


Figura 66. Propuesta de elemento de refugio personal.

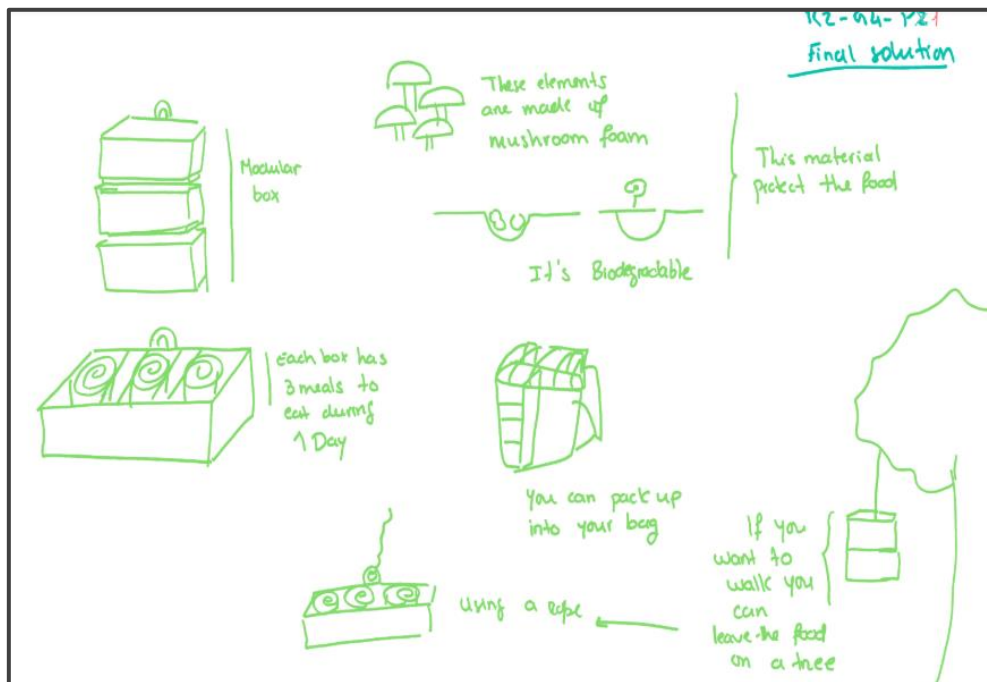
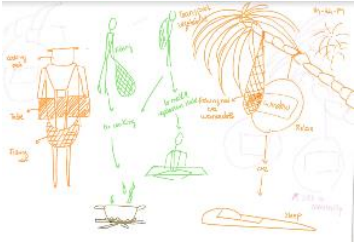

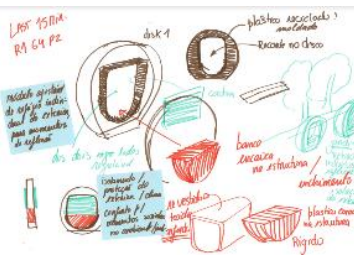
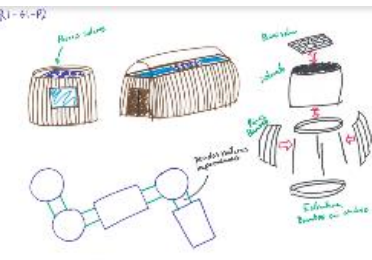

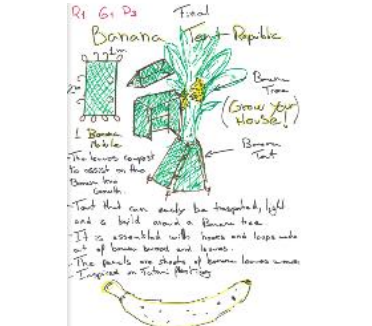
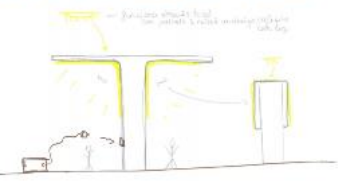
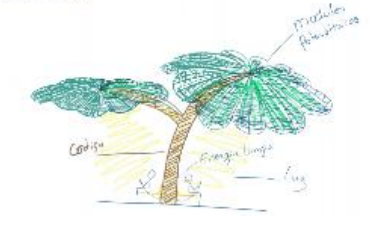


Figura 67. Propuesta de elemento de transporte de comida.

SOLUCIÓN DE DISEÑO	DESCRIPCIÓN	SOLUCIÓN DE DISEÑO	DESCRIPCIÓN
R1-G4-P1		R1-G1-P1	
R1-G4-P2		R1-G1-P2	
R1-G4-P3		R1-G1-P3	
R2-G2-P1		R2-G3-P1	

<p>R2-G2-P2</p>	<p>Final Cubierta de fibra</p> <p>...a forma triangular... ...a forma triangular... ...a forma triangular...</p>	<p>R2-G3-P2</p>	<p>FINAL SOLUTION</p> <p>WOOD MODULAR</p> <p>URBAN SHELTER / REST WITH LIGHT TREAT SOLAR ENERGY</p>
<p>R2-G2-P3</p>	<p>Cubierta interna</p> <p>Vidrio</p> <p>Vidrio</p>	<p>R2-G3-P3</p>	<p>Final solution</p> <p>Cubierta interna</p>
<p>R1-G3-P1</p>	<p>Final</p>	<p>R1-G2-P1</p>	<p>Final</p> <p>Cubierta interna</p>
<p>R1-G3-P2</p>	<p>Final</p> <p>Cubierta interna</p>	<p>R1-G2-P2</p>	<p>Final</p> <p>Cubierta interna</p>
<p>R1-G3-P3</p>	<p>Final</p> <p>Cubierta interna</p>	<p>R1-G2-P3</p>	<p>Final</p> <p>Cubierta interna</p>

R2-G1-P1		R2-G4-P1	
R2-G1-P2		R2-G4-P2	
R2-G1-P3		R2-G4-P3	

Tabla 49. Conceptos generados en el experimento III.

3.4.3 Métodos de evaluación utilizados

Para realizar la evaluación de las soluciones obtenidas en el experimento, se han seleccionado otras dos de las herramientas estudiadas en el Capítulo 2 de esta tesis. Para la evaluación de la creatividad se ha determinado utilizar la métrica de Shah et al. (2003) y, para la evaluación de la circularidad, se ha utilizado el método planteado por Moreno et al. (2017).

3.4.3.1 Medición de la creatividad mediante la métrica de Shah et al. (2003)

En el presente estudio se han utilizado los parámetros de novedad y calidad de la métrica de Shah et al. (2003) para medir la creatividad. Para calcular la puntuación de creatividad se ha realizado la media de estos dos parámetros. Los parámetros de cantidad y variedad no se utilizan en este caso, ya que se emplean para evaluar el proceso de diseño, teniendo en cuenta el espacio de diseño explorado durante el proceso de la fase de ideación, y no es el caso de análisis.

Los refinamientos más recientes de la métrica de Shah han sido descartados, ya que no proporcionan una mejora de los parámetros que se están midiendo, como Nelson et al. (2009), que calcula la novedad de la forma original propuesta por Shah y no trata la calidad, o porque no son adecuados para evaluar los diseños en la etapa conceptual temprana, como en el caso de Oman et al. (2013), que requieren de mediciones detalladas para evaluar la calidad (por ejemplo, el peso final del diseño), que no se pueden conocer en la etapa de diseño conceptual.

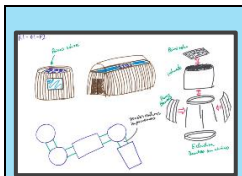
La Tabla 50 muestra las funciones establecidas y sus ponderaciones, junto con el nivel de novedad considerado según la forma en que el concepto resuelve esa función. Si la función no se resuelve, se considera un valor de cero. El resultado final de la novedad de un concepto se ha calculado como la suma ponderada de las puntuaciones de novedad de cada función.

PRODUCTO	FUNCIONES		PESO	PUNTUACIONES DE NOVEDAD PARA CADA FUNCIÓN		
				3	7	10
Refugio personal para el aire libre	F1	Proteger de la intemperie	0.3	Tienda de campaña o marquesina habitual	Proteger al usuario mediante métodos propios de contextos distintos a la intemperie	Se cumple la función mediante nuevas formas no comparables
	F2	Ser resistente	0.3	Es resistente con la estructura habitual de este tipo de productos	Es resistente, pero tiene una estructura propia de otras aplicaciones o contextos	Se cumple la función mediante nuevas formas no comparables
	F3	Ser fácil de utilizar	0.25	Su uso y montaje no conlleva dificultad y es el habitual en este tipo de aplicación	Su uso y montaje no conlleva dificultad, pero se realiza de formas propias de otras aplicaciones	Se cumple la función mediante nuevas formas no comparables
	F4	Ser fácil de limpiar	0.15	Es fácil de limpiar, sin nada específico en el diseño para ello	Es fácil de limpiar y se ha diseñado un sistema específico para ello que no se usa en esta aplicación	Se cumple la función mediante nuevas formas no comparables
Elemento de transporte de comida fuera de casa	F1	Mantener la comida dentro	0.25	<i>Tupper</i> con estructura habitual	<i>Tupper</i> con nuevos materiales o formas (por ejemplo, flexible)	Se cumple la función mediante nuevas formas no comparables
	F2	Ser resistente (a golpes, etc.)	0.25	<i>Tupper</i> con estructura habitual	<i>Tupper</i> con nuevos materiales o estructuras	Se cumple la función mediante nuevas formas no comparables

	F3	Ser cómodo de transportar en conjunto	0.25	El conjunto se transporta de la forma habitual (bolsa con asa, por ejemplo)	El conjunto es cómodo, se transporta de una forma normal para otras aplicaciones, pero no para esta	Se cumple la función mediante nuevas formas no comparables
	F4	Transportar varios tipos de comida a la vez	0.15	La función se cumple con varios compartimentos fijos, como ya se ve en algunos productos existentes	Se pueden transportar varios tipos de comida mediante algún sistema que se use para otro tipo de productos, pero no para éste (p. ej. Compartimentos adaptables)	Se cumple la función mediante nuevas formas no comparables
	F5	Permitir fácil limpieza	0.1	Es fácil de limpiar, sin nada específico en el diseño para ello	Es fácil de limpiar y se ha diseñado un sistema específico para ello que no se usa en esta aplicación	Se cumple la función mediante nuevas formas no comparables

Tabla 50. Funciones y puntuaciones para la evaluación de la novedad con la métrica de Shah et al. (2003).

Como ejemplo, la novedad del concepto de la Figura 66 se ha calculado de la siguiente manera:



Producto	Funciones		Peso	Puntuación de novedad para cada función				PUNTAJACIÓN	PUNTAJACIÓN TOTAL
				0	3	7	10		
R1-G1-P2	F1	Proteger de la intemperie	0.3			7		2.1	4.2
	F2	Ser resistente	0.3		3			0.9	
	F3	Ser fácil de utilizar	0.25		3			0.75	
	F4	Ser fácil de limpiar	0.15		3			0.45	

Tabla 51. Ejemplo de puntuación de la novedad.

Una vez establecidas las funciones y su importancia para los refugios personales, en este caso, se ha asignado una puntuación de novedad para cada una de las funciones establecidas (Tabla 51). A la función “Proteger de la intemperie” se le ha dado una puntuación de 7 ya que el sistema tipo iglú modular que se propone podría ser habitual en otros contextos, pero no como refugio personal. Las otras tres funciones tienen una puntuación de novedad de 3 porque se solucionan de la forma habitual para esta aplicación.

La calidad mide el grado en que un concepto cumple con las especificaciones del diseño de forma funcional. Para su cálculo, se analiza cada una de las funciones principales y se le asigna un valor en una escala de 0 a 10. Un valor de cero indica que la solución no puede realizar la función deseada; un valor de cinco indica que la función se realiza satisfactoriamente, pero de forma muy básica; y un diez indica que la función se realiza de la mejor forma posible. El resultado final para la calidad de un concepto es la suma ponderada de las puntuaciones de cada una de las funciones consideradas, ponderada según la importancia asignada a cada función. En la Tabla 52 se muestran las funciones y ponderaciones que se han considerado para evaluar las alternativas propuestas.

PRODUCTO	REQUERIMIENTO FUNCIONAL	PESO	PUNTUACIONES DE LA CALIDAD												
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Refugio personal para el aire libre	Proteger de la intemperie	0.3	La función no se puede materializar							La forma de proteger se puede llevar a cabo, pero con alguna limitación					La forma de proteger al usuario se puede materializar de forma óptima
	Ser resistente	0.3	La función no se puede materializar							Se le puede dotar de resistencia con alguna dificultad					Se le puede dotar de resistencia de la mejor manera posible
	Ser fácil de utilizar	0.25	La función no se puede materializar							Las características que dan facilidad de uso se pueden materializar, pero con alguna dificultad					Se le puede dar facilidad de uso de la mejor forma posible
	Ser fácil de limpiar	0.15	La función no se puede materializar							El sistema de limpieza se puede implantar, pero con alguna dificultad					El sistema de limpieza se puede materializar de la mejor manera posible
Elemento de transporte de comida fuera de casa	Mantener la comida dentro	0.25	La función no se puede materializar							El recipiente planteado se puede materializar, pero con alguna dificultad					El recipiente se puede materializar de la mejor forma posible
	Ser resistente (a golpes, etc.)	0.25	La función no se puede materializar							Las características que dotan al producto de resistencia se pueden materializar, pero con dificultades					Las características que dotan al producto de resistencia se pueden materializar de la mejor manera posible
	Ser cómodo de transportar en conjunto	0.25	La función no se puede materializar							La forma de ser cómodo del conjunto se puede materializar con alguna dificultad					La forma de ser cómodo del conjunto se puede materializar de forma óptima
	Transportar varios tipos de comida a la vez	0.15	La función no se puede materializar							La forma de transportar varias comidas a la vez es viable, pero tiene alguna dificultad					La forma de transportar varias comidas a la vez se puede materializar de la mejor forma posible

	Permitir fácil limpieza	0.1	La función no se puede materializar						Las características del producto que hacen que se pueda limpiar fácilmente, se pueden realizar, pero con alguna dificultad o no del todo					La propuesta se puede limpiar de forma óptima
--	-------------------------	-----	-------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

Tabla 52. Funciones y puntuaciones para la puntuación de la calidad con la métrica de Shah et al. (2003)

Siguiendo con el ejemplo anterior, la calidad del concepto de la Figura 66 se ha calculado como se muestra en la Tabla 52. Las funciones “Proteger de la intemperie” y “Ser resistente” tienen una puntuación de 8 ya que estas funciones se pueden llevar a cabo sin ninguna dificultad, pero no de la forma óptima: la forma dada al refugio podría ser más acorde a la función y proteger con mayor fiabilidad al usuario y la resistencia podría fallar en las uniones de los módulos o piezas que se están proponiendo. Por otra parte, la facilidad de uso tiene una puntuación de 10 en calidad porque el refugio se podría utilizar con total facilidad. La facilidad de limpieza, por último, se ha puntuado con una calidad de 7 dado que el concepto de refugio que se plantea es fácil de limpiar en general, pero esta tarea se puede ver dificultada por la gran cantidad de uniones y espacios pequeños y posiblemente de difícil acceso que tiene el refugio dado su modularidad.

																
PRODUCTO	REQUERIMIENTO FUNCIONAL	PESO	PUNTUACIONES DE CALIDAD										PUNT.	PUNT. TOTAL		
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10	
R1-G1-P2	Proteger de la intemperie	0.3										X			2.4	8.35
	Ser resistente	0.3										X			2.4	
	Ser fácil de utilizar	0.25												X	2.5	
	Ser fácil de limpiar	0.15									X				1.05	

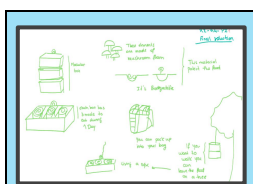
Tabla 53. Ejemplo de puntuación de calidad.

3.4.3.2 Medición de la circularidad mediante la herramienta de Moreno et al. (2017)

La circularidad de cada una de las propuestas se ha evaluado, en este caso, con la herramienta diseñada por Moreno et al. (2017). Esta herramienta, evalúa la circularidad de las propuestas de diseño según 46 parámetros relacionados con la economía circular. Estos parámetros, a su vez, están clasificados en cinco temáticas: conservación de recursos, ciclos de vida (fin de vida), diseño del sistema completo, consumidor y desarrollo.

Para puntuar cada una de las propuestas de diseño, se le asigna una puntuación de entre 0 y 5 a cada uno de los parámetros. A cada uno de los parámetros, por otra parte, los autores de la herramienta le han asignado un factor de importancia, por lo que, el siguiente paso es multiplicar la puntuación que se le ha otorgado a cada parámetro por su factor de importancia. Por ejemplo, el factor de importancia de “permitir reutilización” es de 4.3, por lo que un concepto que tenga una puntuación de 4 para ese parámetro, obtendrá una puntuación final para el mismo de 17.2 (4x4.3). Para la obtención de la puntuación final se suman las puntuaciones totales de cada uno de los parámetros pudiendo ser, por tanto y según los distintos factores de importancia que se pueden ver en el Anexo 2, la puntuación de un concepto de entre 0 (menos circular) y 787.5 (más circular). En la Tabla 54, se puede ver el ejemplo de la puntuación de circularidad del concepto mostrado en la Figura 67.

Para algunos de los parámetros (reducción de consumo de energía en la fabricación, mejoras en la fabricación o reducción de tiempos de espera en la entrega al consumidor) la puntuación es de 0 debido a que estos aspectos todavía no están definidos en la etapa conceptual del producto. Por ejemplo, el parámetro “Seleccionar los mejores materiales” la puntuación para esta propuesta conceptual es de 5 porque en ella se indican materiales biodegradables y naturales para la mayoría de componentes del sistema de transporte de comida. El parámetro referente a la customización del producto por cada usuario según sus necesidades, tiene una puntuación de 2 ya que el concepto planteado es modular, pero el usuario no lo puede customizar más allá de las posibles opciones de combinación de los módulos.



ASPECTO DE DISEÑO CIRCULAR	ENFOQUE DfX	ESTRATEGIA	FACTOR	PUNTUACIÓN	TOTAL ESTRATEGIA
Conservación de recursos	Diseño para conservación de energía	Utilizar energía limpia	3.6	3	10.8
		Reducir el consumo de energía en la fabricación (eliminar las pérdidas de rendimiento)	3.3	0	0
		Mejorar la fabricación (etapas de producción, cadena de suministro)	3.5	0	0
		Utilizar procesos adecuados para la producción a baja escala	2.5	0	0
	Diseño para conservación de materiales y eliminar residuos	Seleccionar los mejores materiales (no tóxicos, puros si es posible)	3.8	5	19
		Elegir materiales locales (no raros, para evitar la escasez)	3	0	0
		Considerar un flujo de material sano	3.7	4	14.8
		Eliminar componentes y subensamblajes innecesarios	2.6	1	2.6
		Reducir material (aligerar peso)	2.8	0	0

		Reducir o eliminar <i>packaging</i>	3.2	0	0
		Reducir el tamaño de los componentes (miniaturizar)	2.6	0	0
		Evitar compuestos y revestimientos (materiales difíciles de separar)	4.3	4	17.2
		Evitar adhesivos tóxicos, utilizar articulaciones mecánicas fáciles (cierres o articulaciones visibles)	3.4	4	13.6
		Utilizar materiales puros para permitir biodegradabilidad	3.2	5	16
Ciclos de vida (Fin de vida)	Diseño para optimizar/extendir la vida del producto	Asegurar la fiabilidad (calidad)	3.8	0	0
		Permitir reusabilidad	4.3	3	12.9
		Fomentar el mantenimiento (reparación/renovación)	4.4	0	0
		Fácil ensamblaje/desensamblaje)	4.3	3	12.9
		Estandarizar componentes para compatibilidad (modularidad)	4.1	5	20.5
		Refabricación	4	0	0
	Diseño para múltiples ciclos de vida	Recuperar material (fácil de limpiar, coleccionar y transportar)	4.1	1	4.1
		Permitir el uso en cascada	3.8	1	3.8
		Motivar al usuario a reciclar	2.9	0	0
		Asegurar la disponibilidad de piezas sobrantes	4	0	0
Diseño del sistema completo	Diseño para sostenibilidad	Convertir la propiedad de los productos en un servicio (canjear, alquilar, compartir)	4.2	0	0
		Desmaterializar productos en plataformas digitales	3.4	0	0
		Permitir actualización y flexibilidad de adaptación	3.9	2	7.8
		Fortalecer la industria local	3.3	0	0
		Crear sistemas regenerativos (biomimética)	3.3	0	0
		Tener en cuenta el impacto social	3.5	1	3.5
		Crear riqueza a través de una buena práctica empresarial (mejorar la relación coste-beneficio)	3.6	0	0
		Desarrollar un sistema de rastreo y retorno	3.8	0	0
Consumidor	Diseño para el usuario	Personalizar los deseos y necesidades de cada persona	2.8	2	5.6
		Mejorar la durabilidad (evitar la obsolescencia incorporada)	3.9	2	7.8
		Desarrollar el apego/lealtad (experiencia, diseño significativo)	3.3	0	0
		Reducir los tiempos de espera en la entrega al consumidor	2.3	0	0
		Basado en tendencias duraderas, no hay moda efímera (estética atemporal)	2.7	2	5.4
		Aplicar los principios de poka-yoke para facilitar el uso	2.6	0	0
Desarrollo	Diseño para el presente hacia el futuro	Usar tecnologías móviles	3.1	0	0
		Usar comunicaciones Máquina a Máquina (M2M)	3.2	0	0
		Usar la computación en nube	3.2	0	0
		Usar la tecnología de los canales de comunicación social	2.6	0	0
		Utilizar análisis de <i>big data</i>	3.3	0	0
		Usar material nuevo (inteligente, orgánico)	3.2	4	12.8
		Utilizar impresión 3D (evitar tecnologías de sustracción)	3	0	0
		Crear equipos multifuncionales para considerar diferentes aspectos en el diseño	4.1	0	0
			TOTAL		191.1

Tabla 54. Ejemplo de puntuación de la circularidad.

3.4.4 Evaluación de la creatividad y circularidad de conceptos de elementos de refugio personal al aire libre

En los siguientes apartados, se muestran los resultados obtenidos para cada una de las propuestas de elementos de refugio personal para la intemperie. Por una parte, se ha puntuado la creatividad y la circularidad de las propuestas por separado, con métodos ya existentes y, por otra, se han valorado estos dos aspectos de forma conjunta con la métrica diseñada.

3.4.4.1 Resultados de creatividad según el método de Shah et al. (2003)

Para evaluar la creatividad de cada una de las propuestas, se ha utilizado, como ya se ha dicho, la métrica de Shah et al. (2003), en concreto sus dos parámetros de novedad y calidad. Los resultados obtenidos por cada uno de los conceptos se pueden ver en la Tabla 55. Por otra parte, el desarrollo para obtener cada una de las puntuaciones, así como las soluciones de diseño en detalle, se pueden encontrar en el Anexo 2.

SOLUCIÓN DE DISEÑO	CREATIVIDAD	Novedad	Calidad	SOLUCIÓN DE DISEÑO	CREATIVIDAD	Novedad	Calidad
R1-G4-P1	6.6	5.2	8	R1-G1-P1	5.75	3	8.5
R1-G4-P2	6.85	5.2	8.5	R1-G1-P2	6.275	4.2	8.35
R1-G4-P3	6.525	4.2	8.85	R1-G1-P3	5.175	4.75	5.6
R2-G2-P1	6.5	4.2	8.8	R2-G3-P1	5.75	4.2	6.55
R2-G2-P2	6.725	4.8	8.65	R2-G3-P2	6.275	4.8	8.8
R2-G2-P3	6.075	5.4	6.75	R2-G3-P3	5.825	5.4	7.9

Tabla 55. Resultados de creatividad de los refugios personales.

3.4.4.2 Resultados de circularidad según el método de Moreno et al. (2017)

Los resultados de circularidad, por otra parte, obtenidos al aplicar la herramienta Moreno et al. (2017), se muestran en la Tabla 56. Además, en el Anexo 2, se puede ver con detalle el proceso para obtener cada uno de los resultados.

SOLUCIÓN DE DISEÑO	PUNTUACIÓN DE CIRCULARIDAD	SOLUCIÓN DE DISEÑO	PUNTUACIÓN DE CIRCULARIDAD
R1-G4-P1	97.5	R1-G1-P1	170.7
R1-G4-P2	163	R1-G1-P2	195.2
R1-G4-P3	79.9	R1-G1-P3	282.2
R2-G2-P1	71.6	R2-G3-P1	131.2
R2-G2-P2	84.1	R2-G3-P2	137.4
R2-G2-P3	130.3	R2-G3-P3	265.6

Tabla 56. Resultados de circularidad de los refugios personales.

3.4.5 Evaluación de la creatividad y circularidad de conceptos de elementos de transporte de comida

Igual que en el caso del problema anterior, también se ha evaluado a los elementos de transporte de comida obtenidos mediante los dos mismos métodos ya existentes, evaluando la creatividad y la circularidad por separado y, con la métrica diseñada, evaluando estos dos parámetros de forma conjunta. En los siguientes subapartados, se muestran los resultados obtenidos para cada propuesta.

3.4.5.1 Resultados de creatividad según el método de Shah et al. (2003)

En este subapartado, se muestran las puntuaciones de creatividad, obtenidas con el método de Shah et al. (2003), para cada una de las propuestas conceptuales de elementos de transporte de comida para fuera del hogar (Tabla 57). Por otra parte, en los Anexos 1 y 2, se pueden ver los conceptos y el desarrollo de las puntuaciones obtenidas respectivamente, de forma detallada.

SOLUCIÓN DE DISEÑO	CREATIVIDAD	Novedad	Calidad	SOLUCIÓN DE DISEÑO	CREATIVIDAD	Novedad	Calidad
R1-G3-P1	5.3	2.85	7.75	R1-G2-P1	5.45	2.55	8.35
R1-G3-P2	5.825	4.55	7.1	R1-G2-P2	6.425	4.6	8.25
R1-G3-P3	5.475	5.25	6.7	R1-G2-P3	6.45	3.6	9.3
R2-G1-P1	6.075	3.85	8.3	R2-G4-P1	6.825	5	8.65
R2-G1-P2	5.65	3.85	7.45	R2-G4-P2	6.55	4.6	8.5
R2-G1-P3	5.15	3.85	6.45	R2-G4-P3	6.875	5.3	8.45

Tabla 57. Resultados de creatividad de los elementos de transporte de comida.

3.4.5.2 Resultados de circularidad según el método de Moreno et al. (2017)

Para el caso de la circularidad, como ya se ha mencionado en apartados anteriores, obtenida mediante el método de Moreno et al. (2017), también se muestran en la Tabla 58 los resultados obtenidos y, en el Anexo 2, cómo se han desarrollado las distintas puntuaciones.

SOLUCIÓN DE DISEÑO	PUNTUACIÓN DE CIRCULARIDAD	SOLUCIÓN DE DISEÑO	PUNTUACIÓN DE CIRCULARIDAD
R1-G3-P1	124.7	R1-G2-P1	174.5
R1-G3-P2	127.6	R1-G2-P2	168.5
R1-G3-P3	125.3	R1-G2-P3	141.3
R2-G1-P1	108	R2-G4-P1	191.1
R2-G1-P2	232.7	R2-G4-P2	182.5
R2-G1-P3	139.3	R2-G4-P3	179.3

Tabla 58. Resultados de circularidad de los elementos de transporte de comida.

3.4.6 Análisis de los resultados obtenidos en el experimento III

3.4.6.1 Análisis experimental sobre cómo afecta el condicionamiento del estímulo aleatorio a los resultados conceptuales

Para estudiar cómo han afectado los estímulos de biomimética a la creatividad y circularidad de las propuestas conceptuales, se ha realizado un análisis estadístico de las puntuaciones obtenidas.

El análisis estadístico se ha realizado con el software *SPSS, PASW Statistics* versión 25 (IBM Corporation). La circularidad y creatividad obtenidas por los resultados, han sido analizadas para responder a la pregunta planteada por el objetivo del experimento.

En primer lugar, se ha realizado la prueba de Shapiro-Wilk para comprobar si la distribución de ambos grupos es normal. Después de esto, se ha realizado un test ANOVA para analizar los resultados de creatividad. Todos los resultados se han obtenido con un nivel de significación de 0.05.

Por otro lado, los conceptos obtenidos con estímulos aleatorios muestran una media de circularidad de 123.66, con una desviación estándar de 43.55, mientras que los que se han obtenido con los estímulos de biomimética tienen una media de circularidad de 184.95, con una desviación estándar de 46.49.

Dado que el número de soluciones es inferior a 50, para calcular el tipo de distribución que siguen las puntuaciones, como se ha dicho antes, se ha realizado una prueba de Shapiro-Wilk. Los resultados muestran que, en ambos casos, los resultados siguen una distribución normal.

$$W(24) = 0.94, p=0.147 \text{ (creatividad)}$$

$$W(24) = 0.88, p=0.238 \text{ (circularidad)}$$

A partir de esto, para ver si los resultados de creatividad se ven afectados por el tipo de estímulos utilizados, se ha realizado un análisis ANOVA, los resultados muestran que, para la creatividad no hay diferencia en los resultados dependiendo del método utilizado.

$$F(1,22) = 0.101, p=0.754, \text{ con un error estándar de } 0.115$$

En la Figura 68, se puede ver de forma gráfica la creatividad obtenida por cada uno de los grupos de resultados: biomimética o estímulos aleatorios. Se muestra la gráfica con la escala de creatividad de 0 a 10 y una versión ampliada de la misma, para mayor facilidad de observación de los datos.

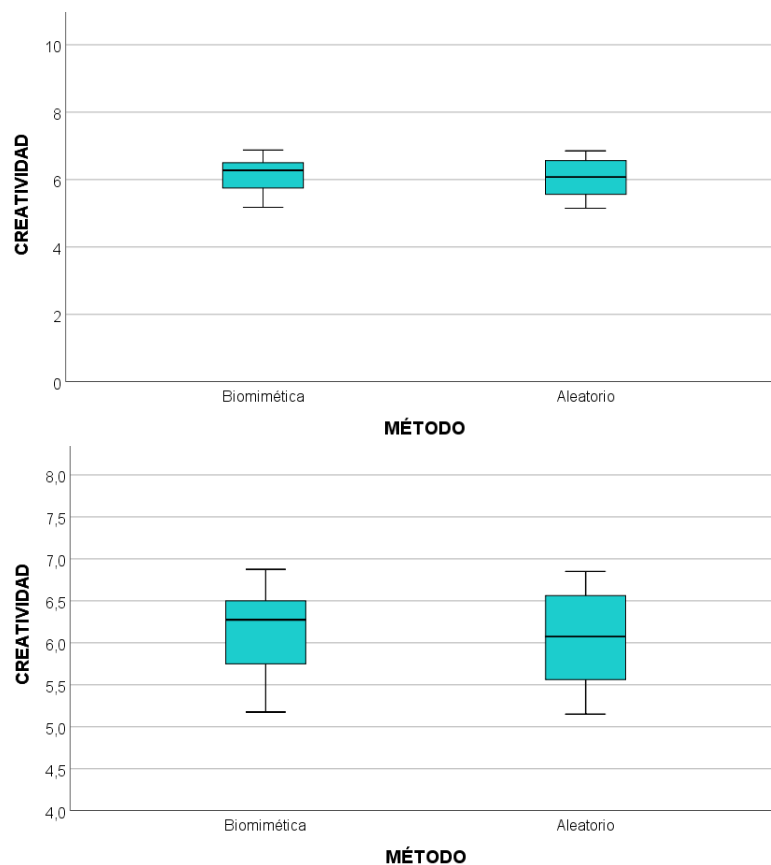


Figura 68. Creatividad distribuida según el tipo de estímulo (la primera gráfica muestra la escala total y la segunda una ampliación para mejor visualización de los resultados).

En el caso de la circularidad, también se ha realizado una prueba de ANOVA de una sola vía. Los resultados muestran, en este caso, que existe diferencia entre los resultados obtenidos con los estímulos aleatorios y los resultados obtenidos con las tarjetas de biomimética.

$$F(1,22) = 11.107, p=0.003, \text{ con un error estándar de } 11.032$$

En la Figura 69 se puede ver, en este caso, los resultados de circularidad obtenidos según el método utilizado para generar las propuestas: biomimética o estímulos aleatorios. Se muestran dos gráficas, como en casos anteriores, una con la escala general de circularidad

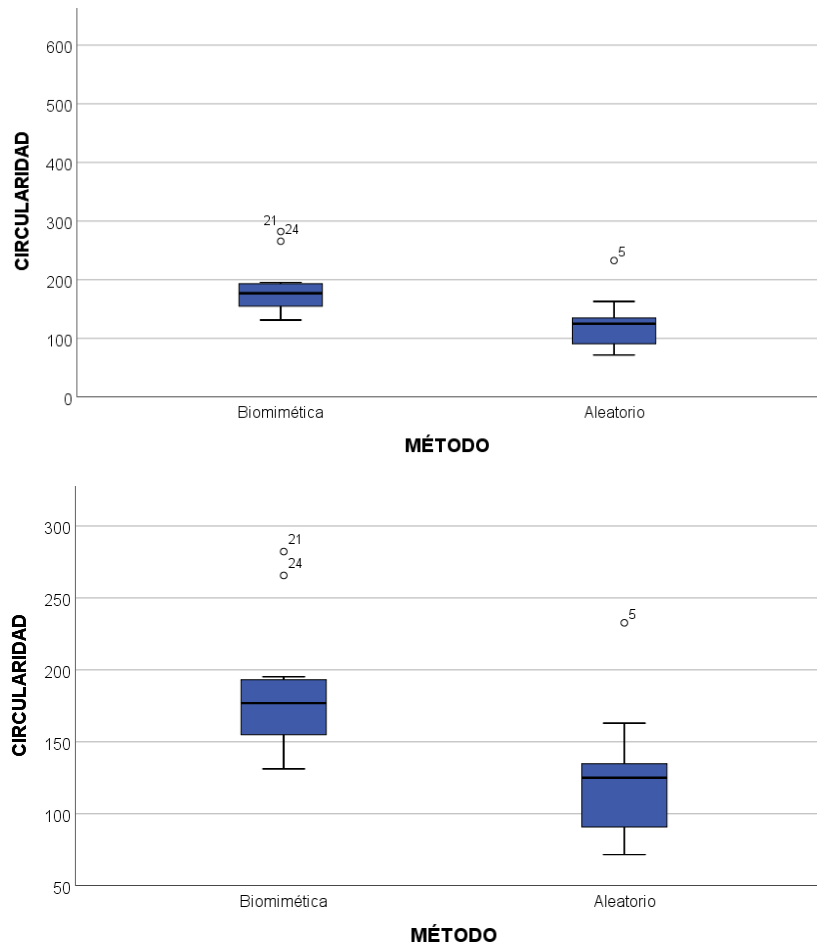


Figura 69. Circularidad distribuida según el tipo de estímulo (la primera gráfica muestra la escala total y la segunda una ampliación para mejor visualización de los resultados).

El análisis muestra resultados similares en cuanto a la creatividad, ya que los valores medios son 6.06 para los resultados obtenidos con estímulos aleatorios y 6.13 cuando se utilizan las tarjetas de biomimética como estímulos condicionados. Por consiguiente, no hay significación estadística entre los dos métodos. Esto muestra que, si la eficacia de las metodologías orientadas a las necesidades sirve también para obtener soluciones creativas como las metodologías orientadas a las ideas creativas. Esto puede sugerir que los estímulos externos proporcionados para aumentar la creatividad de los diseñadores pueden ser predefinidos o preseleccionados por el moderador según los requisitos del problema de diseño. Así pues, el estímulo sigue siendo aleatorio para el diseñador, al no ser consciente de ello previamente, por lo que tiene el mismo efecto en cuanto a

despertar la creatividad durante el proceso de diseño. Además, tanto la forma de presentarlo como la forma de aplicarlo siguen siendo las mismas, se les da un estímulo externo y deben hacer analogías basadas en estos estímulos.

Por otra parte, en lo que respecta a la circularidad, los resultados obtenidos con los estímulos de biomimética (media de 184.95) son significativamente superiores a los obtenidos al utilizar los estímulos aleatorios (media de 123.66). Esto defiende el uso de la biomimética para potenciar los resultados de circularidad, tal y como defienden muchos autores como Justin-Emanuel, Alexandru, & Taşnadi (2014), Bockholt, Kristensen, Wahrens, & Evans (2019) o Weigend Rodríguez, Pomponi, Webster, & D'Amico (2020). Y también les afecta de mejor manera que cuando se utiliza una técnica creativa no orientada específicamente a la circularidad. En cuanto a si el estímulo biomimético promueve la circularidad en mayor medida que un estímulo aleatorio lo suficiente para compensar una posible pérdida de creatividad, ya que la pérdida de creatividad no se ha producido, pero se ha producido una mejora significativa en términos de circularidad, esto lleva a indicar que una preselección de los estímulos orientados a los requisitos de diseño mejoran considerablemente los resultados del diseño en términos globales.

La biomimética ayuda a obtener resultados circulares y, cuando se utiliza de manera similar a las técnicas creativas, no interfiere con la generación de ideas creativas. Es decir, la biomimética utilizada como estímulo "guiado" puede fomentar la creatividad, así como los estímulos "aleatorios" y, además, también fomenta los resultados circulares. Por lo tanto, este tipo de herramientas es de gran ayuda para los diseñadores a la hora de desarrollar diseños circulares y creativos.

Este resultado abre nuevas puertas a la creación de nuevas técnicas de diseño conceptual para la creatividad y la circularidad de forma conjunta. El trabajo futuro, por lo tanto, puede conducir al diseño y la prueba de nuevas metodologías con este enfoque. Además, si se considera la circularidad como un "requisito de diseño estricto", esta conclusión también podría abrirse a otros requisitos de diseño específicos, lo que permitiría romper la tendencia a la disminución de la creatividad a la que se enfrentan los diseñadores cuando se espera que implementen requisitos de diseño muy estrictos (Cucuzzella, 2016).

3.5 Conclusiones del capítulo

En este capítulo, se han llevado a cabo tres experimentos en los que diseñadores noveles han generado propuestas de diseño conceptual de diversas tipologías de productos. Así, se han resuelto los objetivos O2.1, O2.2 y O2.3 de esta Tesis. Cada una de las propuestas de diseño conceptual generadas en los experimentos ha sido evaluada en términos de circularidad y creatividad (o novedad, como componente de la creatividad) con métodos de evaluación o herramientas ya existentes. Las puntuaciones obtenidas se han analizado estadísticamente y a partir de los resultados obtenidos se han extraído diversas conclusiones, las cuales se enumeran a continuación:

- La novedad de las soluciones conceptuales generadas aumenta según aumentan los factores personales intrínsecos de los diseñadores (motivación, percepción de conocimiento, relevancia y afinidad con el problema).
- La circularidad en los conceptos es menor, aunque no significativamente, según disminuyen los factores personales intrínsecos de los diseñadores. Esto podría ser debido a que los requisitos de circularidad se pueden tomar como requerimientos de diseño, los cuales hacen que los resultados sean más conservadores.
- La correlación entre los factores personales muestra que cuanto más motivados están los diseñadores en un tema concreto, perciben tener más conocimiento sobre el tema. Esto, en cambio, no lleva a obtener resultados más circulares, lo cual podría estar causado por la falta de búsqueda de información debida a la sobreestimación del conocimiento sobre el tema.
- La falta de conocimiento podría implicar falta de novedad al no estar familiarizado con el tema, pero puede aumentar la circularidad de las propuestas debido a la búsqueda de información específica. Asimismo, el declarar tener conocimiento, puede aumentar la novedad de los resultados de diseño ya que conocer el problema les hace centrarse en ser más creativos.
- Introducir preguntas guiadas explícitamente indicando los requisitos de circularidad no causa diferencia en la creatividad de los resultados conceptuales, con respecto a indicarlos de forma implícita en el enunciado del problema.
- La forma de introducir los requisitos de circularidad, en principio, tampoco afecta a los resultados de circularidad de las propuestas, pero se obtienen resultados de circularidad más dispersos si estos requisitos se introducen en forma de preguntas guiadas durante el método creativo. Esto puede ser debido a cómo, según la personalidad de los diseñadores, estos se ven afectados por el método de diseño.
- Existe cierta preferencia por parte de los diseñadores al uso de las preguntas guiadas para introducir los requerimientos, pero esto es debido a que les evita estar incómodos con el método, no a que les proporcione comodidad de forma explícita durante el proceso de diseño.
- Los estímulos condicionados mediante biomimética aumentan la circularidad de las propuestas conceptuales al mismo tiempo que no disminuyen su creatividad.

Finalmente, el haber realizado los experimentos de forma práctica, ha permitido que los dos estudios se hayan realizado con propuestas de diseño reales. Por otra parte, el planteamiento de los experimentos conlleva varias limitaciones como el tamaño de muestra limitado, el sesgo de participantes debido al contexto educacional o el uso únicamente de herramientas específicas, como la biomimética o las GQ. Por tanto, sería interesante expandir la muestra y, también, comprobar si este efecto ocurre cuando se aplican otras herramientas de circularidad utilizadas como técnicas creativas de diseño. Esto podría proporcionar mayor fuerza a las conclusiones obtenidas. Además, debido al uso de distintos métodos de evaluación se deja entrever nuevamente la necesidad de una métrica que mida la circularidad y la novedad de forma conjunta como componentes de la creatividad. Los distintos métodos empleados miden los conceptos con escalas y parámetros distintos por lo que no son comparables entre sí. Es por ello que estas evaluaciones podrían ser mejorables empleando una métrica de evaluación que midiera la novedad y la circularidad de forma conjunta y fuera específica para la evaluación de conceptos.

CAPÍTULO 4

DEFINICIÓN DE UNA MÉTRICA PARA MEDIR LA CIRCULARIDAD Y LA NOVEDAD CONJUNTAMENTE EN CONCEPTOS DE DISEÑO

En este capítulo se detalla el diseño de una métrica de evaluación de propuestas de diseño conceptual dando respuesta a uno de los objetivos de la Tesis. Se muestran los parámetros con los que la métrica evalúa, así como el funcionamiento de la misma.

También se realiza una primera prueba de la métrica mediante la medición de los conceptos generados en los experimentos del capítulo anterior y su posterior análisis de comparación. En este análisis, se comparan las puntuaciones obtenidas en el capítulo anterior y las obtenidas mediante la métrica diseñada para tener una primera visión de cómo se comporta la métrica en un ambiente de diseño real.

-página en blanco-

4.1 Introducción

En este Capítulo se desarrollan tareas correspondientes al objetivo O1 de esta Tesis. Dada la necesidad de un método que evalúe la circularidad y novedad de forma conjunta en propuestas conceptuales de diseño y según lo explicado en el Capítulo 2 y el análisis realizado, se ha considerado que la métrica de evaluación que se va a desarrollar debe de tener las características que se indican a continuación y que se pueden ver resumidas en la Figura 70:

- La herramienta debe evaluar las propuestas conceptuales de diseño (basada en resultados, según la clasificación de Nelson et al. (2009). Ello no quita que, de forma secundaria, también pueda guiar al diseñador en el proceso de diseño o rediseño al conocer de antemano los aspectos que la métrica evalúa.
- Tiene que trabajar con información del producto que ya esté establecida en la etapa conceptual de diseño, es decir, la forma y aspecto básicos, así como la funcionalidad del futuro producto. También es común que estén indicados los materiales o procesos de fabricación que se utilizarán.
- Debe de ser objetiva al ser utilizada en la fase conceptual de diseño, tanto en la introducción de los datos como en la salida de resultados. Es decir, la persona que utilice la métrica no debe de emitir juicios de valor a la hora de establecer la puntuación. Si varios evaluadores puntúan un mismo concepto, las puntuaciones deberían de ser iguales o, al menos, estar dentro del mismo rango de puntuación.
- Debe evaluar en las propuestas conceptuales la novedad y los principios de la economía circular de una forma en la que se cubra todo el abanico que estos abarcan. Y debe realizarlo de forma conjunta, es decir, un concepto bien puntuado será aquel que presente las dos características al mismo tiempo. Si el concepto presenta una de ellas en gran medida, pero no de la otra, la puntuación debe de ser baja, ya que se busca que los conceptos tengan estas dos características al mismo tiempo, lo que favorece, como ya se ha visto en el capítulo anterior, una óptima introducción de la economía circular en el diseño de productos. De esta manera se obtienen productos novedosos y apropiados, términos que coinciden con la definición general de la creatividad (Sarkar & Chakrabarti, 2008). Entendiendo el término “apropiado” como la factibilidad o utilidad en el diseño de producto. En este caso los requerimientos de circularidad se pueden interpretar como cuánto de apropiado es el concepto, jugando un papel muy importante en la definición del producto junto con la novedad y estando, así, fuertemente relacionada con la creatividad.
- Además, debe de ser sencilla de utilizar de cara al usuario, ya que su utilización debe de ser una ayuda y no un obstáculo para el diseñador.

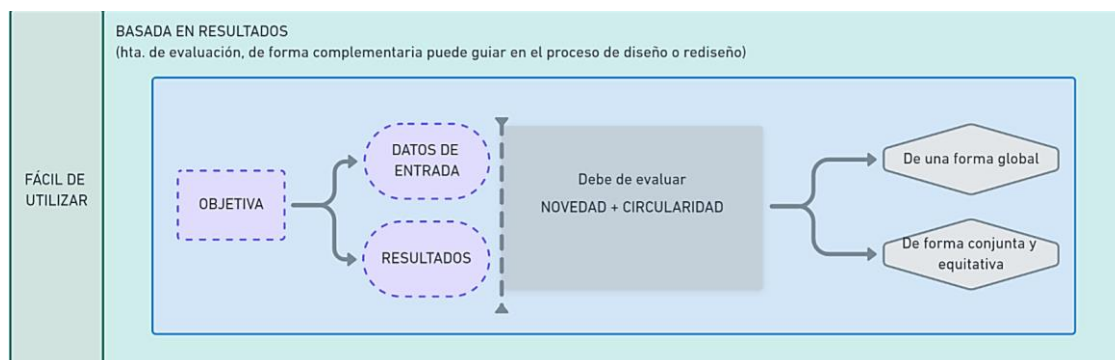


Figura 70. Características deseadas en la métrica.

En este capítulo se explica la selección de parámetros a tener en cuenta, así como la puntuación numérica para cada uno de ellos. Posteriormente, se detalla el funcionamiento de la métrica y se muestra un ejemplo de aplicación. Una vez diseñada la herramienta se realiza un primer análisis de la misma. Para ello, se han evaluado los conceptos generados en los experimentos del capítulo anterior con la métrica diseñada. Este primer análisis de la herramienta diseñada se ha realizado a través de la comparación de los dos grupos de puntuaciones de los conceptos: las obtenidas con la métrica diseñada, evaluando la novedad y la circularidad en conjunto, y las obtenidas con métodos de evaluación ya existentes, evaluando estos dos parámetros por separado.

4.2 Diseño de la métrica

4.2.1 Justificación del diseño de la métrica

Para una correcta evaluación de todos los aspectos que integran la economía circular en un producto, así como de la novedad, se ha considerado que es apropiado que la evaluación se realice mediante el análisis de funciones y la importancia de cada una de ellas en el producto. Este tipo de análisis se utiliza en herramientas de creatividad de forma habitual, por ejemplo, se puede ver en la métrica de Shah et al. (2003) o en uno de los métodos desarrollados por Oman et al. (2013). Sarkar & Chakrabarti (2011), por otra parte, argumentan que, si las funciones de un nuevo producto son distintas a las presentes en productos del mismo tipo ya existentes, este producto se considera novedoso. De esta manera, aquí también se observa la importancia de trabajar con funciones en la evaluación de productos en fase conceptual de desarrollo. En una evaluación de este tipo, el concepto se subdivide en las funciones que debe cumplir y éstas se valoran por separado, haciendo más precisa la evaluación del cumplimiento de los requisitos en las propuestas de diseño conceptual.

Así, en cuanto a la novedad, se ha decidido realizar una evaluación por comparación de la solución de la función evaluada con la forma estándar de solucionarla, así como, con la posibilidad de que se repita dentro de un conjunto de soluciones del mismo tipo. Este tipo de evaluación de la novedad está, también, muy extendido en la literatura y se puede ver en métodos de evaluación de la creatividad como el de Moss (1966), el de Shah et al. (2003), el de Chakrabarti et al. (2005) y Sarkar & Chakrabarti (2008) y en el de López-Forniés et al. (2017), entre muchos otros.

Por otra parte, la evaluación de la economía circular, se ha centrado en los materiales que se proponen en las soluciones de diseño conceptual, así como, en las estrategias de duración del producto y de alargamiento de la vida útil que se siguen para desarrollar el concepto que se está evaluando. Para poder aprovechar los recursos lo máximo posible, mediante acciones de los tres tipos de “*loops*” (Bocken et al., 2016). De esta manera, se tienen en cuenta todos los aspectos referentes a la introducción de la economía circular en el diseño de productos, que atañen al mismo en sus primeras etapas.

Una vez fijados los parámetros que se van a utilizar para evaluar los conceptos con la métrica, se ha concretado cuál será la puntuación de cada uno de ellos. Para un correcto funcionamiento de la métrica, es necesario que los distintos parámetros se combinen de forma que se sigan una serie de pautas.

En primer lugar, los dos parámetros principales a evaluar (novedad y circularidad) deben de otorgar puntuaciones en la misma escala para un óptimo funcionamiento de la métrica. Se ha establecido que se obtengan puntuaciones de entre 0 y 10 en cada uno de estos parámetros. Se ha elegido esta escala ya que es comúnmente utilizada, por lo que proporciona comodidad de uso a los evaluadores y comprensibilidad a la métrica. Así, la puntuación de las estrategias de diseño, combinada con la del origen y fin de vida de los materiales, también debe de ser de entre 0 y 10. Además, las estrategias de diseño establecidas tienen la misma importancia, pero tiene más valor utilizar más estrategias, aunque no de forma lineal: utilizar una estrategia ya debería de tener una buena puntuación y utilizar 9 frente a utilizar 8 estrategias, por ejemplo, no debería aumentar mucho la puntuación ya que esta ya sería elevada.

Además, se deben de computar las puntuaciones de las estrategias de circularidad y las acciones de aprovechamiento de material de forma que, si una función de un concepto no cumple con uno de estos dos aspectos, se penalice su puntuación solo parcialmente teniendo en cuenta la puntuación de las características que sí presenta. Aunque en este caso esa función no cumple con todos los aspectos posibles evaluables, sí que se están empleando ciertos recursos para aumentar la circularidad del producto.

4.2.2 Cálculo de la puntuación total de circularidad y novedad conjuntamente (CN)

A partir de los parámetros establecidos, se ha estudiado cómo combinarlos, de forma en la que se le dé la misma importancia a novedad (N) que a la circularidad (Ci), ya que se están midiendo estos dos aspectos de forma conjunta. Asimismo, los tres aspectos que componen la medición de la circularidad, como ya se ha dicho, también se evalúan de una forma equitativa.

Partiendo de que tanto la novedad como la circularidad presentan una puntuación para cada función de entre 0 y 10, se ha considerado que la combinación entre novedad y circularidad debe de dar como resultado un valor de entre 0 y 100. Así, se ha determinado que el cálculo para obtener ese resultado final se realiza mediante la suma del producto de los resultados de cada función, corregidos por la importancia de la misma (Ecuación. 6), es decir, una suma ponderada según las importancias de las puntuaciones de novedad (N) y circularidad (Ci) combinadas de cada función. Así el cálculo de la puntuación total (CN) para un concepto queda definido de la siguiente manera:

$$CN = [imp_1*(N_1*C_1)] + [imp_2*(N_2*C_2)] + \dots + [imp_i*(N_i*c_i)]$$

Ecuación 6. Cálculo de la puntuación total (CN) para un concepto.

Siendo,

Imp_i = importancia de la función i

N_i = novedad de la función i

C_i = circularidad de la función i

A la métrica diseñada se le ha dado el nombre de “CN_Con” como combinación de circularidad (C), novedad (N) y conceptos (Con).

4.2.3 Parámetros de la métrica y establecimiento de puntuaciones

4.2.3.1 Parámetros de medición de la novedad y establecimiento de puntuaciones

Para evaluar la novedad en los conceptos, se ha establecido una escala que muestra la posibilidad de que la forma de cumplir la función que se está evaluando, se encuentre en un producto ya existente. En concreto, la forma específica de establecer los niveles para realizar la evaluación, se basa en la planteada por López-Forniés et al. (2017) y se ha adaptado en concordancia con las necesidades de esta tesis. En concreto, se ha cambiado la escala de las puntuaciones, multiplicándola por 10 y se ha añadido la posibilidad de que la función que se está evaluando no se cumpla en esa propuesta (puntuación 0). Además, se han generalizado las definiciones y se han adaptado a una evaluación de conceptos y por funciones, en la Tabla 18 (Capítulo 2) se pueden ver las definiciones originales de López-Forniés et al. (2017). Han resultado cinco opciones entre las cuales se debe clasificar la novedad de cada función de la propuesta de diseño conceptual que se evalúa. Estas cinco opciones son las siguientes:

- La función está resuelta de una forma que no existe y no puede ser comparada. Es decir, la propuesta de resolución de la función es totalmente nueva. Se resuelve, por ejemplo, utilizando tecnologías o materiales nuevos, que todavía no existen. Es la primera vez que se plantea esa solución para resolver cualquier función que deba tener un producto.
- La función está resuelta de una forma que existe, pero no se usa, no está explotada. En este caso, la función se resuelve de una forma nueva que todavía no se aplica, aunque ya esté planteada. Esto podría ser un nuevo material o proceso de fabricación, entre otras muchas opciones, de los cuales todavía no está normalizado su uso.
- La función está resuelta, de una forma que ya existe para otras aplicaciones, pero no para ésta. Aquí, la función se resuelve de una manera de la cual es habitual resolver otra aplicación. Utilizando alguna característica que resuelva la función pero que, habitualmente, se utilice en otro tipo de productos.
- La función está resuelta, de una forma que ya existe para esa aplicación. La función se resuelve, en este caso, de la forma habitual, es decir, de alguna forma o con alguna característica que sea habitual para ese tipo de productos.
- La función no se resuelve en el concepto. Ese requisito del producto no se satisface de ninguna manera o con ninguna característica.

Así, como ya se ha dicho, el valor para puntuar la novedad (N) en cada una de las funciones de los conceptos, se ha establecido entre 0 y 10, siendo 10 la máxima novedad posible y 0 sin novedad. Las puntuaciones intermedias se han establecido en 1, 3 y 7, siendo esta una escala equitativa entre las distintas opciones y ya utilizada en diversas ocasiones en la literatura (López-Forniés et al., 2017; Shah et al., 2003). Por lo tanto, la puntuación para cada una de las posibilidades de puntuación de novedad en las funciones queda como se muestra en la Tabla 59:

PUNTUACIÓN NOVEDAD	CRITERIO
10	La función está resuelta de una forma que no existe y no puede ser comparada.
7	La función está resuelta de una forma que existe, pero no se usa, no está explotada.
3	La función está resuelta, de una forma que ya existe para otras aplicaciones, pero no para ésta.
1	La función está resuelta, de una forma que ya existe para esa aplicación.
0	La función no se resuelve con el concepto.

Tabla 59. Puntuación de la novedad (N) con la métrica que se está desarrollando.

Seguidamente, se indica cómo se podría puntuar un concepto de elemento de protección para la lluvia en su función “proteger de la lluvia”, es decir, no permitir que el usuario se moje:

- N = 0, el concepto no protege de la lluvia, te mojas.
- N = 1, el concepto protege de la lluvia con una tela impermeable, de la misma manera que en los paraguas habituales (o de la misma manera que algún paraguas algo más novedoso, pero la manera de proteger ya existe en algún paraguas).
- N = 3, en el concepto la protección de la lluvia es mediante una tela que se extiende en mayor o menor medida, según las órdenes que le del usuario con la voz.
- N = 7, en este concepto se protege de la lluvia cubriendo al usuario con repelente de agua para personas.
- N = 10, el concepto protege de la lluvia con un nuevo tejido volador e inteligente que absorbe el agua conforme va cayendo.

Habiendo establecido esta escala de novedad, se realiza una evaluación de la misma en las propuestas de diseño conceptual, mediante la comparación de cómo se soluciona cada función con respecto a los productos existentes. Los valores de la escala establecida, cubren todas las posibilidades que pueden aparecer a la hora de valorar la novedad de cada función.

4.2.3.2 Parámetros de medición de la circularidad y establecimiento de puntuaciones

La valoración de la circularidad se ha dividido en tres fases. En primer lugar, y nuevamente para cada función del concepto, se puntúan las estrategias de diseño para alargar la vida útil o de diseño para duración que la función sigue. En cuanto a los materiales, se evalúa, por un lado, de dónde provienen los materiales que se utilizan para cumplir cada función y, por otro, el destino de los materiales en su fin de vida.

4.2.3.2.1 Parámetros para alargar la vida útil del producto y de diseño para duración

La evaluación de la circularidad se ha basado en si están presentes o no las estrategias de diseño de duración y para alargar la vida útil en los conceptos que se están evaluando. Las estrategias que se ha tenido en cuenta son una combinación de las de Ellen MacArthur Foundation (2013), Bocken, de Pauw, Bakker, & van der Grinten (2016) y Afonso et al. (2020). El listado de estrategias se ha establecido de forma que sea completo, pero no redundante y la nomenclatura se

ha modificado ligeramente para que sea lo más sencilla y entendible posible. Las estrategias establecidas en la métrica (Ne) son las siguientes:

- Diseño para apego (1)
- Diseño para duración y fiabilidad (2)
- Diseño para alargar la vida mediante versatilidad (3)
- Diseño para actualización/adaptación (4)
- Diseño para estandarización/compatibilidad (5)
- Diseño para ensamblaje/desensamblaje (6)
- Diseño de producto-servicio (7)
- Diseño de servicio para alargar la vida útil (8)
- Diseño para innovación social (9)
- Uso de energías renovables (10)
- No hay estrategia (se puede dar el caso, cuando se realice una evaluación, de que la función no utilice ninguna estrategia de las mencionadas anteriormente). (11)

En la Tabla 60, se muestran estas estrategias en relación con las tres clasificaciones desde donde se han obtenido (también explicadas en el Capítulo 2, Subapartado 2.2.2 de esta Tesis).

FUENTE	ESTRATEGIAS DE DISEÑO CIRCULAR	MÉTRICA PROPUESTA		TIPO DE "LOOP" DE CIRCULARIDAD
		ESTRATEGIAS PARA ALARGAR LA VIDA ÚTIL Y PARA DURACIÓN (Ne)	DENOMINACIÓN EN LA MÉTRICA PROPUESTA	
(Ellen MacArthur Foundation, 2013)	Fortalecer la resiliencia a través de la diversidad	X	(3)	RALENTIZAR
	Utilizar energía de fuentes renovables	X	(10)	ESTRECHAR
(Bocken et al., 2016)	Diseño para apego y confianza	X	(1)	RALENTIZAR
	Diseño para fiabilidad y duración	X	(2)	RALENTIZAR
	Diseño para actualización y reparabilidad	X	(4)	RALENTIZAR
	Diseño para estandarización y compatibilidad	X	(5)	RALENTIZAR
	Diseño para des- y re-ensamblaje	X	(6)	RALENTIZAR
(Afonso et al., 2020)	Diseño para extender la vida útil del producto		(3)	RALENTIZAR
	Diseño de servicios orientados al producto	X	(7)	RALENTIZAR
	Diseño de servicios orientados al uso o a los resultados	X	(8)	RALENTIZAR
		X	(9)	
		X	(11)	

Tabla 60. Comparación de estrategias evaluables en la métrica diseñada con los grupos de estrategias encontrados en la literatura.

En la Tabla 60 se pueden ver indicadas con una “X” las estrategias utilizadas en la métrica y a qué tipo de “loop” de circularidad pertenecen. Por otra parte, en la métrica no se tienen en cuenta todas las estrategias de forma literal, esto es debido a que algunas de ellas se repiten entre grupos y se han combinado y a que algunas de ellas engloban a otras, es el caso de las que se describen a continuación.

De la clasificación de Ellen MacArthur Foundation (2013):

- Diseñar sin residuos: engloba a todas las acciones de origen de material excepto material nuevo (6’) y a todas las acciones de fin de vida de material excepto vertedero (12’).
- Pensar en sistemas: engloba a diseño para alargar la vida mediante versatilidad (3), diseño para actualización/adaptación (4), diseño para estandarización/compatibilidad (5) y diseño para ensamblaje/desensamblaje (6).
- *Waste is food*: engloba a material reutilizado (3’), recuperado (4’), reciclado (5’), reutilizable (7’), recuperable (9’), reciclable (10’) e incineración del material (11’).

De la clasificación de Bocken et al. (2016):

- Diseño para el ciclo tecnológico: engloba a diseño para actualización/adaptación (4), diseño para estandarización /compatibilidad (5) y diseño para ensamblaje /desensamblaje (6)
- Diseño de productos para larga duración: engloba a diseño para duración y fiabilidad (2) y diseño de producto -servicio (7)
- Diseño para refabricación: engloba a material recuperado (4’) y recuperable (9’)
- Diseño para sostenibilidad de materiales: engloba a todas las acciones de origen de material excepto material nuevo (6’) y todas las acciones de fin de vida de material excepto vertedero (12’)
- Diseño para el ciclo biológico: engloba a rechazar el uso de material (1’), reducir material (2’); Material reciclado (5’); reciclable (10’); Incineración del material (11’)

De la clasificación de Afonso et al. (2020):

- Diseño para sostenibilidad de energía: engloba a Utilizar energía de fuentes renovables (10).

Por otra parte, algunas de las estrategias se han combinado ya que se nombran en más de uno de los tres listados de estrategias. Estas estrategias si se muestran en la Tabla 60 y son las siguientes:

- Fortalecer la resiliencia a través de la diversidad y diseño para extender la vida útil del producto se han combinado en Diseño para alargar la vida mediante versatilidad (3).
- Diseño de productos para larga duración es la misma estrategia que diseño para duración y fiabilidad (2), aparece en dos de las clasificaciones. Incluye al diseño de productos-servicio (7).

En cuanto al Diseño para fácil mantenimiento y reparación (8’) (Bocken et al., 2016) y el Diseño para reciclado (5’ y 10’) (Afonso et al., 2020), estas estrategias se tienen en cuenta en los parámetros de la métrica referentes al origen y fin de vida de los materiales (Mi y Mf). Además, se ha añadido la estrategia de diseño para innovación social (9), así como la posibilidad de que el

concepto que se está evaluando no incluya ninguna de las estrategias (11). De entre todas las características que se han visto en el Capítulo 2, Subapartado 2.2.2, se han escogido éstas, debido a que juntas representan de una forma completa todas las opciones que permiten que el diseño alargue su vida útil o tenga más duración y permiten que el futuro producto siga los principios de la economía circular.

Por otra parte, a la hora de puntuar en qué medida los conceptos emplean estas estrategias, se ha tenido en cuenta el número de ellas que cada función emplea. Se ha decidido realizar la evaluación de esta manera ya que, aunque, como se ha visto en el Capítulo 2, hay tipologías de estrategias más convenientes que otras, las que se tienen en cuenta en este apartado de evaluación son del mismo tipo: se basan en alargar la vida útil del producto y en el diseño para duración. No lo son el uso de energías renovables y el diseño para innovación social, pero, a efectos de la evaluación de las funciones de un concepto, se ha considerado que son de relevancia similar.

A la hora de establecer una puntuación exacta para cada número de estrategias, se ha empleado una distribución logarítmica debido a que el concepto no mejora su circularidad de una forma lineal cuantas más estrategias presenta. El incremento de circularidad al aumentar el número de estrategias desde cierto punto no es tan elevado como lo es cuando se pasa de no utilizar ninguna estrategia a utilizar 2, por ejemplo. La fórmula para establecer la puntuación del uso de cada número de estrategias (N_e) en las funciones del concepto ha sido la que se muestra en la Ecuación 7. La ecuación se ha diseñado de forma que la puntuación de las estrategias de circularidad esté comprendida entre 0 y 10, siendo 0 la puntuación para una función que no utiliza ninguna estrategia y siendo 10 la puntuación para una función que utiliza las 10 estrategias planteadas. Por otra parte, en la Figura 71, se puede ver cómo se distribuyen las puntuaciones dadas a cada número de estrategias presentes en el concepto.

$$N_e = 10 * (\text{LOG}_{10} (n^\circ \text{ estrategias} + 1) / \text{LOG}_{10}(11))$$

Ecuación 7. Puntuación para cada caso de N_e .

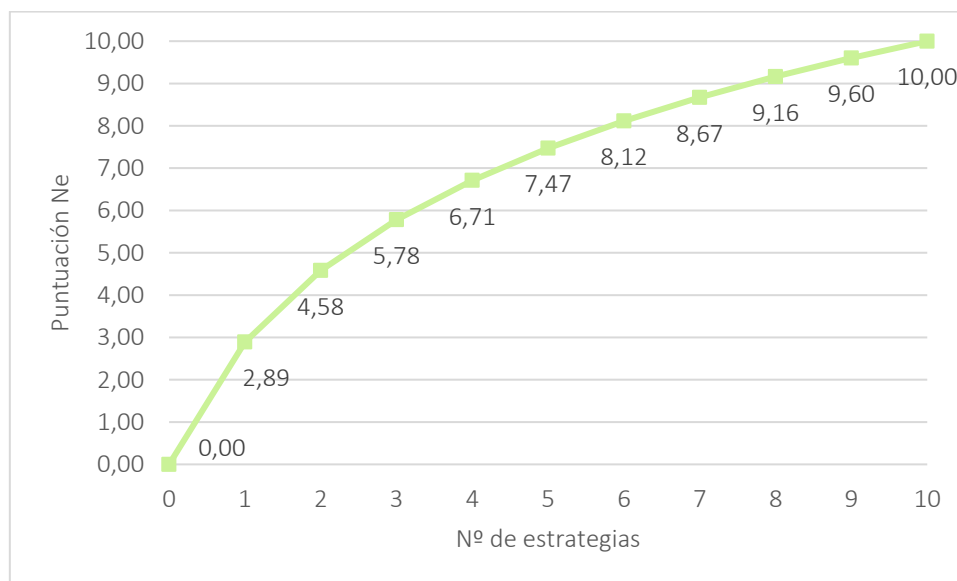


Figura 71. Distribución de las puntuaciones para N_e .

En la Tabla 61, se puede ver, también, la puntuación exacta para cada número de estrategias utilizado.

N.º de las anteriores estrategias presentes en la propuesta	Puntuación (Ne)
10	10.00
9	9.60
8	9.16
7	8.67
6	8.12
5	7.47
4	6.71
3	5.78
2	4.58
1	2.89
0	0.00

Tabla 61. Puntuación (Ne) para las estrategias establecidas.

4.2.3.2.2 Parámetros referentes a los materiales que emplea el concepto para cumplir las funciones

La selección de acciones de inicio y fin de vida establecidos para evaluar los materiales que utilizan las funciones en los conceptos, se ha realizado en base a la jerarquía de las 3 Rs (reducir, reutilizar y reciclar) (Faria, 2015), a la jerarquía de las 9 Rs de Vermeulen et al. (2019) y en base a la definición de las 9 Rs de la Comisión Europea (2020).

Se ha establecido una lista de parámetros que abarca todas las posibles acciones que se pueden llevar a cabo con el material, tanto para la fabricación del producto a la hora de obtener el material de inicio (Mi) como referentes al fin de vida del material (Mf). Se han seleccionado las acciones de entre las explicadas en el Capítulo 2, Subapartado 2.2.1.3, de forma que estas representen al completo todas las posibilidades y la evaluación sea completa, pero siendo el mínimo número posible.

Es necesario mencionar por qué se han establecido algunos de los parámetros. Así, en primer lugar, se han añadido las posibilidades de material de inicio nuevo y disposición de material en el vertedero en el fin de vida del mismo, ya que, a la hora de diseñar la métrica se ha considerado importante plantear la posibilidad de poder cuantificar estos escenarios. Por otra parte, la acción de utilizar material recuperado y/o material recuperable viene definida por el conjunto de acciones de restaurar y refabricar, presentes en las jerarquías de Vermeulen et al. (2019) y de la Comisión Europea (2020). Se ha establecido el parámetro de Recuperar en la métrica, con el fin de disponer de un parámetro para los casos en los que el material o alguna parte relevante del mismo se reacondiciona sin reprocesar el material en sí, sino mediante algún tipo de proceso mecánico o de reacondicionamiento. Finalmente, la opción de incinerar el material en su fin de vida se ha establecido para generar la posibilidad de valorar el que se pueda recuperar la energía del material, como opción última antes de depositarlo en el vertedero.

Debido a la dificultad que conlleva encontrar a nivel conceptual datos referentes a los parámetros establecidos, la puntuación para cada una de las acciones se ha fijado, dependiendo del caso, en base a criterios de puntuación de otras herramientas que puntúan este tipo de aspectos, según distintos análisis realizados con diversos métodos (todos ellos vistos en el Capítulo 2 de esta Tesis) y de acuerdo con otros estudios de aprovechamiento de recursos. También cabe destacar

la dificultad que conlleva la conversión de parámetros de producto desarrollado (en los que se sabe con exactitud material, procedencia y procesos) a parámetros a nivel conceptual, los cuales son muy genéricos con respecto a las características mencionadas en la línea anterior. Toda la información se ha analizado con el objetivo de establecer cuánto debe de mejorar o empeorar la puntuación entre cada uno de los parámetros de una manera realista, en lugar de establecer una distribución de puntuaciones constante entre parámetros. En la Tabla 62 se pueden ver los parámetros establecidos, así como la puntuación para cada uno de ellos y un resumen de su modo de obtención. En las siguientes líneas, se detalla cómo se han obtenido cada una de las puntuaciones para los parámetros de Mi y Mf.

ORIGEN DE LOS MATERIALES DE FABRICACIÓN (Mi)	DEFINICIÓN (European Commission, 2020; Vermeulen et al., 2019)	MÉTODO DE OBTENCIÓN DE LA PUNTUACIÓN Mi	PUNTUACIÓN (Mi)
Rechazar el uso de material (1')	No utilizar material, cumplir la función sin material, desmaterialización.	a)	10
Reducir material (2')	Utilizar menos material para cumplir la función.	Como punto medio entre no utilizar material y utilizar material nuevo (f))	5
Material reutilizado (3')	Volver a utilizar el material en las mismas condiciones que en su uso anterior, sin ningún tipo de procesado, ya sea con la misma o con distinta función.	En base a los valores que proporciona la herramienta MCI (b))	5
Material recuperado (4')	Reacondicionar el material para volver a ser utilizado, extraer parte del material sin reprocesarlo, mediante algún tipo de proceso mecánico.	c)	4.65
Material reciclado (5')	Reprocesar el material para que pueda volver a ser utilizado.	En base a los valores que proporciona la herramienta MCI (b))	4.3
Material nuevo (6')	Materia prima que no ha sido utilizada antes.	g)	0
DESTINO DE LOS MATERIALES DE FABRICACIÓN (Mf)	DEFINICIÓN European Commission, 2020; Vermeulen et al., 2019)	MÉTODO DE OBTENCIÓN DE LA PUNTUACIÓN Mf	PUNTUACIÓN (Mf)
Material reutilizable (7')	Material apto para volver a ser utilizado en las mismas condiciones, sin ningún tipo de procesado, ya sea con la misma o con distinta función.	En base a los valores de Reutilizar y a eficiencias de reprocesado (b))	4.6

Material reparable (8')	El diseño permite que el material o componente pueda ser reparado.	A partir del % de aumento de vida útil cuando un producto se repara y según el impacto de un producto estándar en el software SimaPro® (d)	2.2
Material recuperable (9')	El material o componente es apto para ser reacondicionado, sin reprocesarlo, mediante algún tipo de proceso mecánico.	c)	4.3
Material reciclable (10')	Material apto para ser reprocesado químicamente con el fin de volver a ser utilizado.	En base a los valores de Reciclar y a eficiencias de reprocesado (b))	4
Incineración del material (Recuperar energía) (11')	El material permite ser incinerado con la consecuente recuperación de energía.	Según la diferencia de impacto de material orgánico cuando se deposita en vertedero y cuando se incinera. Según el software SimaPro® (e)	0.1
Material depositado en vertedero (12')	Material depositado, el cual no se puede reaprovechar.	g)	0

Tabla 62. Puntuaciones para M_i y M_f y resumen de su obtención

a) RECHAZAR ($M_i = 10.00$)

Cuando la resolución de la función se realiza sin utilizar material, esta obtiene la máxima puntuación (10). Esta es la acción que permite la máxima reducción de material, es decir, no utilizarlo. Si se le da esta puntuación a la función, ésta no tendrá puntuación de fin de vida del material (M_f), ya que, si no se utiliza material no hay fin de vida posible.

b) REUTILIZADO ($M_i=5.00$), REICLADO ($M_i=4.30$), REUTILIZABLE ($M_f=4.60$) y REICLABLE ($M_f= 4.00$)

Para el establecimiento de las puntuaciones de estos cuatro parámetros, en primer lugar, se ha utilizado la herramienta Material Circularity Indicator (MCI) (Ellen Macarthur Foundation; Granta Design, 2015). Se han obtenido las puntuaciones resultantes con esta herramienta para cuatro casos: un producto con material 100% reutilizado de inicio (R1) y 100% reutilizado en su fin de vida (R2), 91% reciclado como material de partida (Y1) y 91% reciclado en el fin de vida del material (Y2), material 91% reciclado de inicio y 100% reutilizado en su fin de vida y, finalmente, material de partida 100% reutilizado y 91% reciclado en su fin de vida. Los valores obtenidos han sido los siguientes:

$$R1 + R2 = 0.96$$

$$Y1 + Y2 = 0.88$$

$$Y1 + R2 = 0.90$$

$$R1 + Y2 = 0.94$$

Como se puede ver, un material reutilizado y reutilizable debe sumar 0.96 y, al mismo tiempo, un material solo reutilizado en su inicio tiene una puntuación de 0.55 y un material solo reutilizable tiene una puntuación de 0.51, según la herramienta MCI. Por lo tanto, la diferencia entre la puntuación de Reutilizado y Reutilizable debe ser de 0.04. Buscando obtener dos valores que disten entre ellos 0.04 y que sumen 0.96, se resuelve la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} X - X' &= 0.04 \\ X + X' &= 0.96 \\ \\ X &= 0.04 + X' \\ 0.04 + X' + X' &= 0.96 \\ 0.04 + 2X' &= 0.96 \\ X' &= (0.96 - 0.04) / 2 = 0.46 \\ X &= 0.96 - 0.46 = 0.5 \\ \\ X &= 0.5; X' = 0.46 \end{aligned}$$

Una vez obtenidos estos dos valores y siguiendo el criterio de la herramienta MCI, en el que la puntuación de material reutilizado es mayor que la de un material reutilizable, se ha establecido la puntuación en la métrica diseñada de **5 para material reutilizado** y de **4.6 para material reutilizable**. Como se puede ver, se han multiplicado por diez los resultados obtenidos ya que la herramienta MCI trabaja en escala de 0 a 1 y, para un correcto funcionamiento de la métrica que se está definiendo los valores de material de inicio y fin de vida deben de oscilar entre 0 y 10.

Para el cálculo de las puntuaciones de materiales reciclado y reciclables se han disminuido los valores de reutilización obtenidos según eficiencias de reprocesado de material ya que el impacto del reprocesado es el impacto que tiene de más un material reutilizado frente a uno reciclado. Se ha calculado el valor medio de las eficiencias mostradas en Rigamonti, Grosso, & Sunseri (2009) las cuales reflejan los materiales más representativos y las cuales se muestran en la Tabla 63. El valor medio de las eficiencias es del 86.7%.

MATERIAL	EFICIENCIA DE REPROCESADO
Acero	0.905
Aluminio	0.835
Vidrio	1.000
Papel	0.890
Madera	0.950
Plástico	0.745
Alimentos y residuos orgánicos	0.800
Caucho	0.800
Tejido	0.875

Tabla 63. Eficiencias de reprocesado de materiales según (Rigamonti et al., 2009)

El 86.7% de 0.5 es 0.43, por lo que **4.3 será la puntuación para el parámetro de material Reciclado**.

$$86.7 * 0.5 / 100 = 0.43$$

El 86.7% de 0.46 es 0.4, por lo que **4 será la puntuación para el parámetro de material Reciclable**.

$$86.7 * 0.46 / 100 = 0.4$$

Como se puede ver, igual que en el caso anterior, las puntuaciones se han escalado para que estas, en total, se encuentren entre 0 y 10.

Solo en el caso de que ya se conociera alguna de las eficiencias antes del desarrollo del concepto el valor de estas dos puntuaciones tendría cierta desviación con respecto al valor de las mismas calculado con la eficiencia exacta, por lo que la obtención de esta puntuación conlleva ciertas limitaciones. La eficiencia de procesado podría ser algo distinta en situaciones reales, pero al ser una herramienta diseñada para la evaluación de conceptos (ese aspecto no está todavía definido) se consideran suficiente para determinar la puntuación los valores de referencia utilizados.

c) **RECUPERADO** ($M_i = 4.65$) y **RECUPERABLE** ($M_f = 4.30$)

Las puntuaciones para un material que cumple una función y es recuperado o recuperable se han establecido, por definición del término “recuperar”, como un valor medio entre un material reutilizado/reutilizable y otro reciclado/reciclable, respectivamente. Según lo visto anteriormente, se puede decir que reciclar un material viene dado por un procesado químico del material más algún proceso de refabricación y, recuperar un material, es un proceso de refabricación en sí. Reutilizar el material, por otra parte, es volver a utilizarlo sin ningún tipo de proceso.

REUTILIZADO/REUTILIZABLE → RECUPERADO/RECUPERABLE → RECICLADO/RECICLABLE

Reciclar = proceso del material (químico) + algún proceso de refabricación

Recuperar = proceso de refabricación

Reutilizar = utilizar sin ningún tipo de procesado

Por tanto, siendo que recuperar el material está, por definición, en un término medio entre reciclar y reutilizar, la puntuación que se le ha asignado a un material recuperado es la puntuación media entre estos dos parámetros: **4.65** (material Reciclado = 4.30 y material Reutilizado = 5.00). Siguiendo el mismo criterio, la puntuación para un material recuperable es de **4.30** (material Reciclable = 4.00 y material Reutilizable = 4.60).

Como en el caso anterior, solo si se pudiera saber exactamente la cantidad exacta de material recuperado, la puntuación exacta de estos parámetros sería algo diferente a la utilizada en la métrica, pero esta sería válida igualmente ya que, aunque en ciertos casos de producto el término recuperar puede no ser exactamente este punto medio entre reciclar y reutilizar, la definición planteada se ha considerado adecuada para establecer la puntuación de este parámetro de la métrica y cubrir todas las posibilidades, ya que en propuestas conceptuales de diseño no están definidos los detalles que harían variar la definición general.

d) **REPARABLE** ($M_f = 2.20$)

Para establecer la puntuación para la función de un concepto con material de inicio reparable, se ha partido del dato de cuánto aumenta la vida útil de un producto cuando es reparado. Según la literatura, un producto aumenta de forma media un 21.85% de su vida útil cuando es reparado (Bakker, Wang, Huisman, & Den Hollander, 2014; Hennies & Stamminger, 2016).

Se ha calculado el impacto de un producto depositado en el vertedero (4.22 Pt), en concreto, una cafetera con diversidad de materiales y procesos de fabricación en sus componentes y de 5 años de vida útil. Se ha supuesto que, en este caso, el producto es reparable por lo que, **de esos 5 años de vida útil, el último 21.85% de vida del producto es después de haberse reparado**. Para 3.91 años de vida útil (años de vida de la cafetera antes de la reparación) se ha calculado mediante la correspondiente relación lineal que el impacto es de 3.29 Pt.

Para poder obtener la diferencia de impacto de un producto reparado frente a otro que no lo está se ha calculado el impacto por año en cada uno de los casos:

- Producto reparado: 3.29 Pt / 5 años de vida útil → 0.658 Pt al año
- Producto no reparado: 3.29 Pt / 3.91 años de vida útil → 0.841 Pt al año

A partir de estos dos datos y sabiendo que el producto sin reparar tendría una puntuación de 0 al evaluarse con la métrica, se ha calculado la correspondiente relación lineal y se ha obtenido que la diferencia de puntuación entre los dos casos es de 0.218. Este valor se ha multiplicado por diez para que la escala sea coherente con la de las puntuaciones del resto de parámetros. Por lo tanto, **la puntuación de una función que se cumple con material reparable en la métrica se ha establecido en 2.2**.

El porcentaje de reparación se ha obtenido como media de valores obtenidos en otros estudios, por lo que no es un valor real de un producto concreto si no un valor medio representativo de todas las opciones ya que todos los conceptos que se evalúen serán diferentes. Del mismo modo, se ha escogido un producto con materiales diferentes como opción promedio que refleja distintas opciones que puedan surgir al evaluar los conceptos. Como en otros casos, en propuestas conceptuales no es posible conocer exactamente el porcentaje de aumento de vida útil al reparar el producto, ya que éste varía dependiendo del caso. Es por ello que el valor medio obtenido se considera suficiente para establecer un valor de porcentaje de reparación que cubra de una forma completa todas las posibilidades. Solo si ya a nivel conceptual se llegaran a tener datos exactos sobre el aumento de vida útil debido a la reparación para el caso concreto, 2.2 no sería la puntuación del parámetro exacta para ese caso, pero el valor calculado seguiría siendo válido ya que se ha calculado de forma que cubra todas las opciones.

e) INCINERACIÓN (Recuperar energía) (Mf= 0.10)

Para calcular la puntuación que tiene al aplicar la métrica diseñada un material incinerable se ha utilizado, nuevamente, el software SimaPro®. Se ha calculado el impacto de una cantidad de material orgánico cuando se deposita en el vertedero y, posteriormente, se ha calculado el impacto de la misma cantidad de material orgánico cuando se incinera. Los materiales utilizados para ello son: 0.2 Kg de recortes de cartón, 0.4 Kg de cartón para packaging, 0.82 Kg de cartón corrugado, 150 g de cartón de filamentos orientados, 0.12 Kg de grano de maíz, 1.64 Kg de madera compuesta, 60 g de harina de maíz y 105 g de papel. Se ha seleccionado una batería de materiales variados que sean representativos de las diversas opciones que pueden mostrar los conceptos. En este caso se ha utilizado el método ReCiPe Endpoint (H).

- Impacto del material orgánico depositado en vertedero: 16.2 Pt
- Impacto del material orgánico incinerado: 16.1 Pt

Por lo tanto, la relación obtenida entre los dos parámetros es de 0.1, por lo que las puntuaciones de material incinerable y material depositado en vertedero tendrán una separación de 0.01, calculando la correspondiente relación lineal (un impacto de 16.2 Pt tiene una puntuación de 0, por lo que un impacto de 16.1 Pt tiene una puntuación de 0.01).

Para ajustar la puntuación a la escala de la métrica la puntuación final de un material incinerado se ha multiplicado por 10, estableciéndose esta en **0.10**.

La puntuación establecida está basada en un promedio de ocho materiales orgánicos, según la base de datos del software utilizado. Es por ello que valor calculado no será exacto para todos los casos, ya que todos ellos serán distintos, aunque, al tratarse de conceptos tampoco se puede saber exactamente qué cantidad de material se utiliza y solo en el caso de que se supiera el impacto exacto del material orgánico desde el inicio del diseño, el valor calculado diferiría en cierta medida del real, pero seguiría siendo válido ya que es general, por lo que cubre todas las posibilidades. Por ello, el valor obtenido se considera representativo de las posibles variaciones de los conceptos a evaluar.

f) REDUCIR ($M_i = 5.00$)

La puntuación para la acción de reducir material al cumplir una función se ha establecido en 5 como punto medio entre rechazar el uso del material (10) y utilizar material nuevo (0), lo que se consideraría un 50% de reducción de material. El motivo de esto es que en los conceptos evaluables con esta métrica no se puede saber de forma exacta cuánto porcentaje de material se está reduciendo. Así, se ha decidido optar por una reducción de la mitad del material para establecer la puntuación de esta acción como opción intermedia y moderada, ya que en un concepto no se puede conocer el porcentaje exacto de material reducido. Solo en el caso de que al inicio del diseño se pudiera llegar a conocer el porcentaje de material reducido (esto podría pasar si indica la reducción un requerimiento de diseño, por ejemplo) el valor calculado no sería exacto para ese caso concreto, pero sería válido igualmente ya que se ha establecido de forma general para cubrir todas las posibilidades.

Además, una puntuación de acción de material de inicio junto con una de fin de vida del material no puede sumar más de 10, debido a cómo se ha establecido el diseño de la métrica. No obstante, estableciendo la puntuación de reducir en 5 la máxima puntuación que una función puede obtener junto con una acción de fin de vida es de 9.6 (rechazar junto con reutilizar), por lo que se sigue cumpliendo la premisa de no superar la puntuación de 10 sumando las dos puntuaciones.

g) MATERIAL NUEVO ($M_i = 0$) y VERTEDERO ($M_f = 0$)

En estos dos casos, material de inicio nuevo y fin de vida del material en el vertedero, la puntuación que se le da a la función al aplicar la métrica es la mínima posible (0) ya que no se realiza ninguna acción de aprovechamiento de material, ni para la fabricación del futuro producto ni en su fin de vida.

En la Tabla 64 se pueden ver las distintas puntuaciones obtenidas al combinar el origen de material (Mi) y las acciones de fin de vida (Mf). Además, en la Figura 72 se pueden ver las distintas combinaciones ordenadas de menor a mayor puntuación. Las puntuaciones oscilan entre 10, en el caso de que no se utilice material para cumplir la función y el 0, en caso de que se utilice nuevo material y en su fin vida éste se deposite en el vertedero. En cada función se debe combinar, eligiendo una puntuación de cada uno de los grupos (Tabla 62), una puntuación de material inicial (Mi) y otra de material final (Mf), excepto en el caso de rechazar uso de material en el que la puntuación es directamente de 10 ya que como no hay material, no hay fin de vida posible. Estas dos puntuaciones no suman más de 10 en ningún caso.

Origen material (Mi)→ ----- Fin de vida del material (Mf)	RECHAZAR Mi = 10	REDUCIR Mi = 5	REUTILIZADO Mi = 5	RECUPERADO Mi = 4.65	RECICLADO Mi = 4.3	NUEVO Mi = 0
REUTILIZABLE Mf = 4.6	-	9.6	9.6	9.25	8.9	4.6
REPARABLE Mf = 2.2	-	7.2	7.2	6.85	6.5	2.2
RECUPERABLE Mf = 4.3	-	9.3	9.3	8.95	8.6	4.3
RECICLABLE Mf = 4	-	9	9	8.65	8.3	4
INCINERACIÓN Mf = 0.1	-	5.1	5.1	4.75	4.4	0.1
VERTEDERO Mf = 0	-	5	5	4.65	4.3	0

Tabla 64. Puntuaciones obtenidas al combinar los distintos casos de Mi y Mf

Combinaciones de puntuación para las acciones de origen y fin de vida de los materiales (de menor a mayor)



Figura 72. Puntuaciones para todas las combinaciones de origen y fin de vida de los materiales.

En la Figura 73, se pueden ver las distintas acciones evaluables en la métrica ordenadas de mayor a menor impacto para el material de inicio (empezando por el uso de material nuevo) y de menor a menor impacto en las referentes al fin de vida del material (empezando por el uso de material reutilizable).

Habiendo establecido los parámetros que se han explicado, se consigue que se puedan evaluar de una forma completa las distintas posibilidades planteadas en los conceptos para el origen de los materiales, así como para su fin de vida.

El procedimiento explicado para establecer las puntuaciones de Mi y Mf se resume en la Figura 74.

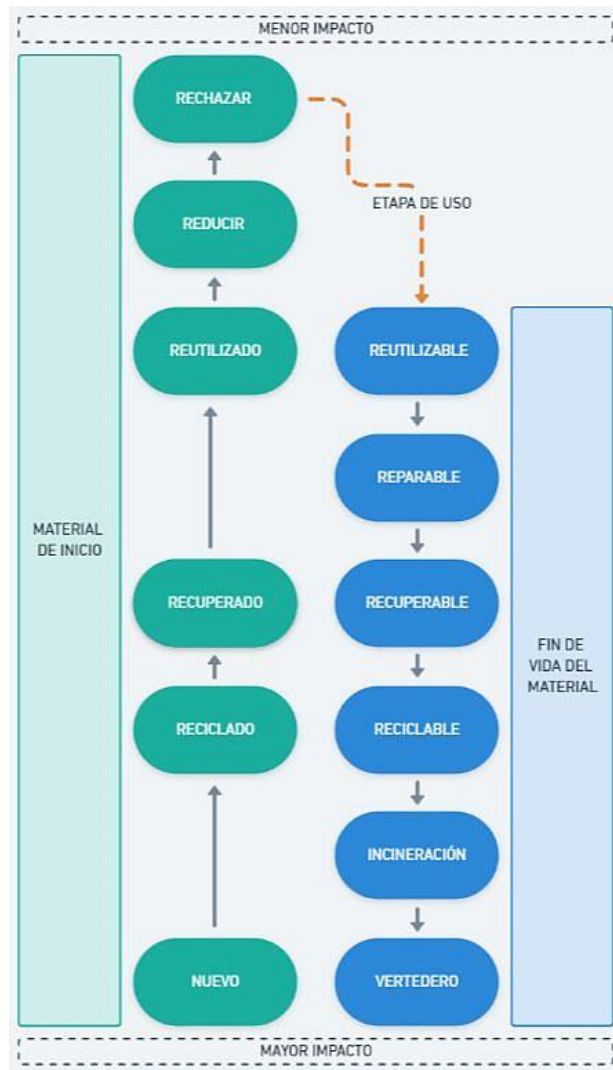


Figura 73. Esquema de las acciones

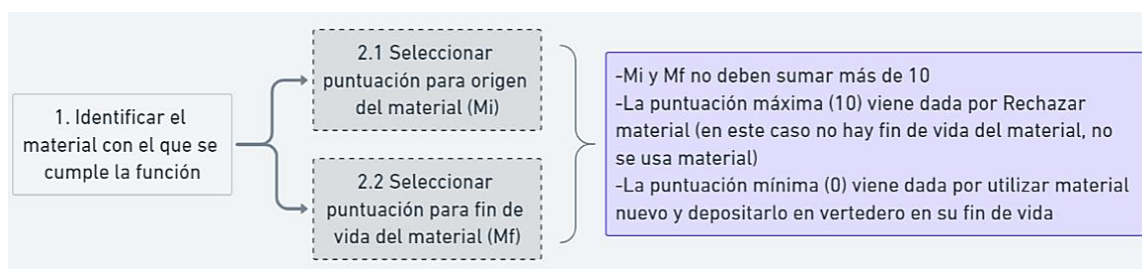


Figura 74. Procedimiento de establecimiento de las puntuaciones referentes a los materiales: Mi y Mf

En la Tabla 65, por otra parte, se muestran algunos ejemplos de combinaciones de origen y fin de vida de material junto con sus puntuaciones. Además, en el siguiente subapartado se indican el funcionamiento de la métrica, así como cómo actuar en caso de que una función se satisfaga con más de un material o en el caso de que existan varias posibles acciones para un mismo material, entre otras cosas.

MATERIAL UTILIZADO PARA LA FUNCIÓN	PUNTUACIÓN DE MATERIAL INICIAL (Mi)	PUNTUACIÓN DE FIN DE VIDA DEL MATERIAL (Mf)	SUMA DE LAS PUNTUACIONES
No se utiliza material para cumplir la función	10	-	10
Material nuevo y sin posible acción de fin de vida (vertedero)	0	0	0
Plástico (nuevo pero reutilizable)	0	4.6	4.6
Cartón reciclado (y reciclable)	4.3	4	8.3
Tela recuperada de ropa que ya no se usa y reciclable	4.65	4	8.65

Tabla 65. Posibles combinaciones de origen y fin de vida de material

4.2.4 Funcionamiento de la métrica

En este subapartado, se muestra cómo debe proceder el usuario para evaluar un concepto (Figura 75). En las siguientes páginas se detalla el funcionamiento de CN_Con, cómo se establecen las puntuaciones para cada parámetro y cómo se combinan los mismos para obtener, tanto los resultados parciales como el resultado final.

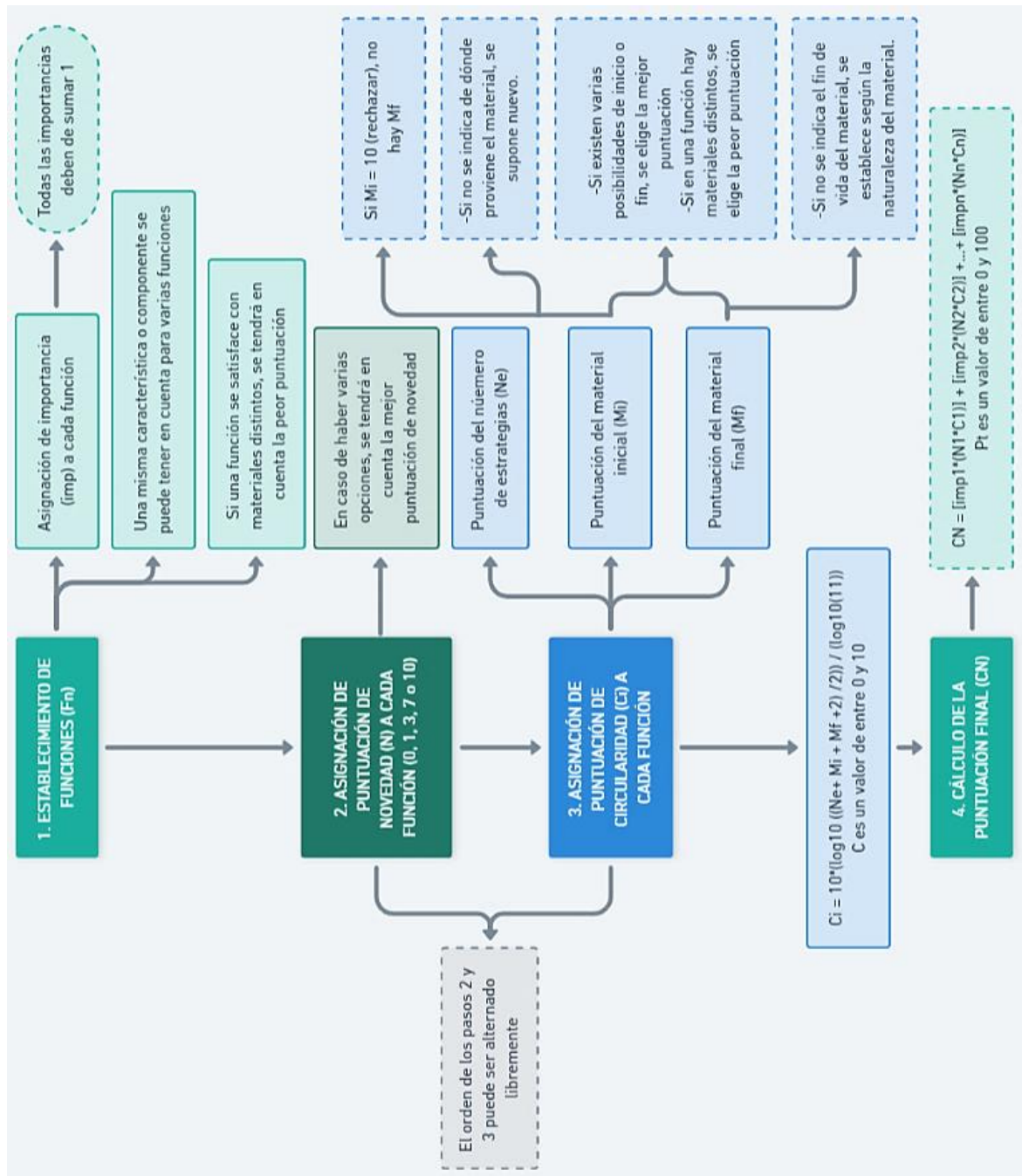


Figura 75. Pasos de aplicación de la métrica diseñada.

Solo se tendrán en cuenta en la evaluación del concepto aquellos aspectos que estén especificados en la explicación conceptual del diseño, ya sea de manera visual o mediante indicaciones escritas, no se supondrá ninguna característica que no se indique de alguna manera.

1. En primer lugar, el evaluador establece las funciones que se deben cumplir en el concepto, según los requisitos de diseño del producto y/o el criterio del diseñador que está utilizando la métrica. La nomenclatura de las funciones es la siguiente: F_1, F_2, \dots, F_n (siendo F_1 = función 1; F_2 = función 2; F_i = función i).

El establecimiento de funciones puede venir dado por los requisitos de diseño o por las subfunciones básicas que debe cumplir el objeto. Por ejemplo, las posibles funciones para un elemento de transporte personal, como puede ser una mochila, podrían ser transportar objetos, proteger estos objetos, transportar la mochila en sí u otras, ya que son las que permiten al producto cumplir su función. Una misma característica o componente del concepto se puede tener en cuenta en varias funciones para establecer las distintas puntuaciones.

2. Una vez definidas las funciones con las que se va a trabajar, se debe asignar una importancia (imp) a cada una de ellas. La importancia la establecerá según el usuario según los requisitos de diseño. Las importancias de todas las funciones deben sumar 1.
3. Posteriormente, a cada función, se le asigna una puntuación de novedad (N). Para ello se estudia de qué manera resuelve el concepto cada una de las funciones y se asigna una puntuación de novedad de 0, 1, 3, 7 o 10, según como se explica en la Tabla 59. Si la función se cumple con varios componentes o aspectos de la propuesta conceptual, se tendrá en cuenta la mayor puntuación de novedad posible.

Cuando este paso esté finalizado, se deben de tener todas las funciones evaluadas por separado, cada una con su puntuación de novedad.

4. Para calcular la circularidad de cada una de las funciones se analiza cómo cumple cada una los tres parámetros que se puntúan en este caso: de dónde procede el material (Mi), cuál es su fin de vida (Mf) y las estrategias de alargamiento de vida útil y duración del producto (Ne). También se debe de tener en cuenta para la evaluación, además de las indicaciones textuales, la información que se muestre en el concepto de forma gráfica (texturas, forma, etc.). Por otra parte, si la propuesta conceptual que se está analizando especifica un material, pero no de dónde proviene, éste se supondrá material nuevo. En cambio, si el material se especifica, pero no cuál es su fin de vida, éste se establecerá según la naturaleza del material empleado y de la/s función/es en la/s que esté presente, por ejemplo, el cartón podría ser puntuado como reciclable o recuperable, el vidrio como reciclable, etc. (Figura 76).

Además, si en un concepto existen para un mismo material, en una misma función, varias posibilidades de inicio o fin de vida, se tendrá en cuenta la opción más favorable. No obstante, si una misma función se satisface con materiales distintos, se tendrá en cuenta la opción más desfavorable, el material que peor valorado esté, ya que éste perjudica de todas formas a la circularidad del producto. Por ejemplo, si una función se cumple con madera y plástico no reciclable, se tendrá en cuenta el plástico a la hora de puntuar el material del concepto, ya que es la peor opción posible en este caso. Todas estas consideraciones se encuentran en la Figura 75. En la Tabla 66, además, se muestra un resumen de estas mismas consideraciones.

SITUACIONES	CRITERIO DE EVALUACIÓN
No se especifica procedencia del material	Se supone material nuevo ($M_i=0$)
No se especifica fin de vida del material	M_f se establece según las propiedades del material y/o la función que está resolviendo
Material con varias posibilidades de origen y/o fin de vida en una función	Se tiene en cuenta la mayor puntuación posible para M_i y/o M_f
Función resuelta con más de un material	Se tiene en cuenta menor puntuación posible para M_i o M_f

Tabla 66. Resumen de consideraciones.

En la Figura 76 se muestra en detalle el procedimiento a seguir para establecer la puntuación de fin de vida del material (M_f) si no se especifica el mismo en el concepto.

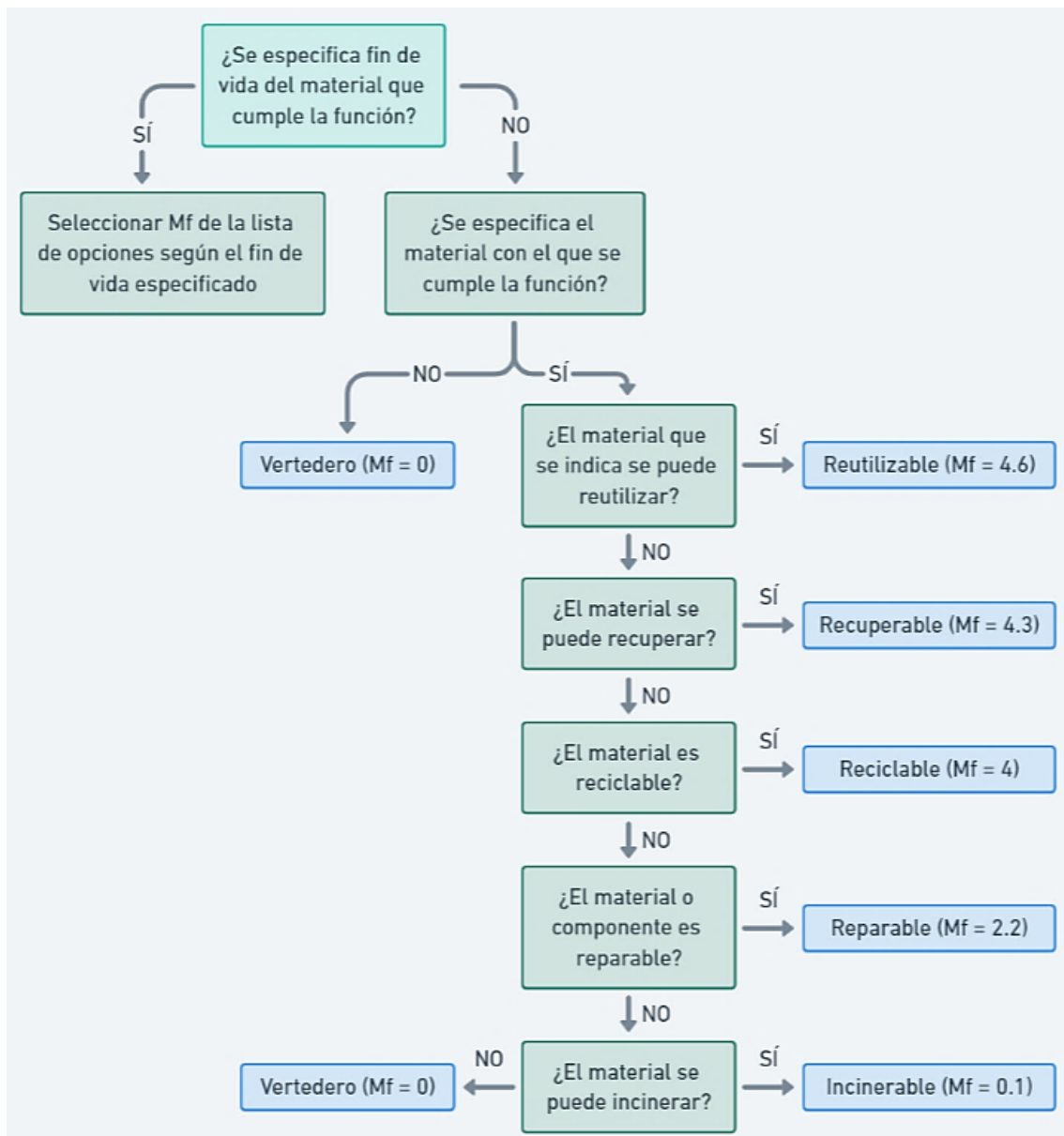


Figura 76. Procedimiento de selección de M_f si no se especifica el fin de vida del material

Una vez se han establecido los tres valores, Ne, Mi y Mf, se calcula la puntuación de circularidad para cada función (Ci) con la Ecuación 8. El resultado será un valor de entre 0 y 10, siendo 0 nada circular y 10 la máxima puntuación de circularidad. Sumando los tres parámetros, se tienen en cuenta los tres parámetros en la misma medida. Las operaciones logarítmicas y las demás combinaciones numéricas, por otra parte, se han añadido para hacer posible que la puntuación final esté entre 0 y 10.

$$Ci = 10 * (\log_{10} ((Ne + Mi + Mf + 2) / 2)) / (\log_{10}(11))$$

Ecuación 8. Cálculo de la circularidad para una función (Ci).

Siendo,

Ne = Puntuación del número de estrategias utilizadas

Mi = Puntuación del material inicial

Mf = Puntuación del material final

En este punto, cada función deberá tener asignada su importancia, una puntuación de circularidad y una puntuación de novedad para poder calcular la puntuación total (CN) de circularidad y novedad de forma conjunta, tal y como se muestra en la Ecuación 6.

4.2.5 Prueba de la métrica en un concepto

En este apartado, se muestra un ejemplo de aplicación de la métrica sobre un concepto de mobiliario escolar (Figura 77). En primer lugar, se han establecido las funciones a cumplir por el producto, así como su importancia. El problema de diseño demandaba generar soluciones novedosas y que siguieran los principios de la economía circular, además de seguir las tendencias educativas en las que el mobiliario juega un papel fundamental, por lo que las funciones a evaluar se han establecido según las características que necesita tener un producto de este tipo para su correcto funcionamiento.

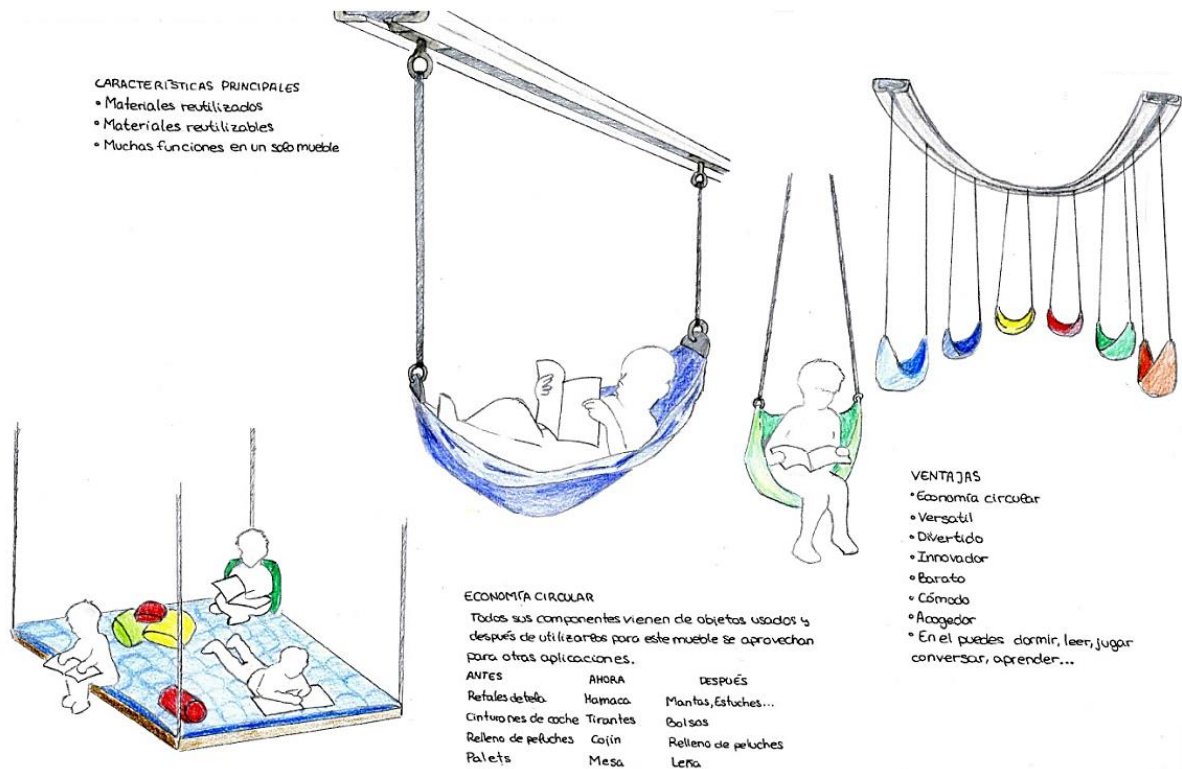


Figura 77. Concepto de mobiliario escolar.

De esta manera, las funciones establecidas son las que se muestran en la Tabla 67, junto con la importancia que se considera para cada una de ellas.

FUNCIONES	IMPORTANCIA
F1: Asiento	0.25
F2: Superficie de apoyo (mesa)	0.25
F3: Seguir las nuevas tendencias educativas	0.30
F4: Almacenaje	0.20

Tabla 67. Funciones e importancias para el elemento de mobiliario escolar.

El siguiente paso es asignar puntuación a la novedad de cómo cumple la propuesta cada una de sus funciones (Tabla 68).

FUNCIONES	PUNTUACIÓN DE NOVEDAD	JUSTIFICACIÓN
F1: Asiento	3	Este tipo de asientos tipo columpio ya existe, pero se utiliza para otras aplicaciones que no son la escolar.
F2: Superficie de apoyo (mesa)	3	Existe en el concepto una superficie de apoyo tipo columpio que ya existe, pero no se utiliza para la aplicación escolar.
F3: Seguir las nuevas tendencias educativas	3	La versatilidad de los componentes del concepto que hacen que se sigan las tendencias educativas correspondientes se soluciona de esta forma para otras aplicaciones, pero no para la escolar.
F4: Almacenaje	0	No se cumple la función de almacenaje.

Tabla 68. Valoración de la novedad para elemento de mobiliario escolar.

En cuanto a la circularidad de esta propuesta conceptual, no se especifican materiales, por lo que se supone que todos ellos son materiales nuevos y en su fin de vida se depositan en el vertedero. No obstante, solo con el fin de mostrar al completo el funcionamiento de la métrica y de poder aplicar todos los tipos de parámetros evaluables a este concepto, se va a suponer que las ruedas están hechas con un polímero reciclable y que la base es reutilizada de otro carrito. En la Tabla 69, se pueden ver los resultados de circularidad que el concepto ha obtenido.

FUNCIONES	Ne	Explicación de Ne	Mi	Explicación de Mi	Mf	Explicación de Mf	Ci
F1: Asiento	2.89	La función utiliza 1 estrategia: alargar la vida mediante versatilidad	4.65	Los asientos son recuperados de retales de tela	4.3	Los asientos son recuperables para hacer mantas, estuches, etc.	8.07
F2: Superficie de apoyo (mesa)	0	No se utiliza ninguna estrategia para cumplir la función	5	La superficie de mesa está formada por pallets reutilizados	4.3	Los pallets se pueden recuperar para leña	7.22
F3: Seguir las nuevas tendencias educativas	2.89	Se siguen las nuevas tendencias educativas mediante 1 estrategia: alargar la vida mediante versatilidad	5	Los componentes que dan versatilidad al concepto son reutilizados	4.3	Los componentes que dan versatilidad al concepto son recuperables	8.17
F4: Almacenaje	0	-	0	-	0	-	0

Tabla 69. Valoración de la circularidad para el concepto de mobiliario escolar.

Una vez establecidas las puntuaciones para cada uno de los parámetros que conforman la circularidad, se ha calculado la puntuación total de circularidad para cada función (Ci), mediante la Ecuación 8.

$$C_1 = 10^{*(\log_{10} ((2.89 + 4.65 + 4.3 + 2) / 2))} / (\log_{10}(11)) = 8.07$$

$$C_2 = 10^{*(\log_{10} ((0 + 5 + 4.3 + 2) / 2))} / (\log_{10}(11)) = 7.22$$

$$C_3 = 10^{*(\log_{10} ((2.89 + 5 + 4.3 + 2) / 2))} / (\log_{10}(11)) = 8.17$$

$$C_4 = 10^{*(\log_{10} ((0 + 0 + 0 + 2) / 2))} / (\log_{10}(11)) = 0$$

Para el cálculo de la puntuación final de la circularidad y la novedad de forma conjunta, se han combinado todas las puntuaciones parciales obtenidas en todas las funciones (importancia, novedad y circularidad) según la Ecuación 6.

$$CN = [0.25*(3*8.07)] + [0.25*(3*7.22)] + [0.30*(3*8.17)] + [0.20*(0*0)] = 18.82$$

El resultado obtenido ha sido de 18.82 de un máximo de 100 puntos. En este caso, analizando las puntuaciones de cada parámetro, se ve como el concepto se podría mejorar al cumplir la función que no satisface y en términos tanto de circularidad como de novedad, sobre todo, en lo referente al uso de estrategias para alargar la vida útil del producto.

4.3 Testeo previo de la métrica diseñada

4.3.1 Objetivo del testeo

Una vez diseñada la métrica para la medición conjunta de la circularidad y la novedad en productos en fase de diseño conceptual, se ha realizado un análisis experimental de la misma. Para ello, se han utilizado las propuestas de diseño conceptual generadas en los tres experimentos planteados en capítulo anterior de esta Tesis.

Anteriormente, se ha evaluado la novedad y la circularidad por separado de los conceptos generados con herramientas existentes. Ahora, se va a realizar una evaluación de los mismos de forma conjunta con la métrica diseñada. De esta manera, es posible estudiar la concordancia y las diferencias existentes entre los resultados obtenidos y verificar, así, que el funcionamiento de la métrica propuesta es coherente y correcto. El realizar este primer testeo con los conceptos generados en tres experimentos permite probar con mayor variedad de datos y métodos de medición ya existentes la validez de métrica diseñada.

4.3.2 Evaluación de elementos de transporte

4.3.2.1 Resultados al realizar la evaluación con la métrica diseñada

En la Tabla 70 y Tabla 71, se puede ver el resultado obtenido por cada uno de los conceptos de elementos de transporte de objetos personales (Tabla 21) al ser evaluados mediante la métrica diseñada. Las funciones establecidas para este producto, así como su importancia han sido:

- F1: transportar objetos, imp = 0.2
- F2: sujetarse la mochila, imp = 0.133
- F3: cerrar la mochila, imp = 0.133
- F4: transportar la mochila, imp = 0.133
- F5: proteger el contenido, imp = 0.2
- F6: ser cómoda, imp = 0.2

SOLUCIÓN DE DISEÑO	N	Ne	Mi	Mf	Ci	PUNTUACIÓN TOTAL	SOLUCIÓN DE DISEÑO	N	Ne	Mi	Mf	Ci	PUNTUACIÓN TOTAL
1A_F1	3	4	0	0	6.14	5.75	7A_F1	3	1	0	0	3.73	8.18
F2	1	2	0	0	4.97		F2	0	0	0	0	0	
F3	1	2	0	0	4.97		F3	1	0	0	0	0	
F4	0	0	0	0	0		F4	3	3	0	0	5.67	
F5	1	0	0	0	0		F5	1	0	0	0	0	

F6	1	1	0	0	3.73		F6	3	4	0	0	6.14		
2A_F1	1	2	0	0	4.97	4.39	8A_F1	3	1	0	0	3.73	2.73	
F2	1	1	0	0	3.73		F2	1	1	0	0	3.73		
F3	1	0	0	0	0		F3	1	0	0	0	0		
F4	1	0	0	0	0		F4	1	0	0	0	0		
F5	1	0	0	0	0		F5	1	0	0	0	0		
F6	3	1	0	0	3.73		F6	1	0	0	0	0		
3A_F1	3	4	0	0	6.14	9.64	9A_F1	1	1	0	0	3.73	2.73	
F2	3	1	0	0	3.73		F2	1	1	0	0	3.73		
F3	1	0	0	0	0		F3	1	0	0	0	0		
F4	0	0	0	0	0		F4	0	0	0	0	0		
F5	3	1	0	0	3.73		F5	1	1	0	0	3.73		
F6	3	1	0	0	3.73		F6	1	2	0	0	4.97		
4A_F1	3	1	0	0	3.73	8.44	10A_F1	3	4	0	0	6.14	3.68	
F2	1	1	0	0	3.73		F2	0	0	0	0	0		
F3	1	0	0	0	0		F3	1	0	0	0	0		
F4	3	2	0	0	4.97		F4	1	0	0	0	0		
F5	1	1	0	0	3.73		F5	1	0	0	0	0		
F6	3	2	0	0	4.97		F6	0	0	0	0	0		
5A_F1	1	0	0	0	0	4.88	11A_F1	3	1	0	0	3.73	5.96	
F2	1	1	0	0	3.73		F2	3	1	0	0	3.73		
F3	1	0	0	0	0		F3	1	0	0	0	0		
F4	1	2	0	0	4.97		F4	0	0	0	0	0		
F5	1	1	0	0	3.73		F5	1	0	0	0	0		
F6	3	2	0	0	4.97		F6	3	1	0	0	3.73		
6A_F1	1	0	0	0	0	0.00								
F2	0	0	0	0	0									
F3	1	0	0	0	0									
F4	3	0	0	0	0									
F5	1	0	0	0	0									
F6	3	0	0	0	0									

Tabla 70. Puntuaciones del experimento 1 con la métrica diseñada (elementos de transporte de objetos personales).

En este caso las funciones establecidas, así como su importancia son las siguientes:

- F1: transportar objetos, imp = 0.225
- F2: sujetarse la mochila, imp = 0.225
- F3: cerrar la mochila, imp = 0.225
- F4: transportar la mochila, imp = 0.1
- F5: ser cómoda, imp = 0.225

SOLUCIÓN DE DISEÑO	N	Ne	Mi	Mf	Ci	PUNTUACIÓN TOTAL	SOLUCIÓN DE DISEÑO	N	Ne	Mi	Mf	Ci	PUNTUACIÓN TOTAL
1B_F1	3	3	0	4.3	7.5	10.13	7B_F1	3	2	0	0	4.97	12.58
F2	1	0	0	0	0		F2	3	1	0	0	3.73	
F3	1	0	0	0	0		F3	3	2	0	0	4.97	
F4	0	0	0	0	0		F4	0	0	0	0	0	
F5	3	3	0	4,3	7,5		F5	3	2	0	0	4.97	
2B_F1	3	1	0	0	3.73	6.15	8B_F1	3	1	0	0	3.73	6.71
F2	1	0	0	0	0		F2	1	1	0	0	3.73	
F3	1	0	0	0	0		F3	1	0	0	0	0	
F4	3	1	0	0	3.73		F4	0	0	0	0	0	
F5	3	1	0	0	3.73		F5	3	2	0	0	4.97	
3B_F1	3	1	0	0	3.73	10.07	9B_F1	3	1	0	0	3.73	10.06
F2	3	1	0	0	3.73		F2	3	2	0	0	4.97	
F3	3	1	0	0	3.73		F3	1	1	0	0	3.73	
F4	1	0	0	0	0		F4	0	0	0	0	0	
F5	3	1	0	0	3.73		F5	3	2	0	0	4.97	
4B_F1	3	1	0	0	3.73	12.11	10B_F1	3	1	4.3	4	7.87	12.98
F2	3	2	0	0	4.97		F2	3	1	4.3	4	7.87	
F3	3	1	0	0	3.73		F3	1	0	0	0	0	
F4	1	1	0	0	3.73		F4	3	1	4.3	4	7.87	
F5	3	2	0	0	4.97		F5	3	0	0	0	0	
5B_F1	3	1	0	0	3.73	7.55	11B_F1	3	1	0	0	3.73	7.55
F2	3	1	0	0	3.73		F2	1	0	0	0	0	
F3	1	0	0	0	0		F3	3	1	0	0	3.73	
F4	0	0	0	0	0		F4	0	0	0	0	0	
F5	3	1	0	0	3.73		F5	3	1	0	0	3.73	

6B_F1	3	1	0	0	3.73	5.03
F2	1	0	0	0	0	
F3	1	0	0	0	0	
F4	0	0	0	0	0	
F5	3	1	0	0	3.73	

Tabla 71. Puntuaciones del experimento 1 con la métrica diseñada (carritos de conserje).

En ambos casos, los resultados obtenidos son bajos, de entre 0 y 9,64 en los elementos de transporte persona y entre 5,03 y 12,98 en el caso de los carritos de conserje. Esto es debido a que, como se puede ver sobre todo en las columnas de Mi y Mf de las dos tablas (Tabla 70 y Tabla 71), en la mayoría de casos no se ha tenido en cuenta los materiales a la hora de generar los conceptos, por lo que esos aspectos no aparecen en las propuestas de diseño, lo que hace que disminuya la puntuación conjunta de novedad y circularidad de las mismas.

4.3.2.2 Medición de la novedad mediante el método CPSS (O'Quin & Besemer, 1989)

Para este análisis, la novedad de los conceptos obtenidos en el experimento, se ha evaluado mediante la Escala Semántica de Productos Creativos (CPSS). Para ello, diez evaluadores, expertos en diseño de producto, han contestado al cuestionario de pares de adjetivos, evaluando los resultados conceptuales generados en el experimento. Posteriormente, se ha calculado el resultado referente a la novedad, siendo los pares de adjetivos tenidos en cuenta para ello los siguientes:

- Usual/Inusual
- Asombroso/Muy visto
- Sorprendente/Tradicional
- Original/Convencional
- Chocante/Corriente
- Novedoso/Predecible

El resultado de esta evaluación en cada uno de los conceptos es un valor de entre 1 y 7, promedio de todas las puntuaciones obtenidas para cada par de adjetivos, por cada evaluador. En la Tabla 72 y Tabla 73 se pueden ver las puntuaciones de novedad obtenidas por cada una de las propuestas con este método. Todas las propuestas se encuentran en la Tabla 41 y en el Anexo 1.

SOLUCIÓN DE DISEÑO	PUNTUACIÓN DE NOVEDAD	SOLUCIÓN DE DISEÑO	PUNTUACIÓN DE NOVEDAD
1A	4.18	7A	5.10
2A	4.05	8A	3.85
3A	3.98	9A	1.58
4A	4.33	10A	3.12
5A	5.48	11A	4.08
6A	5.40		

Tabla 72. Puntuaciones de novedad del experimento I (elementos de transporte de objetos personales).

SOLUCIÓN DE DISEÑO	PUNTUACIÓN DE NOVEDAD	SOLUCIÓN DE DISEÑO	PUNTUACIÓN DE NOVEDAD
1B	4.28	7B	4.72
2B	4.68	8B	4.23
3B	4.48	9B	4.98
4B	4.08	10B	4.77
5B	4.58	11B	3.83
6B	2.57		

Tabla 73. Puntuaciones de novedad del experimento I (carritos de conserje).

4.3.2.3 Análisis de los resultados de circularidad y novedad de forma conjunta en elementos de transporte

Una vez evaluados los conceptos, se ha calculado la correlación entre los resultados obtenidos en las dos evaluaciones: con el método CPSS y con el Circular Economy Toolkit, por una parte y con la métrica diseñada, por otra, se ha analizado en qué resultados en concreto coinciden o difieren y a qué pueden deberse las diferencias. Por otra parte, también se ha visto si los resultados obtenidos se ven influenciados al cambiar el problema de diseño. De esta manera, se ha analizado de una forma objetiva la validez de la métrica diseñada.

Para que los datos obtenidos por ambos métodos sean comparables, tanto los resultados de circularidad como los de novedad evaluados mediante el método CPSS (O'Quin & Besemer, 1989) y el Circular Economy Toolkit (Bocken & Evans, 2013), se han escalado para que el resultado sea un valor entre 0 y 100, igual que en la métrica diseñada. Posteriormente, se ha calculado su producto para obtener una puntuación conjunta de novedad y circularidad como en la métrica diseñada en esta Tesis. En la Tabla 74, se pueden ver los valores con los que se ha realizado este análisis para los dos problemas de diseño.

PROPUESTA	CIRCULARIDAD (C), exp. 1: Circular Economy Toolkit (Bocken & Evans, 2013)	NOVEDAD (N), exp. 1: Método CPSS (O'Quin & Besemer, 1989)	C*N	RESULTADOS OBTENIDOS CON LA MÉTRICA DISEÑADA
1A	6.061	5.556	33.670	5.749
2A	6.818	5.417	36.932	4.388
3A	7.121	4.676	33.298	9.645
4A	6.515	5.972	38.910	8.442
5A	6.212	7.176	44.578	4.883
6A	5.455	6.713	36.616	0.000
7A	6.364	6.944	44.192	8.180
8A	6.061	4.954	30.022	2.733
9A	6.212	0.926	5.752	2.733
10A	5.758	2.963	17.059	3.682
11A	6.515	5.231	34.084	5.963
1B	6.061	5.972	36.195	10.126
2B	5.909	6.620	39.120	6.153
3B	6.212	6.343	39.401	10.068
4B	6.818	6.065	41.351	12.113
5B	6.061	7.176	43.490	7.551
6B	6.364	3.750	23.864	5.034
7B	7.121	6.250	44.508	12.576
8B	6.061	5.648	34.231	6.709
9B	6.970	7.361	51.305	10.062
10B	5.152	6.435	33.151	12.980
11B	6.364	4.583	29.167	7.551

Tabla 74.. Resultados comparados en el análisis.

Como se puede ver en la tabla anterior, en el caso de la evaluación con los métodos existentes las puntuaciones mayores oscilan entre 51.305 y 44.192 y las menores se comprenden entre 5.752 y 29.167. En el caso de las puntuaciones obtenidas con la métrica diseñada, en cambio, las puntuaciones mayores se encuentran entre 12.980 y 10.126 y las menores entre 3.682 y 0. Si bien se puede ver que hay una variación en las puntuaciones, en dos de los casos la puntuación baja es para la misma propuesta y en un caso la mejor puntuación es para la misma propuesta. En las siguientes líneas se analiza cuál es la causa y si afecta a la viabilidad de la métrica diseñada.

Una vez obtenidos los resultados en la misma escala, se ha calculado el coeficiente de correlación existente entre ellos, con el software Microsoft Excel ®. Esta correlación indica si los distintos grupos de puntuaciones aumentan y/o disminuyen de una forma coherente. El resultado obtenido es de $r = 0.48$, para los dos problemas conjuntamente. En el caso de los elementos de transporte de objetos personales (Problema A), la correlación es de $r = 0.39$ y, en el caso de los carritos de conserje (Problema B), la correlación es de $r = 0.45$. A primera vista, la correlación podría ser mayor, si bien este resultado puede ser debido a las mejoras de medición que presenta la métrica diseñada, como son la evaluación conjunta de la novedad y la circularidad o la medición por funciones. Además, los métodos existentes no miden en la misma escala ni evaluando los mismos aspectos del producto, por lo que al combinar los resultados el valor obtenido no es igual de realista que el obtenido con CN_Con. En las siguientes líneas se analiza a qué es debido el resultado de correlación obtenido. En la Figura 78 y Figura 79, se pueden ver las comparaciones entre las dos evaluaciones realizadas, para cada uno de los problemas de diseño planteados.

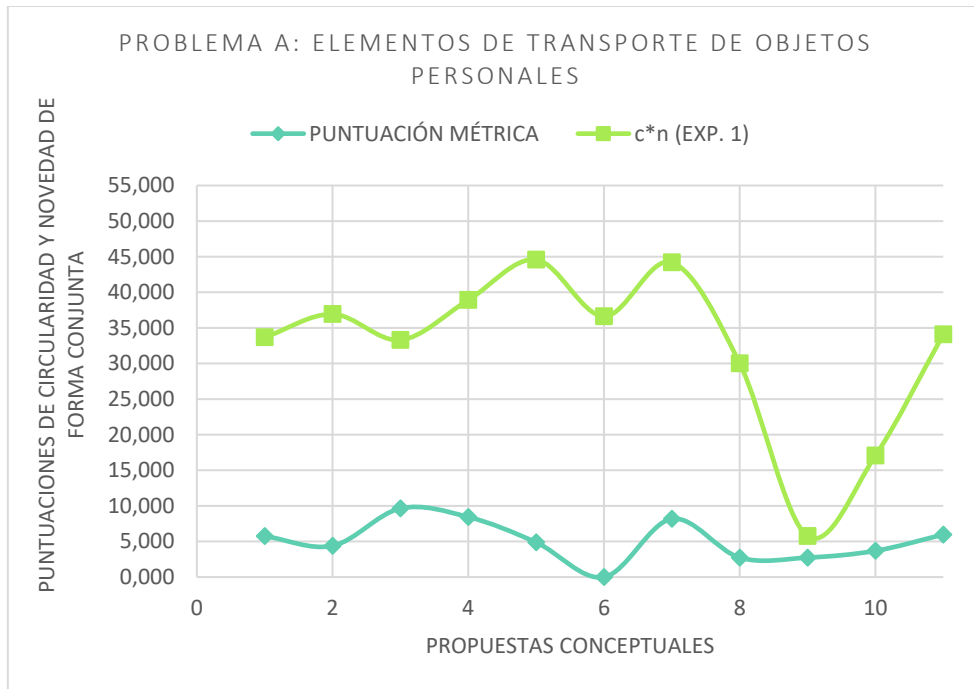


Figura 78. Comparación de resultados del problema A (elementos de transporte de objetos personales).

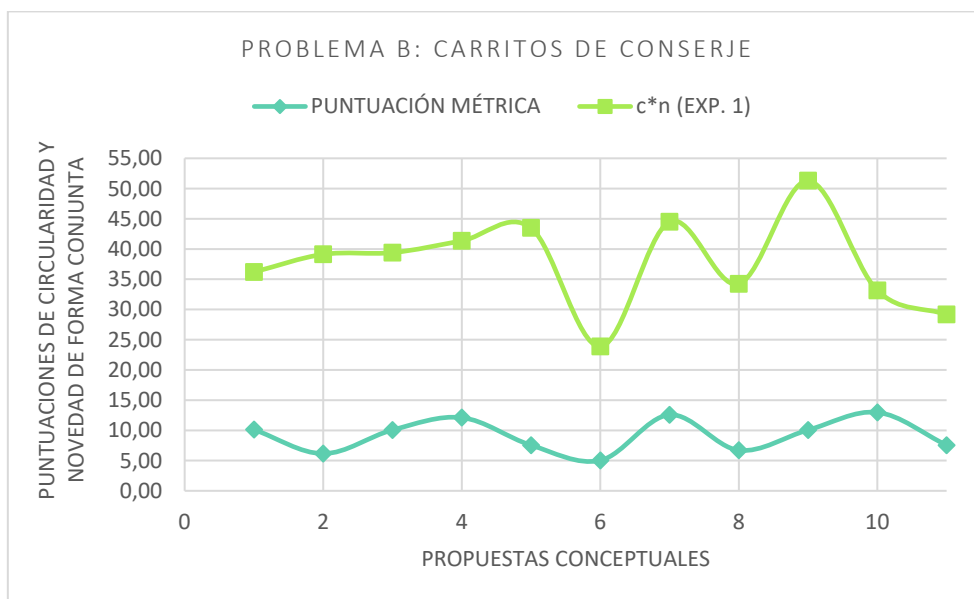


Figura 79. Comparación de resultados del problema B (carritos de conserje).

Como se puede ver en las gráficas la curva es similar para ambas mediciones, pero las puntuaciones obtenidas con métodos ya existentes son notablemente más elevadas. Esto puede ser debido al funcionamiento de la herramienta utilizada para medir la circularidad (Circular Economy Toolkit, (Bocken & Evans, 2013)). Esta herramienta utiliza parámetros que, en muchas ocasiones, no están todavía definidos en conceptos de diseño y, en este caso, la puntuación establecida es la puntuación intermedia. En cambio, con la métrica diseñada, un parámetro todavía no definido, se puntúa como opción peor valorada. Esto es debido a que, que no esté indicado, quiere decir que esa característica no está presente en el concepto, porque la métrica ha sido

diseñada específicamente para utilizarse en propuestas conceptuales de diseño. Esto podría indicar que la métrica diseñada al tomar consideraciones más exactas parece ser más exigente a la hora de puntuar los conceptos, lo que, junto con la inexactitud, en este caso, de los otros métodos (los cuales sobrevaloran los datos que se desconocen de los conceptos), ayuda a que la correlación en un primer término no sea del todo elevada. El resultado obtenido, también pone de manifiesto la importancia de que la métrica se haya diseñado específicamente para evaluar conceptos, ya que, de esta manera, los parámetros con los que se realiza la evaluación son adecuados a la información disponible. Por ejemplo, la propuesta 6A tiene una puntuación de 0 con la métrica diseñada pero una puntuación de 36.6 cuando es evaluada mediante el método CPSS (O'Quin & Besemer, 1989) y Circular Economy Toolkit (Bocken & Evans, 2013). Esto es debido a que el concepto (Anexo 1) no indica ningún material ni sigue ninguna estrategia de diseño circular. En cambio, al calcular su puntuación de circularidad por separado con el Circular Economy Toolkit los parámetros que no son conocidos (la ecoeficiencia de los materiales o el coste de la reparación frente al coste total del producto, por ejemplo) benefician la puntuación global ya que obtienen el valor intermedio. No es posible relacionar la diferencia de puntuaciones mediante una comparación directa de parámetros ya que estos no son iguales en los métodos. Otro caso, por ejemplo, es de la propuesta 8B, además de no indicar los materiales del futuro producto, no realiza una de las funciones requeridas (almacenar el carrito) y tiene una puntuación nula en circularidad en una de las funciones (ser seguro). En cambio, cuando es evaluada con el Circular Economy Toolkit, no se tienen datos de parámetros como la ecoeficiencia de los materiales, la probabilidad de fallo del producto o el coste de la reparación con respecto al coste total del producto, por lo que estos se puntúan con el valor intermedio, lo que hace que la puntuación del concepto aumente en gran medida. Por otra parte, hay algunas propuestas en concreto que han obtenido una puntuación discordante con las demás, estas se pueden ver en la Figura 80 y Figura 81.

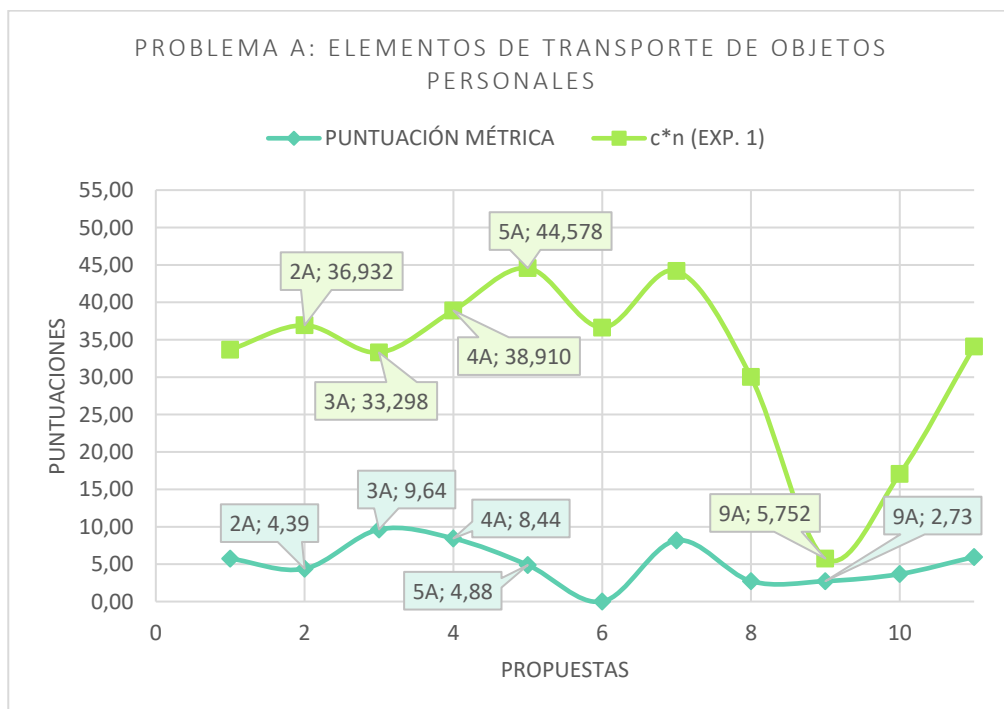


Figura 80. Propuestas con puntuaciones discordantes en el problema A.

PROPUESTA 2A, 3A, 4A y 5A

En el caso de estas propuestas, se puede observar en las gráficas que las curvas de dispersión pasan de ser paralelas a ser de forma simétrica. Esto puede ser debido, según las puntuaciones obtenidas por estas propuestas al evaluarse con los dos métodos la novedad y circularidad por separado (Tabla 25 y Tabla 72), a que la herramienta Circular Economy Toolkit no tiene los mismos parámetros sobre acciones con materiales (Rs) ni están adaptados a la fase conceptual de diseño, al contrario que la métrica diseñada. Así, la propuesta 2A tiene una puntuación de 0 circularidad en dos de sus funciones: proteger el contenido y cerrar la mochila. La propuesta 3A, por otra parte, no cumple la función de transportar la mochila y, además, la función de cerrar la mochila tiene una puntuación de 0. En cuanto a las propuestas 4A y 5A, estas tienen una puntuación de 0 circularidad en las funciones de cerrar la mochila y transportar objetos, respectivamente. Todo ello penaliza a la puntuación conjunta de estas propuestas al mismo tiempo que, al no proporcionar información sobre los materiales de fabricación (excepto en el caso de un accesorio de la propuesta 2A), favorece a la puntuación obtenida con el CET, lo cual es la causa de esta diferencia de puntuaciones. En esta herramienta, si no hay información sobre alguna de las características que se valora, la puntuación es intermedia y, en la métrica diseñada, cuando esto sucede la puntuación es la más baja posible. Por tanto, las diferencias en ambas puntuaciones radican en que la CN_Con tiene una variedad de parámetros más apropiados para la medición de la circularidad en conceptos y, además, evalúa de una forma precisa, penalizando la falta de características.

PROPUESTA 9A

La puntuación de esta propuesta, con los métodos ya existentes, es excesivamente baja comparada con las puntuaciones de su grupo. Esto es debido a que, la puntuación de novedad obtenida mediante el método CPSS es baja (1.58). La propuesta conceptual no se aleja mucho de las mochilas corrientes (Anexo 1). Con la métrica diseñada en esta Tesis, la puntuación de novedad de las funciones que se cumplen también es la mínima (1), pero, al ser una evaluación por funciones y en conjunto con la circularidad, la puntuación es más completa y no es tan baja con respecto a las otras propuestas evaluadas con el mismo método. Esto es debido a que la novedad, aunque con la mínima puntuación, se tiene en cuenta y suma a la puntuación total en cada una de las funciones en las que está presente.

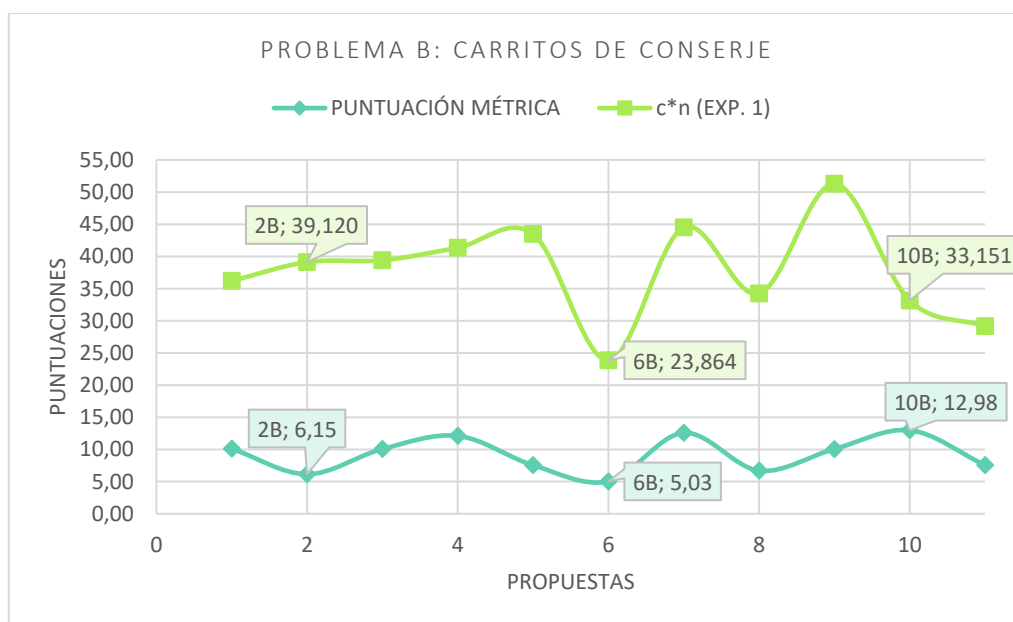


Figura 81. Propuestas con puntuaciones discordantes en el problema B.

PROPUESTA 2B

En cuanto a la evaluación de las propuestas de carritos para conserjes, nos encontramos que, en esta solución, nuevamente las tendencias de las curvas se vuelven opuestas y dejan de ser paralelas. Viendo cómo se han establecido las puntuaciones parciales (Tabla 27 y Tabla 73), se observa que esta variación de la puntuación, es debido a la evaluación por funciones que lleva a cabo la métrica diseñada, ya que, las funciones que tienen una novedad de 1 (manejar el carrito y ser seguro) restan puntuación al mismo, estableciendo una valoración más precisa. En cambio, con el método CPSS (O'Quin & Besemer, 1989), la puntuación otorgada a la novedad es general para todo el concepto y de 4,68 de un total de 7 puntos, un valor medio. Además, en la evaluación con CN_Con se puede ver como las funciones de manejar el carrito y ser seguro tienen una puntuación de 0 circularidad, ya que el concepto no indica materiales de fabricación y estas funciones no se cumplen mediante estrategias de duración o alargamiento de vida útil del producto. Esto también es causa de que la puntuación disminuya con respecto a la tendencia observada en la evaluación de circularidad y novedad por separado. Al igual que en otros casos ya explicados, al utilizar el CET para evaluar la circularidad las características que no están definidas se puntúan de forma media. Estas características en la propuesta son: la ecoeficiencia de los materiales, el coste de reparar frente al coste total del producto, si los componentes utilizados son estándar, el coste de devolver el producto a fábrica, si es posible refabricar todos los productos en su fin de vida y si se pueden actualizar componentes. La falta de información sobre estas características hace que la puntuación aumente con respecto a la medición con CN_Con, que penaliza las características no presentes en el concepto.

PROPUESTA 6B

En este caso, se destaca la baja puntuación del concepto cuando ha sido evaluada por separado con respecto a las puntuaciones de su grupo (23.86). Esta baja puntuación viene dada, igual que en el caso de la propuesta 9ª, porque la puntuación de novedad al aplicar el método CPSS es baja

(2.57). En el caso de la puntuación obtenida con la métrica diseñada, esto no se pone de manifiesto ya que la puntuación está separada por funciones por lo que las dos que están presentes en el concepto (transportar objetos y comodidad de uso) tienen una novedad de 3 y 1 respectivamente y ambos valores se tienen en cuenta a la hora de calcular la puntuación final, lo que hace que la puntuación no sea tan relativamente baja.

PROPUESTA 10B

Esta propuesta aumenta su puntuación con respecto a las anteriores con la métrica diseñada. Esto es debido, viendo el desarrollo de cada una de las puntuaciones (Tabla 27, Tabla 73 y Tabla 71) y nuevamente, a que con CN_Con se tiene en cuenta un paraguas de acciones de material de inicio y fin de vida completo. Con el CET no se tienen en cuenta los mismos parámetros, centrándose estos en otros aspectos más adecuados a productos desarrollados. La puntuación es más elevada con respecto a las de su grupo cuando la evaluación se realiza con la métrica diseñada porque es de las pocas propuestas que indica materiales de fabricación, lo que hace que ésta aumente su puntuación con respecto a las demás. Esto vuelve a poner en evidencia, que los parámetros que se han establecido para la medición conjunta de novedad y circularidad realizan una evaluación más completa y apta para conceptos.

Una vez analizado el porqué de las puntuaciones discordantes, se han vuelto a calcular las correlaciones sin las puntuaciones de estas para los dos problemas por separado y para todos los resultados en conjunto. La Propuesta 9A no se ha eliminado para este cálculo ya que se ha mencionado por romper la tendencia de las puntuaciones de su grupo, no por ser discordante entre grupos. En cuanto al Problema A (elemento de transporte de objetos personales) la nueva correlación entre los dos grupos de datos es de 0.4. Para el Problema B (carritos de conserje) es de 0.52. En el caso de los dos grupos de puntuaciones, la correlación sin los casos discordantes es de 0.61. Como se puede ver, en todos los casos el índice de correlación aumenta dando una mejor visión de cómo se relacionan las evaluaciones realizadas con los métodos existentes (CPSS, (O'Quin & Besemer, 1989) y Circular Economy Toolkit (Bocken & Evans, 2013)). De forma general las discordancias entre puntuaciones se han dado debido a que la herramienta CET emplea parámetros que no están todavía definidos en la fase conceptual y, en este caso, el concepto se puntúa en la herramienta de forma intermedia, lo cual favorece las puntuaciones. Además, en cuanto a la novedad, la mayor causa de discordancia es que el método CPSS no evalúa por funciones las propuestas lo que, tanto para penalizar como para favorecer a los conceptos, causa diferencias en las puntuaciones.

4.3.3 Evaluación de mobiliario escolar

4.3.3.1 Resultados al realizar la evaluación con la métrica diseñada

De la misma manera que en el Apartado 4.3.2.1 de este Capítulo, en la Tabla 75 se puede ver la puntuación de novedad y creatividad conjuntamente obtenida con la métrica diseñada por cada una de las propuestas de mobiliario escolar obtenidas en el Experimento 2. Las funciones establecidas y su importancia son las siguientes:

- F1: servir como asiento, imp = 0.25
- F2: servir de apoyo (mesa), imp = 0.25
- F3: seguir las nuevas tendencias educativas, imp = 0.3
- F4: función de almacenaje, imp = 0.2

SOLUCIÓN DE DISEÑO	N	Ne	Mi	Mf	Ci	PUNTUACIÓN TOTAL	SOLUCIÓN DE DISEÑO	N	Ne	Mi	Mf	Ci	PUNTUACIÓN TOTAL
L1 – 1 F1	1	2	0	0	4.97	7.39	L3 – 1 F1	0	0	0	0	0	9.19
F2	3	1	0	0	3.73		F2	3	2	0	0	4.97	
F3	3	1	0	0	3.73		F3	3	2	0	0	4.97	
F4	0	0	0	0	0		F4	1	2	0	0	4.97	
L1 – 2 F1	1	0	0	0	0	0.00	L3 – 2 F1	3	0	4.3	0	4.79	10.18
F2	1	0	0	0	0		F2	0	0	0	0	0	
F3	0	0	0	0	0		F3	3	2	5	0	7.32	
F4	0	0	0	0	0		F4	1	0	0	0	0	
L1 – 3 F1	3	1	0	4.6	6.49	16.58	L3 – 3 F1	1	0	0	0	0	4.29
F2	3	1	0	4.6	6.49		F2	1	1	0	0	3.73	
F3	3	1	0	4.6	6.49		F3	1	1	0	0	3.73	
F4	1	0	0	4.6	4.98		F4	3	1	0	0	3.73	
L1 – 4 F1	0	0	0	0	0	12.21	L3 – 4 F1	1	0	0	0	0	3.92
F2	3	0	4.3	4	6.84		F2	3	1	0	0	3.73	
F3	3	1	4.3	4	7.87		F3	1	1	0	0	3.73	
F4	0	0	0	0	0		F4	1	0	0	0	0	
L1 – 5 F1	1	2	0	0	4.97	3.60	L5 – 1 F1	3	1	0	0.1	3.81	8.13
F2	1	2	0	0	4.97		F2	0	0	0	0	0	
F3	1	1	0	0	3.73		F3	3	2	0	0.1	5.03	
F4	0	0	0	0	0		F4	1	1	0	0	3.73	
L7 – 1 F1	0	0	0	0	0	16.56	L5 – 2 F1	1	0	4.65	0	5.01	12.14
F2	3	4	4.3	2.2	8.46		F2	1	1	0	4	6.22	
F3	3	2	4.65	0	7.20		F3	3	1	0	4	6.22	
F4	3	1	0	4	6.22		F4	3	1	0	4	6.22	

L7-2 F1	3	1	4.65	4.3	8.07	18.82	L5-3 F1	3	2	0	0	4.97	11.92
F2	3	0	5	4.3	7.22		F2	3	2	0	0	4.97	
F3	3	1	5	4.3	8.17		F3	3	2	0	0	4.97	
F4	0	0	0	0	0		F4	0	0	0	0	0	
L7-3 F1	1	2	0	4	6.95	13.53	L5-4 F1	0	0	0	0	0	9.23
F2	3	2	0	4	6.95		F2	0	0	0	0	0	
F3	3	3	0	0	5.67		F3	3	2	0	4	6.95	
F4	1	3	0	4	7.40		F4	3	2	0	0	4.97	
L7-4 F1	1	2	4.3	0	7.06	10.05	L5-5 F1	0	0	0	0	0	2.56
F2	1	2	4.3	0	7.06		F2	1	1	4.3	0.1	6.41	
F3	3	3	4.3	0	7.50		F3	0	0	0	0	0	
F4	1	2	4.3	0	7.06		F4	1	0	4.3	0	4.79	
L7-5 F1	1	3	0	0	5.67	10.80							
F2	1	2	0	4	6.95								
F3	3	2	0	4	6.95								
F4	1	2	0	4	6.95								
L7-6 F1	0	0	0	0	0	9.30							
F2	1	2	4.65	4	8.47								
F3	3	1	4.65	4	7.98								
F4	0	0	0	0	0								

Tabla 75. Puntuaciones del experimento 2 con la métrica diseñada (mobiliario escolar).

En este caso, las puntuaciones obtenidas oscilan entre 0 y 18.82, en el caso de la propuesta L7-2. Si bien estos conceptos de mobiliario escolar tienen una puntuación algo más elevada que en el caso de los resultados del experimento anterior (Subapartado 4.3.2.1), también se puede considerar que son puntuaciones bajas. En este caso, esto es debido a que en la mayoría de casos tampoco se han tenido en cuenta aspectos sobre los materiales de los conceptos (aunque algo más que en el caso del experimento anterior) a la hora de diseñar las propuestas por lo que al calcular la puntuación de forma conjunta esta, igual que en caso de los elementos de transporte de objetos personales y los carritos de conserje, se ve perjudicada, por lo que estos resultados se ajustan a lo esperado.

4.3.3.2 Análisis de los resultados de circularidad y novedad de forma conjunta en mobiliario escolar

Igual que en el caso del experimento anterior, se ha realizado un análisis de concordancia entre los resultados calculados con la métrica diseñada y los calculados con los métodos de circularidad y novedad ya existentes: el recuento de características circulares y la métrica de López-Forniés et al. (2017), respectivamente. Una vez más, se ha calculado la correlación entre los resultados obtenidos en las dos evaluaciones y se ha analizado por qué y en qué resultados en concreto coinciden o difieren.

En primer lugar, para poder comparar los dos grupos de puntuaciones, se han multiplicado los datos de circularidad y novedad obtenidos mediante el recuento de características circulares y mediante el método propuesto por López-Forniés et al. (2017), respectivamente. Cabe recordar, que con este último método se ha obtenido un resultado de creatividad formado por la novedad, utilidad y factibilidad de las propuestas. Por tanto, en el caso de este análisis, se han extraído solo las puntuaciones de novedad y se han multiplicado por diez, para que los dos grupos de datos están a la misma escala y midan exactamente lo mismo, para que sean comparables. En la Tabla 76, se pueden ver los datos comparados en este análisis, estos son la multiplicación de la circularidad obtenida según el número de características circulares de los conceptos y la novedad obtenida con el método de López-Forniés et al. (2017) y los resultados obtenidos con la métrica que se está diseñando en esta tesis. En la tabla también se pueden ver los valores que han resultado al analizar los resultados del experimento con métodos existentes, para cada una de las propuestas conceptuales de diseño.

PROPUESTA	CIRCULARIDAD (C), exp. 2: Recuento de características circulares	NOVEDAD (N), exp. 2: Métrica de López- Forniés et al. (2017)	C*N	RESULTADOS OBTENIDOS CON LA MÉTRICA DISEÑADA
L11	2.3	3	6.9	7.39
L12	0	1	0	0.00
L13	6.6	1	6.6	16.58
L14	3.3	3	9.9	12.21
L15	0	1	0	3.60
L71	4.6	3	13.8	16.56
L72	3.2	7	22.4	18.82
L73	5.2	3	15.6	13.53
L74	2.6	1	2.6	10.05
L75	4.3	1	4.3	10.80
L76	5.1	3	15.3	9.30
L31	4.3	3	12.9	9.19
L32	4.6	3	13.8	10.18
L33	2.3	3	6.9	4.29
L34	2	3	6	3.92
L51	2.7	3	8.1	8.13
L52	3.3	3	9.9	12.14
L53	1	7	7	11.92
L54	4.7	3	14.1	9.23
L55	1.9	3	5.7	2.56

Tabla 76. Resultados comparados en el análisis.

En este caso, en los resultados obtenidos con los dos métodos existentes las puntuaciones más bajas oscilan entre 0 y 4.3 y las más altas entre 22.4 y 15.3. En cuanto a las puntuaciones que ha generado la métrica diseñada, las puntuaciones más bajas se encuentran entre 0 y 4.29 y las más altas entre 16.58 y 13.53. En este experimento los valores entre los que se encuentran las

puntuaciones bajas son iguales en los dos casos y, en el caso de las puntuaciones más elevadas, también son muy similares.

Una vez preparados los datos, se ha calculado el coeficiente de correlación entre ellos, para ver en qué medida estos aumentan y/o disminuyen de una forma coherente. Para ello, también se ha utilizado la herramienta de análisis de datos del software Microsoft Excel®. El resultado obtenido es de un coeficiente de correlación de $r = 0.66$. Lo cual, quiere decir que los datos presentan una correlación moderada en su mayoría, pero existen ciertas diferencias entre los grupos de resultados que es necesario analizar. En la Figura 82, se puede ver un gráfico de dispersión, comparando los dos grupos de resultados.

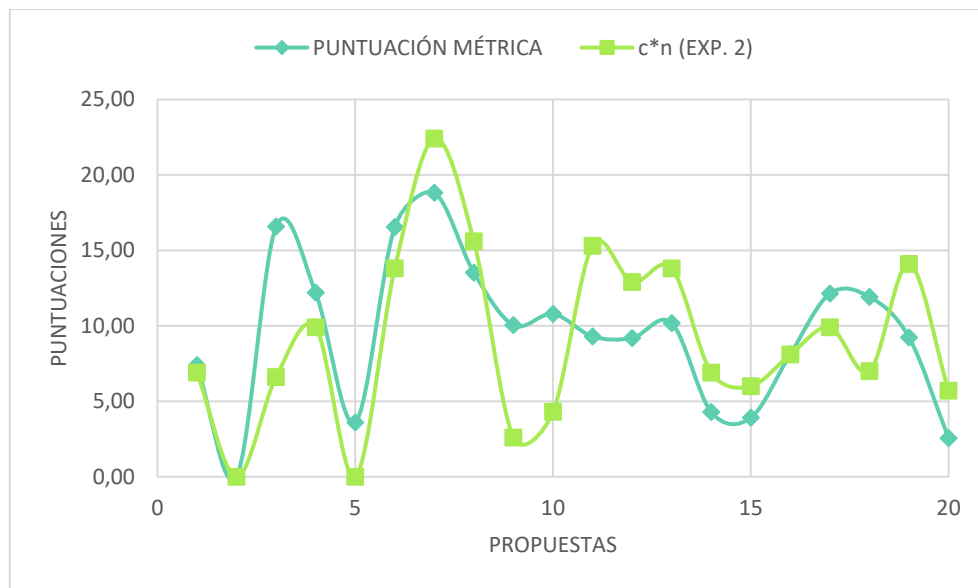


Figura 82. Comparación entre los dos grupos de resultados.

Como se puede ver, por lo general los resultados siguen la misma tendencia. Si bien con una pequeña desviación general y, en algunos casos, las puntuaciones establecidas con cada uno de los métodos son discordantes para una misma propuesta. En la Figura 83 se pueden ver cuáles son exactamente estos casos y, en las siguientes líneas, se analiza el porqué de estas diferencias.

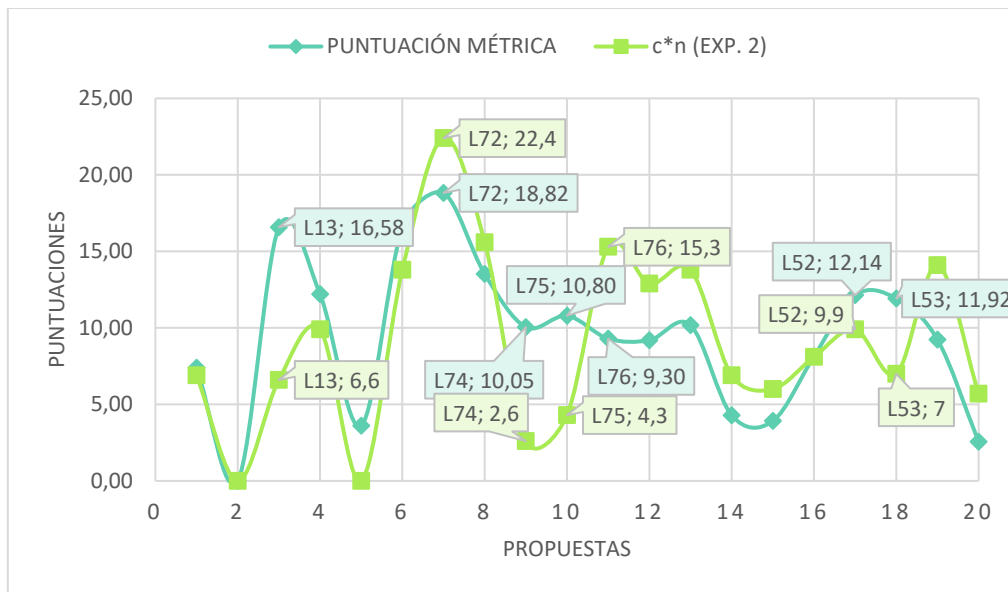


Figura 83. Propuestas con puntuaciones discordantes de mobiliario escolar.

PROPUESTA L13

En este caso, la puntuación obtenida con la métrica diseñada en esta Tesis es notablemente mayor que la obtenida al medir novedad y circularidad por separado con el método de López-Forniés et al. (2017) y realizando el recuento de características circulares. Viendo las puntuaciones otorgadas a la propuesta conceptual en cada caso (Anexo 2), se puede observar, en primer lugar, que la puntuación de la novedad difiere en las dos evaluaciones. En el caso de la métrica de López-Forniés et al. (2017), la puntuación de novedad es de 1 (después de haber realizado la correspondiente corrección de escala). Esta propuesta es un tipo de idea que ya se fabrica. En el caso de la métrica diseñada, las novedades otorgadas a las funciones varían entre 1 y 3: funcionar como asiento, como mesa y seguir las nuevas tendencias educativas tienen una novedad de 3 ya que normalmente, para cumplir estas funciones, en los colegios se utilizan mesas y sillas corrientes en lugar de un juego tipo parque como el que se propone en este caso. Permitir el almacenaje tiene una novedad de 1 ya que las funciones de almacenaje de la propuesta sí que se satisfacen como se suele hacer en estos casos. Esto es la causa de la diferencia de puntuaciones, ya que la evaluación por funciones hace que ésta sea más precisa y se tengan en cuenta aspectos de la novedad que, puntuándola de una forma general, no se perciben.

PROPUESTA L72

En este caso, la puntuación obtenida con la métrica diseñada es algo menor que la obtenida con otros métodos, rompiendo la tendencia que se observa en la mayoría de las mediciones. En este caso, el concepto (Anexo 1) ha obtenido puntuaciones relativamente altas. En el recuento de características circulares tiene una puntuación de 3.2 y en la novedad según el método de López-Forniés et al. (2017) tiene una puntuación de 7. Con CN_Con, las puntuaciones obtenidas también son relativamente altas con respecto a otras propuestas (18.2; N=3 en las funciones de asiento, apoyo y seguimiento de tendencias; circularidades de 8.07, 7.22 y 8.17). La diferencia, en este caso, es debida a que el concepto no cumple una de las funciones (solución de almacenaje) por lo

que esto hace que con la métrica diseñada su puntuación disminuya, al realizar una evaluación por funciones.

PROPUESTAS L74, L75 y L52

Estas propuestas conceptuales cambian otra vez la tendencia de las puntuaciones. La valoración conjunta de novedad y circularidad con la métrica diseñada vuelve a ser mejor que la obtenida por separado con los métodos existentes. En este caso, se trata de tres propuestas bastante completas, las tres tienen con CN_Con puntuaciones de novedad de 1 y 3 y puntuaciones de circularidad medias. Según el número de características circulares igualmente las puntuaciones son medias y mediante el método de López-Forniés et al. (2017) la novedad es de 1 para L74 y L75 y de 3 para L52. El hecho de que la puntuación sea mayor con la métrica diseñada es debido a que mediante una evaluación por funciones se tienen en cuenta las características favorecedoras más de una vez si hacen cumplir más de una función, como es el caso. Así, en la propuesta L74 (Anexo 1), las superficies que forman los cubos satisfacen las funciones de almacenaje, apoyo y seguimiento de las nuevas tendencias de educación. Igualmente, en la propuesta L75, los cubos que forman la propuesta de producto hacen cumplir las cuatro funciones al mismo tiempo (apoyo, asiento, almacenaje y seguimiento de nuevas tendencias de educación). Finalmente, en la propuesta L52 (Anexo 1), la mesa de cartón reciclable se tiene en cuenta para la función de apoyo, la función de seguimiento de las nuevas tendencias educativas y la función de almacenaje (es plegable).

PROPUESTA L76

Aquí, nos encontramos con que la puntuación obtenida mediante la métrica diseñada vuelve a ser notablemente menor. Analizando las distintas puntuaciones parciales, se puede ver que dos de las funciones no se cumplen en el concepto (asiento y almacenaje), lo que perjudica a esta puntuación conjunta obtenida con CN_Con. En la función de apoyo tiene una puntuación de novedad de 1, ya que el apoyo es una mesa corriente en último término. En cuanto a las nuevas tendencias de educación, el concepto tiene una puntuación de 3, debido a que la mesa es regulable. En la puntuación con métodos existentes, al realizarse una valoración general del concepto, éste tiene una puntuación de novedad de 3 ya que de forma general este tipo de mesas no está en uso en colegios. Esto pone de manifiesto como en casos anteriores, la mayor precisión en la evaluación si esta se realiza computando las funciones por separado.

PROPUESTA L53

Finalmente, en este caso, se puede observar que la puntuación con métodos ya existentes es considerablemente menor. Al realizar la evaluación con CN_Con una de las funciones (almacenaje) no se cumple, pero las otras tres tienen una puntuación de novedad de 3, además, la puntuación de circularidad para cada una de las funciones es de 4,97, un valor medio. Todo ello le da una puntuación relativamente buena al concepto a pesar del no cumplimiento de una función. Realizando la evaluación con el método de López-Forniés et al. (2017) el concepto tiene una novedad de 7 puntos. Finalmente, al realizar el recuento de características circulares esta propuesta tiene una puntuación de 1, solo se tiene en cuenta su versatilidad (Anexo 2). Esta misma característica eleva la puntuación de la evaluación con CN_Con ya que se tiene en cuenta para las

funciones de apoyo, asiento y seguimiento de las nuevas tendencias de educación, lo cual hace que aumente su puntuación.

Como en el caso del experimento anterior, se ha vuelto a calcular la correlación entre los dos grupos de resultados sin las puntuaciones de las propuestas discordantes. Estas discordancias vienen dadas, en su mayoría, porque los dos métodos utilizados (recuento de características circulares y el método de López-Forniés et al. (2017) no realizan una evaluación por funciones, lo que hace que las puntuaciones varíen, bien para favorecer o bien para perjudicar la puntuación los conceptos, según se dé el caso. No obstante, la correlación sin las puntuaciones discordantes pasa de ser 0.66 a ser de 0.85, lo cual confirma que, sin tener en cuenta esas características que hacen que las puntuaciones difieran, la valoración que proporciona la métrica diseñada es coherente.

4.3.4 Evaluación de refugios personales y elementos de transporte de comida

4.3.4.1 Resultados de novedad y circularidad conjuntamente con la métrica diseñada para los refugios personales

Una vez obtenida la circularidad y creatividad por separado en los conceptos de refugio personal, en este apartado se muestra la puntuación obtenida con la métrica diseñada (Tabla 77). En este caso, las funciones establecidas y su importancia son las siguientes:

- F1: proteger de la intemperie, imp = 0.3
- F2: ser resistente, imp = 0.3
- F3: facilidad de uso (abrir/cerrar), imp = 0.25
- F4: fácil limpieza, imp = 0.15

SOLUCIÓN DE DISEÑO	N	Ne	Mi	Mf	Ci	PUNTUACIÓN TOTAL	SOLUCIÓN DE DISEÑO	N	Ne	Mi	Mf	Ci	PUNTUACIÓN TOTAL
R1-G4-P1	3	3	0	0	5.67	5.10	R1-G1-P1	1	3	0	4	7.40	5.43
F1							F1						
F2	0	0	0	0	0		F2	1	0	0	4	4.58	
F3	0	0	0	0	0		F3	1	0	0	4	4.58	
F4	0	0	0	0	0		F4	1	0	0	4	4.58	
R1-G4-P2	3	3	4.3	0	7.50	9.55	R1-G1-P2	1	3	0	4,3	7.50	11.49
F1							F1						
F2	0	0	0	0	0		F2	3	0	5	4	7.11	
F3	3	1	0	0	3.73		F3	1	0	5	4	7.11	
F4	0	0	0	0	0		F4	1	0	5	4	7.11	
R1-G4-P3	3	1	0	0	3.73	3.36	R1-G1-P3	3	2	5	4	8.56	16.24

F1							F1								
F2	0	0	0	0	0		F2	3	0	5	4	7.11			
F3	0	0	0	0	0		F3	1	2	5	4	8.56			
F4	0	0	0	0	0		F4	0	0	0	0	0			
R2-G2-P1							R2-G3-P1								
F1	1	2	0	0	4.97	1.49	F1	3	3	0	4.3	7.50	6.75		
F2	0	0	0	0	0		F2	0	0	0	0	0			
F3	0	0	0	0	0		F3	0	0	0	0	0			
F4	0	0	0	0	0		F4	0	0	0	0	0			
R2-G2-P2							R2-G3-P2								
F1	1	0	0	0	0	0.00	F1	3	2	4.3	4	8.37	7.53		
F2	0	0	0	0	0		F2	0	0	0	0	0			
F3	0	0	0	0	0		F3	0	0	0	0	0			
F4	1	0	0	0	0		F4	0	0	0	0	0			
R2-G2-P3							R2-G3-P3								
F1	1	2	0	0	4.97	5.60	F1	1	1	4.3	4	7.87	4.72		
F2	1	1	0	4.3	6.36		F2	1	1	4.3	4	7.87			
F3	1	2	10	-	8.82		F3	0	0	0	0	0			
F4	0	0	0	0	0		F4	0	0	0	0	0			

Tabla 77. Resultados obtenidos con la métrica diseñada para los refugios personales.

4.3.4.2 Resultados de novedad y circularidad conjuntamente con la métrica diseñada para los elementos de transporte de comida

Finalmente, también se ha realizado en el caso de este problema la evaluación de los conceptos con la métrica diseñada. En la Tabla 78, se muestran las puntuaciones obtenidas. Las funciones establecidas para evaluar este grupo de conceptos son las siguientes:

- F1: mantener la comida dentro, $imp = 0.25$
- F2: ser resistente (a golpes, etc.), $imp = 0.25$
- F3: cómodo de transportar en conjunto, $imp = 0.25$
- F4: transportar varios tipos de comida a la vez, $imp = 0.15$
- F5: fácil limpieza, $imp = 0.1$

SOLUCIÓN DE DISEÑO	N	Ne	Mi	Mf	Ci	PUNTUACIÓN TOTAL	SOLUCIÓN DE DISEÑO	N	Ne	Mi	Mf	Ci	PUNTUACIÓN TOTAL
R1-G3-P1							R1-G2-P1						
F1	1	1	0	4	6.22	3.87	F1	1	1	0	0	3.73	5.41
F2	1	1	0	4	6.22		F2	0	0	0	0	0	

F3	0	0	0	0	0		F3	3	1	0	0	3.73	
F4	1	2	0	0.1	5.03		F4	3	1	0	0	3.73	
F5	0	0	0	0	0		F5	0	0	0	0	0	
R1-G3-P2	0	0	0	0	0	7.03	R1-G2-P2	1	3	0	0	5,67	4.85
F1							F1						
F2							F2						
F3							F3						
F4							F4						
F5	F5												
R1-G3-P3	1	1	0	0	3.73	2.52	R1-G2-P3	1	1	0	4	6.22	4.41
F1							F1						
F2							F2						
F3							F3						
F4							F4						
F5	F5												
R2-G1-P1	3	2	0	0	4,97	5.36	R2-G4-P1	1	1	5	4,3	8,17	11.61
F1							F1						
F2							F2						
F3							F3						
F4							F4						
F5	F5												
R2-G1-P2	3	4	4.3	0	7.81	14.88	R2-G4-P2	1	4	4.3	0	7.81	9.42
F1							F1						
F2							F2						
F3							F3						
F4							F4						
F5	F5												
R2-G1-P3	0	0	0	0	0	1.93	R2-G4-P3	3	0	4.65	4	6.97	3.75
F1							F1						
F2							F2						
F3							F3						
F4							F4						
F5	F5												

Tabla 78. Resultados obtenidos con la métrica diseñada para los elementos de transporte de comida.

4.3.4.3 Análisis de los resultados de circularidad y novedad de forma conjunta en refugios personales y elementos de transporte de comida

Una vez obtenidos cada uno de los resultados necesarios, se ha realizado un análisis para ver en qué grado concuerdan o se diferencian los resultados obtenidos con métricas ya existentes y los obtenidos con la métrica diseñada. De esta manera, se pretende corroborar la validez de la herramienta de evaluación diseñada. Para poder comparar ambos grupos de resultados, los distintos valores obtenidos con el método de Moreno et al. (2017) se han escalado para que estén comprendidos entre 0 y 10, como en el caso de la métrica diseñada. En cuanto a la novedad, este paso no ha sido necesario ya que Shah et al. (2003), directamente, proponen en su método valores comprendidos entre 0 y 10. En este caso, además, solo se han utilizado los valores de novedad, para que haya coherencia entre los parámetros que miden los dos resultados. Los resultados de novedad y creatividad obtenidos por separado se han multiplicado para obtener un valor comparable con el proporcionado por CN_Con. Así pues, los valores definitivos con los cuales se van a comparar los dos grupos de resultados se muestran en la Tabla 79.

PROPUESTA	CIRCULARIDAD (c), exp. 3: método de Moreno et al. (2017)	NOVEDAD (N), exp. 3: métrica de Shah et al. (2003)	C*N	RESULTADOS OBTENIDOS CON LA MÉTRICA DISEÑADA
R1-G1-P1	2.168	3	6.503	5.426
R1-G1-P2	2.479	4.2	10.411	11.492
R1-G1-P3	3.583	4.75	17.022	16.244
R1-G4-P1	1.238	5.2	6.438	5.099
R1-G4-P2	2.070	5.2	10.763	9.547
R1-G4-P3	1.015	4.2	4.261	3.356
R2-G2-P1	0.909	4.2	3.819	1.490
R2-G2-P2	1.068	4.8	5.126	0.000
R2-G2-P3	1.655	5.4	8.935	5.603
R2-G3-P1	1.666	4.95	8.247	6.750
R2-G3-P2	1.745	3.75	6.543	7.533
R2-G3-P3	3.373	3.75	12.648	4.720
R1-G2-P1	2.216	2.55	5.650	5.407
R1-G2-P2	2.140	4.6	9.843	4.848
R1-G2-P3	1.794	3.6	6.459	4.406
R1-G3-P1	1.583	2.85	4.513	3.865
R1-G3-P2	1.620	4.55	7.372	7.034
R1-G3-P3	1.591	4.25	6.762	2.522
R2-G1-P1	1.371	3.85	5.280	5.961
R2-G1-P2	2.955	3.85	11.376	14.876
R2-G1-P3	1.769	3.85	6.810	1.928
R2-G4-P1	2.427	5	12.133	11.612
R2-G4-P2	2.317	4.6	10.660	9.421
R2-G4-P3	2.277	5.3	12.067	9.752

Tabla 79. Resultados comparados en el análisis (refugios personales).

En los dos casos, las puntuaciones más altas (resaltadas en rosa en la Tabla 79) son similares: con los métodos ya existentes las puntuaciones más altas oscilan entre 12.067 y 17.022. En el caso de las puntuaciones obtenidas con CN_Con, estas se encuentran entre 11.492 y 16.244. No son puntuaciones elevadas, pero están en el mismo orden de magnitud en los dos casos, por lo que el resultado obtenido con CN_Con tiene coherencia. En cuanto a las puntuaciones de menor valor (resaltadas en gris en la Tabla 79), los obtenidos con la métrica diseñada siguen siendo algo

menores, oscilando entre 0 y 2.522 mientras que las menores puntuaciones obtenidas con los métodos existentes están comprendidas entre 3.819 y 5.126.

Por otra parte, se han comparado los resultados obtenidos para las propuestas de refugios personales, tal y como se muestra en la Figura 84. En la Figura 86, se muestra la comparación para las propuestas conceptuales de elementos de transporte de comida.

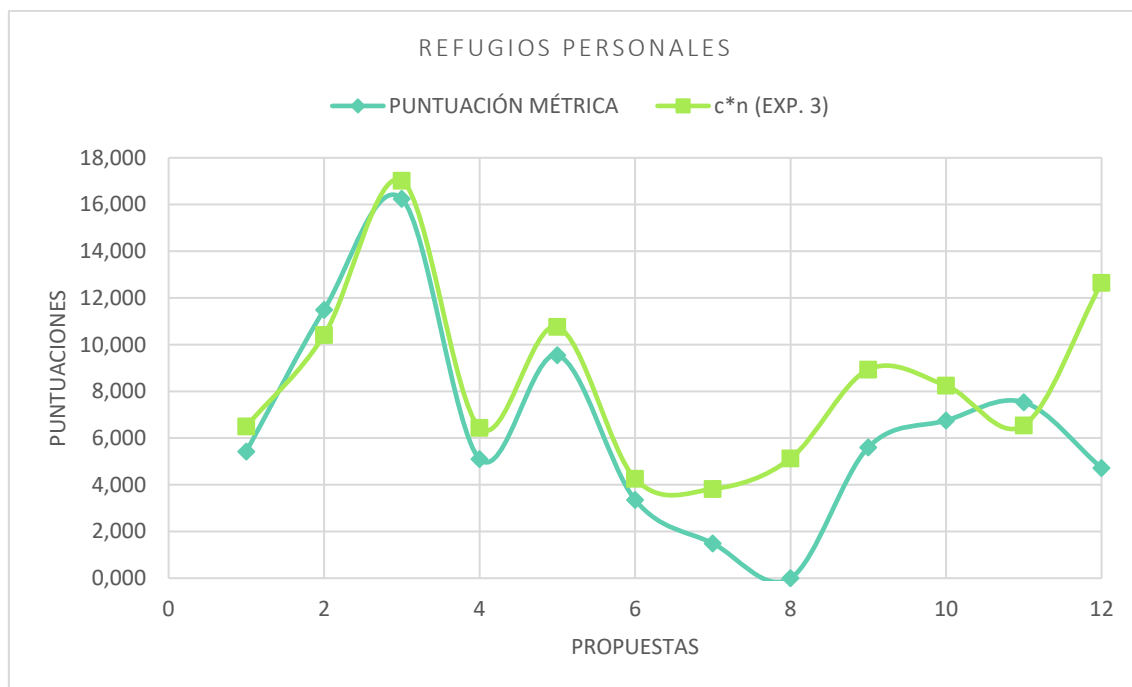


Figura 84. Comparación de resultados de los refugios personales.

Como se puede ver en la gráfica (Figura 84), en la mayoría de casos los conceptos tienen una puntuación similar o, al menos, siguen la misma tendencia. Así pues, se ha calculado el coeficiente de correlación entre los dos grupos, resultando ser de $r = 0.82$, lo que indica que, estadísticamente, la correlación es muy alta. Si bien algunas de las puntuaciones son diferentes en los dos grupos de resultados, esto puede ser debido a que las herramientas tienen distintos parámetros y no cubre exactamente los mismos aspectos de circularidad. Además, en la métrica de Moreno et al. (2017), como se ha explicado en el Subapartado 5.2.3.2 de esta Capítulo, los parámetros de evaluación de la circularidad se puntúan dándoles una puntuación de entre 0 y 5 y ponderando estos valores con una corrección según la relevancia de cada parámetro. Esto, junto con que los parámetros a evaluar abordan temáticas que difieren en la forma de expresarse con los parámetros de CN_Con (conservación de la energía o aspectos específicos sobre packaging, por ejemplo), es la causa de que las puntuaciones no sean iguales en su totalidad.

Esta diferencia también puede estar causada por el hecho de que los métodos ya existentes miden por separado la creatividad y la circularidad. Los resultados se han obtenido con dos herramientas distintas, mientras que la métrica diseñada mide estos dos aspectos de forma conjunta favoreciendo, de esta manera, que la evaluación del concepto sea completa y el futuro producto tenga en cuenta los dos aspectos por igual. En la Figura 85, se pueden ver los casos concretos en los que las puntuaciones difieren en mayor medida.

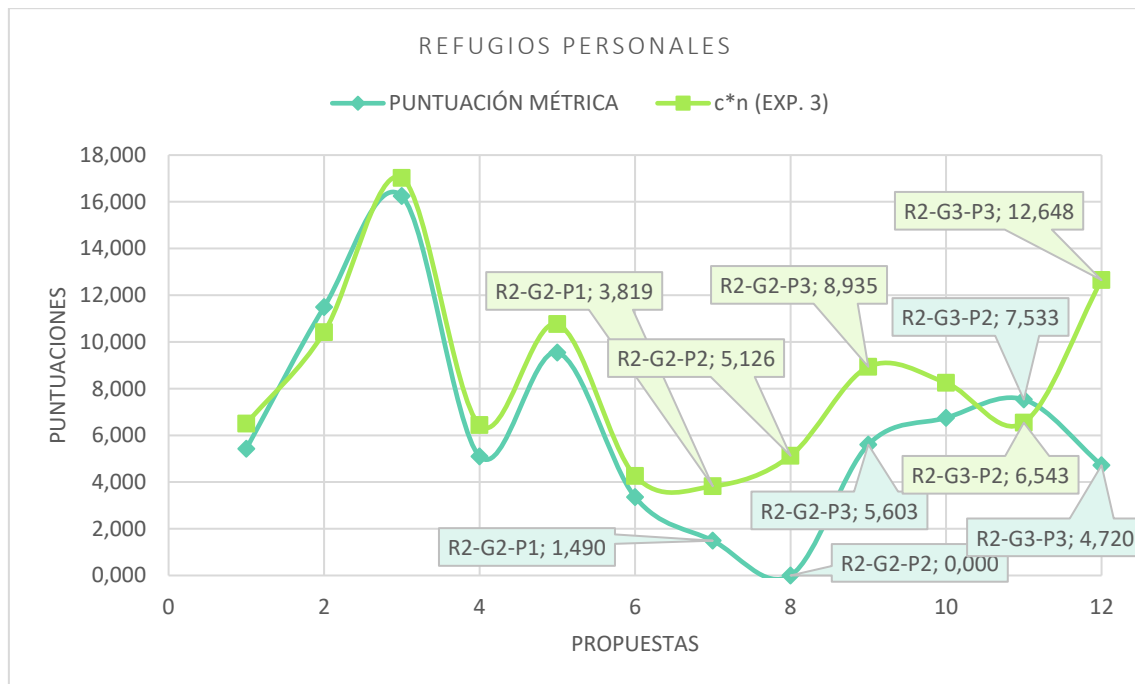


Figura 85. Propuestas con puntuaciones discordantes en las soluciones de refugios personales.

PROPUESTAS R2-G2-P1, R2-G2-P3 y R2-G3-P3

En el caso de estas propuestas, la puntuación de novedad y circularidad obtenida por separado con los métodos existentes es mayor que la obtenida con la métrica diseñada. Esto es debido a que la métrica diseñada es más precisa ya que, para estar bien valorada, una propuesta debe de tener tanto novedad como circularidad para obtener una buena puntuación. Si el concepto no presenta alguna de las dos características, la puntuación se ve altamente perjudicada. En caso de la Propuesta R2-G2-P1 no se cumplen las funciones de resistencia (no se indica que características se tendrán en cuenta para que el producto sea resistente y no falle el sistema de apertura y cierre del techo, por ejemplo), facilidad de uso (en el sentido de abrir y cerrar el techo desplegable) y ser de fácil limpieza, ya que no se indica nada al respecto. El hecho de que no se cumplan tres de las funciones penaliza en gran medida a la puntuación final del cálculo de novedad y circularidad de forma conjunta con CN_Con.

Por otra parte, la propuesta R2-G2-P3 no satisface la función de ser fácil de limpiar ya que no se indica nada al respecto y, además, esta propuesta cuenta con muchos espacios de difícil acceso en el producto y materiales naturales, por lo que en este caso debería de haber indicaciones explícitas de cómo la propuesta se limpiaría de una forma fácil. Al igual que en el caso de la propuesta anterior, el no cumplimiento de esta función penaliza a la puntuación global obtenida con CN_Con.

En cuanto a la propuesta R2-G3-P3, la causa de que su puntuación sea menor son la métrica diseñada en esta Tesis es, también, que no se cumplen las funciones de fácil uso y fácil limpieza. En cuanto al uso, en términos de montaje y desmontaje, no se indica nada al respecto lo cual sería necesario para un diseño formado por piedras naturales que recogen el agua de lluvia, como es el caso. En cuanto a la fácil limpieza, tampoco se indica nada al respecto y también sería necesario para el correcto desarrollo de un producto de estas características.

PROPUESTA R2-G2-P2

En este caso las puntuaciones siguen la tendencia de aumentar en cierta medida con los métodos existentes. El factor a destacar, pues, es que la puntuación con la métrica diseñada es de 0. Esto es debido a que el concepto tiene puntuación 0 en circularidad en las dos funciones que cumple (proteger de la intemperie y fácil limpieza) y las otras dos funciones no se cumplen (resistencia y fácil uso). En cuanto a la ausencia de circularidad, esta propuesta no utiliza ninguna estrategia para alargar la vida del producto ni indica con qué materiales se fabricaría, es una cubierta que protege al usuario con forma curva para eliminar el agua de lluvia. En cuanto al no cumplimiento de dos de las funciones, no se indica nada en el concepto acerca de las mismas, por lo que se entiende que la propuesta no tiene ninguna característica que las haga cumplir.

PROPUESTA R2-G3-P2

Si bien en el caso de esta propuesta las dos puntuaciones no difieren mucho, la diferencia radica en que es con la métrica diseñada cuando la puntuación es mayor. Esto es debido a que la única función que se satisface con el concepto propuesto (proteger de la intemperie) se lleva a cabo con materiales reciclados y reciclables, además de utilizar varias estrategias de diseño circular, lo cual premia a la puntuación de la propuesta. Además, esta función tiene una novedad de 3, ya que este tipo de estructuras se utilizan para otras aplicaciones, no como refugio personal. Es por estos motivos que, cumpliendo solo una de las funciones, la puntuación conjunta obtenida con CN_Con es mayor que la obtenida por separado con la métrica de Moreno et al. (2017) y el método de Shah et al. (2003).

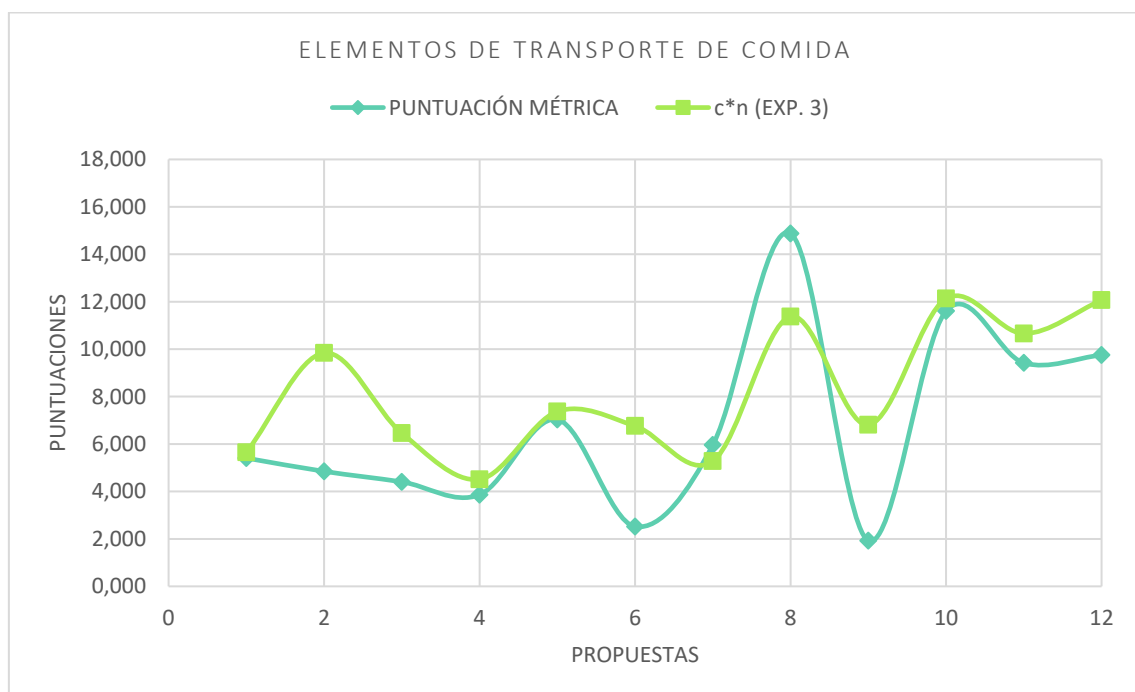


Figura 86. Comparación de resultados de los elementos de transporte de comida.

Por otra parte, en cuanto a las propuestas conceptuales de elementos de transporte de comida fuera de casa, también se puede observar que las puntuaciones son muy similares. Si bien en algunos

casos estas difieren en cierta medida, la tendencia es la misma que en el caso del problema anterior. Estas pequeñas diferencias, pues, podrían estar causadas por la forma más estricta y completa de medir de la métrica diseñada, así como por la diferencia entre los parámetros que cada uno de los métodos utiliza. El coeficiente de correlación entre los dos grupos de datos es de $r = 0.78$, lo que quiere decir que, la correlación entre los mismos es alta. Esto es un indicador de que la métrica diseñada evalúa los conceptos de una forma coherente, con una concordancia adecuada con los otros métodos ya existentes. En la Figura 87, se pueden ver las distintas propuestas conceptuales cuyas puntuaciones no siguen la tendencia general y, en las próximas líneas, se discute sobre las posibles causas.

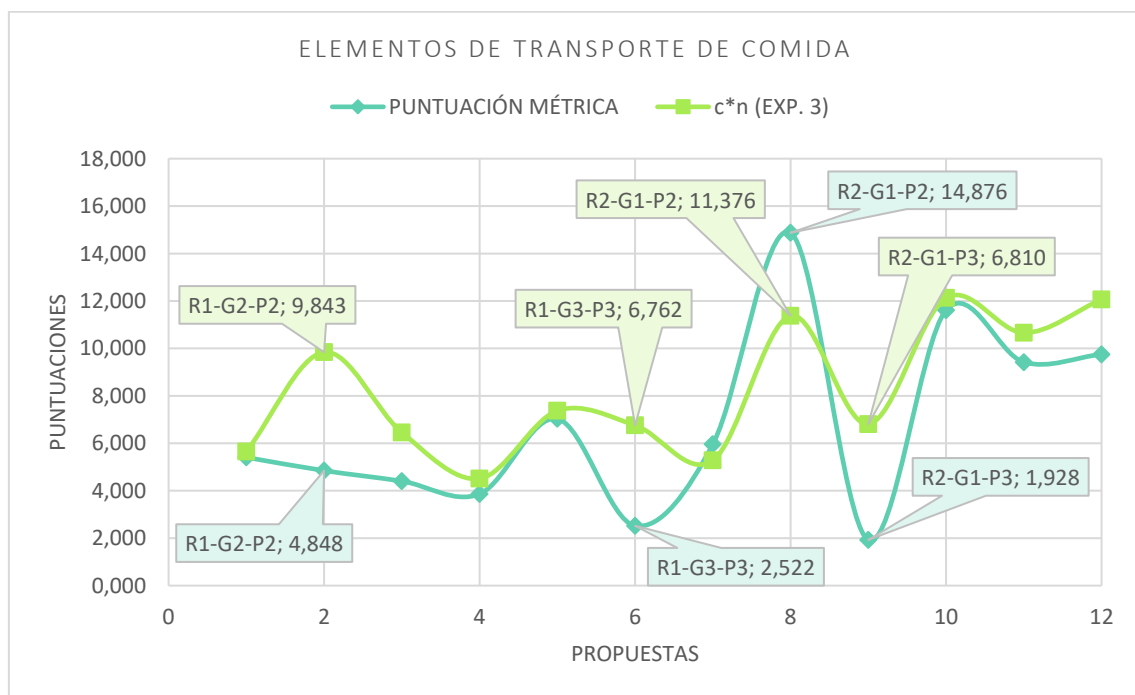


Figura 87. Propuestas con puntuaciones discordantes en las soluciones de elementos de transporte de comida.

PROPUESTA R1-G2-P2, R1-G3-P3 y R2-G1-P3

Nuevamente, en estos tres casos, la puntuación obtenida por los conceptos generados en el experimento al ser valorados con la métrica diseñada es algo menor que la obtenida con métodos ya existentes. Como en el caso del otro problema estudiado, esto es debido a la medición conjunta de la circularidad y la novedad que proporciona la métrica diseñada, que hace que una propuesta se vea penalizada si no presenta una de las dos características, lo cual le da completitud a la nueva herramienta. En concreto, la Propuesta R1-G2-P2 no cumple la función de fácil limpieza, ya que la propuesta de diseño está formada por hendiduras que permiten que los distintos módulos se acoplen y no se indica nada acerca de cómo se solucionaría la limpieza del producto. Además, la función de resistencia tiene una circularidad de 0 ya que no se indica el material con el que serían fabricados los recipientes contenedores de comida y no se utiliza ninguna estrategia de alargar la vida del producto en lo respectivo a la resistencia.

En cuanto a la propuesta R1-G3-P3, su puntuación conjunta con CN_Con es menor porque no cumple dos de las funciones: contener varios tipos de comida y fácil limpieza y eso hace que su puntuación disminuya. La propuesta conceptual consiste en un recipiente de corcho de una sola cavidad por lo que solo permite contener un tipo de comida en cada uso. Por otra parte, el hecho de que su material de fabricación sea el corcho dificulta la limpieza del recipiente, por lo que este concepto debería de indicar algún método o característica que facilitar su limpieza para que esta función estuviera resuelta.

La propuesta R2-G1-P3 tiene una baja puntuación con la métrica diseñada ya que no cumple tres de las cinco funciones: mantener la comida dentro (el diseño es un sistema de transporte global, pero no contiene la comida directamente), ser resistente a golpes (no se indica nada en la propuesta acerca de resistencia referente al transporte de comida) y fácil limpieza (tampoco se indica nada al respecto en la propuesta y el producto está formado por numeroso componentes desmontables, por lo que debería de indicarse).

PROPUESTA R2-G1-P2

En el caso de esta propuesta la tendencia de las puntuaciones cambia, ya que la puntuación obtenida por la métrica diseñada es mayor que la obtenida con los métodos ya existentes. Esto es debido a que, aunque la propuesta no cumple una de las funciones (fácil limpieza), sus características (material reciclado, versatilidad, diseño para ensamblaje y desensamblaje e incluso diseño para innovación social) hacen que su puntuación de circularidad sea media-alta en las otras cuatro funciones. Además, en las funciones de mantener la comida dentro, ser cómodo de transportar en conjunto y contener varios tipos de comida a la vez la puntuación de novedad es de 3, debido a que la forma en la que se ha diseñado el sistema modular del producto es habitual para otras aplicaciones, pero no para transporte de comida fuera de casa.

4.4 Conclusiones del capítulo

Este Capítulo responde al objetivo principal de la Tesis (O1) definido en el Capítulo 1, Subapartado 1.2.1. En este Capítulo se ha diseñado una métrica (CN_Con) que evalúa la circularidad y la novedad de forma conjunta en propuestas de diseño conceptual. Además, se ha realizado un primer análisis para probar su funcionamiento cuyos resultados han sido positivos. Se han obtenido índices de correlación medios-altos y muy altos entre las puntuaciones obtenidas por la métrica diseñada y las obtenidas por métodos ya existentes para cinco grupos de conceptos, lo cual es indicador de que los resultados que proporciona la métrica son coherentes.

La evaluación mediante CN_Con se realiza analizando las funciones que es necesario cumplir para un correcto diseño del producto y a la importancia de cada una de ellas. Esta evaluación se cuantifica en base al origen y fin de vida de los materiales que la función utiliza para cumplirse, así como según las estrategias de duración y extensión de vida útil utilizadas en el diseño, por parte de la circularidad y en base a la novedad con la que materializa el concepto el cumplimiento de cada función. De esta manera se establece una puntuación objetiva y completa.

El funcionamiento de la métrica (Figura 88) se basa en las funciones que debe cumplir el producto, ponderando sus puntuaciones de circularidad y novedad según la importancia de cada una de ellas.

La circularidad del concepto se puntúa según las estrategias de diseño para duración o alargamiento de la vida útil que el producto sigue, así como según el origen de los materiales utilizados y qué acciones se realizan con los mismos en su fin de vida. La novedad, por otra parte, se evalúa según lo alta que sea la posibilidad de encontrar otro producto que cumpla la función de la misma manera y para la misma aplicación.

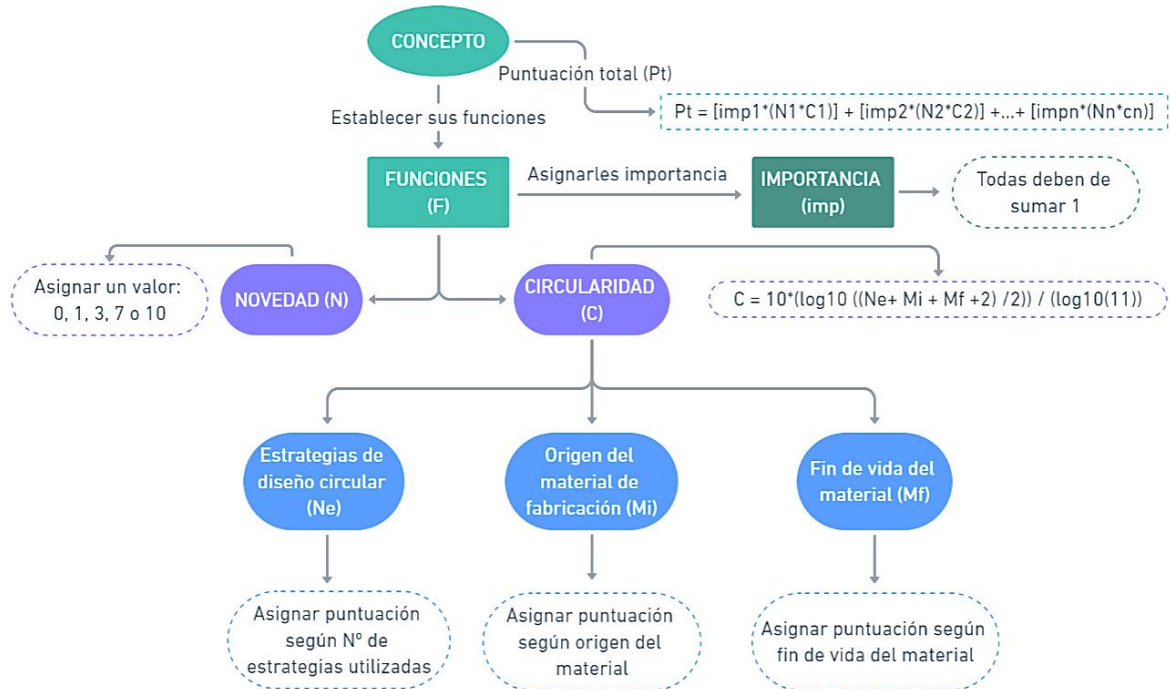


Figura 88. Esquema de funcionamiento de la métrica.

La métrica diseñada soluciona la falta de herramientas que miden la circularidad en propuestas conceptuales de producto de forma completa, solo disponiendo de los datos establecidos en el nivel conceptual de desarrollo. Además, combina esta medición con la de novedad dado la importancia que el pensamiento creativo tiene en la etapa conceptual de diseño y siendo esta, también, la etapa óptima para la introducción o modificación de características en el producto. La métrica permite valorar la novedad y la circularidad en la misma medida consiguiendo una evaluación coherente de la circularidad como parte de la creatividad en soluciones conceptuales de productos. Se plantea, así, una solución a la introducción de la economía circular de una forma novedosa en las fases iniciales del diseño de productos que mejora los métodos existentes en cuanto a que abarca la economía circular de una forma completa en lo que a diseño de producto se refiere y es apta para evaluar propuestas conceptuales de una forma objetiva, aun con la falta de información detallada de las propuestas conceptuales.

CAPÍTULO 5

VALIDACIÓN DE LA MÉTRICA PROPUESTA

En este capítulo se valida externamente la métrica diseñada a través de su prueba por parte de expertos internacionales en el campo del diseño industrial. Estos expertos, además, han completado un cuestionario de evaluación de la métrica proporcionando posibles mejoras para su diseño definitivo.

-página en blanco-

5.1 Objetivo del capítulo

En este Capítulo de la Tesis se desarrollan las tareas TIV.1, TIV.2, TIV.3 y TIV.4 que corresponden al O1. Se expone la validación experimental de la métrica diseñada, así como su validación externa. Se ha realizado, por tanto, una valoración externa de CN_Con. Para ello, los conceptos de diseño resultantes del tercer experimento, han sido evaluados con la métrica diseñada en esta Tesis por parte de un grupo de expertos internacionales en el campo del diseño industrial. Además, estos expertos han completado un cuestionario de opinión del cual se han obtenido mejoras que se han tenido en cuenta a la hora de establecer el diseño final de la métrica.

5.2 Valoración externa de la métrica

Para la correcta evaluación de la herramienta diseñada, se ha diseñado un plan de validación externa, contando con la colaboración de seis expertos en diseño de producto de dos países de procedencia, España y Portugal, todos ellos profesores de universidad en el campo del diseño de producto con amplia experiencia. Estos expertos han utilizado CN_Con para puntuar los conceptos generados en el tercer experimento, además, han respondido a un cuestionario de opinión sobre la herramienta.

5.2.1 Diseño del cuestionario de opinión

Para recoger la opinión de cada uno de los expertos se ha diseñado un cuestionario en el que se les ha preguntado sobre distintos aspectos de la métrica. El objetivo de este paso de la investigación es, principalmente, recopilar información sobre la aplicación y entendimiento de la métrica diseñada y obtener, de esta manera, posibles mejoras de cara al diseño definitivo de la herramienta. El modelo de cuestionario, así como todos los cuestionarios completos, se encuentran disponibles en el Anexo 4.

Para conocer la opinión de los expertos sobre los distintos aspectos a evaluar se han seleccionado diversas preguntas. En primer lugar, se han establecido doce preguntas repartidas en tres bloques temáticos, a evaluar con una escala Likert (Likert, 1932) de siete puntos (Figura 89). Las preguntas se han concretado en base a los pares de adjetivos de la escala semántica y su clasificación en el método CPSS (O'Quin & Besemer, 1989). Los pares semánticos se han seleccionado para ser evaluados debido a que son los que mejor se adaptan a las necesidades de evaluación de la métrica, estos son los siguientes:

Lógico- Entendible (evaluación de resultados)

CORRECTO-INCORRECTO

ÚTIL-INÚTIL

UTILIZABLE-INUTILIZABLES

COMPLETO-INCOMPLETO

Útil (evaluación de la métrica)

LÓGICA-ILÓGICA

APROPIADA-INAPROPIADA

DURABLE-DÉBIL

SUSTANCIAL-INSUSTANCIAL

Estilo – Entendible (evaluación de la comprensibilidad)

ADECUADA-INADECUADA

AUTO EXPLICATIVA-INEXPLICADA

CLARA-AMBIGUA

SIMPLE-COMPLEJA







¿Consideras que los resultados obtenidos con la métrica son correctos?							
Correctos							Incorrectos
1	2	3	4	5	6	7	

Figura 89. Ejemplo de pregunta del grupo “Lógico – Entendible” planteada con escala Likert (Likert, 1932)

Por otra parte, también se han establecido preguntas abiertas para cada uno de los grupos temáticos, con el fin de que los expertos que han completado el cuestionario pudieran realizar sus comentarios de opinión de una forma abierta. Estas preguntas, son las que se muestran a continuación. Finalmente, al final de cada uno de los bloques, se ha dado la opción de dejar por escrito cualquier otro comentario al respecto.

Lógico- Entendible (evaluación de resultados)

De acuerdo con tu opinión, ¿los resultados se ajustan a la realidad?

¿Crees que con la métrica se puede obtener una evaluación rigurosa en el ámbito del diseño conceptual?

Útil (evaluación de la métrica)

¿Echas en falta algún parámetro en la métrica?

¿Modificarías algo en el diseño de la métrica?

Estilo – Entendible (evaluación de la comprensibilidad)

¿Qué es lo que consideras más complejo de la métrica?

¿El resultado obtenido es comprensible?

5.2.2 Selección de muestra y procedimiento seguido

Para la validación externa de la métrica, como ya se ha dicho, se ha seleccionado a 6 expertos en el campo del diseño de producto procedentes de dos países, España y Portugal. El procedimiento seguido para la evaluación de la métrica diseñada por parte de los mismos es el que sigue:

- Envío por correo electrónico de las propuestas de diseño conceptual a evaluar, el cuestionario y las instrucciones de uso de la métrica (Figura 90). A todos los evaluadores se les había avisado con anterioridad.
- En este caso las funciones establecidas para cada problema, así como su importancia, se establecieron previamente y se enviaron, junto con el resto de información, a los expertos para facilitar la comparación de las soluciones.
- Se les facilitó una plantilla de Excel® a modo de ayuda con las fórmulas y distintos parámetros de la métrica preestablecidos (Figura 91). Esta plantilla no era de uso obligatorio y no eximía de conocer el significado de las valoraciones que se estaban realizando.
- Cada uno de los expertos trabajó de forma autónoma en la evaluación de las propuestas conceptuales, si bien, algunos de ellos tuvieron la necesidad de realizar alguna consulta. De estas consultas, también se han extraído algunas consideraciones a la hora de realizar el diseño definitivo de la métrica.

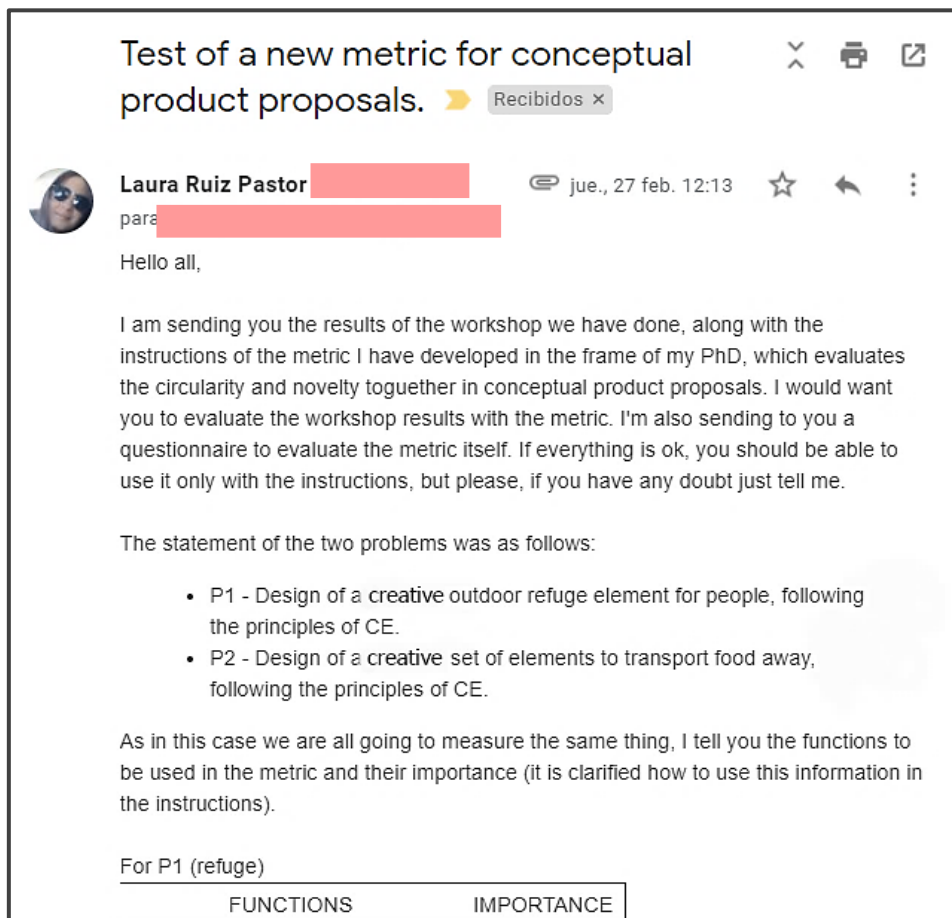


Figura 90. Extracto del correo electrónico enviado a los expertos.

PRODUCTO	FUNCIONES	IMPORTANCIA	CÓDIGO	PUNTAJÓN TOTAL	NOVEDAD				CÁLCULO CIRCULARIDAD			
					F1	F2	F3	F4	E1	E2	E3	E4
Problem 1	F1: Proteger de la intemperie	0,3	R1-G1-P1	0,00								
	F2: Resistencia	0,3	R1-G1-P2									
	F3: Facilidad de uso (abrir/cerrar)	0,25	R1-G1-P3									
	F4: Fácil limpieza	0,15	R1-G4-P1									
		1	R1-G4-P2									
			R1-G4-P3									
			R2-G2-P1									
			R2-G2-P2									
			R2-G2-P3									
			R2-G3-P1									
			R2-G3-P2									
			R2-G3-P3									

MATERIAL DE INICIO		FIN DE VIDA	
REUSADO	10	4,6	REUTILIZABLE
RECONCILIADO	5	2,2	REPARABLE
RECUPERADO	4,45	4,3	RECUPERABLE
RECIKLADO	4,3	4	RECIKLABLE
MATERIAL NUEVO	0	0,1	REGENERACIÓN (Reciclar energía)
		0	VERTEDERO

ESTRATEGIAS PARA DISEÑO CIRCULAR		Nº de estrategias en la propuesta	Puntuación	Novedad	
Diseño para reparar		10	10,00	10	No existe - no puede ser comparada
Diseño para durabilidad y fiabilidad		9	9,00	7	Existe, pero no se usa
Diseño para alargar la vida mediante versatilidad		8	8,16	3	Existe para otras aplicaciones
Diseño para actualización/adaptación		7	8,57	1	Existe para la misma aplicación
Diseño para actualización/adaptación		6	8,12	0	No se reutilice
Diseño para estandarización/compartibilidad		5	7,47		
Diseño para ensamblaje/desensamblaje		4	6,75		

Figura 91. Parte de la plantilla para la medición enviada a los expertos.

5.2.3 Resultados obtenidos y análisis

5.2.3.1 Análisis de la medición de resultados con la métrica

En la (Tabla 80 y Tabla 81), se muestran las distintas puntuaciones otorgadas por los expertos con CN_Con a cada uno de los conceptos generados en el tercer experimento, separados según sean propuestas de refugios personales o de elementos de transporte de comida. El desarrollo de todas las puntuaciones se encuentra en el Anexo 3.

PROPUESTA	EXPERTO 1	EXPERTO 2	EXPERTO 3	EXPERTO 4	EXPERTO 5	EXPERTO 6	RESULTADOS OBTENIDOS EN LA VALIDACIÓN
R1-G1-P1	5.074	5.678	2.235	42.909	8.196	1.119	5.426
R1-G1-P2	11.932	11.199	5.960	41.864	16.200	4.471	11.492
R1-G1-P3	14.496	13.628	18.378	63.951	19.669	1.567	16.244
R1-G4-P1	6.055	4.330	0.000	21.699	5.216	0.000	5.099
R1-G4-P2	12.456	5.810	5.819	87.665	14.495	4.307	9.547
R1-G4-P3	3.243	2.749	0.000	36.446	2.051	0.000	3.356
R2-G2-P1	3.282	4.475	1.119	5.001	3.170	1.119	1.490
R2-G2-P2	0.000	0.000	0.000	15.650	7.766	0.000	0.000
R2-G2-P3	6.021	8.202	4.890	8.094	8.145	1.567	5.603
R2-G3-P1	11.323	6.229	1.490	80.232	9.077	1.119	6.750
R2-G3-P2	13.232	4.871	5.697	26.920	9.175	1.908	7.533
R2-G3-P3	8.202	4.776	6.458	34.955	10.100	1.436	4.720

Tabla 80. Puntuaciones de los expertos para las propuestas conceptuales de refugios personales obtenidas con la métrica diseñada.

PROPUESTA	EXPERTO 1	EXPERTO 2	EXPERTO 3	EXPERTO 4	EXPERTO 5	EXPERTO 6	RESULTADOS OBTENIDOS EN LA VALIDACIÓN
R1-G2-P1	5.911	5.956	1.677	7.378	2.424	0.000	5.407
R1-G2-P2	5.203	4.811	2.423	20.287	6.960	0.000	4.848
R1-G2-P3	3.576	4.307	3.914	9.294	3.356	0.746	4.406
R1-G3-P1	4.910	3.931	4.502	3.717	5.926	0.000	3.865
R1-G3-P2	4.593	6.221	5.599	44.069	4.851	0.000	7.034
R1-G3-P3	2.876	2.291	3.169	20.438	2.922	1.196	2.522
R2-G1-P1	6.153	4.123	2.733	34.974	6.458	0.000	5.961
R2-G1-P2	14.184	10.227	6.532	62.763	15.541	2.336	14.876
R2-G1-P3	1.856	1.833	0.000	59.782	2.237	0.000	1.928
R2-G4-P1	11.144	5.532	2.079	21.533	11.353	0.746	11.612
R2-G4-P2	9.778	10.227	1.812	51.531	10.024	6.783	9.421
R2-G4-P3	7.693	6.751	2.544	25.405	15.425	1.942	9.752

Tabla 81. Puntuaciones de los expertos para las propuestas conceptuales de elementos de transporte de comida obtenidas con la métrica diseñada.

Una vez recopiladas todas las evaluaciones, se ha estudiado la concordancia de las mismas. Para ello, se ha calculado el Coeficiente de Correlación Intraclass en los dos grupos de resultados mediante el software *SPSS, PASW Statistics versión 25* (IBM Corporation). En el caso de las propuestas de refugios personales en coeficiente de correlación es de $r = 0.419$, lo cual indica una correlación moderada. Por otra parte, las puntuaciones de los conceptos de elementos de transporte de comida tienen un coeficiente de correlación de 0.333 por lo que estos resultados indican una correlación pobre. Visto que la correlación entre las distintas evaluaciones no es la esperada se ha estudiado cuál puede ser la causa de ello. En la Figura 92, se puede ver una gráfica con las distintas puntuaciones otorgadas a los dos grupos de conceptos por cada uno de los evaluadores.

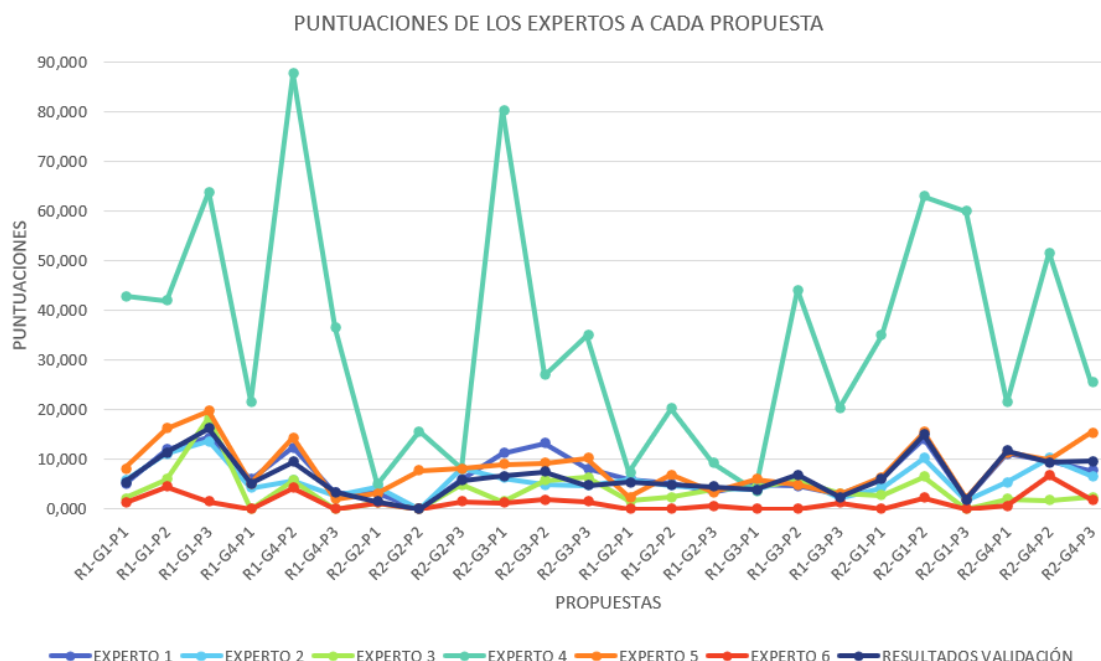


Figura 92. Puntuaciones otorgadas por los expertos a cada propuesta.

Como se puede intuir gráficamente, uno de los expertos ha puntuado las propuestas de una forma más favorecedora, pero, aun así, siguiendo la misma tendencia, es decir, las puntuaciones aumentan y disminuyen según las propuestas de forma similar a como lo hacen las puntuaciones de los otros evaluadores. Calculando los parámetros estadísticos descriptivos (Tabla 82) del conjunto de datos se ve claramente que la media de las valoraciones del Experto 4 se aleja notablemente del resto con una desviación estándar también mucho mayor por lo que, en este caso, se va a considerar como un *outlier*.

EVALUADOR	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N
EXPERTO 1	7.216	4.160	24
EXPERTO 2	5.757	3.114	24
EXPERTO 3	3.710	3.807	24
EXPERTO 4	34.440	23.634	24
EXPERTO 5	8.364	4.990	24
EXPERTO 6	1.348	1.707	24
RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN	6.621	4.076	24

Tabla 82. Estadísticos descriptivos de las puntuaciones otorgadas por los expertos a cada una de las propuestas.

Así pues, se ha vuelto a calcular el Coeficiente de Correlación Intraclass, con un intervalo de confianza del 95% sin las valoraciones del Experto 4 y el resultado ha sido de $r = 0.917$ en el caso de las propuestas de refugio personal y de $r = 0.79$ en el caso de las propuestas de elementos de transporte de comida. En este caso las evaluaciones de las propuestas en los dos grupos tienen una correlación excelente. En la Figura 93, se puede ver la gráfica de puntuaciones mostrada anteriormente (Figura 92) pero, en este caso, sin las valoraciones del Experto 4, por lo que muestra la correlación entre las valoraciones de los conceptos de una forma más clara.

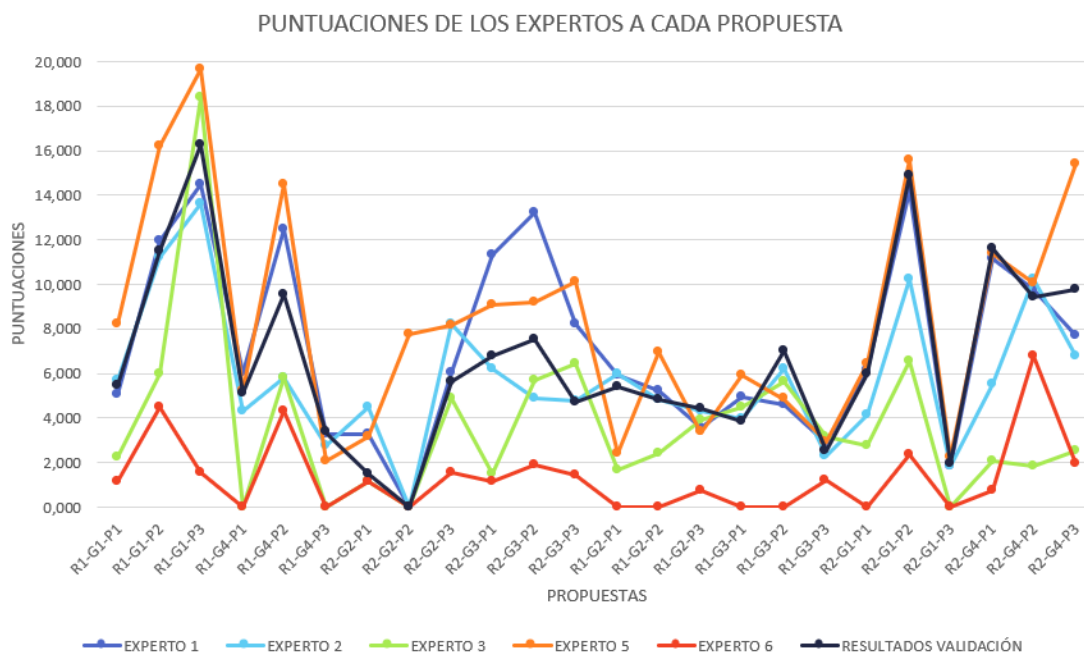


Figura 93. Puntuaciones otorgadas por los expertos a cada propuesta II.

5.2.3.2 Análisis de los resultados del cuestionario

Los resultados del cuestionario de opinión se han analizado para estudiar la puntuación obtenida por la métrica en cada una de las preguntas del cuestionario, así como las posibles deficiencias de la métrica diseñada, de cara a realizar pequeñas modificaciones y establecer el diseño definitivo de la herramienta. En la Tabla 83, se pueden ver las puntuaciones otorgadas por cada uno de los expertos a cada par de adjetivos referentes a la métrica diseñada.

	EXPERTO 1	EXPERTO 2	EXPERTO 3	EXPERTO 4	EXPERTO 5	EXPERTO 6	MEDIANA
Correctos/Incorrectos	1	1	3	2	2	6	2,0
Útiles/Inútiles	1	1	2	2	2	5	2,0
Utilizables/Inutilizables	1	1	3	3	1	5	2,0
Completos/Incompletos	2	2	3	2	1	6	2,0
Lógica/Ilógica	1	1	4	3	1	4	2,0
Apropiada/Inapropiada	1	1	3	2	2	4	2,0
Durable/Débil	3	2	2	5	1	5	2,5
Sustancial/Insustancial	1	1	4	2	2	4	2,0
Adecuada/Inadecuada	1	1	5	4	3	6	3,5
Autoexplicativa/Inexplicada	4	2	4	5	3	7	4,0
Clara/Ambigua	4	2	4	4	3	7	4,0
Simple/Compleja	1	2	4	3	3	5	3,0

Tabla 83. Resultados para cada par de adjetivos.

La mayoría de pares de adjetivos tienen una buena puntuación, con una mediana de 2. No obstante, los pares de adjetivos peor valorados son los de Autoexplicativa /Inexplicada y el par de Clara/Ambigua, ambos con una mediana de 4.0. Esto implica que es necesario aclarar en mayor medida la forma de uso de la herramienta si se busca una utilización autónoma por parte de los usuarios. En términos de bloques de pares, el mejor puntuado es el referente a los resultados que proporciona la métrica, seguido del referente a la métrica en sí. El peor valorado, en línea con lo que ya se ha mencionado, es el bloque de pares de adjetivos que hace referencia a la comprensibilidad de la métrica.

En cuanto a los comentarios realizados por los expertos en las preguntas abiertas del cuestionario, las respuestas al completo se pueden ver en el Anexo 4. Seguidamente, se resumen las respuestas obtenidas para cada una de las preguntas (Figura 94).

AJUSTE A LA REALIDAD

En tres de los casos, los expertos opinan que los resultados se ajustan a la realidad. Por otra parte, dos de ellos opinan que no tienen el criterio suficiente para opinar sobre ello, quizá les faltaría información sobre algunos conceptos para poder opinar si los resultados son reales y que, algunas características no han sabido cómo puntuarlas, como el material biodegradable, por ejemplo. El último de los expertos recalca que la métrica agrupa parámetros que no se han visto juntos en una métrica hasta ahora.

RIGUROSIDAD DE LA EVALUACIÓN

En este caso, la mayoría de los expertos coinciden en que, a algunas propuestas conceptuales les falta información para poder ser todo lo rigurosos que la métrica permite y en la dificultad, en algunos casos, de determinar qué partes del concepto cumplen qué funciones. Uno de los expertos, opina que la métrica “permite obtener una evaluación consciente, ya que te conduce a la reflexión sobre un gran abanico de parámetros que pueden afectar a tu propuesta”.

OTROS COMENTARIOS EN REFERENCIA A LOS RESULTADOS QUE PROPORCIONA LA MÉTRICA

Uno de los expertos opina que las definiciones de cada parámetro son mejorables. Por otra parte, también se muestra la opinión de que es necesario que el usuario conozca las estrategias de diseño que se usan en la métrica previamente y que es fundamental entender cada una de las funciones a la hora de aplicar la métrica. Asimismo, otro de los expertos sugiere que la métrica debería de dar *feedback* sobre los aspectos a mejorar en el concepto, además de su puntuación.

PARÁMETROS DE LA MÉTRICA

Varios de los expertos coinciden en que algunos de los materiales en los conceptos les han sido difíciles de clasificar, se especifica el material biodegradable como ejemplo. También, uno de los expertos hace hincapié en que es difícil, en algunos casos, relacionar las funciones con los otros aspectos a evaluar en el concepto. Otro de ellos, hace la reflexión de que, a día de hoy la métrica es completa, pero, en el futuro el concepto de economía circular puede evolucionar y dejaría de serlo.

POSIBLES MODIFICACIONES

La mayoría de respuestas coinciden en que, de alguna manera, es necesario facilitar al usuario la aplicación de la métrica, mediante plantillas, haciéndola más intuitiva o guiando el enlace de las funciones con los demás aspectos de la métrica, de alguna manera.

POSIBLES MEJORAS

En cuanto a las posibles mejoras, los expertos coinciden, nuevamente, en que sería conveniente realizar algún tipo de plantilla, formulario web o software para guiar en el uso de la herramienta. Hacer su uso, en definitiva, más intuitivo. Aunque, en general, les ha parecido sencilla de aplicar.

OTROS COMENTARIOS REFERENTES A LA MÉTRICA

Solo uno de los expertos realiza un comentario: “Pensaba que sería más costosa de aplicar, pero con la hoja de Excel ha sido bastante operativo.”

LO MÁS COMPLEJO DE LA MÉTRICA

Varios de los expertos coinciden en que, lo más complicado ha sido entender cómo relacionar las funciones con los materiales y estrategias del concepto. Por otra parte, uno de ellos sugiere que, a lo mejor, haría falta indicar la escala de los resultados de forma explícita, para tener una visión global y más completa de la valoración del concepto. En cuanto a la comprensión general de la métrica, varios coinciden en que, aunque a primera vista puede parecer complicada, una vez se entiende es fácil de aplicar. Vuelven a remarcar el diseño de una plantilla para la herramienta.

COMPRESIBILIDAD DEL RESULTADO

La mayoría coinciden en que el resultado es comprensible sin más comentarios. Uno de los expertos sugiere que la herramienta podría proporcionar, también, resultados gráficos posicionando los resultados, para un mayor entendimiento de los mismos.

OTROS COMENTARIOS REFERENTES A LA COMPRESIBILIDAD

En este caso, los expertos vuelven a remarcar que la métrica, aunque es fácil de utilizar, no es del todo auto explicativa en primer término, mencionando, nuevamente, que esto se podría solucionar con un software o herramienta digital que la hiciera más entendible. Asimismo, se comenta, también nuevamente, en una de las respuestas, la dificultad de relacionar funciones con materiales y estrategias. Dos de los expertos remarcan la necesidad de ver la posición global del concepto, según su puntuación y la necesidad de poder consultar las valoraciones parciales que se van realizando, se sugiere un espacio para anotaciones.

5.2.3.3 Conclusiones del análisis

Una vez analizados los resultados del cuestionario, se ha llegado a la conclusión de que la métrica es válida, si bien es necesario realizar algunas mejoras para perfeccionar el funcionamiento de la misma. Estas modificaciones son:

- Establecer un nuevo paso en el que el usuario relacione de forma clara cada función con las características del concepto que hacen que esta se cumpla.
- Clarificar cómo integrar la evaluación de materiales biodegradables y similares cuando estos están presentes en los conceptos.
- Redefinir las instrucciones y las definiciones de los parámetros evaluables para dar mayor comprensibilidad a la métrica. Revisar, además, que no hay ningún parámetro que falte por incluir además de los materiales biodegradables, los cuales se integrarán en las nuevas definiciones de los parámetros de la métrica.
- Mejorar la plantilla de utilización de la métrica de cara a facilitar su uso y hacerla más intuitiva desde el primer momento.

- Incluir una escala global de los resultados para facilitar el entendimiento de los mismos y posicionar al concepto de una forma más fácil.

Además, a partir de la opinión de los expertos, han surgido posibles evoluciones de la métrica, las cuales pueden dar pie a trabajos futuros. Estas son:

- Adaptación de los parámetros a las posibles evoluciones de los conceptos de circularidad y novedad.
- Diseño de una herramienta digital que mejore la experiencia de usuario de la evaluación de conceptos con la métrica, mostrando resultados gráficos o indicando posibilidades de mejora del concepto.

5.3 Conclusiones del capítulo

Este capítulo da respuesta a parte del objetivo O1 planteado en el Capítulo 1, Subapartado 2.1.2 de esta Tesis. En este capítulo se ha validado la métrica diseñada, si bien es necesario realizar algunas mejoras menores en la misma, las cuales se mostrarán el siguiente capítulo de esta Tesis. La métrica diseñada aporta una correcta y completa evaluación de la circularidad en propuestas conceptuales de diseño, ajustando los parámetros a esta etapa de diseño y de una forma conjunta con la novedad.

Se ha realizado una validación externa de la métrica. Seis expertos en diseño industrial han evaluado los conceptos resultantes del experimento con la herramienta diseñada y han respondido a un cuestionario de opinión sobre la misma. Así pues, se han comparado las puntuaciones obtenidas, también con una correlación alta. En cuanto a las respuestas a los cuestionarios, estas han sido mayoritariamente positivas y, a partir de ellas, se han obtenido diversos cambios a realizar para mejorar la comprensibilidad y funcionalidad de la métrica.

CAPÍTULO 6

DISEÑO OPTIMIZADO DE LA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE CONCEPTOS

En este capítulo se muestra el diseño final de la métrica de evaluación de conceptos diseñada, CN_Con. También se indican exactamente cuáles han sido las modificaciones y mejoras realizadas con respecto a la versión de la herramienta que se ha validado en el capítulo anterior y se muestra la imagen definitiva de la métrica.

-página en blanco-

6.1 Introducción

En este capítulo se define la herramienta de medición definitiva después de haberla validado en el capítulo anterior. Para ello, se han realizado algunas mejoras en la métrica implantando las mejoras extraídas de la validación externa. Por otra parte, se ha diseñado la imagen gráfica de la herramienta, así como las instrucciones de uso definitivas.

6.2 Mejoras en la métrica después de su validación

En el Capítulo 5 de esta tesis, referente a la validación externa de la métrica de medición, se ha concluido que era necesario realizar ciertas mejoras en la métrica para facilitar la experiencia de uso que esta proporciona y hacerla, en definitiva, más entendible y sencilla de aplicar. Así pues, en los siguientes subapartados se detallan los cambios realizados y cómo estos se han implantado en la herramienta de medición.

6.2.1 Adición de un nuevo paso de uso

La métrica de evaluación de conceptos diseñada, otorga las distintas puntuaciones a los conceptos mediante una evaluación de funciones. Cada uno de los aspectos que integran la métrica se evalúan para cada una de las funciones que el concepto debe llevar a cabo. Es por ello que, para una mayor facilidad de uso de la métrica, se ha establecido un paso previo a la evaluación de la novedad y la circularidad, quedando el diagrama de uso de la métrica como se muestra en la Figura 95. El nuevo paso establecido es la definición en el concepto de con qué características del mismo se llevan a cabo qué funciones. De esta manera, se facilita al usuario la posterior puntuación de la novedad y circularidad de cada una de las funciones, ya que, es más directo el elegir las características del concepto que se puntúan para cada función.

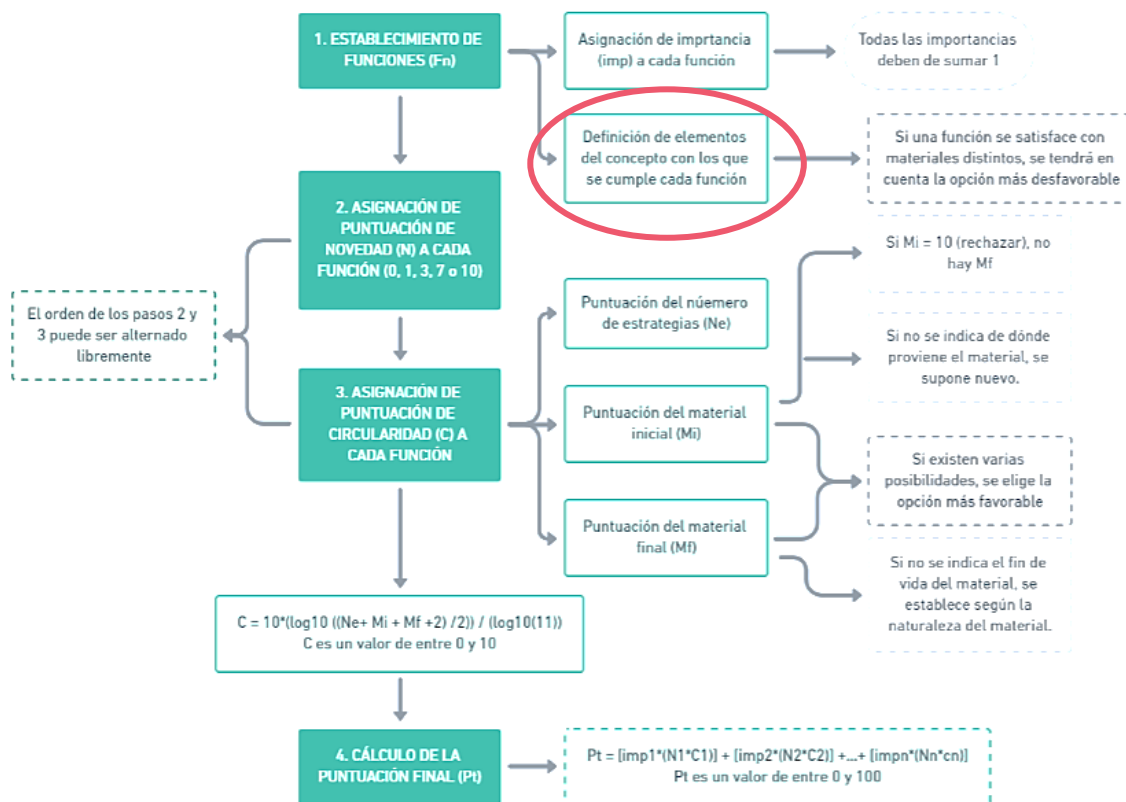


Figura 95. Pasos de aplicación de la herramienta, con la nueva incorporación.

El nuevo paso de evaluación, como ya se ha dicho, se lleva a cabo después de definir las funciones y su importancia y previamente a la evaluación y es una mejora en la métrica diseñada que proporciona mayor fluidez al proceso de evaluación de los conceptos. Esto es debido a que, una vez establecido con qué partes de concepto se lleva a cabo cada función, es mucho más directo establecer las puntuaciones de novedad y circularidad para cada una de ellas, teniendo claro en todo momento cuáles son exactamente los aspectos concretos del concepto que se están evaluando en cada caso.

Este nuevo paso de uso de la métrica ha sido una de las demandas más recurrentes durante la validación externa por parte de los expertos, en concreto, cinco de los seis expertos han mencionado la dificultad de relacionar las funciones con los conceptos a lo largo de las preguntas abiertas del cuestionario. No obstante, como en la mayoría de casos no ha resultado intuitivo realizar esta tarea, se ha establecido de forma explícita como paso de uso de la herramienta diseñada.

6.2.2 Redefinición de parámetros

Para un mayor entendimiento de cada uno de los parámetros a evaluar en los conceptos, se ha realizado una mejora de las definiciones de cada uno de ellos en las instrucciones de uso. Como resultado de la validación de la métrica diseñada, se ha obtenido que es necesario mejorar las definiciones de los mismos con el fin de hacer más entendible el uso de la herramienta.

En concreto, se ha encontrado dificultad en la evaluación de los materiales biodegradables y compostables ya que no encajaban exactamente en ninguna de las definiciones establecidas. Es por ello que, a continuación, se especifica qué hacer con este tipo de materiales de bajo impacto si están presentes en los conceptos a evaluar con la métrica.

MATERIALES BIODEGRADABLES

Si un material biodegradable es nuevo, se puntuará como material nuevo para el material inicial del producto. En cuanto al fin de vida de los materiales biodegradables, el matiz se presenta cuando éstos están destinados al vertedero, ya que no tiene el mismo impacto desechar un material biodegradable que otro que no tenga esta característica por lo que la puntuación de este último material, cuyo fin de vida sea vertedero, debería de ser algo mayor que la puntuación de otro material de más impacto cuyo fin de vida sea el mismo.

Así pues, se ha determinado que la puntuación para los conceptos que presenten materiales biodegradables cuyo fin de vida sea el vertedero será de 0,1 (igual que la puntuación de materiales incinerables). De esta manera se consigue que, cuando su fin de vida es el vertedero, los conceptos con materiales biodegradables tengan una puntuación algo mayor que los materiales corrientes, sin superar esta puntuación a la de materiales incinerables.

MATERIAL BIODEGRADABLE NUEVO → PUNTUACIÓN DE MATERIAL NUEVO ($M_i = 0$)

MATERIAL BIODEGRADABLE A VERTEDERO → $M_f = 0,1$

En cualquier caso, esto plantea como posible trabajo futuro el estudiar, mediante el análisis de impacto de productos desarrollados, cuál sería exactamente esta puntuación de más que presentan los materiales biodegradables cuando van a vertedero frente a los materiales corrientes.

MATERIALES COMPOSTABLES

En el caso de los materiales compostables, igual que en el caso anterior, si el material es nuevo se puntuará como nuevo en el inicio de vida del material. Nuevamente, la aclaración viene por parte de cómo puntuar su fin de vida, en el caso de que no se especifique en la descripción del concepto. En este caso el material se puntuará como recuperable, ya que, al compostar el material de alguna manera se reacondiciona para poder volver a ser utilizado.

MATERIAL COMPOSTABLE NUEVO → PUNTUACIÓN DE MATERIAL NUEVO ($M_i = 0$)

MATERIAL COMPOSTABLE SI NO SE ESPECIFICA FIN DE VIDA → RECUPERABLE ($M_f = 4.3$)

6.2.3 Mejora de las instrucciones

Dentro de las mejoras necesarias para un óptimo entendimiento de la herramienta diseñada, se han revisado las instrucciones de uso. Así pues, se han reescrito las definiciones necesarias, incluyendo las aclaraciones sobre los materiales biodegradables y compostables. Los aspectos concretos mejorados son los siguientes:

- Se ha realizado una revisión general de la redacción de las instrucciones para hacerlas lo más claras y concisas posible.
- Se ha especificado cómo puntuar un material biodegradable en el caso de que el concepto no especifique el fin de vida.
- Se ha especificado cómo puntuar un material compostable en el caso de que el concepto no especifique el fin de vida.
- Se ha reorganizado la información, en concreto el cálculo de la puntuación final se ha desplazado al final de la explicación. Se ha realizado una mejora gráfica del documento de instrucciones.
- Se ha mejorado la plantilla Excel® de ayuda al uso de la herramienta enviada a los expertos y se han añadido las instrucciones tanto de la métrica como de su propio uso en el archivo de cálculo.

Además, se han codificado los distintos parámetros de cara a un uso más ágil de la herramienta. En la Tabla 84 y Tabla 85, se muestran los nuevos parámetros codificados con sus respectivos códigos, estos son los referentes al cálculo de la circularidad:

PARÁMETRO DE ORIGEN DEL MATERIAL	CÓDIGO	PARÁMETRO DE FIN DE VIDA DEL MATERIAL	CÓDIGO
Rechazar	Mi1	Reutilizable	Mf1
Reducir	Mi2	Reparable	Mf2
Reutilizado	Mi3	Recuperable	Mf3
Recuperado	Mi4	Reciclable	Mf4
Reciclado	Mi5	Incineración/Material biodegradable	Mf5/Mf6
Material nuevo	Mi6	Vertedero	Mf7

Tabla 84. Nueva codificación para los parámetros de origen y fin de vida del material.

ESTRATEGIAS DE DISEÑO QUE PROMUEVEN LA CIRCULARIDAD	CÓDIGO	ESTRATEGIAS DE DISEÑO QUE PROMUEVEN LA CIRCULARIDAD	CÓDIGO
Diseño para apego	Ne1	Diseño de producto-servicio	Ne7
Diseño para duración y fiabilidad	Ne2	Diseño de servicio para alargar la vida útil	Ne8
Diseño para alargar la vida mediante versatilidad	Ne3	Diseño para innovación social	Ne9
Diseño para actualización/adaptación	Ne4	Uso de energías renovables	Ne10
Diseño para estandarización/compatibilidad	Ne5	No hay estrategia	Ne11
Diseño para ensamblaje/desensamblaje	Ne6		

Tabla 85. Nueva codificación para las estrategias de diseño que promueven la circularidad.

Las nuevas instrucciones de uso de la métrica de evaluación se muestran completas en el Anexo 5.

6.2.4 Mejora de la plantilla de uso

Otro de los aspectos a mejorar de la métrica es la plantilla proporcionada a los usuarios para evaluar los conceptos. Se ha diseñado una nueva plantilla, en formato Excel®, en la que se han dinamizado todos los parámetros a evaluar.

La plantilla (Figura 96), cuenta con espacio para introducir todas las anotaciones necesarias sobre los conceptos para un uso más fluido de la métrica. Por otra parte, las distintas puntuaciones se calculan automáticamente. Para los parámetros en los cuales se debe de elegir una puntuación cerrada (novedad, número de estrategias para alargar la vida útil y para duración, procedencia del material y destino del mismo), se han establecido o bien listas desplegables, o espacio para seleccionar una de las opciones. En cuanto a las funciones, se ha proporcionado un espacio para introducir las mismas, así como la importancia de cada una de ellas, la cual se tiene en cuenta también automáticamente para el cómputo de la puntuación final. También se ha proporcionado un espacio para realizar anotaciones sobre con qué partes de cada concepto se realizan qué funciones, la nueva característica añadida a esta versión de la métrica. El usuario de la métrica puede adaptar la plantilla para que esta se ajuste al número de funciones del concepto que se está evaluando.

			Código Propuesta:						
FUNCIÓN (F)	IMPORTANCIA (imp)	CUMPLIMIENTO EN EL CONCEPTO	Función	Puntuación	NOVEDAD (N)				
		¿Qué partes del concepto hacen cumplir cada función?	F1		Justificación				
			F2						
			F3						
			F4						
			F5						
			F _n						
TODAS LAS IMPORTANCIAS DEBEN SUMAR 1									
			CIRCULARIDAD (Ci)						
			a) ORIGEN DEL MATERIAL (M)						
			M11_RECHAZAR	10	10	10	10	10	10
			M12_REDUCIR	5	5	5	5	5	5
			M13_REUTILIZADO	5	5	5	5	5	5
			M14_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65
			M15_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
			M16_MATERIA NUEVO	0	0	0	0	0	0
			b) FIN DE VIDA MATERIAL (M)						
			M11_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
			M12_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
			M13_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
			M14_RECICLABLE	4	4	4	4	4	4
			M15_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
			M16_VERTEDERO	0	0	0	0	0	0
			c) NÚMERO DE ESTRATEGIAS (Ne)						
			Ne1_Diseño para apego						
			Ne2_Diseño para duración y fiabilidad						
			Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad						
MÁXIMA PUNTUACIÓN CONJUNTA DE M1 Y M16 ES 10 (Si se rechaza el material, no hay acción de fin de vida)									

Figura 96. Extracto de la plantilla de la métrica de evaluación de conceptos.

6.2.4.1 Adición de la escala global de los resultados

Por otra parte, uno de los aspectos que, en concreto, ha sido muy mencionado por los expertos que han evaluado la métrica ha sido la necesidad de indicar el significado global de los resultados que esta proporciona. Es por ello que, en la plantilla mejorada, se ha indicado la escala de los resultados que se proporcionan cuando ha sido necesario. Esto es, en el cálculo de la puntuación total de la circularidad y en el cálculo de la puntuación final del concepto. En el caso de la novedad no ha sido necesario ya que los posibles valores de puntuación se proporcionan mediante una lista desplegable. Además, también se indica el significado de las distintas puntuaciones según los rangos siguientes:

- Puntuación total (CN) entre 0 y 25: muy baja
 - Puntuación total (CN) entre 25 y 50: baja
 - Puntuación total (CN) entre 50 y 75: media
 - Puntuación total (CN) entre 75 y 100: alta
-
- Circularidad (Ci) entre 0 y 2.5: circularidad muy baja
 - Circularidad (Ci) entre 2.5 y 5: circularidad baja
 - Circularidad (Ci) entre 5 y 7.5: circularidad media
 - Circularidad (Ci) entre 7.5 y 10: circularidad alta

En la Figura 97, se pueden ver estas nuevas indicaciones en la plantilla de uso de la métrica.

NOVEDAD (N)						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F _n
VALOR						
CIRCULARIDAD (Ci)						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F _n
Mi_VALOR	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CÁLCULO CIRCULARIDAD	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
PUNTAJÓN TOTAL (CN)		Código Propuesta:			#N/D	

Ci entre 0 y 2,5: muy baja
 Ci entre 2,5 y 5: baja
 Ci entre 5 y 7,5: media
 Ci entre 7,5 y 10: alta
 Siendo 0 la menor puntuación
 Siendo 10 la máxima puntuación

CN entre 0 y 25: muy baja
 CN entre 25 y 50: baja
 CN entre 50 y 75: media
 CN entre 75 y 100: alta
 Siendo 0 la menor puntuación
 Siendo 100 la máxima puntuación

Figura 97. Indicaciones de la escala global de los resultados en la plantilla mejorada.

6.2.4.2 Adición de gráfica resumen de los resultados en cada parámetro

Para ilustrar de forma gráfica los resultados obtenidos y facilitar la comparación entre distintos conceptos, se ha añadido a la plantilla de cálculo un gráfico resumen de resultados. En él se representa el valor total para el concepto de circularidad y de novedad por separado. En la Figura 98 se puede ver un ejemplo de este gráfico indicando los valores de un concepto. De esta manera, se puede comparar de una forma visual el grado de novedad y circularidad del concepto, así como la puntuación entre distintos conceptos, si fuera necesario. Todo ello facilitando una comprensión más rápida de los resultados que proporciona la herramienta.

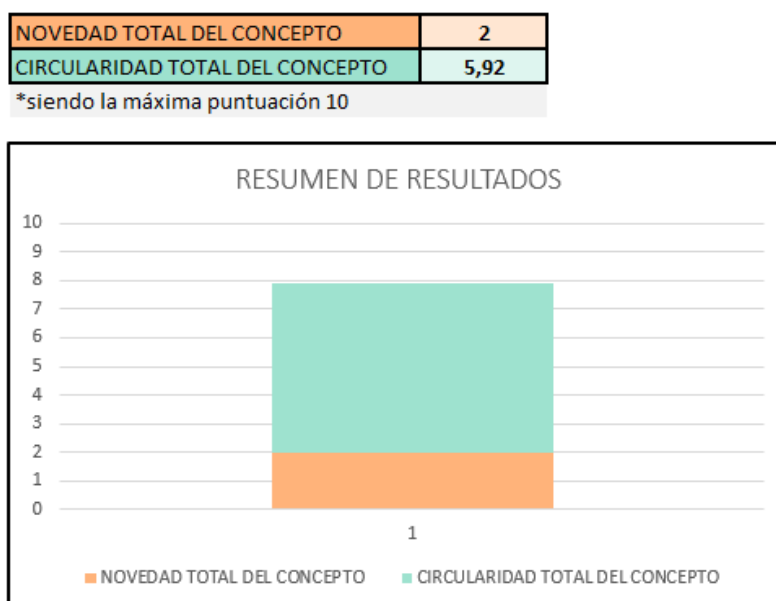


Figura 98. Gráfica resumen de puntuaciones para un concepto.

6.3 Diseño final de la métrica

En este apartado, se muestra en detalle la presentación mejorada de la métrica. En las siguientes imágenes (Figuras 99 a 104), se pueden ver cómo se aplican los distintos pasos de la métrica con la plantilla diseñada para ello.

PASO 1: ESTABLECIMIENTO DE FUNCIONES E IMPORTANCIAS; DEFINICIÓN DE ELEMENTOS DEL CONCEPTO QUE CUMPLEN CADA FUNCIÓN

FUNCIÓN (F)	IMPORTANCIA (imp)	CUMPLIMIENTO EN EL CONCEPTO
Ser seguro	0,5	¿Qué partes del concepto hacen cumplir cada función?
Proteger de la intemperie	0,5	
TODAS LAS IMPORTANCIAS DEBEN SUMAR 1		

Espacio para especificar cada función.

Espacio para indicar qué partes del concepto se refieren a cada función.

Espacio para especificar la importancia de cada función.

Figura 99. Introducción de funciones y aspectos relacionados en la plantilla.

PASO 2: ASIGNACIÓN DE PUNTUACIÓN DE NOVEDAD PARA CADA FUNCIÓN

	Puntuación	NOVEDAD (N)
F1	10	Justificación
F2	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 10 7 3 1 0 </div>	
F3		
F4		
F5		
Fn		

Lista desplegable con las posibles puntuaciones de Novedad.

Espacio para justificar la puntuación de novedad otorgada.

Figura 100. Introducción de la puntuación de la novedad.

PASO 3: ASIGNACIÓN DE PUNTUACIÓN DE CIRCULARIDAD A CADA FUNCIÓN

¡TODAS LAS IMPORTANCIAS DEBEN SUMAR 1

		CIRCULARIDAD (C)					
a) ORIGEN DEL MATERIAL (MI)		F1	F2	F3	F4	F5	Fn
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el peor caso, si hay más de uno.	MI1_RECHAZAR	10	10	10	10	10	
	MI2_REDUCIR	5	5	5	5	5	
	MI3_REUTILIZADO	x	5	5	5	5	
	MI4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,5	4,65	4,65	
	MI5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	MI6_MATERIAL NUEVO	0	x	0	0	0	
b) FIN DE VIDA MATERIAL (MF)		F1	F2	F3	F4	F5	Fn
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la más favorable, si hay más de una opción.	MF1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	
	MF2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
	MF3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	MF4_RECICLABLE	x	x	4	4	4	
	MF5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	MF6_VERTEDERO	0	0	0	0	0	

MÁXIMA PUNTUACIÓN CONJUNTA DE MI Y MF ES 10 (Si se rechaza el material, no hay acción de fin de vida)

Figura 101. Introducción de las características de los materiales empleados para cada función.

Introducción de procedencia y destino de los materiales para cada función. El usuario debe indicar con una "x" la opción correspondiente para cada función.

En este caso, para la función 1 (F1) se ha indicado material de origen reutilizado y material reciclable en su fin de vida. Para la función 2 (F2) se ha indicado material nuevo y reciclable en su fin de vida.

c) NÚMERO DE ESTRATEGIAS (Ne)	F1	F2	F3
Ne1_Diseño para apego	x		
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad	x		
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad			
Ne4_Diseño para actualización/adaptación			
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad			
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje			
Ne7_Diseño de producto-servicio			
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil			
Ne9_Diseño para innovación social			
Ne10_Uso de energías renovables			
Ne11_No hay estrategia		x	
TOTAL:	2	0	0

Para cada función, se marca con una "x" las estrategias que presente.

Figura 102. Introducción del número de estrategias que fomentan la circularidad para cada función.

En este caso, la función 1 se cumple mediante diseño para apego y para duración y fiabilidad y la función 2 no presenta ninguna estrategia.

El recuento de estrategias para cada función se muestra automáticamente.

PASO 4: CÁLCULO DE LA PUNTUACIÓN FINAL

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	10	0	0	0	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
MI_VALOR	5,00	0,00	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
MF_VALOR	4,00	4,00	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	4,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CÁLCULO CIRCULARIDAD	8,56	4,58	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D

PUNTUACIÓN TOTAL	Código Propuesta:	42,81
-------------------------	-------------------	--------------

Figura 103. Cálculo de la puntuación final del concepto.

Todas las puntuaciones establecidas anteriormente (excepto la importancia de cada función), así como el cálculo total de circularidad, aparecen automáticamente en las casillas finales de la herramienta.

La herramienta proporciona de forma automática la puntuación final para el concepto, teniendo en cuenta todos los parámetros necesarios.

Además, la gráfica mencionada en la Figura 98, también se completa de forma automática, así como una tabla resumen de los resultados (Figura 104).

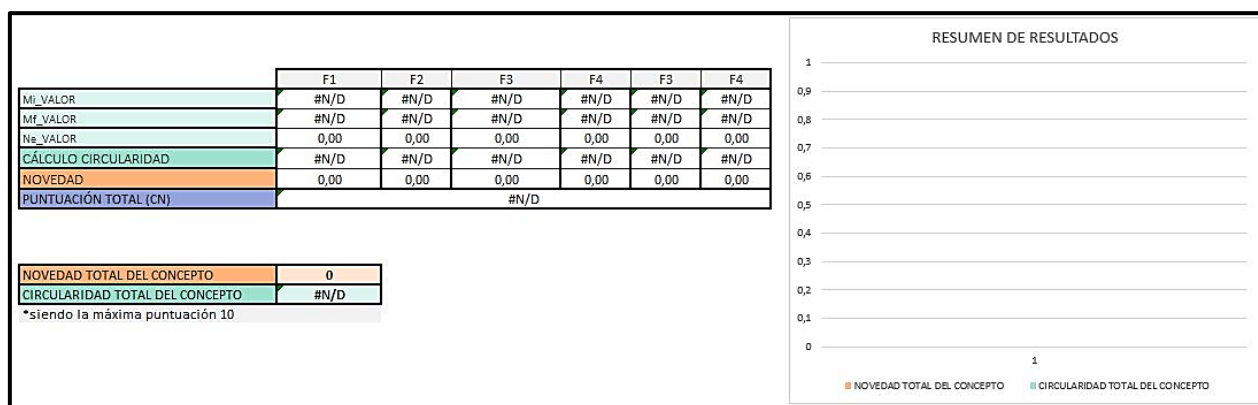


Figura 104. Plantilla de la tabla y la gráfica resumen de resultados.

6.4 Instrucciones de uso

Como ya se ha dicho en el Subapartado 6.2.3 de este capítulo, el documento de instrucciones enviado a los expertos para la validación externa de la herramienta se ha mejorado implantándose algunos cambios y mejoras (Figura 105). Así pues, también se ha añadido a las instrucciones el uso de la plantilla de Excel® para realizar los cálculos correspondientes. Además, en la propia plantilla de cálculo aparecen las instrucciones de uso de la métrica.

INSTRUCCIONES PARA LA EVALUACIÓN DE UN CONCEPTO

Los pasos a seguir son los siguientes:
***El orden entre los pasos 2 y 3 no es relevante*

1. Establecer las funciones que se deben cumplir en el concepto (según requisitos de diseño y/o criterio del usuario de la métrica): F_1, F_2, \dots, F_n

Asignar importancia (imp) a cada función (a criterio del usuario de la métrica).

Las importancias de todas las funciones deben sumar 1.

Definir con qué elementos o características se lleva a cabo cada función.

2. Asignar puntuación a la novedad (N) (para cada función del concepto)

PUNTUACIÓN NOVEDAD	CRITERIO
10	La función está resuelta de una forma que no existe y no puede ser comparada.
7	La función está resuelta de una forma que existe, pero no se usa, no está explotada.
3	La función está resuelta de una forma que ya existe para otras aplicaciones, pero no se utiliza para ésta.
1	La función está resuelta de una forma que ya existe para esa aplicación.
0	La función no se resuelve con el concepto.

Figura 105. Extracto de las instrucciones de cálculo de la métrica.

El documento de instrucciones al completo se muestra en el Anexo 5, éste contiene:

- Documento de instrucciones de cálculo de la métrica en que se especifican todos los parámetros y puntuaciones, así como las fórmulas para calcular tanto las puntuaciones intermedias como la final. Además, se indica como asignar puntuación a cada uno de los parámetros.
- Instrucciones de uso de la herramienta Excel® en las que se indica cómo introducir cada uno de los parámetros necesarios para la evaluación del concepto.

6.5 Conclusiones del capítulo

En este capítulo se han solventado los cambios y mejoras necesarias después de la prueba de la métrica por parte de expertos en diseño de producto. De esta manera, la herramienta ha mejorado en claridad ya que se han mejorado tanto la plantilla como las instrucciones de uso. Además, se han incluido con mayor exactitud algunos términos que antes no encajaban en ningún parámetro, por lo que la métrica ha ganado en versatilidad y completitud.

La métrica de evaluación diseñada puede ser utilizada mediante la plantilla de Excel® o, directamente, aplicando las fórmulas a las puntuaciones de cada parámetro de una forma manual o por los propios medios del evaluador, si así se desea.

Por tanto, se ha finalizado el diseño de la métrica de evaluación de la circularidad y novedad de forma conjunta, en propuestas de diseño conceptual, cubriendo la necesidad existente al respecto.

CHAPTER 7

CONCLUSIONS

In this chapter, the conclusions about the work done in this PhD Thesis are shown. Firstly, it describes the conclusions that respond to each of the objectives set out in Chapter 1, as well as the main hypotheses of the Thesis. It also shows the limitations encountered when carrying out the research, as well as the implications of the results obtained. Finally, the publications derived from the thesis are listed.

-empty page-

7.1 Global findings

During the development of this Thesis the main hypothesis presented in Chapter 1 has been proven. This hypothesis was that it is possible to evaluate and compare the degree of novelty and circularity of conceptual design proposals, through qualitative assessment of the circular features, turning them into numerical values to combine them with the novelty results. With this, a quantitative value that allows the objective evaluation and comparison of the concepts could be obtained.

Also, several objectives have been achieved, which have been set out in Chapter 1, Sub-section 1.2.1. In response to the main objective of the Thesis (O1), a metric has been designed to measure the degree to which conceptual design proposals are novel and circular as a whole. This metric helps to select circular and novel ideas in a way that is appropriate for an early stage of the process such as the conceptual one. This measurement is carried out in a complete way, covering all the necessary aspects of those covered by the circular economy in product design terms and through parameters that can be specified in the conceptual design stage. Moreover, its use is simple for the evaluator. Therefore, the existing lack in the literature has been covered by providing a metric that allows the evaluation of novelty and circularity together in conceptual product design. In relation to this objective (O1) and to obtain the related conclusions, the following tasks have been solved (Tables from 86 to 89):

BLOCK I, Concerning Chapter 2	In the chapter of the state of the art, a deep bibliography search has been carried out on the theoretical concepts that frame this thesis (TI.1) and on the existing metrics and tools to measure circularity and creativity (TI.2). Likewise, it has been studied how these tools work when applied to designs in the conceptual phase of development, concluding that there is no method to evaluate these two parameters together in a complete and effective way in concepts (TI.3).
-------------------------------------	---

Table 86. Tasks related to objective O1 (I).

BLOCK III, Concerning Chapter 4	<p>In the fourth chapter of the Thesis, a metric has been designed to measure novelty and circularity together in conceptual design proposals (TIII.1.1 and TIII.2.1). The parameters by which it evaluates the concepts cover all the aspects necessary to assess these two characteristics properly (TIII.1.2). Furthermore, an unambiguous and quantitative result is obtained and the performance of the tool is simple (TIII.1.3).</p> <p>On the other hand, a first analysis of the metrics (TIII.2.2) has been carried out by which its operation has been validated and it has been determined that the results obtained with it and those obtained with existing methods are similar and, in the case of differences, these are justified, since they are caused by the fact that the measurement with the designed metrics is more accurate and appropriate (TIII.2.3).</p> <p>The conceptual proposals collected in the experiments have been evaluated with CN_Con, as well as with other methods already existing. Thus, allowing the metric first analysis to be carried out (TIII.2.2. and TIII.2.3).</p>
---------------------------------------	--

Table 87. Tasks related to objective O1 (II).

BLOCK IV, Concerning Chapter 5	The metric designed has been externally assessed. Product design experts have evaluated the concepts generated in the experiment and have answered an opinion questionnaire about the metrics (TIV.1 and TIV.2). The result has been positive and potential improvements to be implemented to improve the practicality of the tool have been obtained with regard to improving its understanding (TIV.3 and TIV.4).
--------------------------------------	---

Table 88. Tasks related to objective O1 (VI).

GROUP V, Concerning Chapter 6	Finally, the final design of the metric has been completed and the instructions for the user of the metric have been written. Also, a template has been designed to facilitate the use of CN_Con and the improvements proposed in the previous chapter (TV.1, TV.2 and TV.3) have been developed.
-------------------------------------	---

Table 89. Tasks related to objective O1 (V).

On the other hand, it has been studied how the explicit introduction of novelty and circularity affects the creative design process through analysing three different aspects of the design process as the designer, the design method and the design requirements (O2). This is in line with Charter (2018) who states that design for circular economy requires thinking about how to introduce the circular features from the creative design stages. It has been observed that the intrinsic personal factors of designers, such as motivation, the perception of having knowledge about the design problem, its relevance and the importance attached to it, could increase the novelty of the solutions, while at the same time could decrease their circularity. The findings also show that could be advantageous to incentive the designers in order to improve their motivation towards the design problem, but in this case that would be an improvement of extrinsic motivation, since the intrinsic is only the one that focuses on the specific task and the enjoyment doing it (Zimmerman & Campillo, 2003), not an external reward (O2.1). Likewise, it has been studied how the way in which the requirements are introduced into the creative method influences the results obtained. As a result, introducing the circularity requirements explicitly through guided questions during the application of the creative method makes no difference to the creativity and circularity of the results. However, in the case of circularity, the results obtained are more dispersed, i.e., by explicitly adding the circularity requirements during the design process, the more and fewer circular results are obtained at the same time. This dispersion of results could be due to the different personalities of designers and how the design method affects them differently (O2.2). Finally, it has been found that specific stimuli aimed to promote circularity, such as biomimicry, promote creativity in the same way as a totally random stimulus, while at the same time increasing the circularity of design proposals (O2.3). The tasks carried out that have led to these conclusions can be seen in Table 90 and Tabla 91.

GROUP I, Concerning Chapter 2	Information on the designer's intrinsic personal factors and how to introduce design requirements into the creative process and the conditioning of random stimuli through biomimetics has been collected. These three aspects have been studied in relation to creativity and the circular economy. It has also been analysed how these aspects affect design requirements and, in general, the design process (TI.1).
-------------------------------------	---

Table 90. Tasks related to objective O2.

GROUP II, Concerning Chapter 3	Three experiments have been designed through which conceptual design proposals have been generated responding to five different problems in total (TII.1). These proposals have been evaluated, in terms of novelty/creativity and circularity (TII.2) and, subsequently, the values obtained have been analysed, obtaining conclusions on how the introduction of circular characteristics affects the designers' creativity (TII.3).
--------------------------------------	--

Tabla 91. Tasks related to objectives O2.1, O2.2 y O2.3.

As a final conclusion, in this Thesis a metric for evaluating novelty and circularity together in conceptual product designs has been developed, tested and validated. At the same time, it has been studied how the introduction of these two parameters (novelty and circularity) affects the creative design process through three different specific aspects of it.

7.2 Limitations

During the development of this Thesis, some limitations have been found, specifically in the experimental phase related to the second objective of the Thesis (O2) and its sub-objectives (O2.1, O2.2 and O2.3). These have not been detrimental to the results obtained, but have had to be considered. In particular, the approach of the experiments has entailed certain limitations such as limited sample size or participant bias, due to the educational context in which they have been developed. Furthermore, only some specific tools have been studied to draw conclusions, so it would be interesting to expand the sample and apply other tools aimed at obtaining circular results during the creative process. This would give more robustness to the results obtained.

7.3 Implications

The results obtained by meeting the objectives set out in the first chapter of this thesis have several implications:

- Objective O1. Firstly, the metric that has been designed is applicable both academically and professionally. At the same time, besides serving to evaluate conceptual design proposals, it can also be useful as a guide during the process of design itself for the redesign of concepts, if the aspects to be evaluated are known in advance. Furthermore, the tool encourages the introduction of the circular economy in a creative and comprehensive way into the design process, filling the gap that has existed so far in terms of evaluating the circular economy in design concepts.
- Objective O2.1. The first experiment helps to expand the knowledge we have about the relationships between the personal intrinsic factors towards a design problem and novelty and circularity, with the intention of being able to optimise decision-making so that our teams obtain better results at design practice. In this sense, design managers could analyse the intrinsic factors about a design problem to get some idea of the design team situation about the problem and arrange the teams with lowest or highest scores in the intrinsic factors accordingly. If there are no differences in the intrinsic factors, if the main goal is to generate novel ideas, design managers could make the design team get more knowledge about the problem and organize previous workshops that could lead to increase the intrinsic factors (relevance, affinity and intrinsic motivation) about the problem. Contrarily, when the main goal is to generate ideas with high fulfilment of the circularity requirements, the design manager should not need to invest additional effort to intensify the intrinsic factors. As for the occasions in which the companies seek both high novelty and high fulfilment of circularity and all the designers have similar scores for the intrinsic factors, future work is needed.
- Objective O2.2. The findings in experiment 2, have both practical and educational implications. Introducing circular requirements explicitly during the “6-3-5 Method”, would affect the range of the circularity of the design outcomes. At a practical level, this finding can help in the management of design teams in companies, in order to generate more creative and circular results. This can also have effects at an educational level. So, this study is a starting point from which to delve deeper into the interaction between the

creative method, the questions about circular requirements and the designers. The fact that the results do not show any differences regarding creativity, supports the idea that there is still a need for research on how to foster creativity when designers are required to design more circular products. As dispersion was much wider when explicitly using GQ, the notion that using this methodology affects designers differently is reinforced, but in exactly what way was not studied. Verifying this would be very important to optimise the design results according to each individual by allowing the optimum methodology to be selected according to the designer's personality profile. It would be very interesting to distinguish those methodologies affected by the designer's personality or thinking style from those that are not.

- Objective 2.3. The result obtained regarding the use of biomimicry as a conditioned stimulus opens new opportunities to create new conceptual design methods for creativity and circularity together, since it has been proved that this kind of stimuli encourage circularity while doesn't affect creativity.

7.4 Scientific contribution

7.4.1 Journal publications

Ruiz-Pastor, L., Mulet, E., Chulvi, V., & Royo, M. (2021). Effect of the application of circularity requirements as guided questions on the creativity and the circularity of the design outcomes. *Journal of Cleaner Production*, 281, 124758.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124758>

Ruiz-Pastor, L. Chulvi, V. Mulet, E., & Royo, M. The relationship between personal intrinsic factors towards a design problem and the degree of novelty and circularity. Under review at *Research in Engineering Design*.

Ruiz-Pastor, L., Chulvi, V., Royo, M., & Sampaio, J. Biomimicry as a solution for generating creative and circular design solutions. Under review at *Journal of Mechanical Design*.

7.4.2 Conference proceedings contributions

Ruiz-Pastor, L., Mulet, E., Chulvi, V., & Royo, M. (2019). Analysis of the circularity metrics applicability in the conceptual product design stage. *Proceedings from the 23rd International Congress on Project Management and Engineering* (pp. 852-864). Málaga, Spain.

7.4.3 Related publications

1.4.3.1 Conference proceedings

- Ruiz-Pastor, L., Mulet, E., Celades, I., Chulvi, V., & Veral, S. (2017). Interviewing Design Students about Circular Economy. New competences in Engineering Education in the area of sustainability and university social responsibility (pp. 123-125). *First International Conference on Engineering Education for the XXI Century – ICEE21C 2017*. Castellón, Spain.
- Ruiz-Pastor, L., Mulet, E., Veral-Borja, S., Celades, I., & Chulvi, V. (2017). Exploring the knowledge of designers about the possibilities of Circular Economy. Proceedings from the 21st International Congress on Project Management and Engineering (pp. 883-891). Cádiz, Spain.
- Mulet, E., Felip, F., Andreu, J., Ruiz-Pastor, L., & Galán, J. (2017). Caso de estudio sobre el efecto de los estímulos aleatorios forzados en el diseño creativo. Proceedings from the 21st International Congress on Project Management and Engineering (pp. 2507-2515). Cádiz, Spain.
- Celades, I., Ros, T., Rocha, C., Camocho, D., Schmidt, K., Pamminer, R., Schmidt, S., Kalleitner-Huber, M., Veral, S., Ruiz-Pastor, L., Mulet, L., & Chulvi, V. (2017). KATCH_e: Introducing circular economy into higher-education design curricula. Proceedings from the 18th European Roundtable on Sustainable Consumption and Production (pp. 887-896). *ERSCP 2017*. Skiathos, Greece.
- Ruiz-Pastor, L., Mulet, E., & Chulvi, V. (2018). Análisis de la oferta educativa sobre economía circular en la educación superior española. Proceedings from the 22nd International Congress on Project Management and Engineering (pp. 2269-2281). Madrid, Spain.
- Ruiz-Pastor, L., Royo, M., Chulvi, V., García-García, C., & Agost Torres, M. J. (2019). Efecto de las competencias específicas del ámbito de la Ingeniería en Diseño Industrial sobre la creatividad de los diseñadores. Proceedings from the 23rd International Congress on Project Management and Engineering (pp. 1895-1906). Málaga, Spain.
- Mulet, E., Ruiz-Pastor, L., & Royo, M. (2019). Preliminary study on the application of different communication techniques for circular designs. Proceedings from the 23rd International Congress on Project Management and Engineering (pp. 865-875). Málaga, Spain.
- Royo, M., Chulvi, V., Mulet, E., & Ruiz-Pastor, L. (2019). Review of the use of guiding questions in the scope of design engineering. Proceedings from the 23rd International Congress on Project Management and Engineering (pp. 674-683). Málaga, Spain.
- Rocha, C., Camocho, D., Alexandre, J., Schmidt, K., Celades López, I., Ros Dosdá, T., Kalleitner-Huber, M., Hernaez, O., Atin, E., Pamminer, R., Schmidt, S., Sampaio, J., Afonso, A., Mulet, E., & Ruiz-Pastor, R. (2019). KATCH_e: Training materials and tools for circular economy in practice. Proceedings from the 19th European Roundtable for Sustainable Consumption and Production (pp. 65-88). *ERSCP 2019*. Barcelona, Spain.
- Royo, M., Chulvi, V., Mulet, E., & Ruiz-Pastor, L. (2020) Analysis of lifetime extension in ecodesign tools and methods. Proceedings from the 24th International Congress on Project Management and Engineering (pp. 820-834). Alcoy, Spain.

1.4.3.2 Books

Afonso, A., Bundgaard, A., Rocha, C., Camocho, D., Mulet, E., Atin, E., Barros, F., Hofbauer, H., Celades, I., Sampaio, J., Alexandre, J., Lidenthal, J., Schmidt, K., Ruiz-Pastor, L., Kalleitner-Huber, M., Meissner, M., Royo, M., Hernaez, O., Pamminger, R., Lechner, R., Agudo, S., Schmidt, S., Hirsbak, S., Ros, T. & Chulvi, V. (2020). Product-Service development for circular economy and sustainability course. LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P. (C. Rocha, D. Camocho, J. Sampaio, & J. Alexandre, Eds.). ISBN: 978-989-675-063-3.

7.4.4 Future contributions

Ruiz-Pastor, L., Mulet, E., Chulvi, V. A metric for evaluating novelty and circularity together in conceptual design proposals. In preparation to send to Journal of Cleaner Production.

CHAPTER 8

FUTURE WORK

In this chapter, different possible research lines are set out to give a continuation to the work carried out. The possibilities for future work are shown, classified by subject and according to the two main objectives of this Thesis.

-empty page-

8.1 Introduction

Based on the work carried out in the thesis and the fulfilment of the objectives, several lines of work have been proposed, in which it would be possible to deepen in the future. In the following sections, different possibilities for continuing the work developed are shown.

8.2 Future work regarding the metric for concept evaluation designed

8.2.1 Application of the metric in practical cases, with professional level concepts

The validation of the metric has been done by evaluating design concepts generated by design students or novice designers. It would be interesting to apply the metrics designed in this Thesis to concepts proposed by professional product designers. In this way, it could be observed how CN_Con responds when design proposals are of a higher level in response to real cases and the scores achieved by them are therefore higher.

8.2.2 Study of the exact scoring for biodegradable materials discarded in landfills

In Chapter 6 of the Thesis, it has been defined how to score biodegradable materials, as well as compostable ones. With regard to the first ones, it has been proposed that when they are landfilled, their score is somewhat more favourable than for other types of materials in the same situation. Thus, the score in this case has been established as 0.1, the same as for incinerable materials and seeking consistency with the rest of the metric. From this, as has also been mentioned in the corresponding chapter, a possible future work arises, consisting of the study of how much higher exactly the score of biodegradable materials deposited in landfill would be with respect to that of other materials. This study could be carried out by analysing the impact of a variety of real products, with and without the content of biodegradable materials, and then comparing them.

8.2.3 Study of how the concept scores change according to the importance of the functions

The establishment of functions and its importance is an important step in CN_Con metric. The importance of the functions has a lot of relevance in the final score of each concept, on the other hand. Therefore, would be interesting to study how the weights established for each function in the concepts makes changing their final score. In this line, a potential future work would be to perform a sensibility analysis in order to study how the change of importance among functions affects the results.

8.2.4 Study of the behaviour of the metric with different types of products

The concept evaluation metrics has been designed and validated with products of different typologies. Thus, since design is a very wide field, in which many topics play a role, it would be considerable to validate the functioning of metrics with other typologies within this discipline. In this way, it would be possible to introduce the circular economy model into the creative process in a more global way and from the early stages of the creation process, within more and diverse fields that product design covers.

8.2.5 Automating and graphic improvement of the tool

Another aspect that gives continuity to this work is the automation of the tool, providing the user with a more simple and complete user experience. This can be achieved by designing a digital tool or software, for example, in which the user introduces the corresponding parameters and obtaining both the final result and the different intermediate results is automatic and intuitive. This new way of presenting the metrics could also explain in an automated and simple way the meaning of each parameter and its score to the user, speeding up the procedure. In addition, the experience of using the tool can be enriched through a graphic improvement of the interface with which the user works. The results could also be provided graphically or include possibilities for improving the concept being evaluated. The previous sub-section (8.2.3) could also be included within this line of work.

8.2.6 Adaptation to be used as a design aid method

The designed metric is an evaluation tool, designed to score conceptual design proposals (based on results). Another of the possible future lines of work is to adapt it so that, in addition to evaluating, it also works as a design or redesign method (based on processes), thus helping to design considering the principles of the circular economy and the novelty of the proposals from the very first moment, before the conceptual design proposals are generated.

8.3 Future work regarding the introduction of circular economy in the design process

8.3.1 Personal intrinsic factors of the designer and circularity and creativity

The results obtained in the first experiment raise a new hypothesis: the closeness to the problem (in terms of relevance, affinity, knowledge and motivation) may cause designers stop working on circularity, looking for more novel results, while, when they feel detached from the design problem, they achieve more circular results. So, this hypothesis will have to be tested in a possible future work, by analysing the time they spend on searching for information, to see if it is

really confirmed. It is also necessary to study if extrinsic motivation has the same effect in the results obtained as the intrinsic motivation does, por lo que these two aspects (information search time and the effect of extrinsic motivation) could be studied in a future experiment. Furthermore, all the participants in the experiment are novice designers, students in the last year of the Bachelor's Degree in Industrial Design, and it would thus be interesting to conduct further studies to see whether the same thing happens with experienced designers. On the other hand, further research regarding the first experiment, will be needed to solve the problem of lower novelty when designers present low motivation, knowledge, relevance and affinity with the problem.

8.3.2 Design method and circularity and creativity

With regard to the conclusions obtained in the second experiment carried out in this Thesis, in order to make up for the limited results and improve the external validity of the experiment, it would be a good idea to enlarge the number of participants in future experiments. Also, working with different profiles of participants and contexts, would allow to achieve more extensive and diverse data and to ratify the results obtained in this work. Ya que, future research lines in the design methodologies field, indicate that it is worth studying the human-method interaction in order to optimise the design process by selecting optimum methodologies for each type of person.

8.3.3 Conditioning of random stimulus and circularity and creativity

The result obtained in the third experiment, also opens new doors to the creation of new conceptual design techniques for creativity and circularity together. Future work, therefore, can lead to the design and testing of new methodologies with this approach, with the use of biomimicry as a guided stimulus. Also, if considering circularity as a “strict design requirement”, this conclusion could also be opened to other specific design requirements, allowing to break the tendency towards the decrease of creativity that confront designers when are expected to implement very strict design requirements (Cucuzzella, 2016).

8.3.4 How the preparation in CE of the experiment participants affects the results

First and second experiments start with an introduction in which participants are informed about circular economy. Third experiment was carried out with participants who already knew about circular economy. Therefore, all the participants were prepared prior to the experiments, so would be interesting to investigate which is the influence of this preparation, what means, to study the effect of the two different types of training and have not extra training on the results generated.

8.3.5 Continuing the study of the influence of the introduction of circularity in the creative design process

Finally, another line of work to be followed would be the extension of the work begun in the second objective of the Thesis (O2), in which it has been studied how the introduction of circularity affects the creative design process. In this Thesis, three specific aspects of the introduction of circularity requirements into the creative process have been studied (Chapter 1, Sub-section 1.2.1). This number could be increased by analysing other variants of integrating circularity into the creative design process in order to further expand the knowledge of how to do this integration without affecting the creativity of designers. This is why further experiments could be carried out with both novice and expert designers.

With this chapter and its proposals for future work, the work carried out in this Thesis is completed. In it, an evaluation metric of novelty and circularity together for product concepts has been designed. The tool designed assumes circularity as the utility in the definition of creativity. Furthermore, solving the second of the main objectives of this Thesis, an insight is made into how the introduction of the circular economy affects the creative design process. It also studies how different aspects of it could be adapted so that the conceptual proposals obtained are novel and circular to a greater extent. These two aspects are essential today in the design process, fulfilling the concept that is being designed, at the same time, the functionality required in the future product.

REFERENCIAS

- Abernathy, W., & Utterback, J. (1978). Patterns of industrial innovation. *Technology Review*, 80(7), 40–47.
- Achterberg, E., Hinfelaar, J., & Bocken, N. M. P. (2016). The Value Hill Business Model Tool : identifying gaps and opportunities in a circular network. *In Preparation*.
- Afonso, A., Bundgaard, A., Rocha, C., Camocho, D., Mulet, E., Atin, E., ... Chulvi, V. (2020). *Product-Service development for circular economy and sustainability course*. (C. Rocha, D. Camocho, J. Sampaio, & J. Alexandre, Eds.). Retrieved from https://www.katche.eu/wp-content/uploads/2020/09/KATCH_ebook_2020q.pdf
- Ahmed, S., Wallace, K. M., & Blessing, L. T. (2003). Understanding the differences between how novice and experienced designers approach design tasks. *Research in Engineering Design*, 14(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s00163-002-0023-z>
- Akao, Y. (1990). *QFD: integrating customer requirements into product design*. Cambridge, MA.
- Altshuller, G. S. (1984). *Creativity as an exact science: the theory of the solution of inventive problems*. Gordon and Breach.
- Altshuller, G. S. (1997). Introducción a la innovación sistemática: TRIZ. *TRIZ*.
- Altshuller, G. S. (1999). *The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity*. MA: Technical Innovation Center.
- Alves, J., Marques, M. J., Saur, I., & Marques, P. (2007). Creativity and Innovation through Multidisciplinary and Multisectoral Cooperation. *Creativity and Innovation Management*, 16(1), 27–34. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8691.2007.00417.x>
- Amabile, T., & Amabile, T. (1996). *Creativity in context*. Westview Press. Retrieved from https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=pZI4DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&dq=Creativity+in+Context&ots=tvJrO86sFs&sig=e_mIOyFkQuYSo0gYKW_Gf3uLkh0#v=onepage&q=Creativity+in+Context&f=false
- Amabile, T. M. (1983). The social psychology of creativity: A componential conceptualization. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45(2), 357–376. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.45.2.357>
- Ameta, G. (2009). Design for sustainability: overview and trends. In *Proceedings of ICED 09, the 17th International Conference on Engineering Design* (pp. 24–27). Palo Alto, USA. <https://doi.org/DS 58-7>
- Andrews, D. (2015). The circular economy, design thinking and education for sustainability. *Local Economy*, 30(3), 305–315. <https://doi.org/10.1177/0269094215578226>
- Arundel, A., & Kemp, R. (2009). Measuring eco-innovation (UNU-MERIT Working paper; No. 017). Retrieved from <http://merit.unu.edu/publications/wppdf/2009/wp2009-017.pdf>
- Asimov, M. (1962). A Philosophy of Engineering Design. In *Contributions to a Philosophy of Technology* (pp. 150–157). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-010-2182-1_14
- AskNature - AskNature. (n.d.). Retrieved September 30, 2020, from <https://asknature.org/>
- Awan, U., Sroufe, R., & Kraslawski, A. (2019). Creativity enables sustainable development: Supplier engagement as a boundary condition for the positive effect on green innovation. *Journal of Cleaner Production*, 226, 172–185.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.308>

- Bahill, A., Alford, M., Bharathan, K., Clymer, J., Dean, D., Duke, J., ... Wymore, A. (1998). The design methods comparison project. *IEEE Transactions on Systems*, 28(1), 80–103.
- Bakker, C., Wang, F., Huisman, J., & Den Hollander, M. (2014). Products that go round: Exploring product life extension through design. *Journal of Cleaner Production*, 69, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.028>
- Bakshi, B. R., & Fiksel, J. (2003). The quest for sustainability: challenges for process systems engineering. *AIChE Journal*, 49 (6), 1350–1358.
- Bertram, D. (2007). Likert Scales are the meaning of life. Retrieved March 23, 2020, from <http://poincare.matf.bg.ac.rs/~kristina//topic-dane-likert.pdf>.
- Bicicas. (n.d.). Retrieved September 29, 2020, from <https://www.bicicas.es/>
- Bilitewski, B. (2012, January). The Circular Economy and its Risks. *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.10.004>
- Björklund, T. A. (2013). Initial mental representations of design problems: Differences between experts and novices. *Design Studies*, 34(2), 135–160. <https://doi.org/10.1016/J.DESTUD.2012.08.005>
- Blessing, L. (1994). *A Process based Approach to Computer Supported Engineering Design*. University of Twente.
- Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 603–614. <https://doi.org/10.1111/jiec.12603>
- Bocken, N., & Evans, J. (2013). CE Toolkit. Retrieved February 6, 2019, from <http://circulareconomytoolkit.org/Assessmenttool.html>
- Bocken, N. M. P., Allwood, J. M., Willey, A. R., & King, J. M. H. (2012). Development of a tool for rapidly assessing the implementation difficulty and emissions benefits of innovations. *Technovation*, 32(1), 19–31. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2011.09.005>
- Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016a). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
- Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016b). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
- Bocken, N. M. P., Olivetti, E. A., Cullen, J. M., Potting, J., & Lifset, R. (2017, June 1). Taking the Circularity to the Next Level: A Special Issue on the Circular Economy. *Journal of Industrial Ecology*. Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1111/jiec.12606>
- Bockholt, M. T., Kristensen, J. H., Wahrens, B. V., & Evans, S. (2019). Learning from the Nature: Enabling the Transition Towards Circular Economy Through Biomimicry. In *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 870–875). IEEE Computer Society. <https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978540>
- Bovea, M. D., & Pérez-Belis, V. (2012). A taxonomy of ecodesign tools for integrating environmental requirements into the product design process. *Journal of Cleaner Production*, 20(1), 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.012>
- Brass, C., & Mazzarella, F. (2015). Are we asking the right questions? Rethinking post-graduate design education towards sustainable visions for the future. *E&PDE 2015: Great*

- Expectations: Design Teaching, Research & Enterprise*. Retrieved from <https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/handle/2134/18957>
- Brezet, H., & van Hemel, C. (1997). *Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*. Paris: UNEP.
- Brown, T. (2009). *Change by design: How design thinking transforms organizations and inspires innovation*. New York, New York, USA: Harper and Collins.
- Buchanan, R. (2001). Human Dignity and Human Rights: Thoughts on the Principles of Human-Centered Design. *Design Issues*, 17(3), 35–39. <https://doi.org/10.1162/074793601750357178>
- Cabunoc, A., & You, J. A. (n.d.). GiraDora . Retrieved September 29, 2020, from <https://ecoinventos.com/giradora-lavadora-y-secadora-a-pedal/>
- Camacho-Otero, J. (2015). Circularity assessment for companies: elements for a general framework. *Sustainable Urban Development*.
- Cápsulas ecológicas . (n.d.). Retrieved September 30, 2020, from https://eco-capsules-reutilisables.com/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=ES&gclid=EAIaIQobChMila-jt7Ho6gIVCibVCh378A0yEAAYASAAEgKq3fD_BwE
- Cardoso, C., Badke-Schaub, P., & Eris, O. (2016). Inflection moments in design discourse: How questions drive problem framing during idea generation. *Design Studies*, 46, 59–78. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2016.07.002>
- CE Designer. (n.d.). Retrieved September 30, 2020, from <https://tools.katche.eu/designer/>
- Ceschin, F., & Gaziulusoy, I. (2016). Evolution of design for sustainability: From product design to design for system innovations and transitions. *Design Studies*, 47, 118–163. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2016.09.002>
- Chakrabarti, A. (2003). Towards a measure for assessing creative influences of a creativity technique. In *DS 31: Proceedings of ICED 03, the 14th International Conference on Engineering Design* (pp. 157–158). Stockholm, Sweden.
- CHAKRABARTI, A., SARKAR, P., LEELAVATHAMMA, B., & NATARAJU, B. S. (2005). A functional representation for aiding biomimetic and artificial inspiration of new ideas. *AI EDAM*, 19(02), 113–132. <https://doi.org/10.1017/S0890060405050109>
- Chakrabarti, A., & Tang, M. X. (1996). Generating Conceptual Solutions on Function: Evolution of a Functional Synthesiser. In *Artificial Intelligence in Design '96* (pp. 603–622). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-009-0279-4_32
- Chang, Y. S., Chien, Y. H., Yu, K. C., Chu, Y. H., & Chen, M. Y. C. (2016). Effect of TRIZ on the creativity of engineering students. *Thinking Skills and Creativity*, 19, 112–122. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2015.10.003>
- Charter, M. (2018). *Designing for the circular economy*. Routledge.
- Chen, J., & Liu, C. (2003). An eco-innovative design method by green QFD and TRIZ tools. In *Proceedings of ICED 03, the 14th International Conference on Engineering Design*. Stockholm.
- Cherifi, A., Dubois, M., Gardoni, M., & Tairi, A. (2015). Methodology for innovative eco-design based on TRIZ. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 9(3), 167–175. <https://doi.org/10.1007/s12008-014-0255-y>
- Chiu, M. L. (2002). An organizational view of design communication in design collaboration. *Design Studies*, 23(2), 187–210. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(01\)00019-9](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(01)00019-9)

- Christiaans, H. H. C. M. (2002). Creativity as a design criterion. *Creativity Research Journal*, 14(1), 41–54. https://doi.org/10.1207/S15326934CRJ1401_4
- CHULVI RAMOS, V., MULET ESCRIG, E., & GONZÁLEZ CRUZ, M. C. (2012). MEDIDA DE LA CREATIVIDAD EN PRODUCTOS: METRICAS Y OBJETIVIDAD. *DYNA INGENIERIA E INDUSTRIA*, 87(3), 80–89. <https://doi.org/10.6036/4138>
- Chulvi, V., Agost, M. J., Felip, F., & Gual, J. (2020). Natural elements in the designer's work environment influence the creativity of their results. *Journal of Building Engineering*, 28, 101033. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101033>
- Chulvi, V., & González-Cruz, C. (2016). Influencia de la metodología de diseño en los parámetros emocionales del diseñador y en los resultados del diseño. *DYNA (Colombia)*, 83(196), 106–112. <https://doi.org/10.15446/dyna.v83n196.49783>
- Chulvi, V., González-Cruz, M. C., & Mulet, E. (2015). Influencia de perfiles de personalidad lógicos y no estructurados en la elaboración de diseños creativos. *Anales de Psicología*, 31(3), 1062–1068. <https://doi.org/10.6018/analesps.31.3.145881>
- Chulvi, V., Mulet, E., Chakrabarti, A., López-Mesa, B., & González-Cruz, C. (2012). Comparison of the degree of creativity in the design outcomes using different design methods. *Journal of Engineering Design*, 23(4), 241–269. <https://doi.org/10.1080/09544828.2011.624501>
- Chulvi, V., Mulet, E., & González-Cruz, M. C. (2012). Medida de la creatividad en productos: Métricas y objetividad. *Dyna Ingeniería e Industria*, 87(1), 80–89. <https://doi.org/10.6036/4138>
- Chulvi, V., & Vidal, R. (2011). Usefulness of evolution lines in eco-design. In *Procedia Engineering* (Vol. 9, pp. 135–144). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.03.107>
- Collado-Ruiz, D., & Ostad-Ahmad-Ghorabi, H. (2010). Influence of environmental information on creativity. *Design Studies*, 31(5), 479–498. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2010.06.005>
- Cooper, T. (2005). Slower consumption: Reflections on product life spans and the “throwaway society.” In *Journal of Industrial Ecology* (Vol. 9, pp. 51–67). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1162/1088198054084671>
- Cooper, W. S. (1971). A definition of relevance for information retrieval. *Information Storage and Retrieval*, 7(1), 19–37. [https://doi.org/10.1016/0020-0271\(71\)90024-6](https://doi.org/10.1016/0020-0271(71)90024-6)
- Corbett, J., & Crookall, P. R. (1986). Design for Economic Manufacture. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 35(1), 93–97. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)61846-0](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)61846-0)
- Cosijn, E., & Ingwersen, P. (2000). Dimensions of relevance. *Information Processing and Management*, 36(4), 533–550. [https://doi.org/10.1016/S0306-4573\(99\)00072-2](https://doi.org/10.1016/S0306-4573(99)00072-2)
- Cradle to Cradle Products Innovation Institute. (n.d.). Cradle to Cradle Certified™. Retrieved September 29, 2020, from <https://www.c2ccertified.org/get-certified/product-certification>
- Craig Foster. (n.d.). Lámpara Kurk . Retrieved September 29, 2020, from <http://designaholic.mx/disenio/disenio-socialsustentable/lampara-kurk-por-craig-foster/>
- Cropley, D. H., & Cropley, A. J. (2005). Engineering creativity: A systems concept of functional creativity. *Creativity across Domains: Faces of the Muse*, 1(15), 169–185.
- Cross, N. (1999). *Métodos de diseño*. Mexico: Limusa.
- Csikszentmihalyi, M. (1998). *Creatividad: el flujo y la psicología del descubrimiento y la invención*. Barcelona: Paidós.

- Cucuzzella, C. (2016). Creativity, sustainable design and risk management. *Journal of Cleaner Production*, 135, 1548–1558. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.076>
- Curran, R., Raghunathan, S., & Price, M. (2004, November 1). Review of aerospace engineering cost modelling: The genetic causal approach. *Progress in Aerospace Sciences*. Pergamon. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2004.10.001>
- d’Orville, H. (2019). The relationship between sustainability and creativity. *Cadmus*. *Cadmus*, 4 (1), 65–73.
- Davidsson, B. N. (1998). *Modified product quality tools for improved environmental design in small and medium sized enterprises*. Lund University.
- de Aguiar, J., de Oliveira, L., da Silva, J. O., Bond, D., Scalice, R. K., & Becker, D. (2017). A design tool to diagnose product recyclability during product design phase. *Journal of Cleaner Production*, 141, 219–229. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.074>
- Dean, D. L., Hender, J., Rodgers, T., & Santanen, E. (2006). Identifying Good Ideas: Constructs and Scales for Idea Evaluation. *Journal of Association for Information Systems*, 7(10), 646–699.
- DeBono, E. (1970). *Lateral Thinking: Creativity Step by Step*. New York, New York, USA: Harper and Row.
- Decathlon. (n.d.-a). ALUMBRADO BICICLETA LED . Retrieved September 29, 2020, from https://www.decathlon.es/es/p/alumbrado-bicicleta-led-fl-500-delantero-usb/_/R-p-522?mc=8327941&c=NEGRO
- Decathlon. (n.d.-b). Linterna dinamo . Retrieved September 29, 2020, from https://www.decathlon.es/es/p/linterna-dinamo-y-bateria-de-montana-y-trekking-forclaz500-75-lumenes-recargable/_/R-p-166852?mc=8485331&c=AZUL
- Deci, E. L. (1972). Intrinsic motivation, extrinsic reinforcement, and inequity. *Journal of Personality and Social Psychology*, 22(1), 113–120. <https://doi.org/10.1037/h0032355>
- den Hollander, M. C., Bakker, C. A., & Hultink, E. J. (2017). Product Design in a Circular Economy: Development of a Typology of Key Concepts and Terms. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 517–525. <https://doi.org/10.1111/jiec.12610>
- Di Maio, F., & Rem, P. C. (2015). A Robust Indicator for Promoting Circular Economy through Recycling. *Journal of Environmental Protection*, 06(10), 1095–1104. <https://doi.org/10.4236/jep.2015.610096>
- Dupont-Inglis, J. (2015). Circular Economy: All Eyes on the Juncker Commission’s Next Move. Retrieved from <http://suschem.blogspot.nl/2015/04/circular-economy-all-eyes-on-juncker.html>
- EASTPAK. (n.d.). Mochila . Retrieved October 1, 2020, from <https://www.caloriol.com/p1206929-mochila-eastpak-padded-pakr-sunday-grey-k620-363.html>
- Eberle, R. (1971). *Scamper: gamesforimagination development*. BuffaloN.
- EcoInnova™. (n.d.). Tapas de Silicona Reutilizables . Retrieved September 30, 2020, from https://www.ecoinnova.es/products/eco-tapas?pr_prod_strat=copurchase&pr_rec_pid=1271393583151&pr_ref_pid=1277563666479&pr_seq=uniform
- EEA. (2017). *Circular by design - Products in the circular economy, European Environmental Agency Report, No. 6/2017*. <https://doi.org/10.2800/860754>

- Eisenhard, J. L., Wallace, D. R., Sousa, I., & De Schepper, M. S. Rombouts, J. P. (2000). Approximate life-cycle assessment in conceptual product design. *Journal of Industrial Ecology*, 4(4), 61–82.
- Elia, V., Gnoni, M. G., & Tornese, F. (2017). Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.196>
- Ellen Macarthur Foundation; Granta Design. (2015). *Circularity Indicators. An approach to Measuring Circularity. Methodology.* Retrieved from https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators_Methodology_May2015.pdf
- Ellen MacArthur Foundation. (2012). *Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition.*
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 2, 23–44. Retrieved from https://www.werktrends.nl/app/uploads/2015/06/Rapport_McKinsey-Towards_A_Circular_Economy.pdf
- Ellen MacArthur Foundation. (2014). *Towards the circular economy. Acelerating the scale-up across global supply chains.* Retrieved from <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/towards-the-circular-economy-vol-3-accelerating-the-scale-up-across-global-supply-chains>
- Elsbach, K. D., & Hargadon, A. B. (2006). Enhancing Creativity Through “Mindless” Work: A Framework of Workday Design. *Organization Science*, 17(4), 470–483. <https://doi.org/10.1287/orsc.1060.0193>
- Eris, O. (2004). *Effective inquiry for innovative engineering design.* Springer Science & Business Media.
- Ernzer, M., & Birkhofer, H. (2005). *Requirements for environmentally friendly and marketable products. Environmentally-Friendly Product Development. Methods and Tools.* London: Springer-Verlag.
- European Commission. (2008). *Directive 2008/98/EC on waste (Waste Framework Directive).* Brussels.
- European Commission. (2011). *A resource-efficient Europe² Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy.* Brussels. [https://doi.org/COM\(2011\) 21](https://doi.org/COM(2011) 21)
- European Commission. (2014). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: On the review of the list of critical raw materials for the EU.* Brussels.
- European Commission. (2015). *EU Action plan for the Circular Economy.* Brussels.
- European Commission. (2017). *Public Procurement for a Circular Economy: Good practice and guidance.* Brussels.
- European Commission. (2018). *Commission Staff Working Document. EU green public procurement criteria for furniture.* [https://doi.org/SWD\(2017\) 283 final/2](https://doi.org/SWD(2017) 283 final/2)
- European Commission. (2019). *Taking action on the TOTAL impacts of the construction sector.* Retrieved from <http://ec.europa.eu/environment/eussd/buildings.htm>.
- European Commission. (2020). *Categorisation system for the circular economy.* Brussels.
- European Environment Agency (EEA). (2016). *Circular economy in Europe.* Copenhagen, Denmark.

- Faria, C. (2015). Reduzir, Reutilizar e Reciclar [Reduce, Re-use and Recycle].
- Figge, F., Thorpe, A. S., Givry, P., Canning, L., & Franklin-Johnson, E. (2018). Longevity and Circularity as Indicators of Eco-Efficient Resource Use in the Circular Economy. *Ecological Economics*, *150*, 297–306. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.030>
- Fiorineschi, L., Frillici, F., & F, R. (2020). Impact of missing attributes on the novelty metric of Shah et al. *Research in Engineering Design*, *31*, 221–234. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00163-020-00332-x>
- Fussler, C., & James, P. (1996). *Driving eco-innovation: a breakthrough discipline for innovation and sustainability*. London: Pearson Professional Ltd.
- Galotti, K. M. (2005). *Making decisions that matter: How people face important life choices*. Psychology Press.
- García-García, C., Chulvi, V., Royo, M., Gual, J., & Felip, F. (2019). Does the work environment affect designers' creativity during the creative phase depending on their personality profile? *Thinking Skills and Creativity*, *33*, 100578. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2019.100578>
- Gehin, A., Zwolinski, P., & Brissaud, D. (2008). A tool to implement sustainable end-of-life strategies in the product development phase. *Journal of Cleaner Production*, *16*(5), 566–576. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.02.012>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017, February 1). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Gilli, M., Nicolli, F., & Farinelli, P. (2018). Behavioural attitudes towards waste prevention and recycling. *Ecological Economics*, *154*, 294–305. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.08.009>
- Gilpin, A. (1996). Dictionary of environment and sustainable development. *Dictionary of Environment and Sustainable Development*.
- Gilson, L. L., Lim, H. S., D'Innocenzo, L., & Moye, N. (2012). One Size Does Not Fit All: Managing Radical and Incremental Creativity. *The Journal of Creative Behavior*, *46*(3), 168–191. <https://doi.org/10.1002/jocb.12>
- Golinska, P., Kosacka, M., Mierzwiak, R., & Werner-Lewandowska, K. (2015). Grey Decision Making as a tool for the classification of the sustainability level of remanufacturing companies. *Journal of Cleaner Production*, *105*, 28–40. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.040>
- Graedel, T. E., Comrie, P. R., & Sekutowski, J. C. (1995). Green Product Design. *AT&T Technical Journal*, *74*(6), 17–25. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1995.tb00262.x>
- Grewal, L., Hmurovic, J., Lamberton, C., & Reczek, R. W. (2019). The Self-Perception Connection: Why Consumers Devalue Unattractive Produce. *Journal of Marketing*, *83*(1), 89–107. <https://doi.org/10.1177/0022242918816319>
- Grossman, S., & Lloyd, P. (2006). Animal crackers.
- Guildford, J. P. (1968). *Intelligence, creativity, and their educational implications*. San Diego: RR Knapp.
- Heijungs, R., Huppel, G., & Guinée, J. B. (2010). Life cycle assessment and sustainability analysis of products, materials and technologies. Toward a scientific framework for sustainability life cycle analysis. *Polymer Degradation and Stability*, *95*(3), 422–428. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2009.11.010>

- Hennies, L., & Stamminger, R. (2016). An empirical survey on the obsolescence of appliances in German households. *Resources, Conservation and Recycling*, 112, 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.04.013>
- Higgins, J. M. (1994). *Creative Problem Solving Techniques. The Handbook of New Ideas for Business*. New Management Publishing Company.
- Howard, T., Culley, S., & Dekoninck, E. (2008). Creative stimulation in conceptual design: An analysis of industrial case studies. In *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference* (Vol. 4, pp. 161–170). American Society of Mechanical Engineers Digital Collection. <https://doi.org/10.1115/DETC2008-49672>
- Howard, T. J., Culley, S., & Dekoninck, E. A. (2011). Reuse of ideas and concepts for creative stimuli in engineering design. *Journal of Engineering Design*, 22(8), 565–581. <https://doi.org/10.1080/09544821003598573>
- Howard, T. J., Culley, S. J., & Dekoninck, E. A. (2009). Stimulating creativity: a more practical alternative to TRIZ. In M. Norell Bergendahl, M. Grimheden, L. Leifer, P. Skogstad, & U. Lindemann (Eds.), *17th international conference on engineering design, ICED'09*. California.
- <http://loempixel.com/500/500/>. (n.d.). Retrieved October 1, 2020, from <http://loempixel.com/500/500/>
- Hu, Z., Zhao, Y., Chen, Y., & Xiang, D. (2011). An improved TRIZ-CBR model for rapidly innovative design. In *Advanced Materials Research* (Vol. 308–310, pp. 126–131). Trans Tech Publications Ltd. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.308-310.126>
- IDEAL&CO Explore, & Ellen MacArthur Foundation. (2020). Circularity Calculator. Retrieved September 30, 2020, from <http://www.circularitycalculator.com/free/>
- IDEO. (n.d.). Design Kit. Retrieved September 29, 2020, from <https://www.designkit.org/methods>
- IKEA. (n.d.). Repara tus muebles . Retrieved September 29, 2020, from <https://www.ikea.com/es/es/campaigns/repara-tus-muebles-pub95ded6b1>
- Inoue, S., Rodgers, P. A., Tennant, A., & Spencer, N. (2017). Reducing Information to Stimulate Design Imagination. In *Design Computing and Cognition '16* (pp. 3–21). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44989-0_1
- ISO. (2006). *ISO 14040-44 Environmental Management e Lifecycle Assessment: Principles and Framework* (Vol. 14040–44). Geneva, Switzerland.
- Ito, K., Leung, A. K. y., & Huang, T. (2020). Why do cosmopolitan individuals tend to be more pro-environmentally committed? The mediating pathways via knowledge acquisition and emotional affinity toward nature. *Journal of Environmental Psychology*, 68, 101395. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101395>
- Iustin-Emanuel, Alexandru, & Taşnadi, A. (2014). *FROM CIRCULAR ECONOMY TO BLUE ECONOMY*.
- Jawahir, I. S., & Bradley, R. (2016). Technological elements of circular economy and the principles of 6R-based closed-loop material flow in sustainable manufacturing. *Procedia CIRP*, 40(1), 103–108.
- Johnson, E. F., & Gay, A. (1995). Practical, customer-oriented DFE methodology. In *IEEE International Symposium on Electronics & the Environment* (pp. 47–50). IEEE. <https://doi.org/10.1109/isee.1995.514949>
- Jones, J. C. (1970). *Design Methods: Seeds of Human Futures*. New York, New York, USA:

Wiley- Interscience.

- Jordanous, A. (2012). A Standardised Procedure for Evaluating Creative Systems: Computational Creativity Evaluation Based on What it is to be Creative. *Cognitive Computation*, 4(3), 246–279. <https://doi.org/10.1007/s12559-012-9156-1>
- Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert scale: Explored and explained. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 396–403.
- Justel, D. (2008). *Metodología para la eco-innovación en el diseño para desensamblado de productos industriales*. Universitat Jaume I.
- Kajzer Mitchell, I., & Walinga, J. (2017). The creative imperative: The role of creativity, creative problem solving and insight as key drivers for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 140, 1872–1884. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.162>
- Karlsson, M. (1997). *Green concurrent engineering assuring environmental performance in product development*. Sweden.
- Keoleian, G., & Curran, M. (1995). Life cycle design framework and demonstration projects. Cincinnati, OH: Environmental Protection Agency.
- Kim, J., & Ryu, H. (2014). A Design Thinking Rationality Framework: Framing and Solving Design Problems in Early Concept Generation. *Human–Computer Interaction*, 29(5–6), 516–553. <https://doi.org/10.1080/07370024.2014.896706>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017, December 1). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Küçüksayraç, E., Keskin, D., & Brezet, H. (2015). Intermediaries and innovation support in the design for sustainability field: cases from the Netherlands, Turkey and the United Kingdom. *Journal of Cleaner Production*, 101, 38–48. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.078>
- Kudrowitz, B. M., & Wallace, D. (2013). Assessing the quality of ideas from prolific, early-stage product ideation. *Journal of Engineering Design*, 24(2), 120–139. <https://doi.org/10.1080/09544828.2012.676633>
- Kunrath, K., Cash, P., & Kleinsmann, M. (2020). Designers’ professional identity: personal attributes and design skills. *Journal of Engineering Design*. <https://doi.org/10.1080/09544828.2020.1743244>
- Leismann, K., Schmitt, M., Rohn, H., & Baedeker, C. (2013). Collaborative Consumption: Towards a Resource-Saving Consumption Culture. *Resources*, 2(3), 184–203. <https://doi.org/10.3390/resources2030184>
- Lepper, M. R., Greene, D., & Nisbett, R. E. (1973). Undermining children’s intrinsic interest with extrinsic reward: A test of the “overjustification” hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 28(1), 129–137. <https://doi.org/10.1037/h0035519>
- Li, H., Bhowmick, S. S., & Sun, A. (2011). AffRank: Affinity-driven ranking of products in online social rating networks. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 62(7), 1345–1359. <https://doi.org/10.1002/asi.21555>
- Life’s Principles Play Deck - Biomimicry 3.8. (n.d.). Retrieved September 30, 2020, from <https://biomimicry.net/product/lifes-principles-cards/>
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140), 55.
- Limberg, L. (1998). *Att söka information för att lära*. Gothenburg: Valfrid.

- Linder, M., Sarasini, S., & van Loon, P. (2017). A Metric for Quantifying Product-Level Circularity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 545–558. <https://doi.org/10.1111/jiec.12552>
- Linsey, J. (2007). *Design-by-Analogy and Representation in Innovative Engineering Concept Generation*. Retrieved from <https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/3787>
- Linsey, J. S., Wood, K. L., & Markman, A. B. (2008). Increasing innovation: Presentation and evaluation of the wordtree design-by-analogy method. In *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference* (Vol. 4, pp. 21–32). American Society of Mechanical Engineers Digital Collection. <https://doi.org/10.1115/DETC2008-49317>
- Lloveras, J. (2013). Conceptual design guide for energy and water consumptions. In *Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design (ICED13)* (pp. 311–320). Seoul, Korea. Retrieved from <https://www.designsociety.org/publication/35008/Conceptual+design+guide+for+energy+and+water+consumptions>
- Löfqvist, L. (2010). Product and process novelty in small companies' design processes. *Creativity and Innovation Management*, 19(4), 405–416. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8691.2010.00579.x>
- López-Forniés, I., Sierra-Pérez, J., Boschmonart-Rives, J., & Gabarrell, X. (2017). Metric for measuring the effectiveness of an eco-ideation process. *Journal of Cleaner Production*, 162, 865–874. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.138>
- López-Martínez, O., & Navarro-Lozano, J. (2008). Estudio comparativo entre medidas de creatividad: TCTT VS. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 24(1), 138–142.
- López-Mesa, B., Mulet, E., Vidal, R., & Thompson, G. (2011). Effects of additional stimuli on idea-finding in design teams. *Journal of Engineering Design*, 22(1), 31–54. <https://doi.org/10.1080/09544820902911366>
- Lozano, R. (2014). Creativity and organizational learning as means to foster sustainability. *Sustainable Development*, 22(3), 205–216. <https://doi.org/10.1002/sd.540>
- Luttrupp, C., & Lagerstedt, J. (2006). EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. *Journal of Cleaner Production*, 14(15–16), 1396–1408. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.022>
- Macetas Ecológicas . (n.d.). Retrieved September 29, 2020, from https://www.cocopot.es/semilleros/7-macetas-ecologicas-o8cm-biodegradables-0634438651161.html?gclid=EAIaIQobChMI86bLiebq6gIV2IjVCh00cwhoEAYYCSABEGKzFfD_BwE
- Mccoy, J. M., & Evans, G. W. (2002). The Potential Role of the Physical Environment in Fostering Creativity. *Creativity Research Journal*, 14, 409–426. https://doi.org/10.1207/S15326934CRJ1434_11
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. (1972). *The Limits to Growth*. New York, New York, USA: Universe Books.
- Medeiros Leopoldino, K., Aguirre González, M., de Oliveira Ferreira, P., de Melo, D., & de Vasconcelos, R. (2017). *Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design : VOLUME 8: Human Behaviour in Design. DS 87-8 Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED 17) Vol 8: Human Behaviour in Design, Vancouver, Canada, 21-25.08.2017*. Retrieved from <https://www.designsociety.org/publication/39835/Elements+to+the+development+of+a+creativity+technique>

- Melles, G., de Vere, I., & Mistic, V. (2011). Socially responsible design: thinking beyond the triple bottom line to socially responsive and sustainable product design. *CoDesign*, 7(3–4), 143–154. <https://doi.org/10.1080/15710882.2011.630473>
- Mesa, J., Esparragoza, I., & Maury, H. (2018). Developing a set of sustainability indicators for product families based on the circular economy model. *Journal of Cleaner Production*, 196, 1429–1442. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.131>
- Michalko, M. (2006). *hinkpak: A Brainstorming Card Deck*. Random House Digital, Inc.
- Miedzinski, M., Doranova, A., Castel, J., Roman, L., Jones, H., Zoboli, E., & Charter, M. (2016). Eco-innovate! a guide to eco-innovation for SMEs and business coaches.
- Mileham, A. R., Currie, G. C., Miles, A. W., & Bradford, D. T. (1993). A parametric approach to cost estimating at the conceptual stage of design. *Journal of Engineering Design*, 4(2), 117–125. <https://doi.org/10.1080/09544829308914776>
- Milios, L. (2018, May 1). Advancing to a Circular Economy: three essential ingredients for a comprehensive policy mix. *Sustainability Science*. Springer Tokyo. <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0502-9>
- Mohanani, R., Ralph, P., & Shreeve, B. (2014). Requirements fixation. In *Proceedings - International Conference on Software Engineering* (pp. 895–906). New York, New York, USA: IEEE Computer Society. <https://doi.org/10.1145/2568225.2568235>
- Morelli, J. (2011). Environmental Sustainability: A Definition for Environmental Professionals. *Journal of Environmental Sustainability*, 1. <https://doi.org/10.14448/jes.01.0002>
- Moreno, M. A., Ponte, O., & Charnley, F. (2017). Taxonomy of design strategies for a circular design tool. In *Proceedings of the 2nd Conference on Product Lifetimes and the Environment (PLATE)* (pp. 8–10). Delft, The Netherlands.
- Moreno, M., De los Rios, C., Rowe, Z., & Charnley, F. (2016). A conceptual framework for circular design. *Sustainability (Switzerland)*, 8(9). <https://doi.org/10.3390/su8090937>
- Moss, J. (1966). *Measuring creative abilities in junior high school industrial arts*. Washington, DC: Council on Industrial Arts Teacher Education.
- Mugge, R., Schoormans, J. P. L., & Schifferstein, H. N. J. (2008). Product attachment: Design strategies to stimulate the emotional bonding to products. In *Product Experience* (pp. 425–440). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-008045089-6.50020-4>
- Mulet, E., Chulvi, V., Royo, M., & Galán, J. (2016). Influence of the dominant thinking style in the degree of novelty of designs in virtual and traditional working environments. *Journal of Engineering Design*, 27(7), 413–437. <https://doi.org/10.1080/09544828.2016.1155697>
- Nelson, B. A., Wilson, J. O., Rosen, D., & Yen, J. (2009). Refined metrics for measuring ideation effectiveness. *Design Studies*, 30(6), 737–743. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2009.07.002>
- Nidamarthi, S., Chakrabarti, A., & Bligh, T. P. (1997). The Significance of Co-evolving Requirements and Solutions in the Design Process. In *Proceedings from International Conference in Engineering Design, Vol 1* (pp. 227–230). Tampere.
- Nuun kids design. (n.d.). Trona evolutiva. Retrieved September 29, 2020, from <https://nuunkidsdesign.com/es/muebles-evolutivos/2-tronas-evolutivas-bebe-8436549870132.html>
- O'Connor, G. C. (2008). Major Innovation as a Dynamic Capability: A Systems Approach*. *Journal of Product Innovation Management*, 25(4), 313–330. [https://doi.org/10.1111/J.1540-5885.2008.00304.X@10.1111/\(ISSN\)1540-5885.THOMAS-P-HUSTAD-BEST-PAPER-AWARD-WINNING-ARTICLES](https://doi.org/10.1111/J.1540-5885.2008.00304.X@10.1111/(ISSN)1540-5885.THOMAS-P-HUSTAD-BEST-PAPER-AWARD-WINNING-ARTICLES)

- O'Quin, K., & Besemer, S. P. (1989). The Development, Reliability, and Validity of the Revised Creative Product Semantic Scale. *Creativity Research Journal*, 2(4), 267–278. <https://doi.org/10.1080/10400418909534323>
- O'Quin, K., & Besemer, S. P. (2006). Using the Creative Product Semantic Scale as a Metric for Results-Oriented Business. *Creativity and Innovation Management*, 15(1), 34–44. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8691.2006.00367.x>
- Oman, S. K., Tumer, I. Y., Wood, K., & Seepersad, C. (2013). A comparison of creativity and innovation metrics and sample validation through in-class design projects. *Research in Engineering Design*, 24(1), 65–92. <https://doi.org/10.1007/s00163-012-0138-9>
- Osborn, A. (1953). *Applied Imagination*. New York, New York, USA: Scribner.
- OVAM. (n.d.). Ecolizer. Retrieved September 30, 2020, from <http://www.ecolizer.be/design/new>
- Pahl, G., & Beitz, W. (1996). Conceptual Design. In *Engineering Design* (pp. 139–198). London: Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3581-4_6
- Papanek, V. (1991). *DESIGN FOR THE REAL WORLD*.
- Parchomenko, A., Nelen, D., Gillabel, J., & Rechberger, H. (2019). Measuring the circular economy - A Multiple Correspondence Analysis of 63 metrics. *Journal of Cleaner Production*, 210, 200–216. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.357>
- Patlitzianas, K. D., Doukas, H., Kagiannas, A. G., & Psarras, J. (2008). Sustainable energy policy indicators: Review and recommendations. *Renewable Energy*, 33(5), 966–973. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.05.003>
- Peeters, J., Verhaegen, P.-A., Vandevenne, D., & Duflou, J. R. (2010). *Refined Metrics for Measuring Novelty in Ideation*.
- Phonebloks. (n.d.). Retrieved from <https://phonebloks.com/y> <https://computerhoy.com/noticias/moviles/phonebloks-montate-tu-propio-smartphone-pieza-pieza-7113>
- Pugh, S. (1991). *Total design: integrated methods for successful product engineering*. Addison-Wesley.
- Pupitre. (n.d.). Retrieved September 29, 2020, from <https://www.dolmendis.com/articulos/pupitre-verde-escolar-cajonera>
- Quarante, D. (1992). *Enciclopedia del Diseño Elementos Introductorios*. Barcelona: CEAC.
- Radecki, C. M., & Jaccard, J. (1995). Perceptions of knowledge, actual knowledge, and information search behavior. *Journal of Experimental Social Psychology*, 31(2), 107–138. <https://doi.org/10.1006/jesp.1995.1006>
- RAJA®. (n.d.). Carrito conserje. Retrieved October 1, 2020, from https://www.rajapack.es/almacenaje-manutencion-seguridad/manutencion-transporte-carga/carro-economico-plegable_skuCOSTO.html?priceVAT=true&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=GA_PLA_GEN_Equipamiento+almacén_ES-Shopping-WAREHOUSE+EQUIPMENT-TopVentas&utm_term=PRODUCT_GROUP&gclid=CjwKCAjw_NX7BRA1EiwA2dpg0hrAB_jq9hpGBUUIp67403NmPzYSf9LQpvoAwPtrYjgvtpkN9EdCvBoCxpUQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds
- Ranjan, B. S. ., Venkataraman, S., & Chakrabarti, A. (2012). The Extended, Integrated Model of Designing. In *Proceedings of the Tools and Methods of Competitive Engineering*. Karlsruhe, Germany.

- Ranjan, B. S. C., Siddharth, L., & Chakrabarti, A. (2018). A systematic approach to assessing novelty, requirement satisfaction, and creativity. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AIEDAM*, 32(4), 390–414. <https://doi.org/10.1017/S0890060418000148>
- Razzouk, R., & Shute, V. (2012). What Is Design Thinking and Why Is It Important? *Review of Educational Research*, 82(3), 330–348. <https://doi.org/10.3102/0034654312457429>
- RHORBACH, & B. (1969). Kreative nach Regeln : Methode 635, eine neue Technik zum Lösen von Problemen. *Absatzwirtschaft*, 12, 73–75. Retrieved from <https://ci.nii.ac.jp/naid/10012126179>
- Rigamonti, L., Grosso, M., & Sunseri, M. C. (2009). Influence of assumptions about selection and recycling efficiencies on the LCA of integrated waste management systems. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 14(5), 411–419. <https://doi.org/10.1007/s11367-009-0095-3>
- Robinson, M. A., Sparrow, P. R., Clegg, C., & Birdi, K. (2005). Design engineering competencies: Future requirements and predicted changes in the forthcoming decade. *Design Studies*, 26(2), 123–153. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2004.09.004>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin III, F. S., Lambin, E., ... Foley, J. (2009). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society*, 14(2).
- Rozenburg, & Eeckels. (1995). *Product Design: Fundamentals and Methods*. John Wiley.
- Rousseaux, P., Gremy-Gros, C., Bonnin, M., Henriel-Ricordel, C., Bernard, P., Flourey, L., ... Vincent, P. (2017). “Eco-tool-seeker” A new and unique business guide for choosing ecodesign tools. *Journal of Cleaner Production*, 151, 546–577. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.089>
- Roxana Morosanu, N. C. (2018). *Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design : VOLUME 9: Design Education. DS 89: Proceedings of The Fifth International Conference on Design Creativity (ICDC 2018), University of Bath, Bath, UK*. Retrieved from <https://www.designsociety.org/publication/40721/A+WAY+TO+UNDERSTAND+THINGS+BETTER+THROUGH+DOING%27%3A+CREATIVE+ACTION+AND+INTRINSIC+MOTIVATION+IN+ENGINEERING+DESIGN>
- Royo, M., Chulvi, V., Mulet, E., & Ruiz-Pastor, L. (2019). Revisión de la utilización de las preguntas guiadas en el ámbito del diseño. In *Proceedings from the 23rd International Congress on Project Management and Engineering Málaga* (pp. 674–683).
- Ruiz-Pastor, L., Mulet, E., Veral-Borja, S., Celades, I., & Chulvi, V. (2017). EXPLORANDO EL CONOCIMIENTO DE LOS DISEÑADORES SOBRE LAS POSIBILIDADES DE LA ECONOMÍA CIRCULAR. Retrieved from <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/379>
- Ruiz-Pastor, L., Veral, S., Ruiz-Pastor, L., Mulet, E., Celades, I., Chulvi, V., & Veral, S. (2017). *Interviewing design students about Circular Economy KATCH_e-Knowledge Alliance on Product-Service Development Towards Circular Economy and Sustainability in Higher education View project Interviewing Design Students about Circular Economy. FIRST INTERNACIONAL CONFERENCE oN ENgINEERINg EDUCATIoN FoR THE XXI CENTURY*. Retrieved from <https://www.circulardesignguide.com/>
- Sääksjärvi, M., & Gonçalves, M. (2018). Creativity and meaning: Including meaning as a component of creative solutions. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AIEDAM*, 32(4), 365–379.

<https://doi.org/10.1017/S0890060418000112>

- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., & Kendall, A. (2019, January 10). A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.014>
- Sarkar, P. (2007). *Development of a support for effective concept exploration to enhance creativity of engineering designers*. Retrieved from https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0,5&cluster=14982980006654167581
- Sarkar, P., & Chakrabarti, A. (2007). Development of a method for assessing design creativity. *International Conference on Engineering Design, ICED'07*, 390(2), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s00216-007-1620-5>
- Sarkar, P., & Chakrabarti, A. (2008). Studying Engineering Design Creativity- Developing a Common Definition and Associated Measures.
- Sarkar, P., & Chakrabarti, A. (2011). Assessing design creativity. *Design Studies*, 32(4), 348–383. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2011.01.002>
- Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, 17, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.002>
- Schamber, L., Eisenberg, M. B., & Nilan, M. S. (1990). A re-examination of relevance: toward a dynamic, situational definition*. *Information Processing and Management*, 26(6), 755–776. [https://doi.org/10.1016/0306-4573\(90\)90050-C](https://doi.org/10.1016/0306-4573(90)90050-C)
- Schempp, C., & Hirsch, P. (2020). *Categorisation System for the Circular Economy*. <https://doi.org/10.2777/172128>
- Schibelsky, L., Piccolo, G., Cecília, M., & Baranauskas, C. (2012). *Basis and Prospects of Motivation Informing Design: Requirements for Situated Eco-feedback Technology*.
- Sekutowski, J. C. (1994). Design For Environment. In *Ecomaterials* (pp. 69–74). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-1-4832-8381-4.50024-x>
- Shah, J. J., Vargas-Hernandez, N., & Smith, S. M. (2003). Metrics for measuring ideation effectiveness. *Design Studies*, 24(2), 111–134. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(02\)00034-0](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(02)00034-0)
- Shalley, C. E., & Perry-Smith, J. E. (2001). Effects of Social-Psychological Factors on Creative Performance: The Role of Informational and Controlling Expected Evaluation and Modeling Experience. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 84(1), 1–22. <https://doi.org/10.1006/OBHD.2000.2918>
- Shalley, C. E., Zhou, J., & Oldham, G. R. (2004). The Effects of Personal and Contextual Characteristics on Creativity: Where Should We Go from Here? *Journal of Management*, 30(6), 933–958. <https://doi.org/10.1016/J.JM.2004.06.007>
- Sim, S., & Duffy, A. (2003). Towards an ontology of generic engineering design activities. *Research in Engineering Design*, 14, 200–223.
- Sipilä, P., & Perttula, M. (2006). Influence of task information on design idea generation performance. In *Proceedings of International Design Conference - Design 2006*. Dubrovnik: Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb, Croatia.
- Smith, J., Morgan, D., & Howell, B. (2015). THE SHARING ECONOMY AND DESIGN. In *Proceedings of the 17th International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE15)* (pp. 588–591). Loughborough, UK. Retrieved from

<https://www.designsociety.org/download-publication/38507/THE+SHARING+ECONOMY+AND+DESIGN>

- Srinivasan, V., & Chakrabarti, A. (2010). Investigating novelty–outcome relationships in engineering design. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 24(02), 161. <https://doi.org/10.1017/S089006041000003X>
- Staw, B. (1989). *Intrinsic and extrinsic motivation. Readings in managerial psychology*. Chicago: University Press.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1999). The concept of creativity: Prospects and paradigms. *Handbook of Creativity*, 1, 3–15.
- StGeorge, J., Holbrook, A., & Cantwell, R. (2014). Affinity for music: A study of the role of emotion in musical instrument learning. *International Journal of Music Education*, 32(3), 264–277. <https://doi.org/10.1177/0255761413491178>
- Stomppff, G. (2003). The forgotten bond: Brand identity and product design. *Design Management Journal (Former Series)*, 14(1), 26–32. <https://doi.org/10.1111/j.1948-7169.2003.tb00336.x>
- Sumter, D., Bakker, C., & Balkenende, R. (2017). The role of product designers in the transition towards the Circular Economy: A Reality Check. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/320583866>
- Taylor, C. W. (1988). Various approaches to and definitions of creativity. *The Nature of Creativity: Contemporary Psychological Perspectives*, 99.
- Toh, C. A., Miller, S. R., & Kremer, G. E. O. (2012). The impact of product dissection activities on the novelty of design outcomes. In *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference* (Vol. 7, pp. 615–624). American Society of Mechanical Engineers. <https://doi.org/10.1115/DETC2012-70421>
- Tolle, D., Vigon, B., Salem, M., Becker, J., Salveta, K., & Cembrola, R. (1994). Development and assessment of a pre-LCA tool. In *IEEE International Symposium on Electronics & the Environment* (pp. 201–206). Publ by IEEE. <https://doi.org/10.1109/isee.1994.337258>
- Torrance, E. P. (1969). *Torrance test of creative thinking: Norms-Technical Manual*. Lexington: MA: Ginn.
- Tracey, M. W., & Hutchinson, A. (2016). Uncertainty, reflection, and designer identity development. *Design Studies*, 42, 86–109. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2015.10.004>
- TU Wien. (n.d.). Ecodesign PILOT. Retrieved September 30, 2020, from <http://pilot.ecodesign.at/pilot/ONLINE/ESPANOL/INDEX.HTM>
- Tyl, B., Millet, D., Vallet, F., & Toulon, F. (2010). Stimulate creative ideas generation for eco-innovation: an experimentation to compare eco-design and creativity tools. In *Proceedings of IDMME-Virtual Concept*, 125.
- Valkenburg, R., & Dorst, K. (1998). The reflective practice of design teams. *Design Studies*, 19(3), 249–271. [https://doi.org/10.1016/s0142-694x\(98\)00011-8](https://doi.org/10.1016/s0142-694x(98)00011-8)
- Van der Berg, M. R., & Bakker, C. A. (2015). A product design framework for a circular economy. In *Product Lifetimes And The Environment. ISBN 978-0-9576009-9-7* (pp. 365–421).
- Van der Werff, E., Steg, L., & Keizer, K. (2013). It is a moral issue: The relationship between environmental self-identity, obligation-based intrinsic motivation and pro-environmental behaviour. *Global Environmental Change*, 23(5), 1258–1265. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.07.018>

- VanGundy, A. B. (1988). *Techniques of Structured Problem Solving*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- VanGundy, A. B. (1992). *Idea Power: Techniques and Resources to Unleash the Creativity in Your Organization*. New York: AMACOM.
- Vermeulen, W., Reike, D., & Wities, S. (2019). Solving confusion around new conceptions of circularity by synthesising and re-organising the 3R's concept into a 10R hierarchy. *International Sustainable Development Research Society*. Retrieved from http://www.renewablematter.eu/en/art/1141/Circular_Economy_3_0
- Viswanathan, V., & Linsey, J. (2012). A study on the role of expertise in design fixation and its mitigation. In *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference* (Vol. 7, pp. 901–911). American Society of Mechanical Engineers Digital Collection. <https://doi.org/10.1115/DETC2012-71155>
- Wadia, A. P., & McAdams, D. A. (2010). Developing biomimetic guidelines for the highly optimized and robust design of complex products or their components. In *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference* (Vol. 6, pp. 307–321). American Society of Mechanical Engineers Digital Collection. <https://doi.org/10.1115/DETC2010-28708>
- Ward, M., Gruppen, L., & Regehr, G. (2002). Measuring self-assessment: Current state of the art. *Advances in Health Sciences Education*. Springer. <https://doi.org/10.1023/A:1014585522084>
- Weigend Rodríguez, R., Pomponi, F., Webster, K., & D'Amico, B. (2020). The future of the circular economy and the circular economy of the future. *Built Environment Project and Asset Management*, 10(4), 529–546. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-07-2019-0063>
- Weustink, I. F., Ten Brinke, E., Streppel, A. H., & Kals, H. J. J. (2000). Generic framework for cost estimation and cost control in product design. *Journal of Materials Processing Technology*, 103(1), 141–148. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(00\)00405-2](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(00)00405-2)
- Widgren, M., & Sakao, T. (2016). Unanswered Questions in Conceptual Design Towards Circular Economy, 571–578.
- Zimmerman, B., & Campillo, M. (2003). Motivating Self-Regulated. Problems Solvers. *The Psychological of Problem Solving*, 233–262.

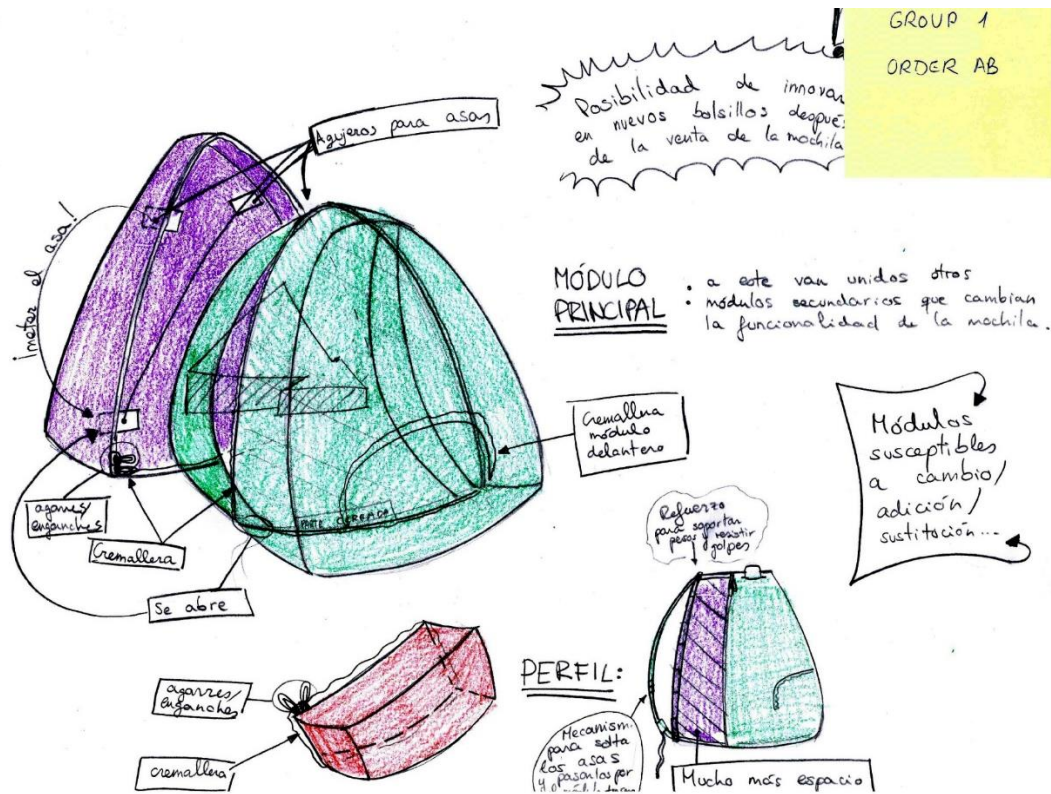
ANEXO 1

CONCEPTOS GENERADOS EN LOS EXPERIMENTOS

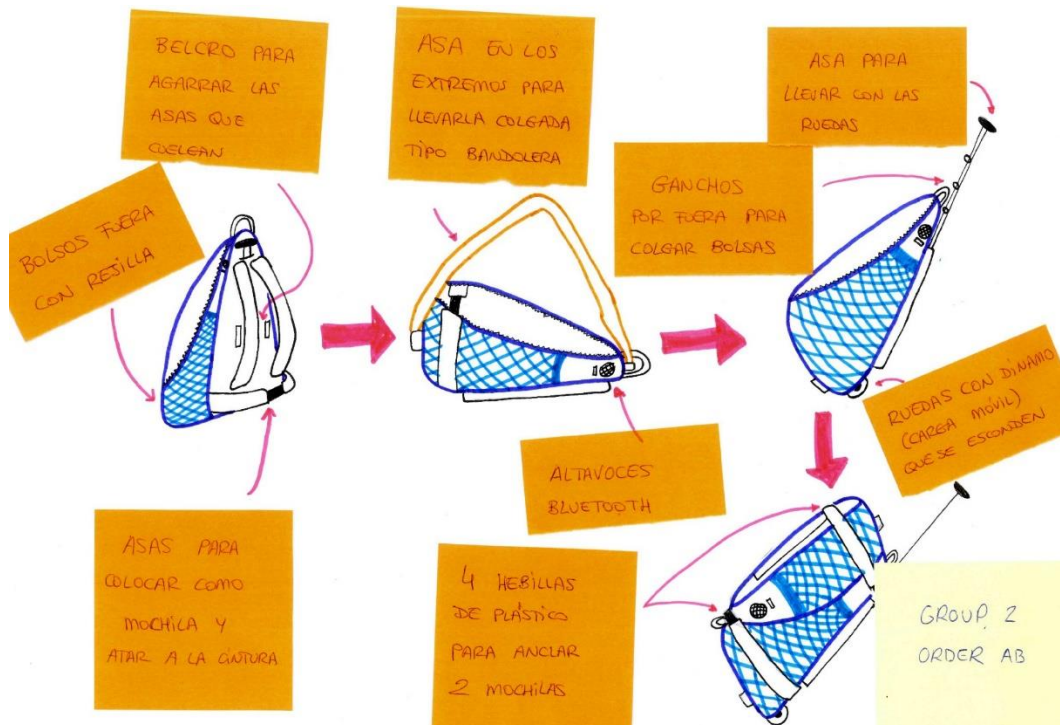
-página en blanco-

ANEXO 1.1: Conceptos de transporte de objetos personales

PROPUESTA 1A



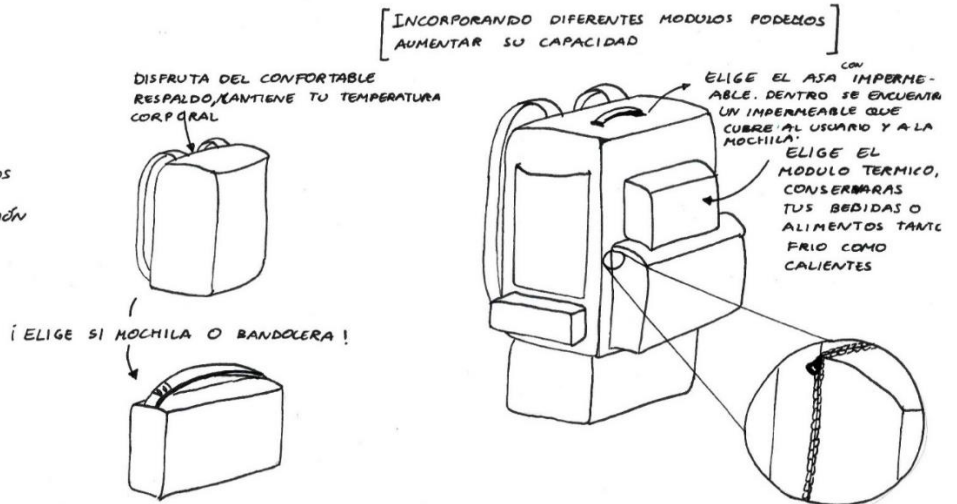
PROPUESTA 2A



PROPUESTA 3A

MOCHILA MODULAR

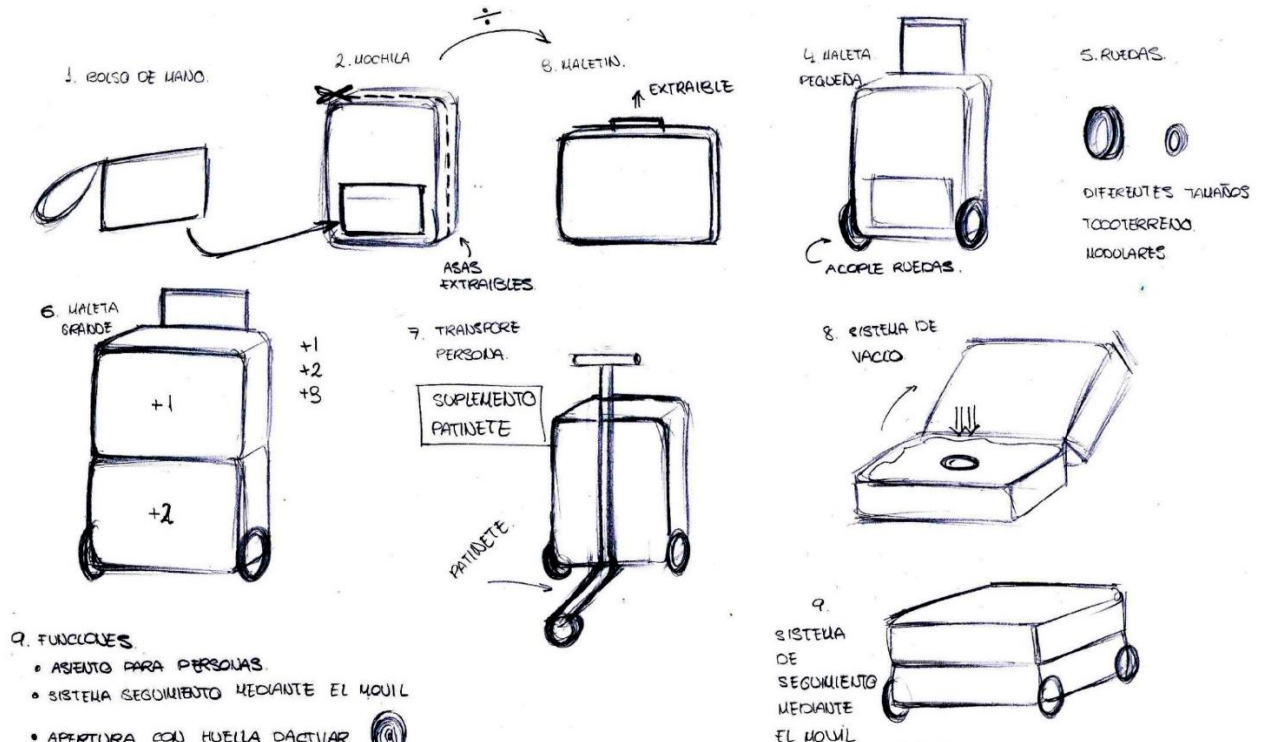
MEDIANTE CREMALLERAS PODEMOS INTERCAMBIAR O INCORPORAR DIFERENTES MODULOS EN FUNCION DEL USO.



TODAS LAS MOCHILAS LLEVAN UN SENSOR QUE MONITORIZA LAS CONSTANTES, SI SE ALTERAN MANDA UNA SEÑAL DE AYUDA GPS SALVO QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO. LA BATERIA SE CARGA CON PLACAS SOLARES INCORPORADAS

GROUP 3
ORDER AB

PROPUESTA 4A

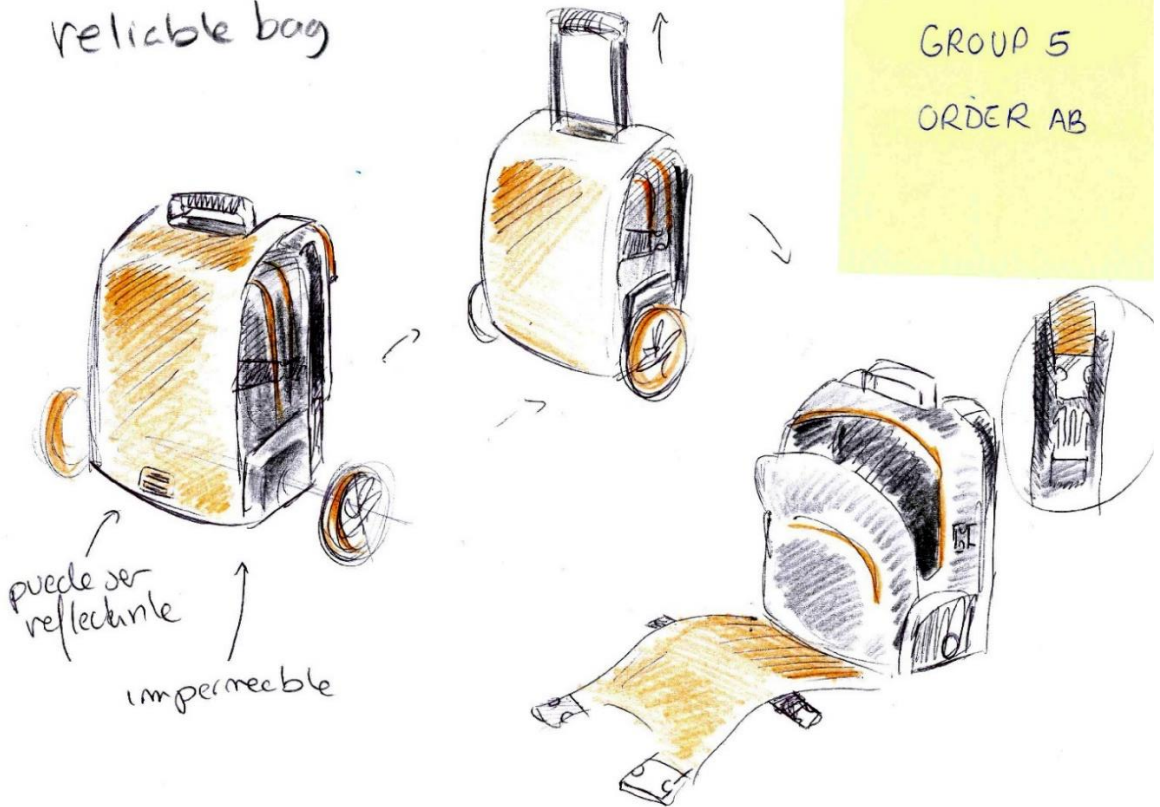


9. FUNCIONES
- ASIENTO PARA PERSONAS
 - SISTEMA SEGUIMIENTO MEDIANTE EL MOVIL
 - APERTURA CON HUELLA DACTILAR
 - SALVAESCALERAS.
 - IMPERMEABLE Y REPELENTE SOCIEDAD
 - CARGADOR DE MOVIL

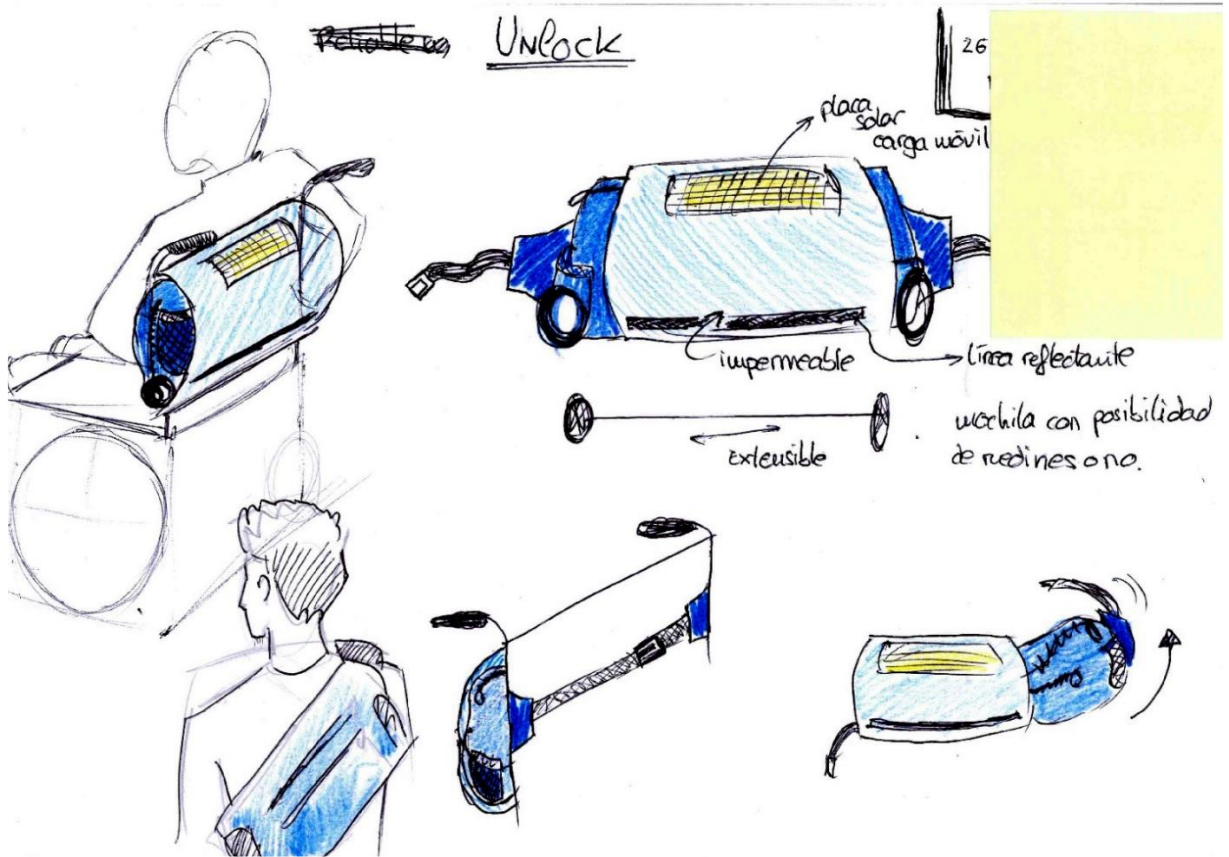
Man. GROUP 4
Aleja. ORDER AB

PROPUESTA 5A

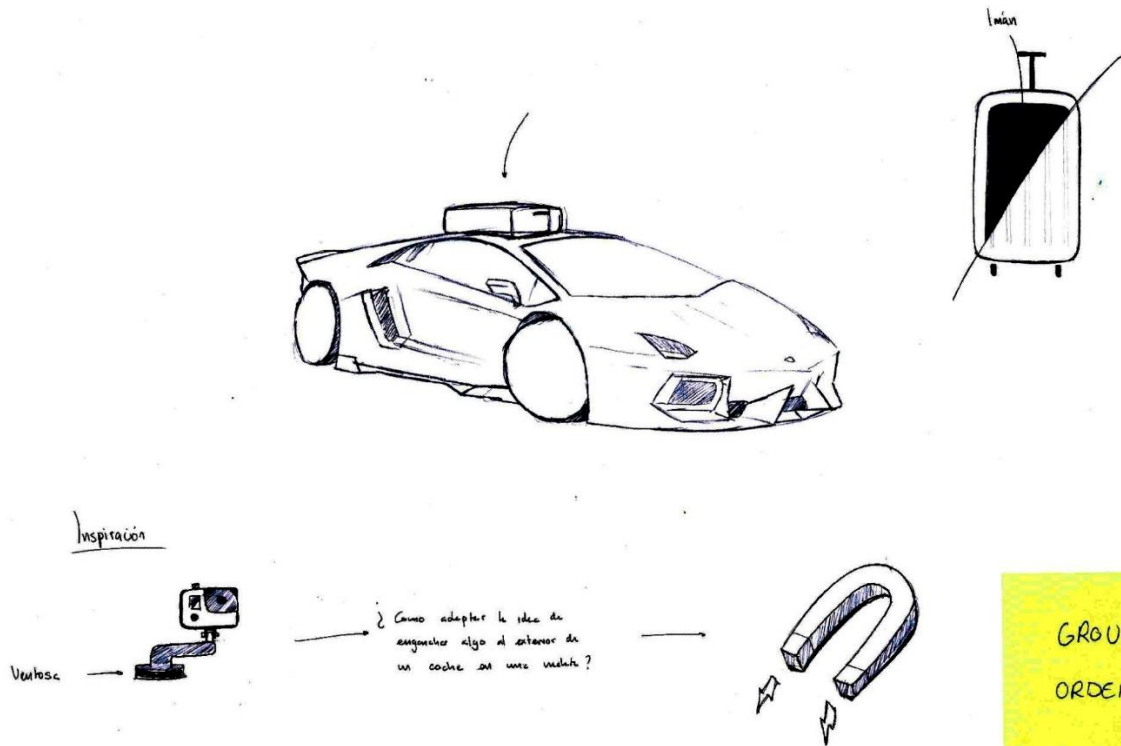
reliable bag



~~reliable bag~~ Unlock

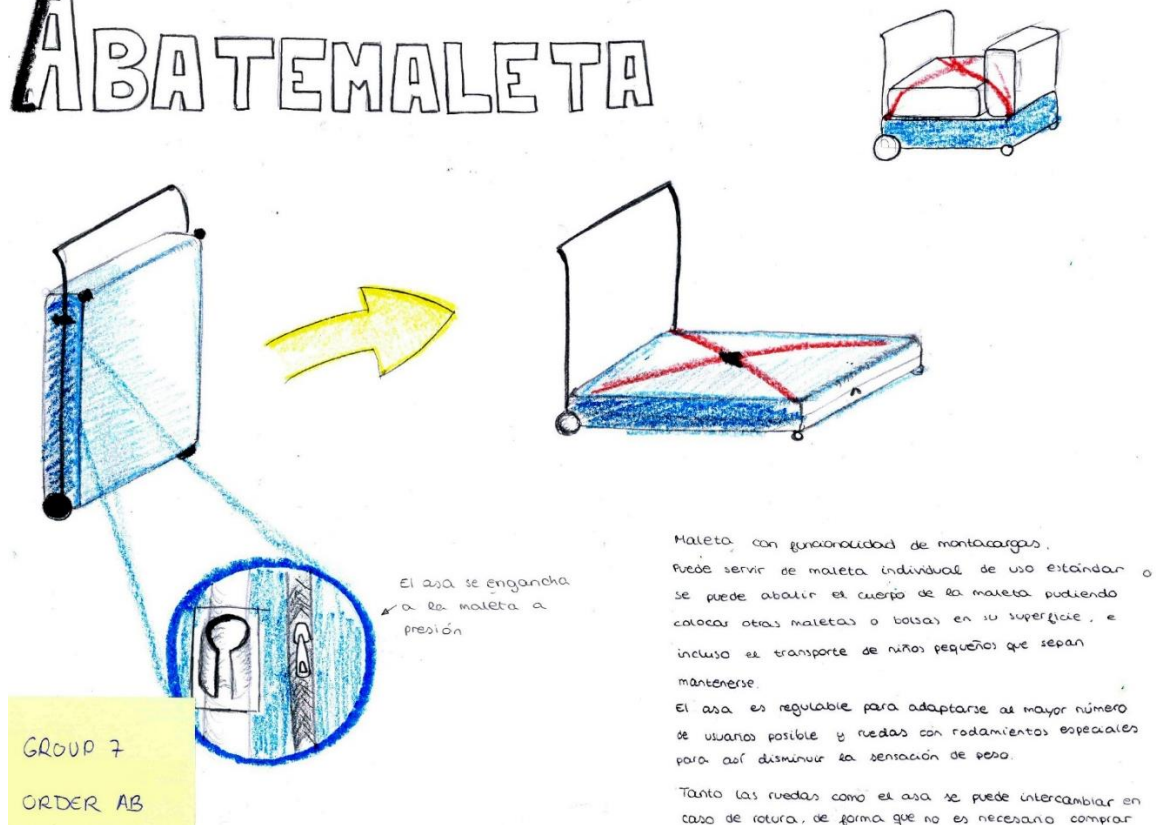


PROPUESTA 6A



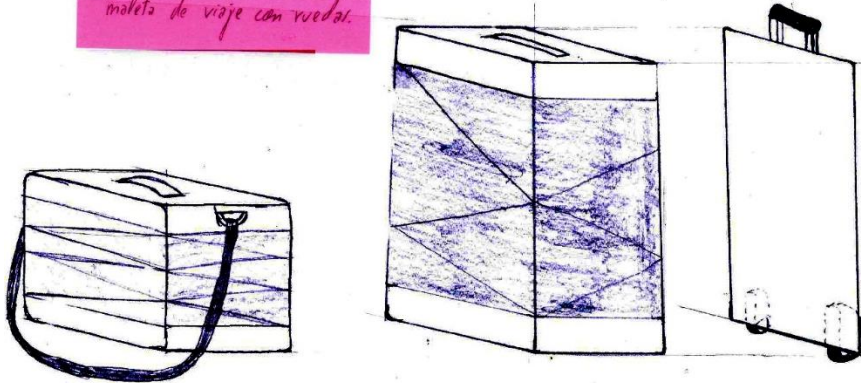
PROPUESTA 7A

ABATEMALETA



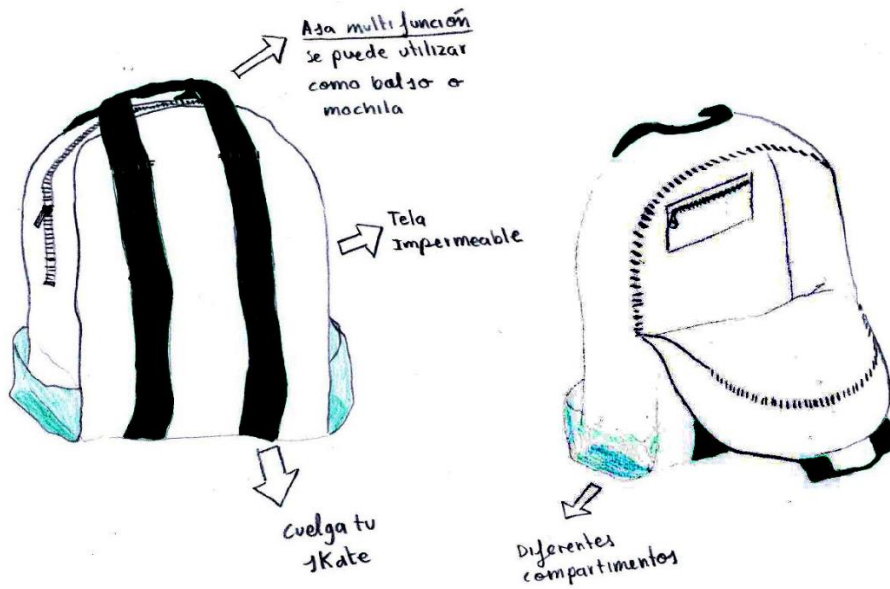
PROPUESTA 8A

Bolsa 5000 tiene un sistema por donde se extiende gracias a unos fuelles para convertirse en maleta. Además, gracias a un módulo en formato de carrito, la podemos unir y tener una maleta de viaje con ruedas.



GROUP 8
ORDER BA

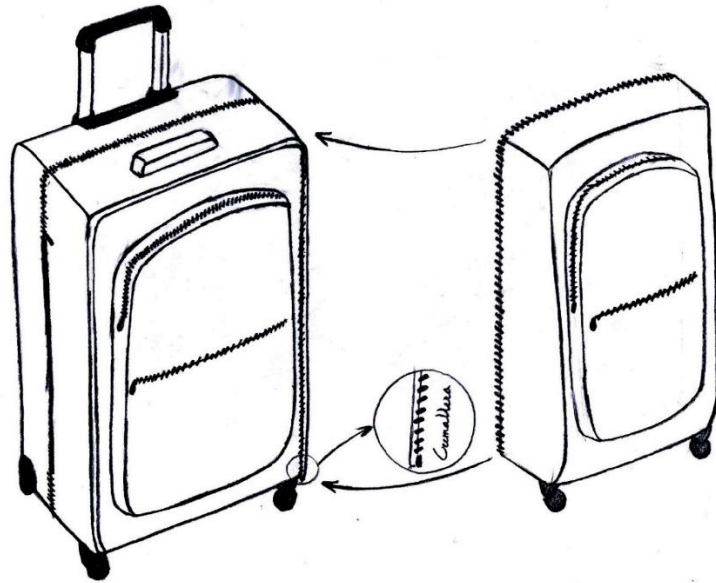
PROPUESTA 9A



GROUP 9
ORDER BA

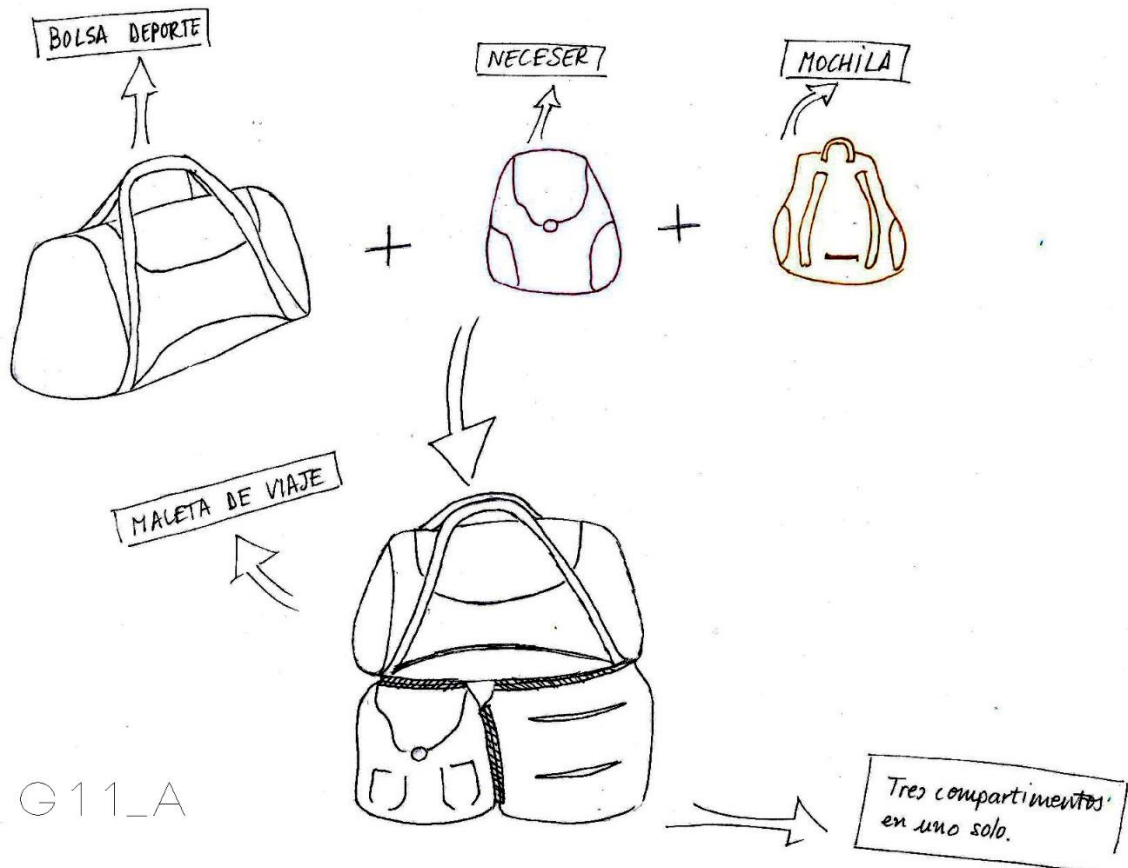
PROPUESTA 10A

- Maleta modular
- Unión realizada por cremallera
- Posibilidad de colocación de compactador, bolillos, etc



GROUP 10
ORDER BA

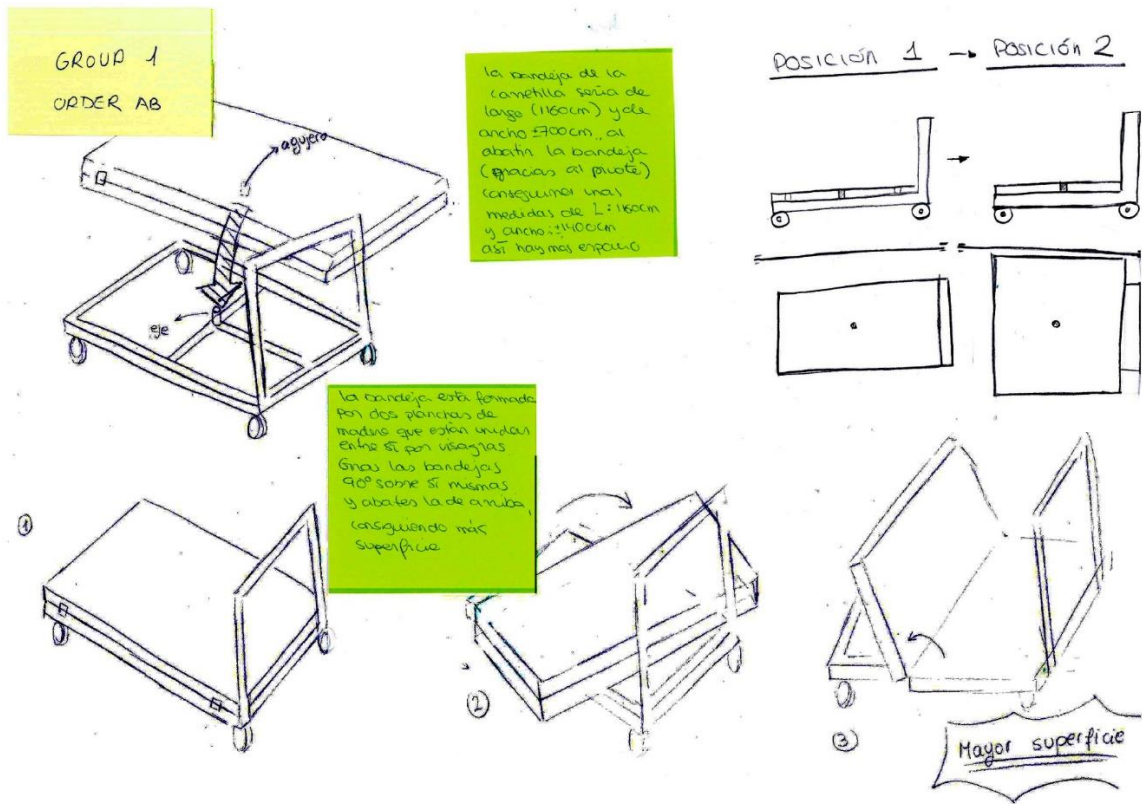
PROPUESTA 11A



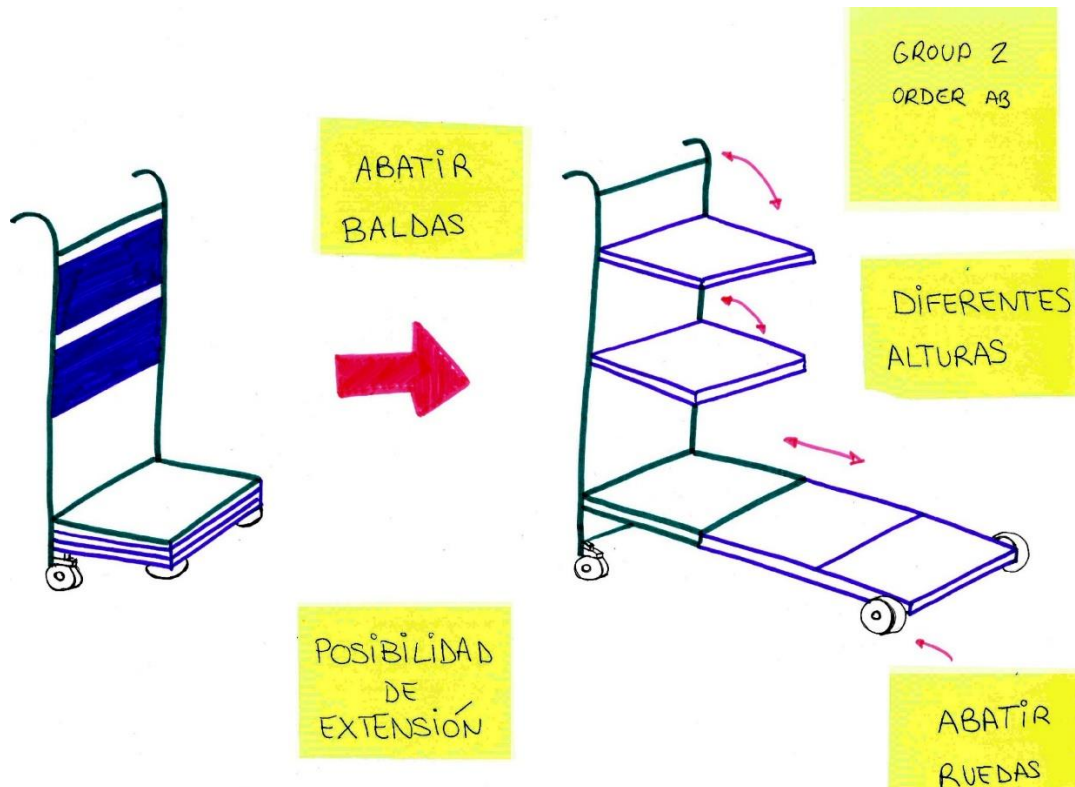
G11_A

ANEXO 1.2: Conceptos de carritos de conserje

PROPUESTA 1B

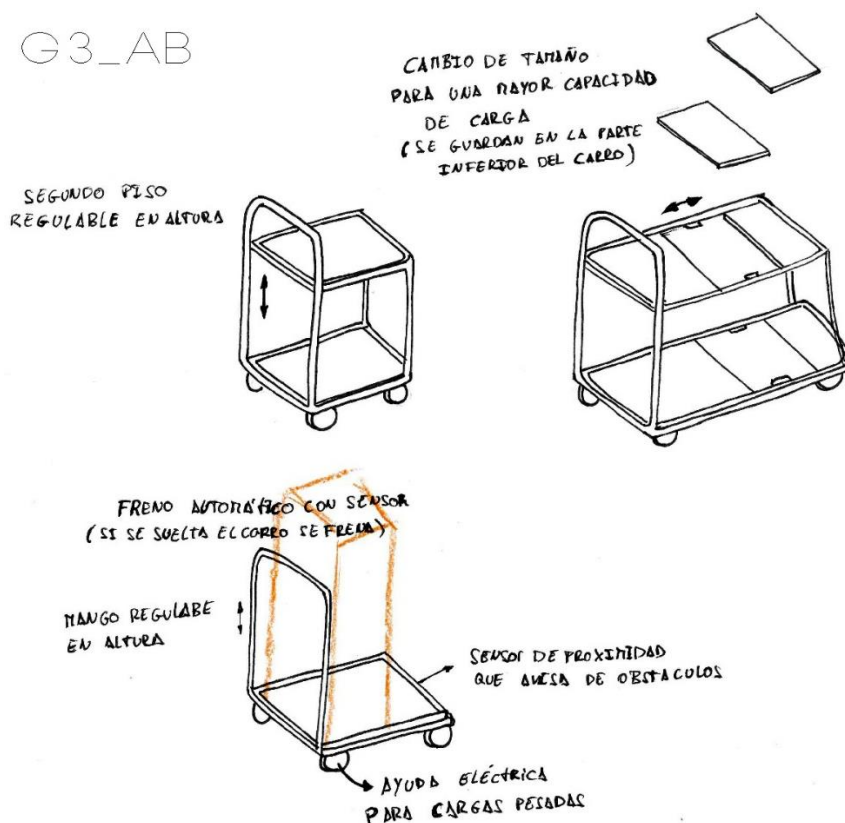


PROPUESTA 2B

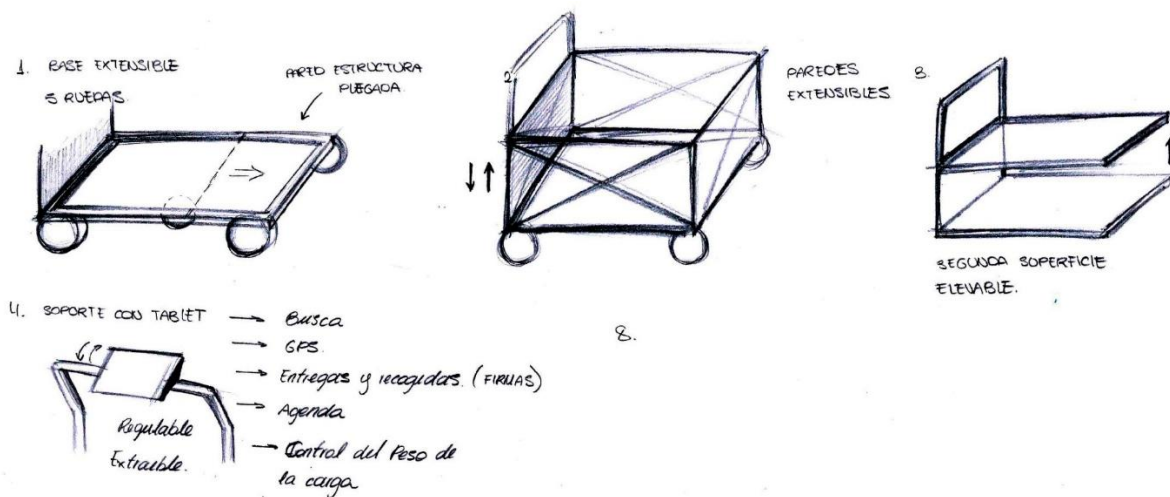


PROPUESTA 3B

G3_AB

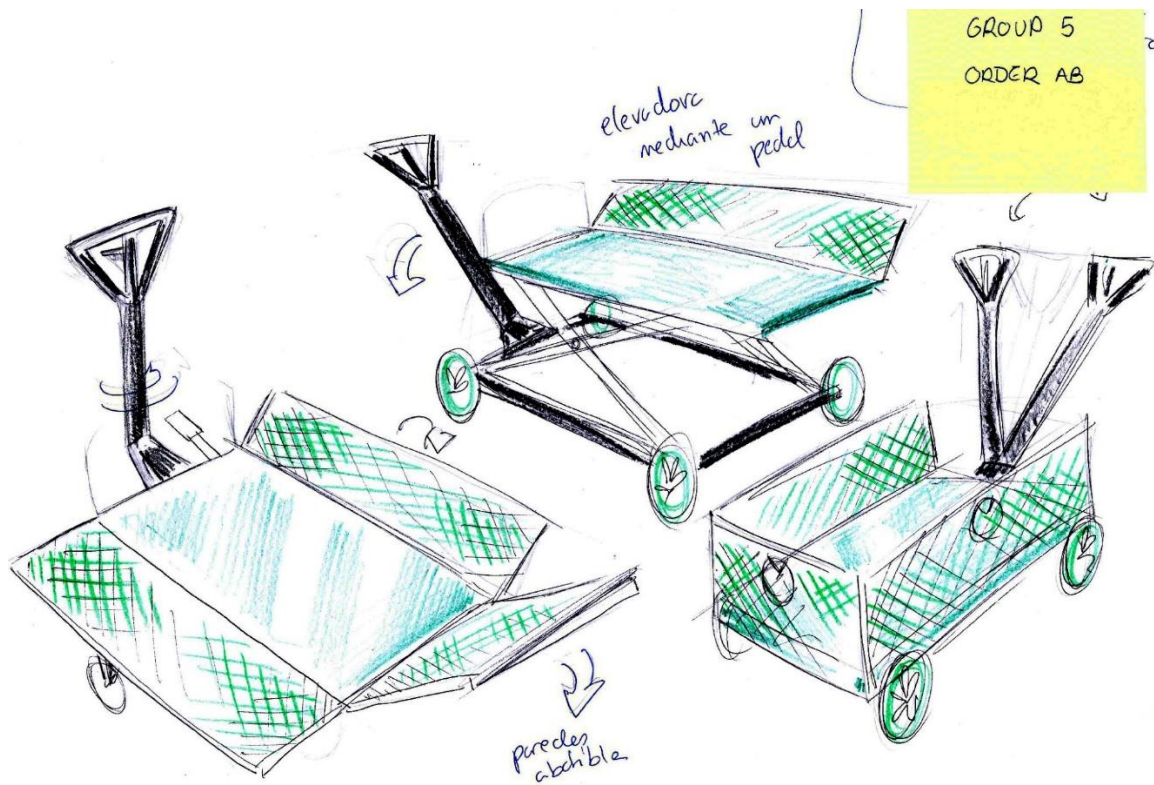


PROPUESTA 4B

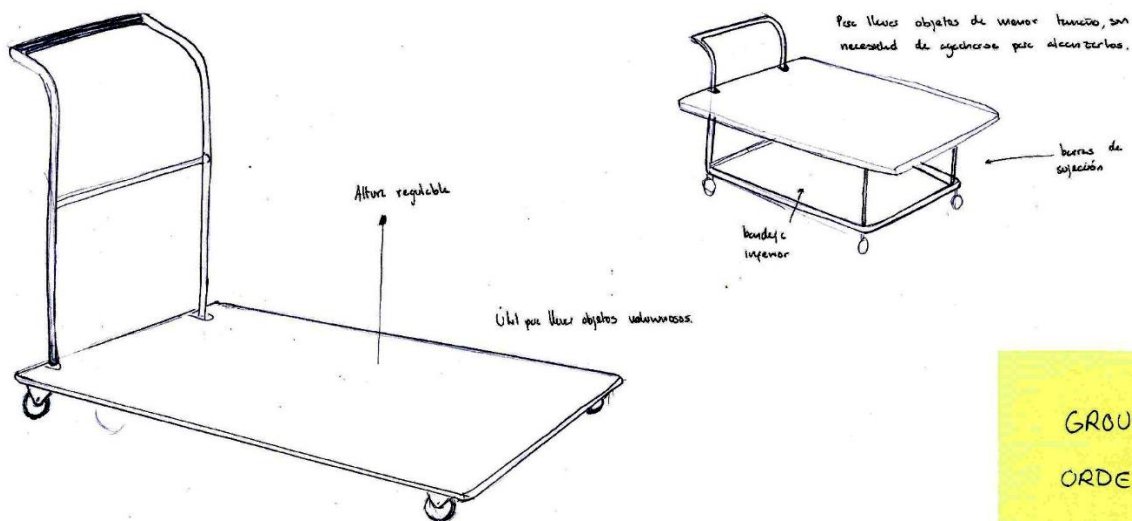


GROUP 4
ORDER AB

PROPUESTA 5B

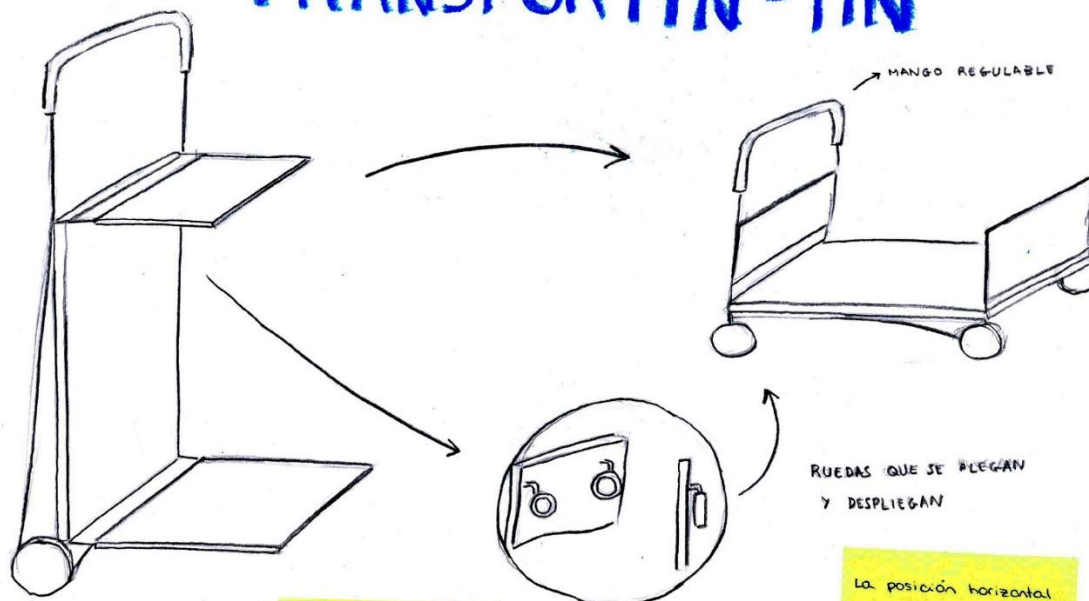


PROPUESTA 6B



PROPUESTA 7B

TRANSPORTIN-TIN



Carretilla de carga multiposición. Permite transportar objetos tanto vertical como horizontalmente.

La posición vertical dispone de dos alturas. En la parte inferior se colocarían los objetos pesados y en la superior los más ligeros.

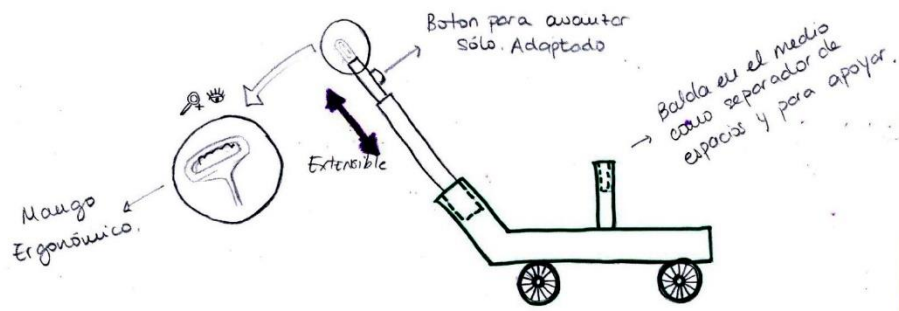
GROUP 7
ORDER AB

La posición horizontal está pensada para transportar objetos de mayor tamaño y de esta forma resulta más ergonómico su transporte.

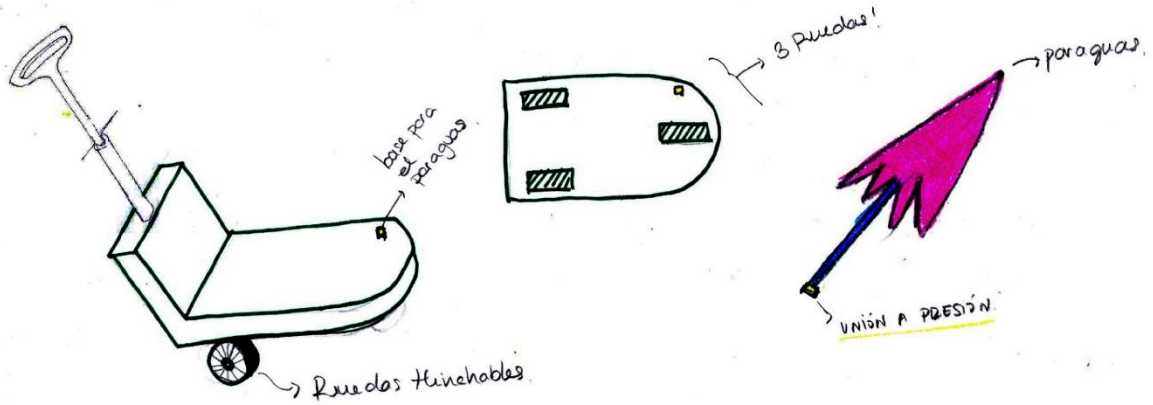
PROPUESTA 8B



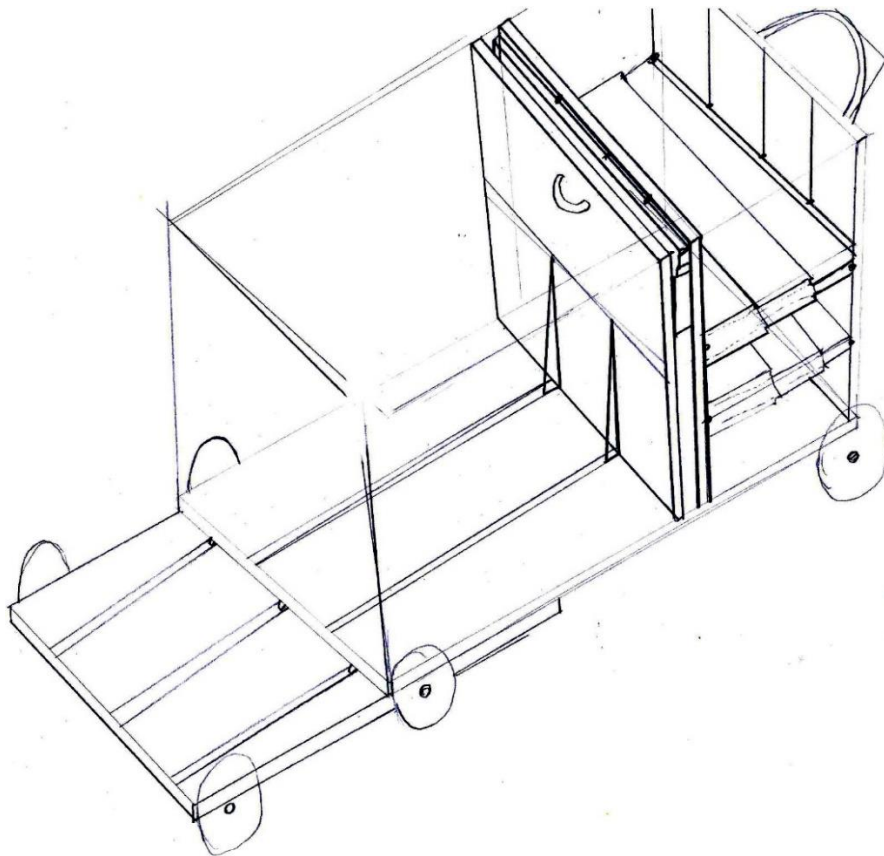
PROPUESTA 9B



GROUP 9
ORDER BA

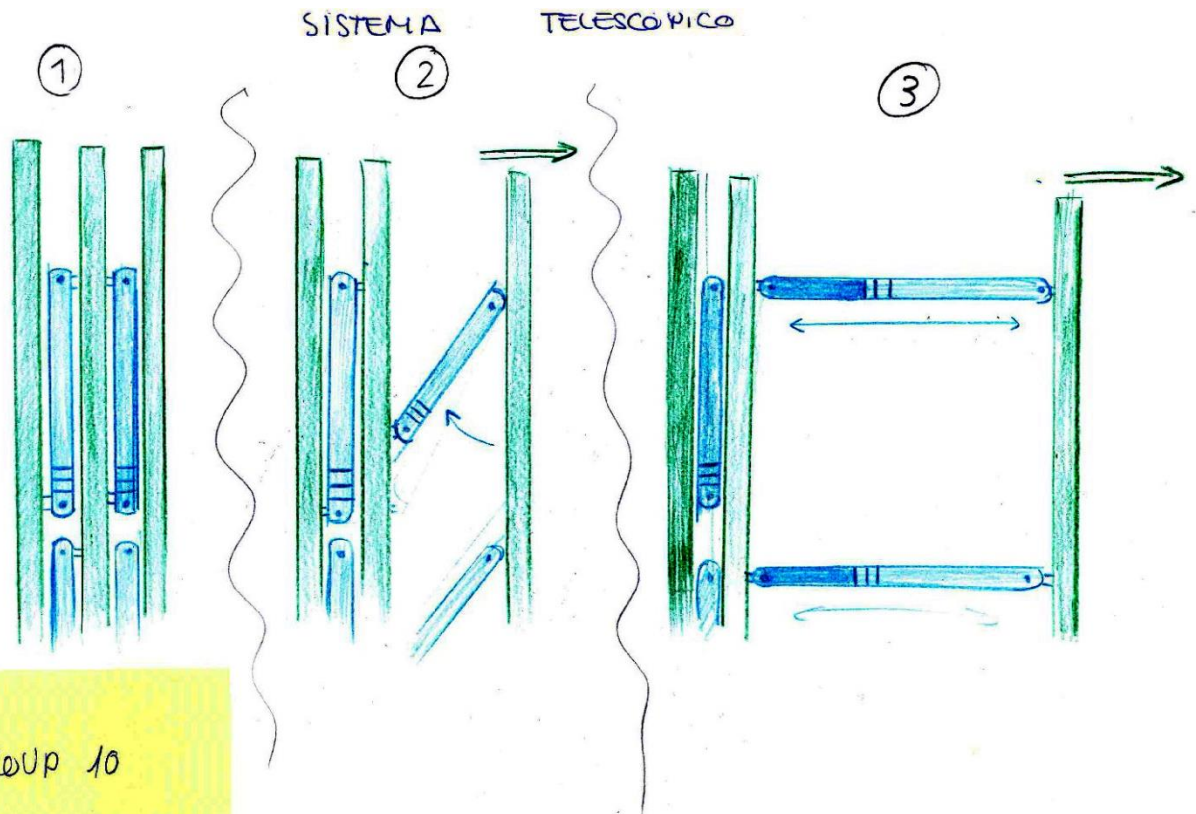


PROPUESTA 10B



- Estructura de Acero inoxidable 100% reciclable y 80% reciclado
- Ruedas de PP y Caucho 100% reciclables y 70% reciclado
- Chapa de acero inoxidable perforada para aligerar peso
- Sistema telescópico para adaptarse a espacios o requisitos de almacenaje
- Mango de agarre telescópico para adaptarse a distintas alturas

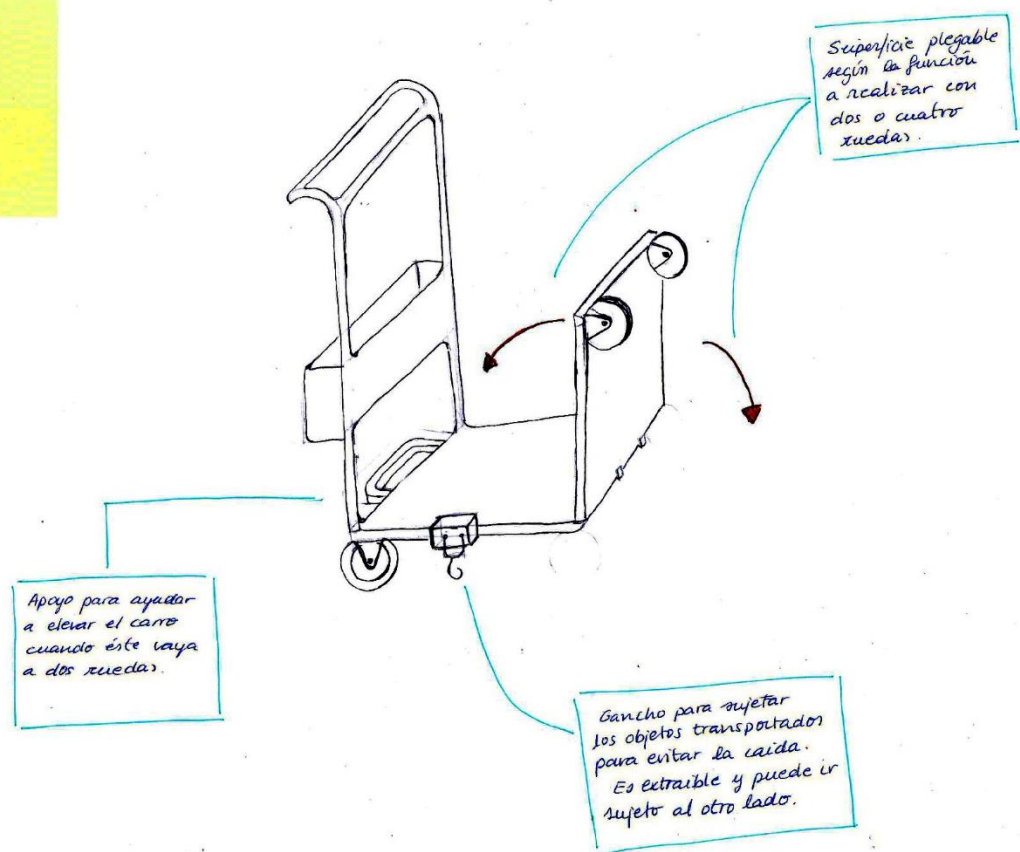
GROUP 10
ORDER BA



GROUP 10
ORDER BA

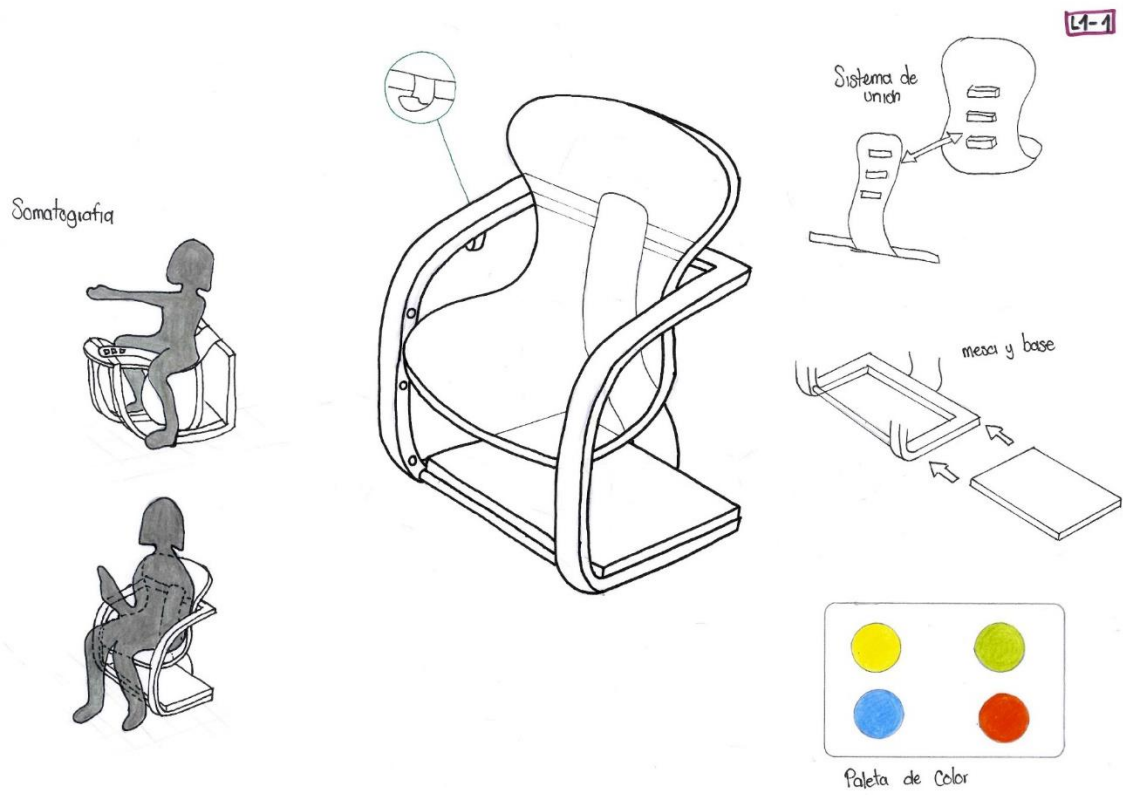
PROPUESTA 11B

GROUP 11
ORDER BA

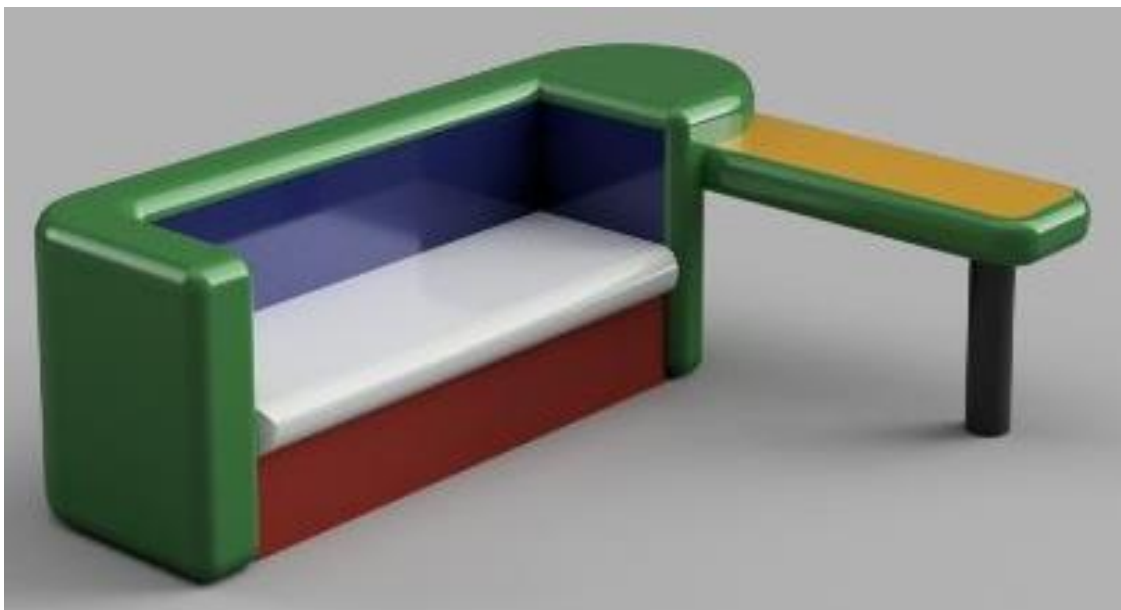


ANEXO 1.3: Conceptos de mobiliario escolar

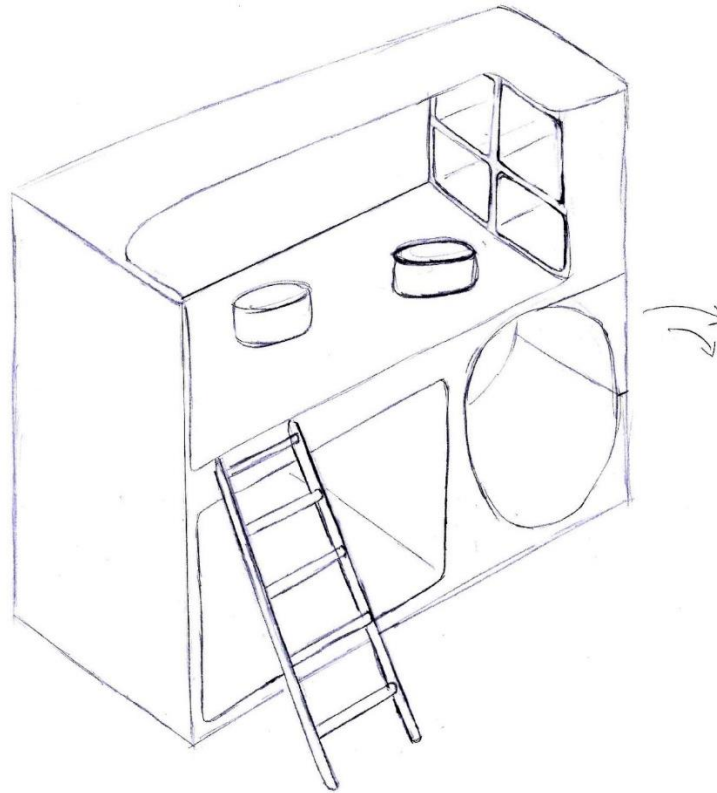
PROPUESTA L11



PROPUESTA L12



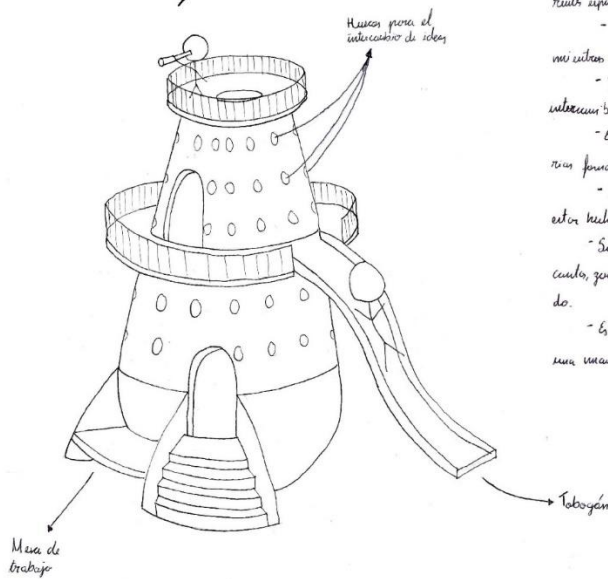
PROPUESTA L13



L13

PROPUESTA L14

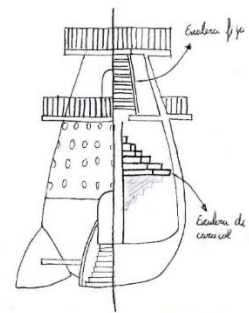
ÁRBOL DE LAS IDEAS



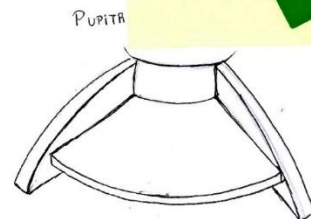
El árbol de las ideas:

- Gran versatilidad debido a sus diferentes espacios.
- Permite que los usuarios se diviertan mientras aprenden.
- Permite la creatividad mediante el intercambio de ideas.
- Es posible intercambiar con el de otras formas.
- Sin punta se pueden resaca y pueden estar hechos de materiales reciclados.
- Sin eso es seguro para no presionar pero, cuando quieras aflojar... y se cubren esta necesidad.
- Es original e innovador para presentar una manera original de aprender.

L14

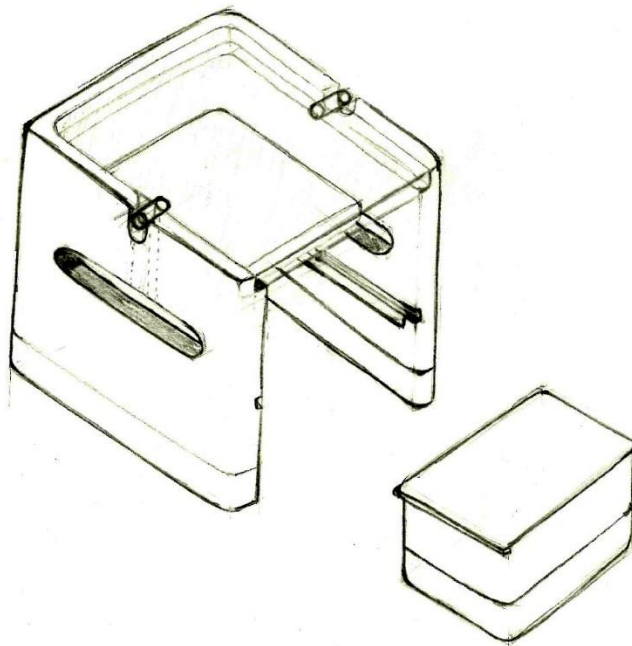


- Resaca a gran altura
- Versatil
- Intercambio de varios formas
- Original
- Original innovador
- Economía circular



PROPUESTA L15

Els gamets

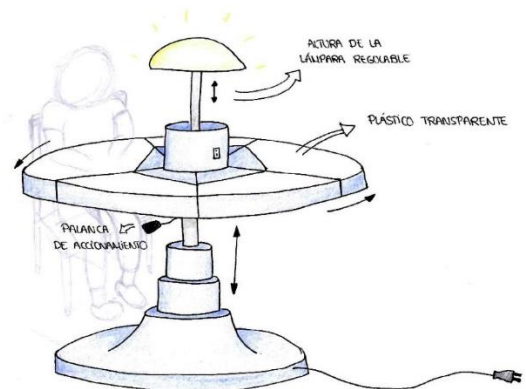
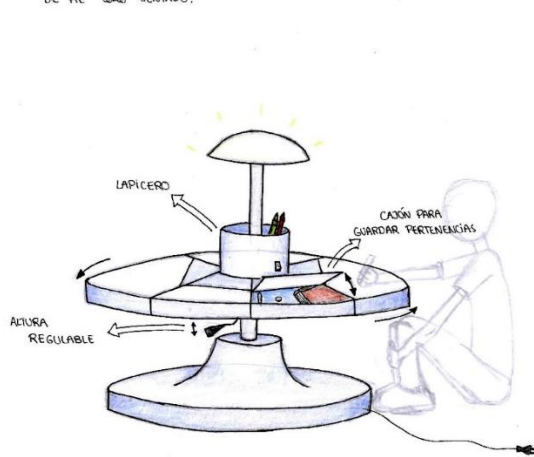


L1-5

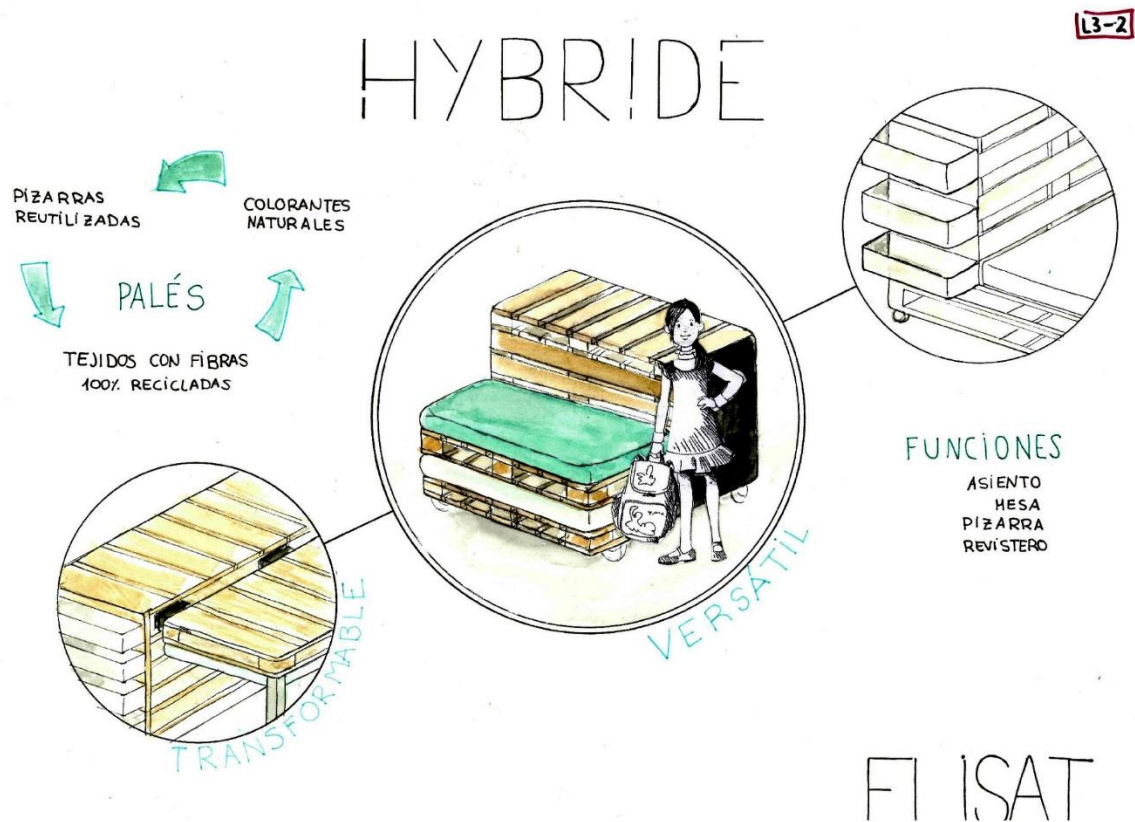
PROPUESTA L31

L3-1

NUESTRA IDEA ES REALIZAR UNA PIEZA DE MOBILIARIO, CONCRETAMENTE UNA MESA, QUE CUMPLA DIVERSAS FUNCIONES DENTRO DE UN AULA INFANTIL. EN SUS CARACTERÍSTICAS ENCONTRAMOS VARIAS QUE AFECTAN A LA VERSATILIDAD DE SU USO, TANTO LA ALTURA DE LA SUPERFICIE COMO LA DE LA LÁMPARA SON REGULABLES Y TIENE MOVIMIENTO ROTATORIO. LA PRESENCIA DE LA LÁMPARA PERMITE SU USO EN ESPACIOS ESCASOS DE LUZ. SUS PARTES MÓVILES PERMITEN EL INTERCAMBIO DE PIEZAS. LA PRESENCIA DE UNA SOLA PATA PERMITE EL ACCESO FÁCIL AL USUARIO, TRATO DE PIE COMO SENTIDO.

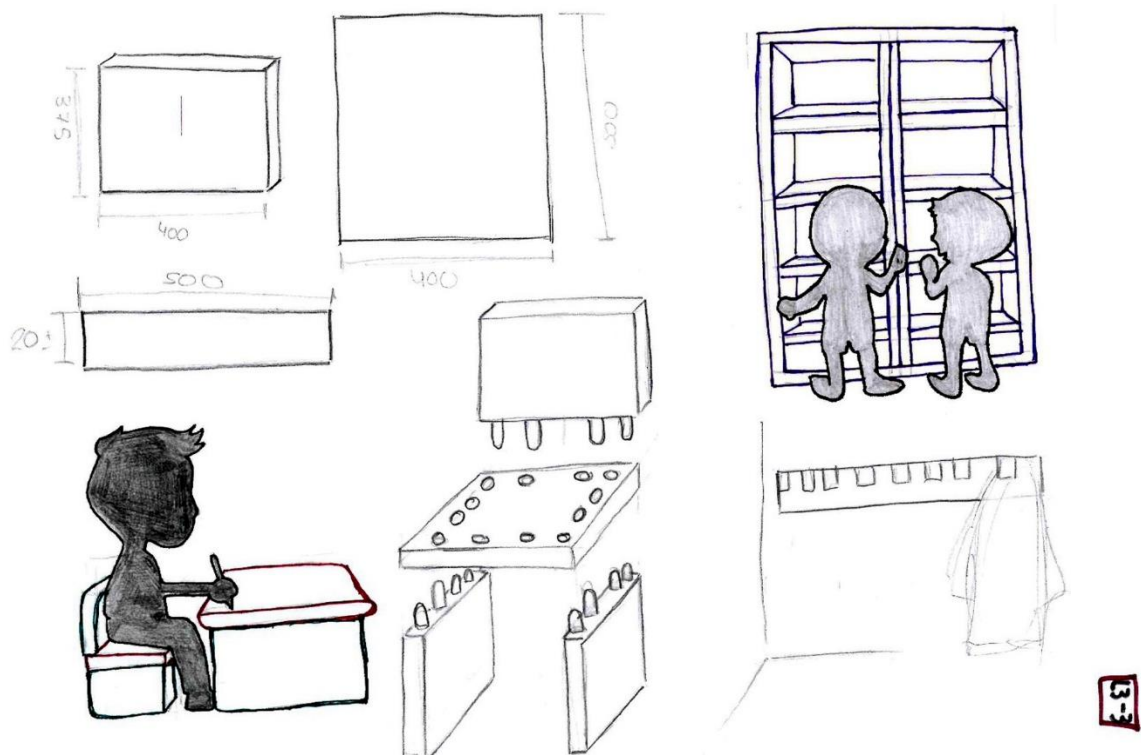


PROPUESTA L32



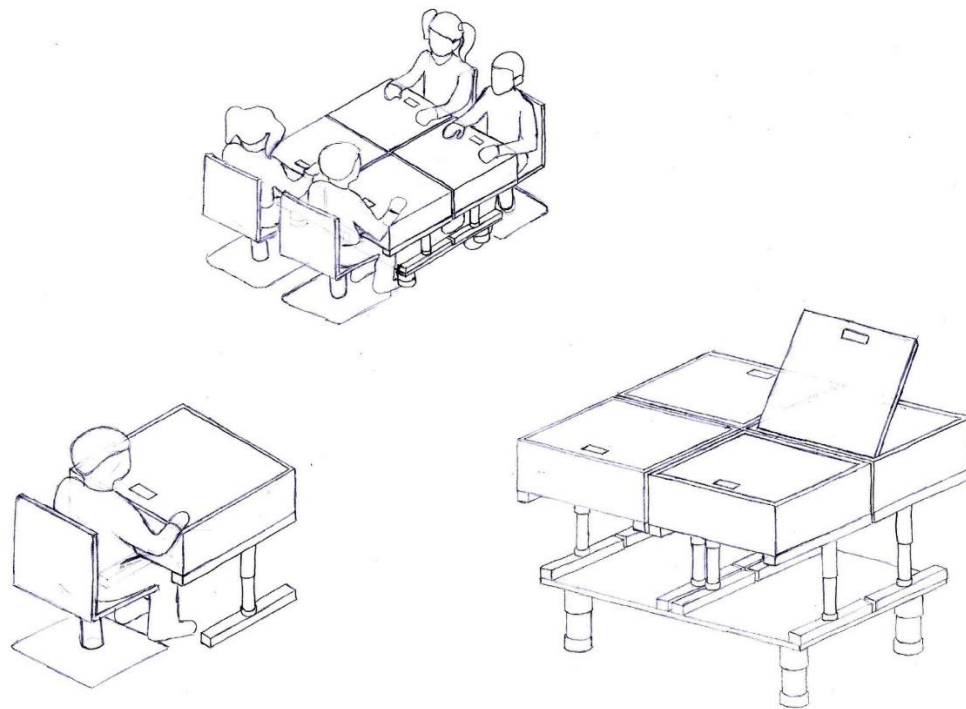
FI ISAT

PROPUESTA L33



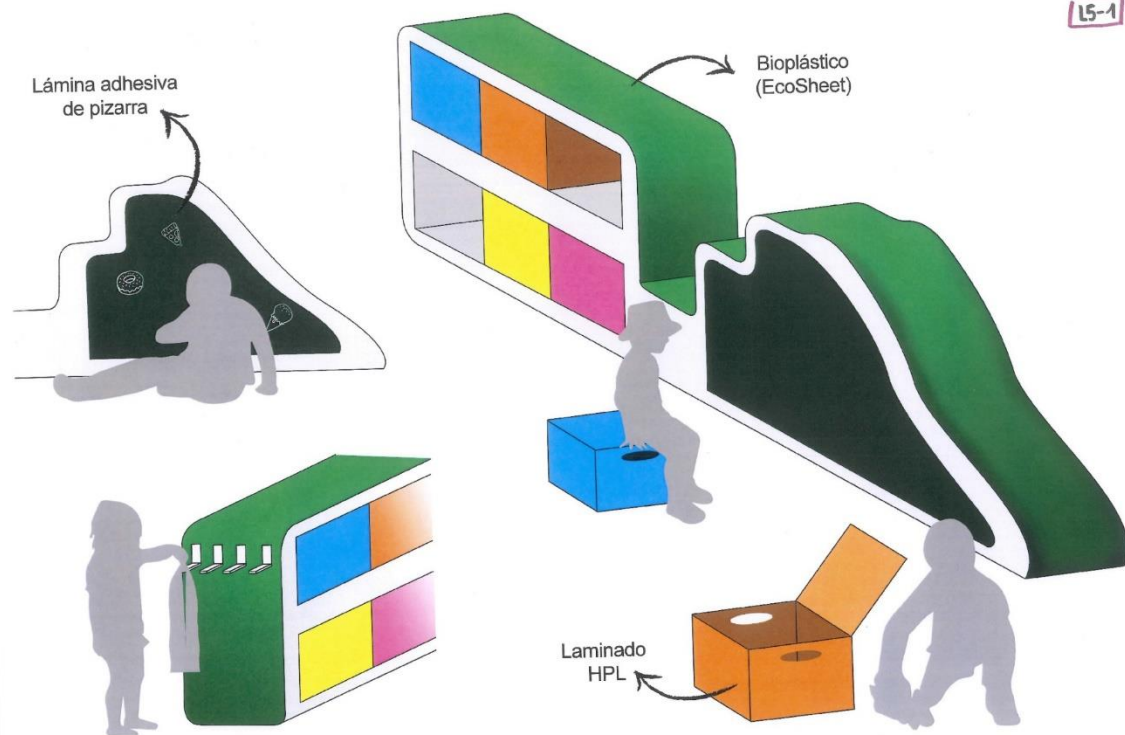
PROPUESTA L34

L3-4

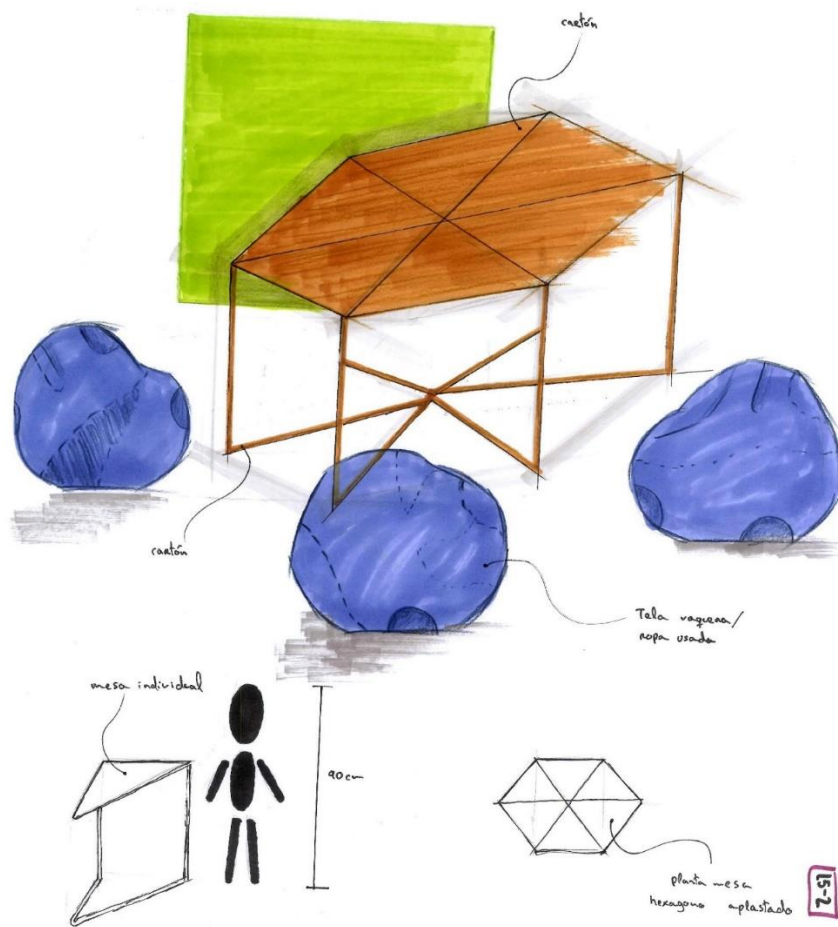


PROPUESTA L51

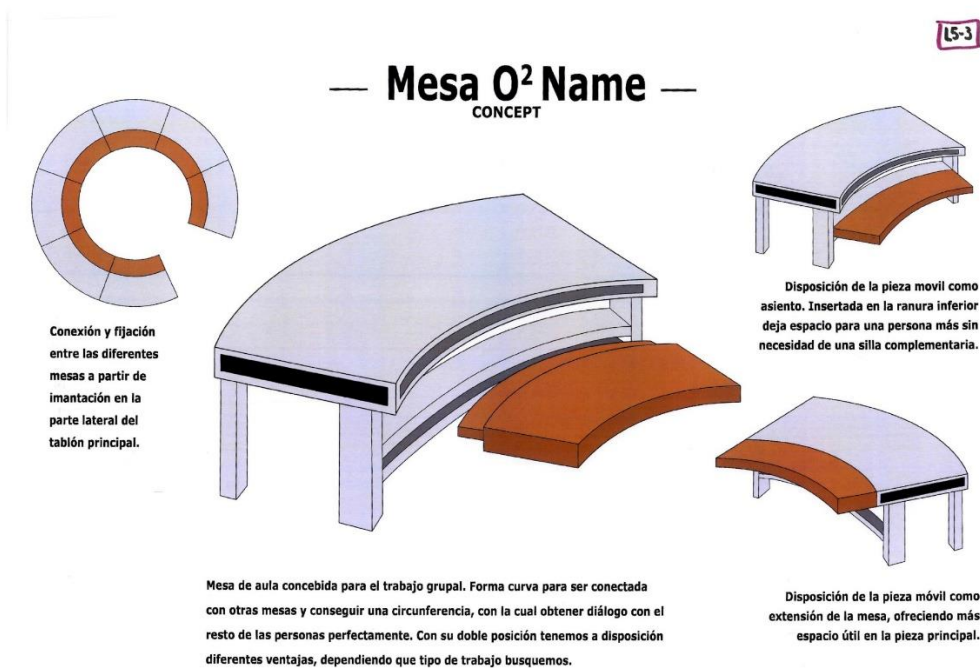
L5-1



PROPUESTA L52



PROPUESTA L53



PROPUESTA L54

La propuesta consiste en un mobiliario vertical modular, que pretende maximizar la aprovechamiento del espacio en las paredes creando además un espacio divertido y versátil en el que los niños puedan jugar y aprender de la forma que necesitan en cada momento.

Está compuesto por unas planchas de madera con agujeros que se fijan a la pared y multitud de accesorios diseñados para cubrir las diferentes necesidades de los niños.

estantes para libros

Grandos foros colgar las mochilas

Estantes para el profesor, fuera del alcance de los niños.

Los agujeros a distintas alturas permiten no sólo la adaptación a distintos tipos de tareas, sino también la adaptación al crecimiento de los niños, pudiendo colocarse los accesorios a distintas alturas conforme se van haciendo más mayores.

Pizarra ligera para poder cambiarla de sitio fácilmente

Casilleros individuales

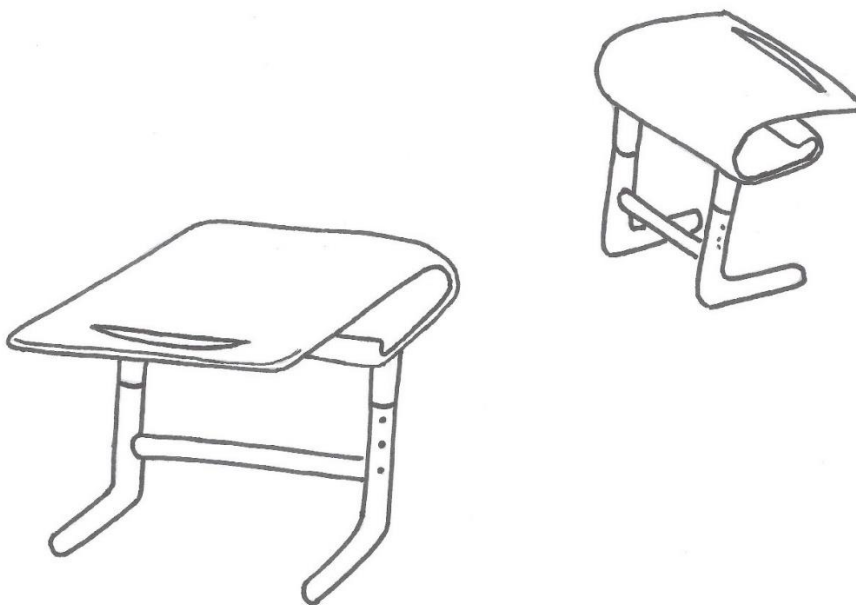
Los accesorios son variados y muy ligeros para facilitar su movilidad.

El sencillo sistema de anclaje permite que los accesorios puedan cambiarse de sitio fácilmente, proporcionando una gran versatilidad al aula.

L5-4

PROPUESTA L55

L5-5

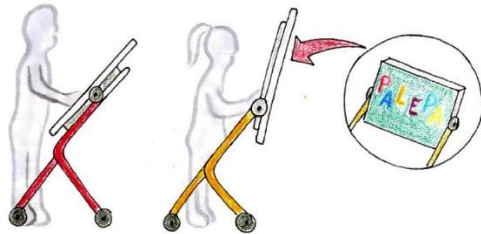


PROPUESTA L71

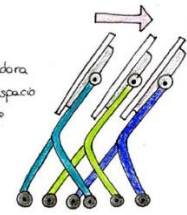
PALEPA

El giro del tablero permite la posición como mesa (con diferentes inclinaciones) y como pizarra.

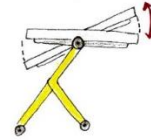
El movimiento del tablero se adapta a diferentes alturas y la amplitud entre las patas deja suficiente espacio para usuarios en silla de ruedas.



Se apila de forma innovadora permitiendo generar un espacio de trabajo grupal o de juego en las aulas.



L7-1



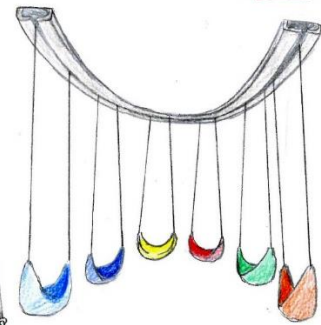
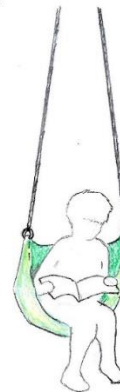
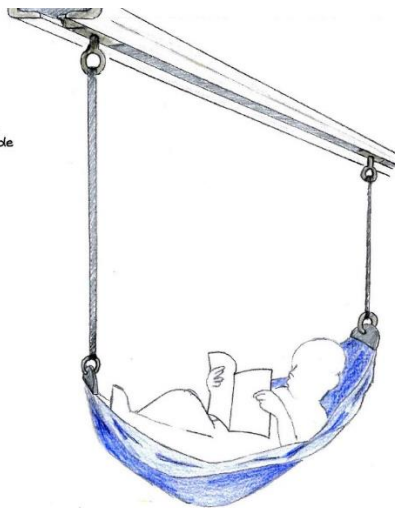
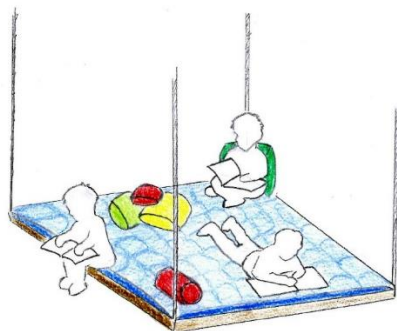
ECO CIRCULAR

Facilita la intercambiabilidad de piezas y su reparación. El tablero es de derivado de madera de fibras recicladas. La pizarra se ha obtenido al cortar una de un aula en desuso. Posee un alto ciclo de vida en las aulas.

PROPUESTA L72

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Materiales reutilizados
- Materiales reutilizables
- Muchas funciones en un solo mueble



L7-2

VENTAJAS

- Economía circular
- Versátil
- Diversificado
- Innovador
- Barato
- Cómodo
- Acogedor
- En él puedes dormir, leer, jugar, conversar, aprender...

ECONOMÍA CIRCULAR

Todos sus componentes vienen de objetos usados y después de utilizarlos para este mueble se aprovechan para otras aplicaciones.

ANTES	AHORA	DESPUÉS
Retales de tela	Hamaca	Mantas, Estuches...
Cinturones de coche	Tirantes	Bolsas
Relleno de peluches	Cajín	Relleno de peluches
Palets	Mesa	Letra

PROPUESTA L73

Propuesta mobiliario escolar
Práctica 2

L7-3

Hemos intentado convertir los simples pupitres en espacios creativos con múltiples opciones para los niños. Las posibilidades de la mesa permiten que los niños desarrollen su creatividad, se organicen en grupos y practiquen hablando o leyendo delante de sus compañeros entre otras cosas.

Hemos embocado la economía circular realizando piezas sencillas y fáciles de romper, y facilitando al usuario repuestos para cada componente del diseño. De esta manera si algo se rompe no será necesario comprar el conjunto completo.

Las piezas rotas se intentaran reparar o reusar sus materiales para fabricar nuevos componentes por la fábrica fabricante. De no poder ser usados fácilmente se procederá al reciclado de los materiales, mayoritariamente polímeros que pueden ser fundidos para fabricar nuevas piezas.

Mesa
ESCRIBÓN
WHITEBOARD
MANTIDA

PROPUESTA L74

CUBO DE ALMACENAJE, SEPARADOR DE ESPACIOS Y ESTANTERÍA

L7-

TAMBIÉN SE PUEDE CONVERTIR EN UNA MESA DE JUEGO O EN ASIENTO.

ALMACENAJE
ESTANTERÍA
SEPARADOR DE ESPACIOS

ESTRUCTURA DE METAL
ENGRUADO (PLACA CERRADA)
ESTRIBADO (PLACA TOTALMENTE ABIERTA)

BISAGRA

COLORES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS

MADERA RECICLADA DM
BATA 120x110

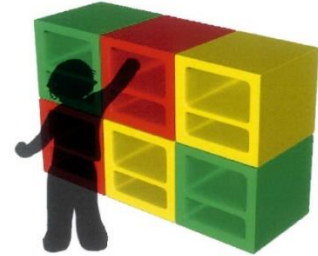
PROPUESTA L75

Parcub

L7-5

El diseño elegido, es un taburete multifunción diseñado para aulas escolares infantiles.

Se trata de un taburete de plástico de varios colores para darle un toque más infantil. En cuanto a su estructura, tiene forma de cubo pero consta de dos compartimientos en su parte frontal para que los niños puedan almacenar tanto libros como juguetes. En la parte superior del cubo encontramos un entrante donde irá colocado un cojín que funcionará de manera que el niño pueda estar más cómodo en el taburete y además también tendrá otro uso.



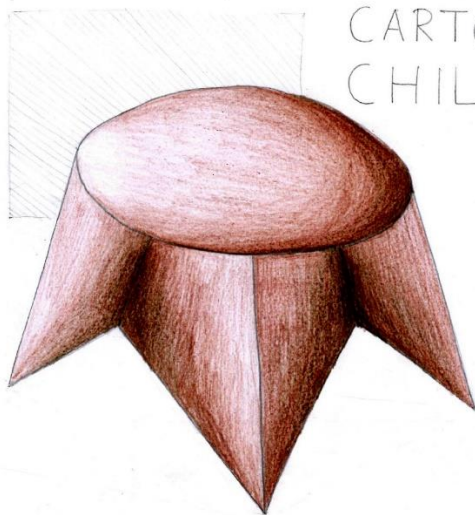
Para obtener todo el espacio posible de la clase para realizar todo tipo de actividades solo debemos de apilar los taburetes unos encima de otros formando de esta manera una estantería donde los niños también puedan almacenar sus cosas.



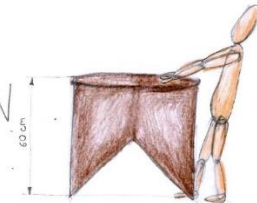
Para darle otra función al taburete simplemente quitando el cojín, invirtiendo el taburete y juntándolo con otros conseguimos formar una mesa para que los niños puedan trabajar o jugar juntos en grupo.

En cuanto a la economía circular de este producto, es un producto el cual aumenta el tiempo de vida a través de su versatilidad, ya que una vez el producto no se use como taburete puede funcionar como estantería. Además, este producto está hecho de polipropileno, un plástico 100% reciclable y pensado para que se pueda utilizar en otro producto. En cuanto a los cojines, estos se pueden sustituir una vez estén desgastados.

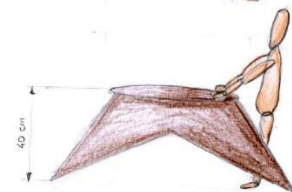
PROPUESTA L76



CARTOON CHILDREN



7-8 años



5-6 años



4-5 años

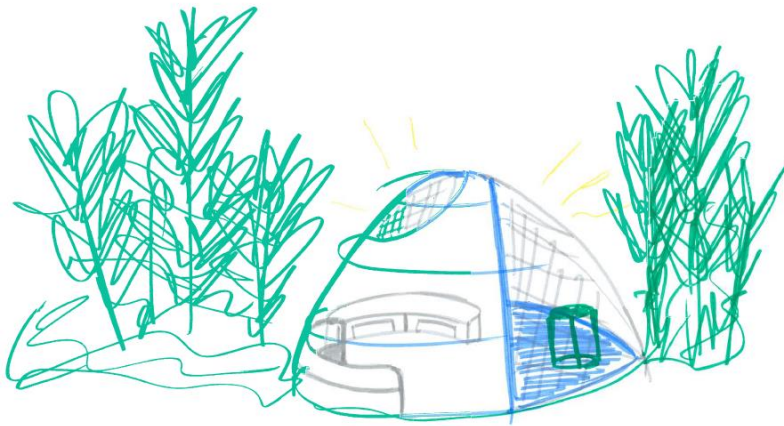
L7-6

1. Aprovecha la existencia de otros residuos para usarlos como materia prima, dado que el diseño está hecho de cartón.
2. Cuando ya no te sea de utilidad genera residuos (material biodegradable).
3. Alarga el tiempo de vida mediante versatilidad.
4. Cubre una necesidad en su entorno físico.
5. Se puede usar o interrelacionar con él de varias formas.
6. Es original e innovador.

ANEXO 1.4: Conceptos de refugio personal para la intemperie

PROPUESTA R1-G1-P1

R1-G1-P1



tent for 1 person

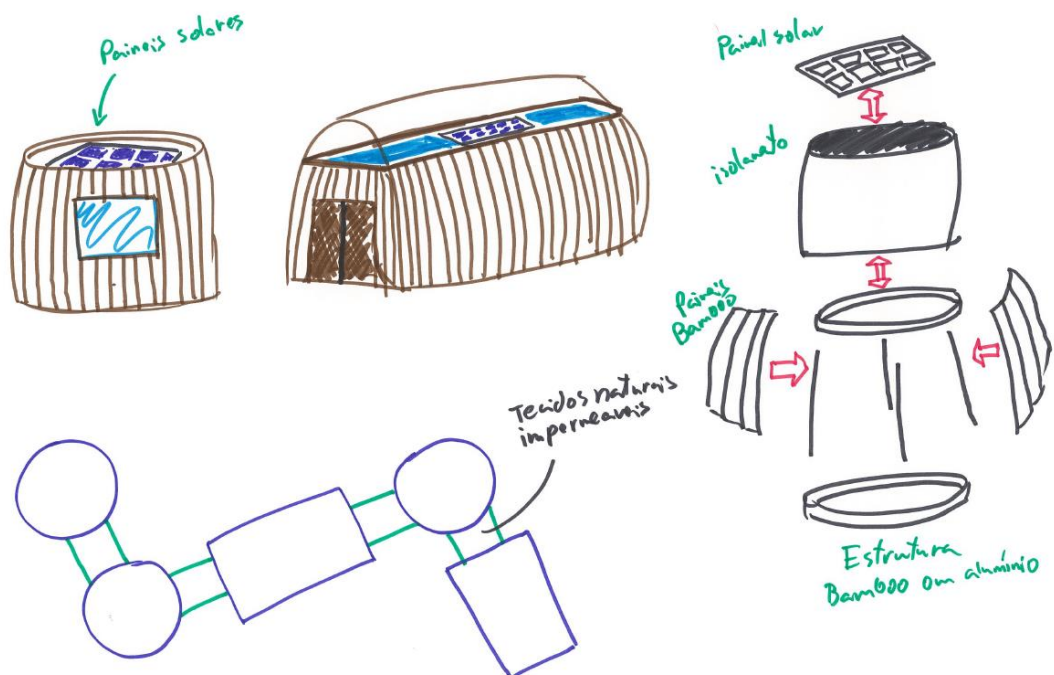
meio globo pode fechar completamente ou podemos retirar uma Rede para ampliar a zona de acesso — resulta num globo fechado.

possibilidade de janela na parte superior para ~~esse~~ podemos contemplar o céu, numa noite calma.

acessórios: sofá individual, banco individual, mesa para "cozinha"

PROPUESTA R1-G1-P2

R1-G1-P2



Painéis solares

Painel solar

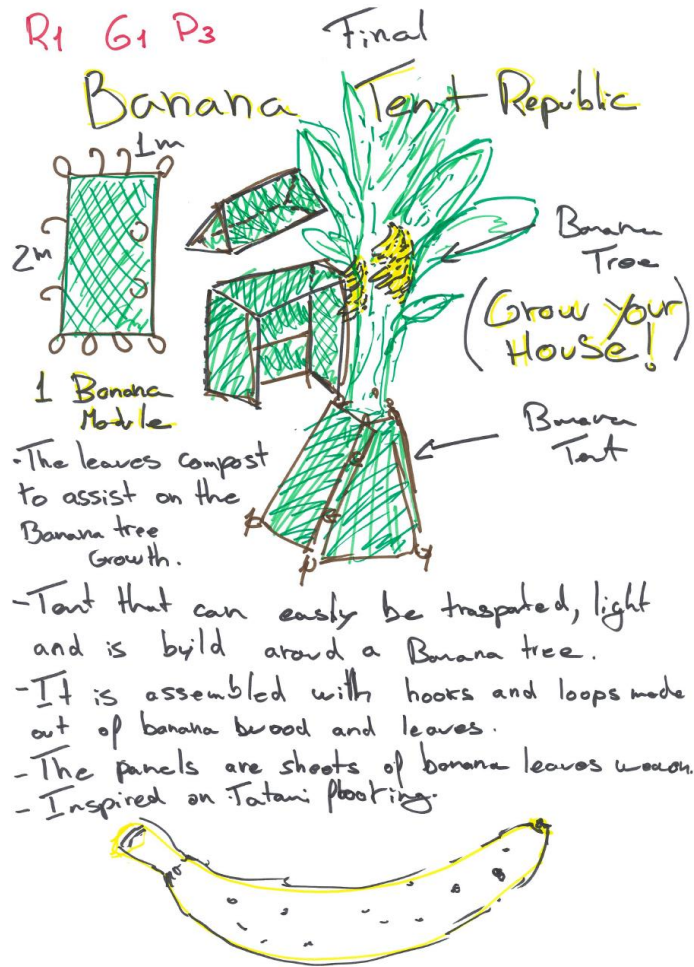
isolante

Painéis Bambu

Tecidos naturais impermeáveis

Estrutura Bamboo ou alumínio

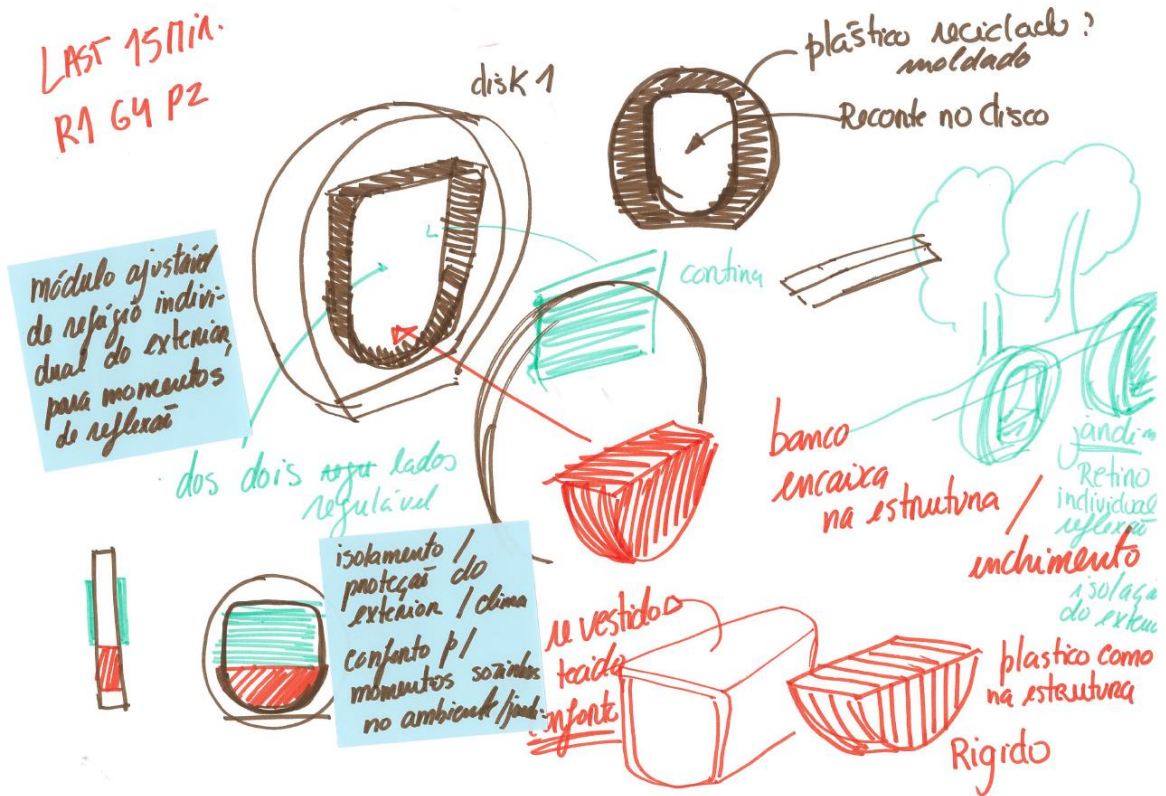
PROPUESTA R1-G1-P3



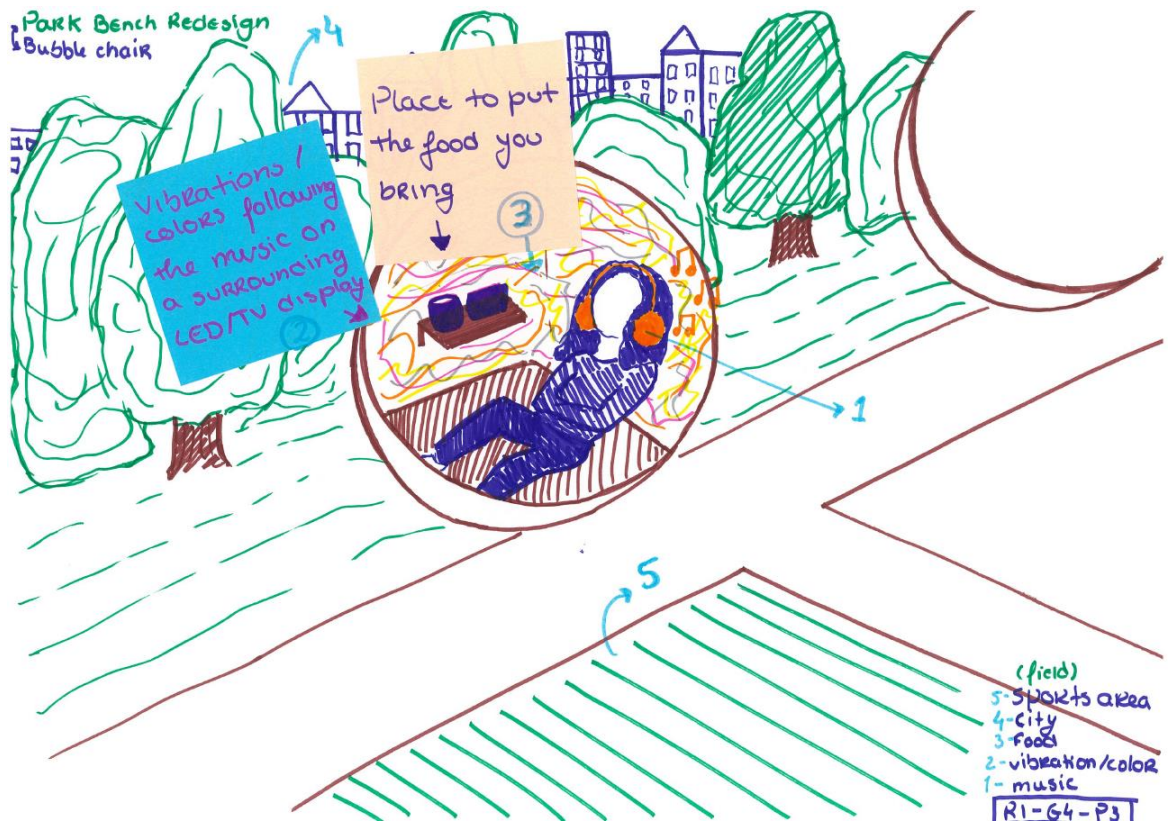
PROPUESTA R1-G4-P1



PROPUESTA R1-G4-P2

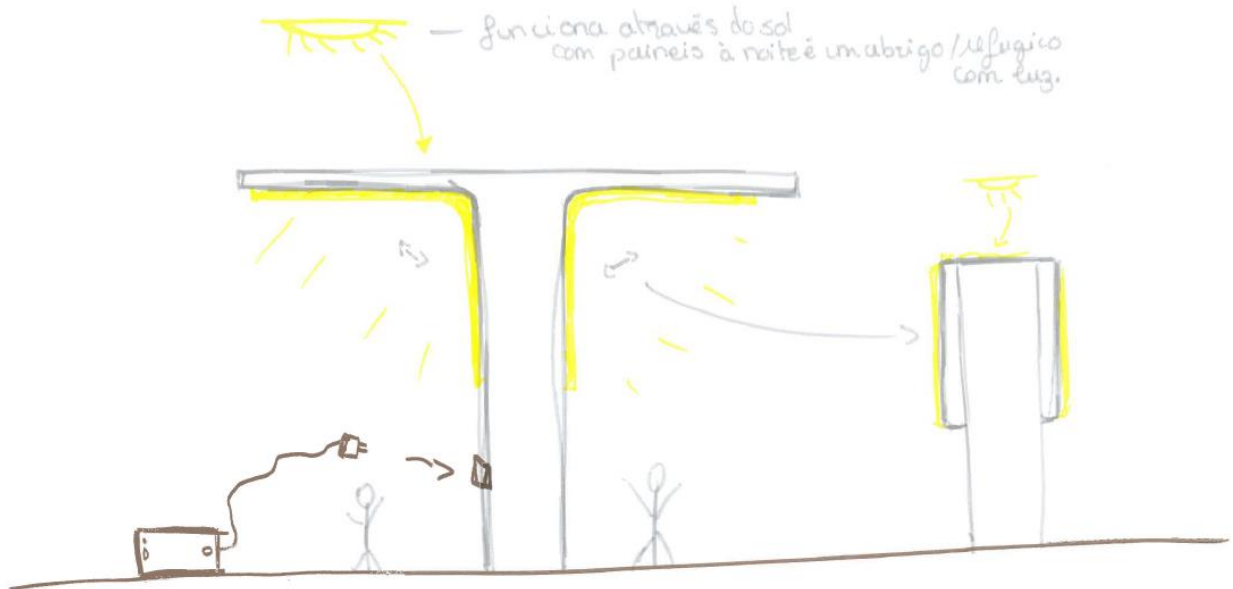


PROPUESTA R1-G4-P3



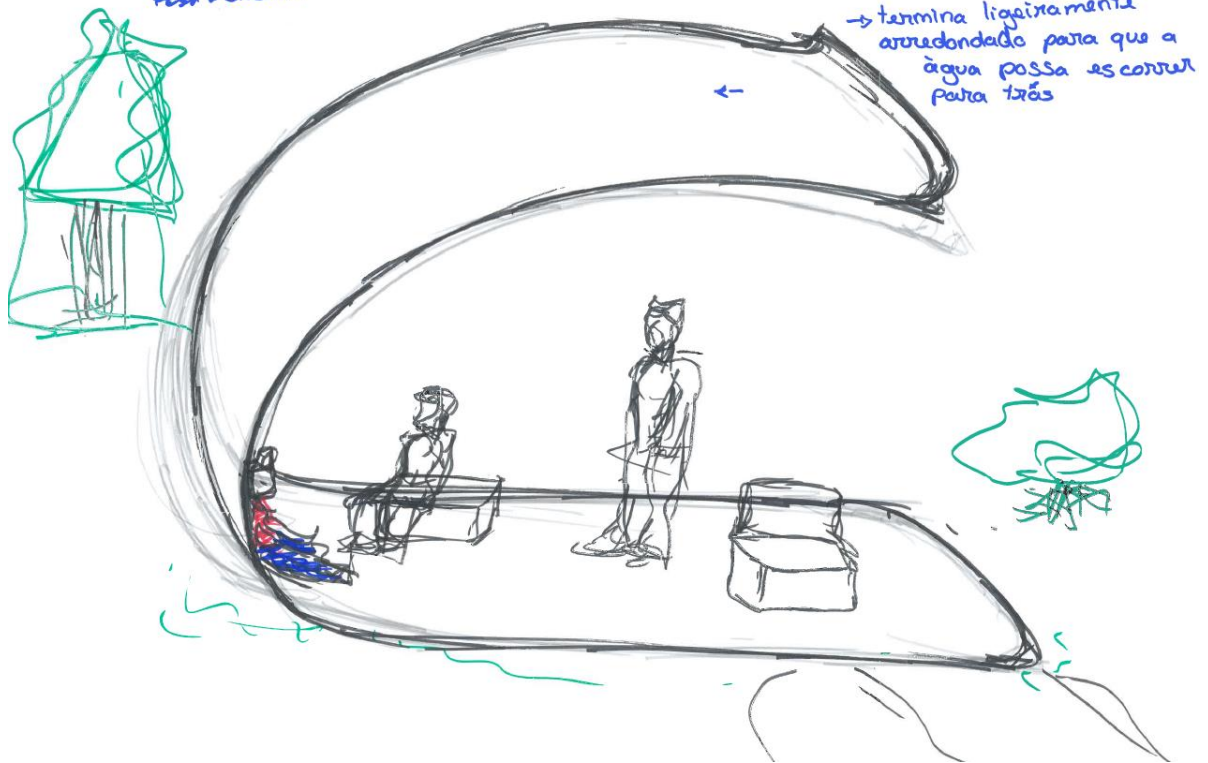
PROPUESTA R2-G2-P1

R2-G2-P1 → Projeto final refugio de exterior com luminas



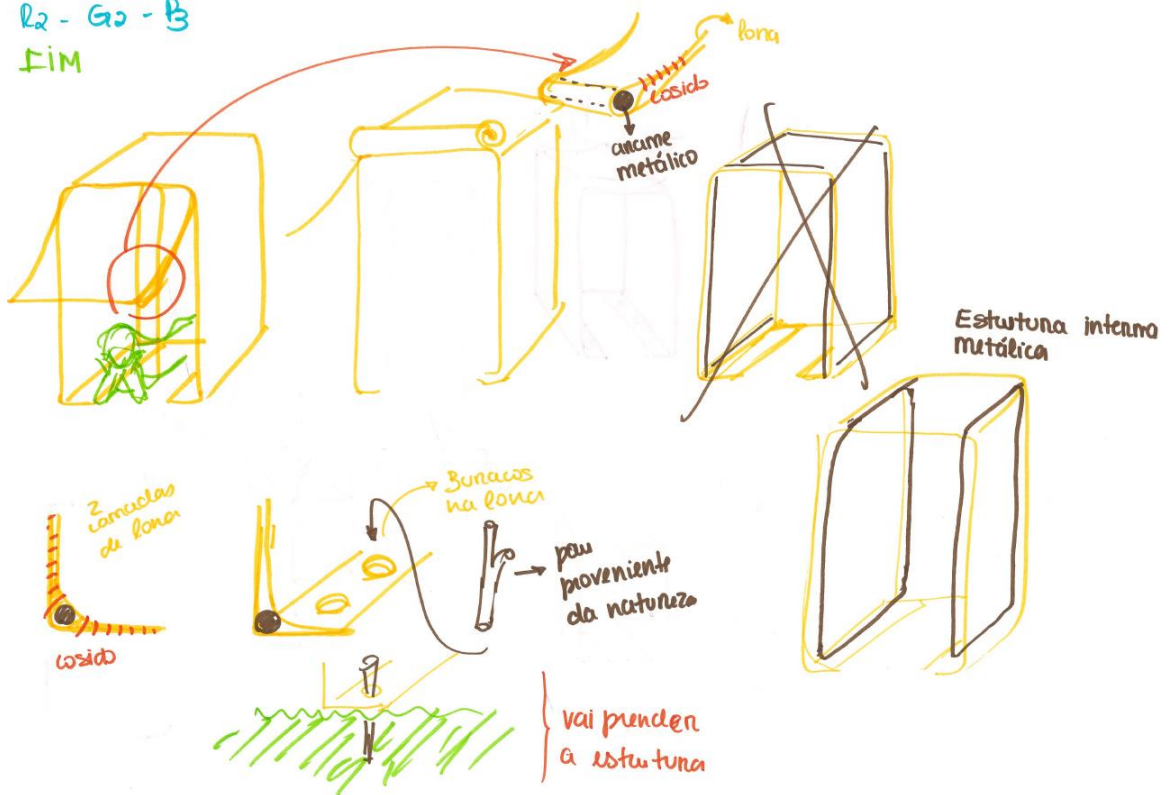
PROPUESTA R2-G2-P2

Final RE-42-P2
ESTRUTURA
PARA URBANA



PROPUESTA R2-G2-P3

R2 - G2 - P3
FIM

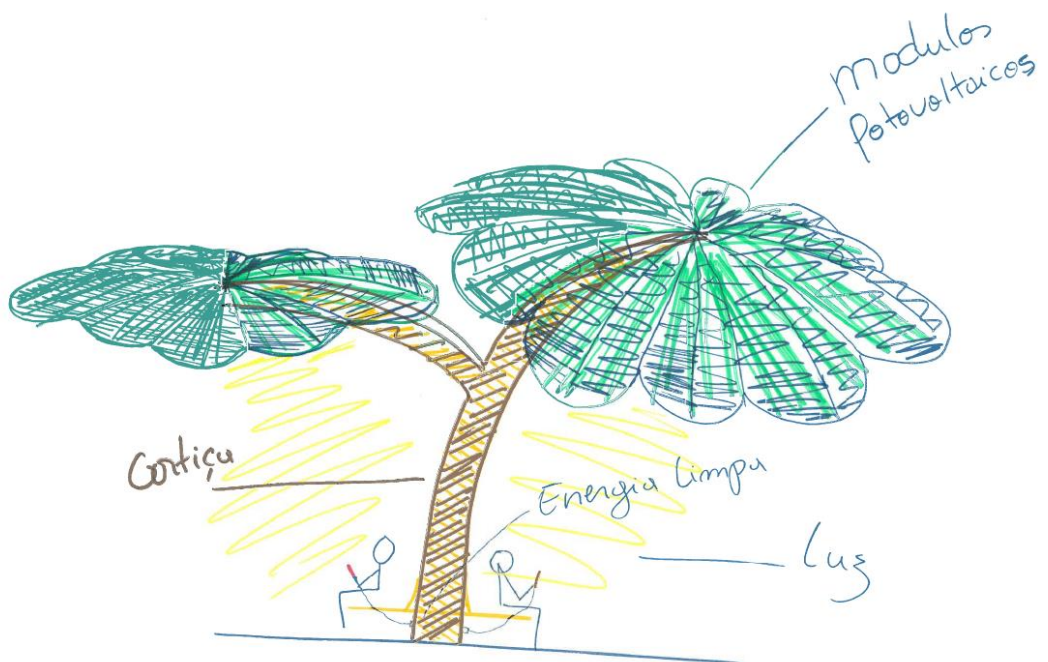


PROPUESTA R2-G3-P1

R2 - G3 - P1 - Fit Form to Function

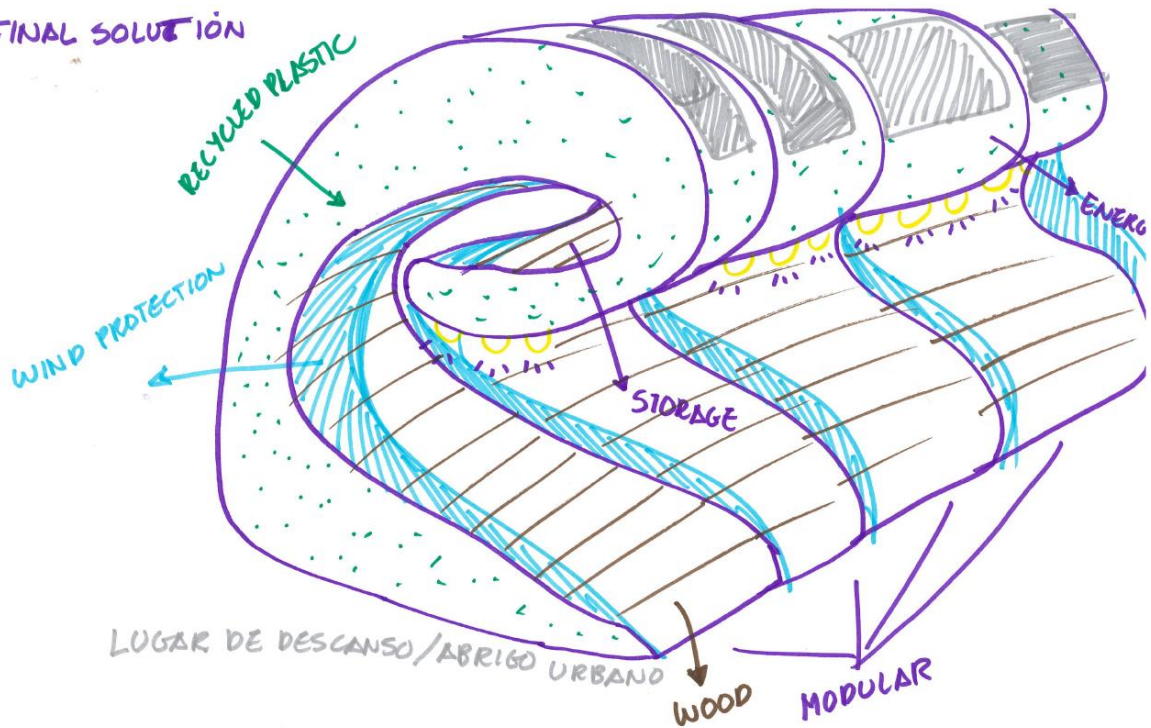
R2-G3-P1

R2-G3-P1 - Final



PROPUESTA R2-G3-P2

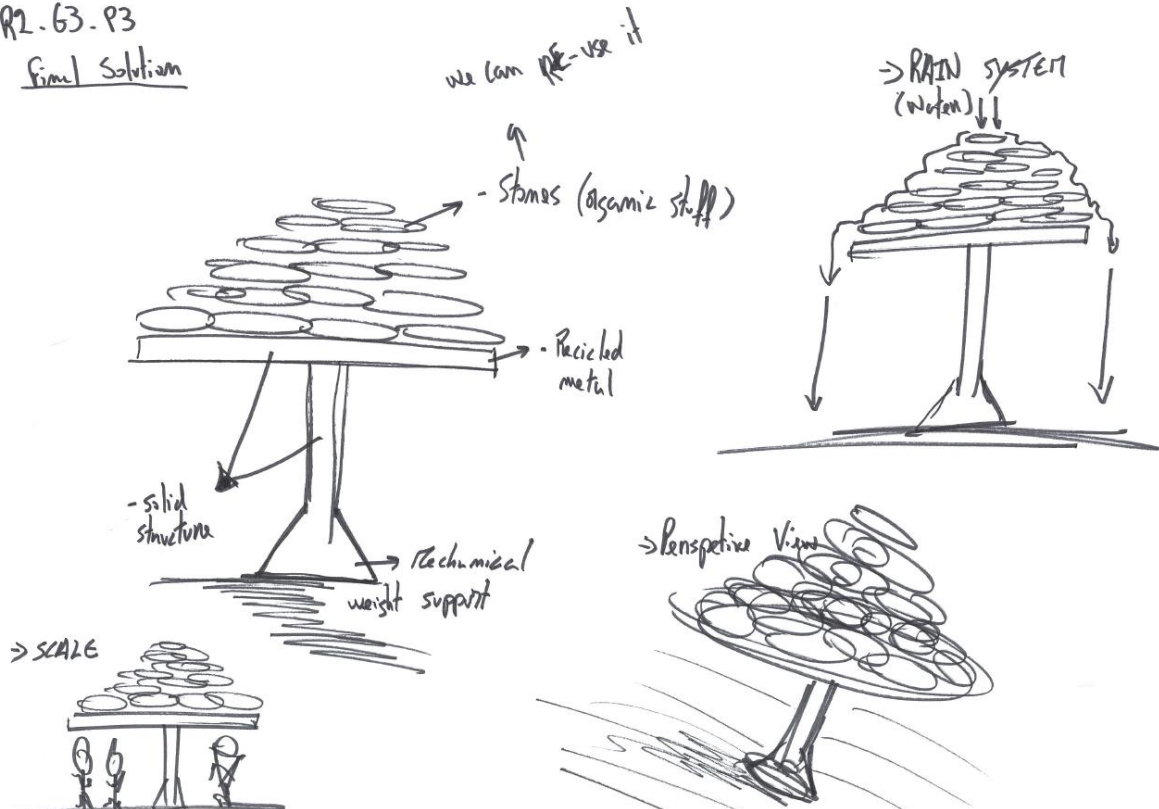
FINAL SOLUTION



URBAN SHELTER / REST
WITH LIGHT FROM SOLAR ENERGY

PROPUESTA R2-G3-P3

R2-G3-P3
Final Solution

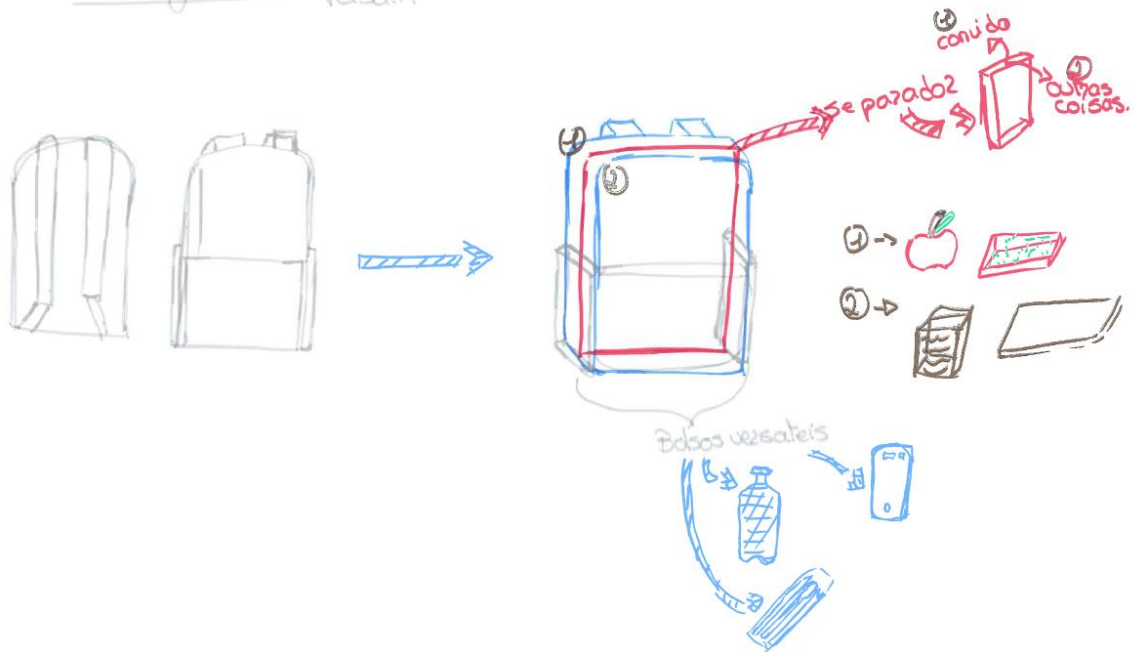


ANEXO 1.5: Conceitos de transporte de comida fora de casa

PROPUESTA R1-G2-P1

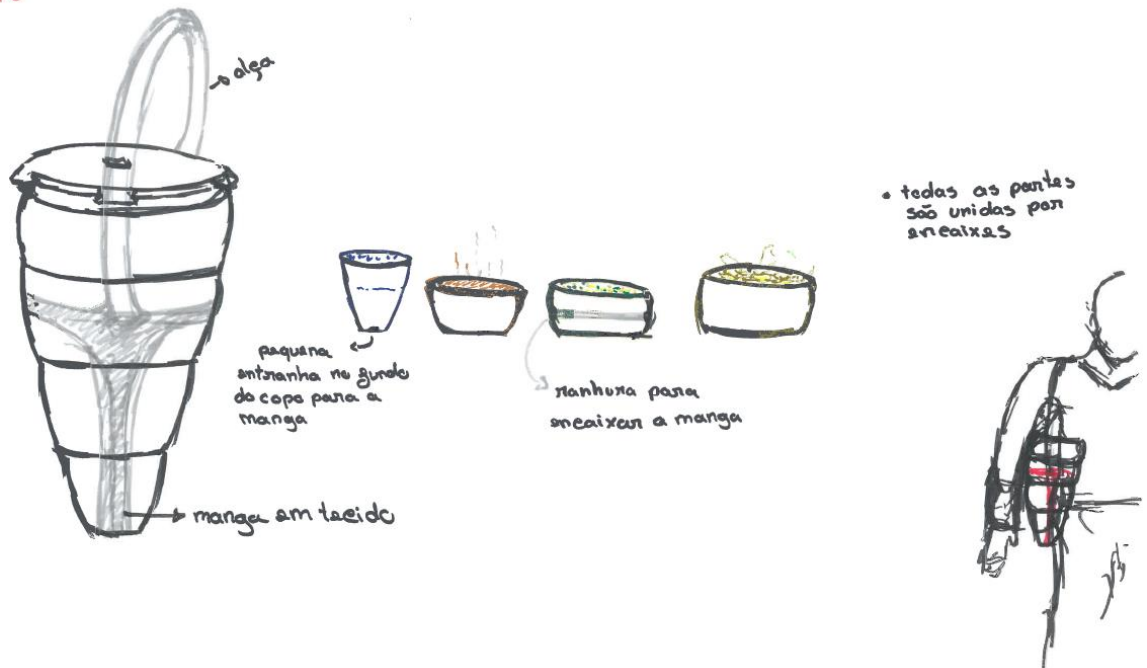
R1-G2-P1

Ideal Final: Mochila para Transportar comida para fora de casa e outras coisas.
Versatil



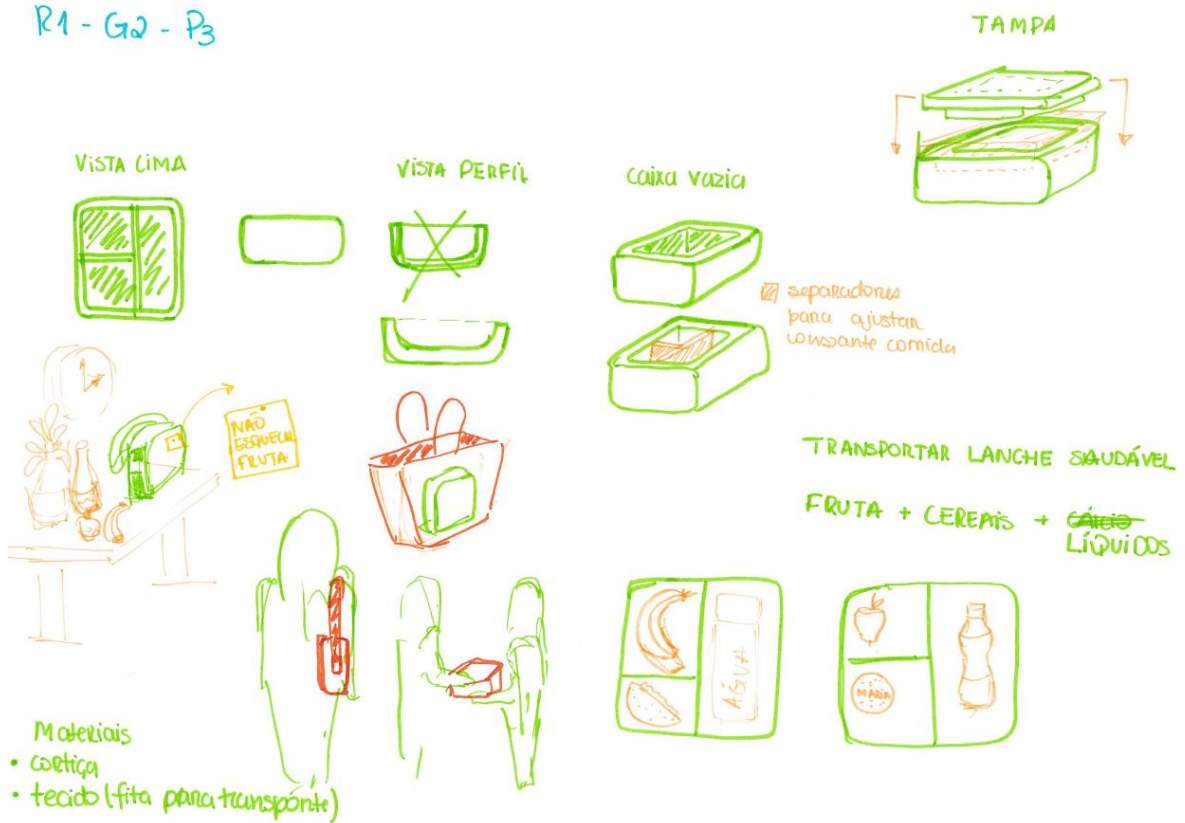
PROPUESTA R1-G2-P2

R1-G2-P2



PROPUESTA R1-G2-P3

R1 - G2 - P3

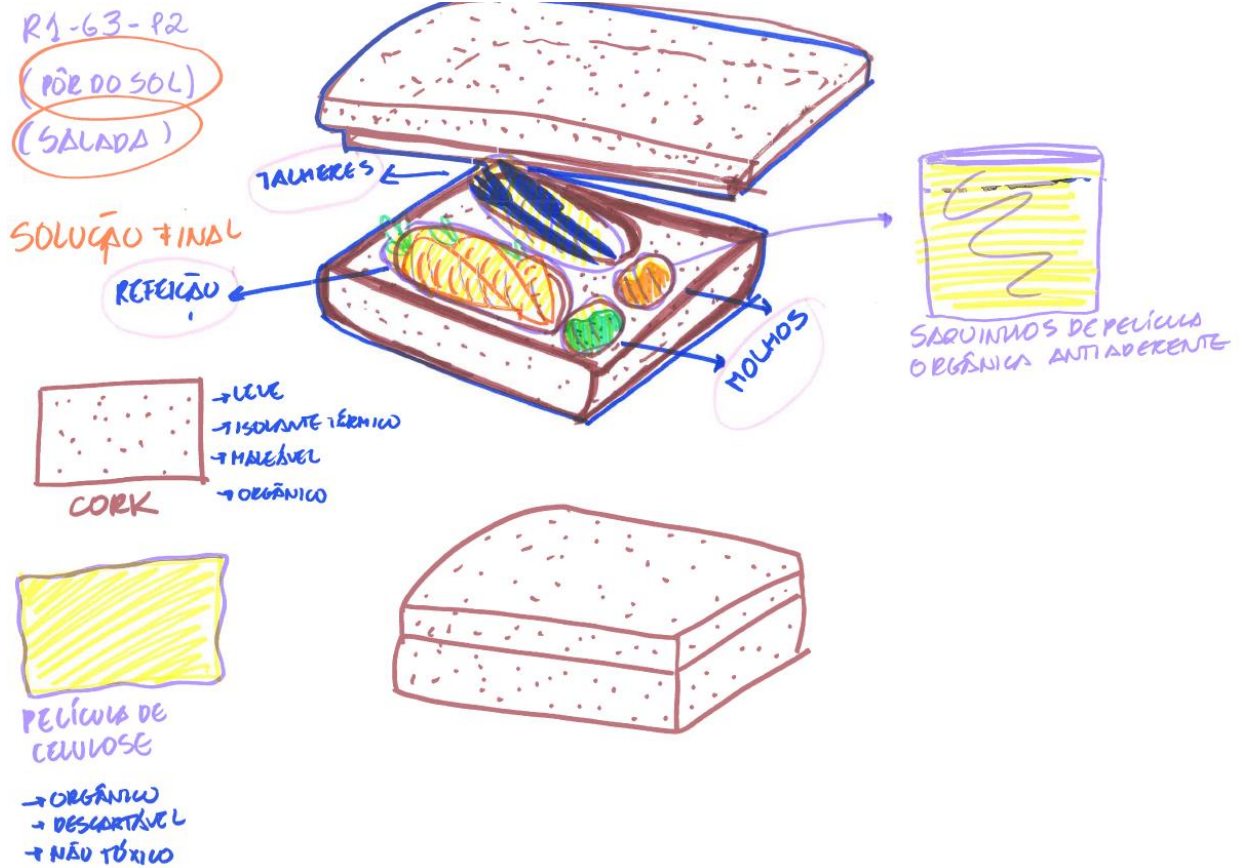


PROPUESTA R1-G3-P1

BOX feita de cartão biodegradável
 Divisórias; prato principal, sushi e vegetais
 Tampa contém talheres e pauzinhos para sushi

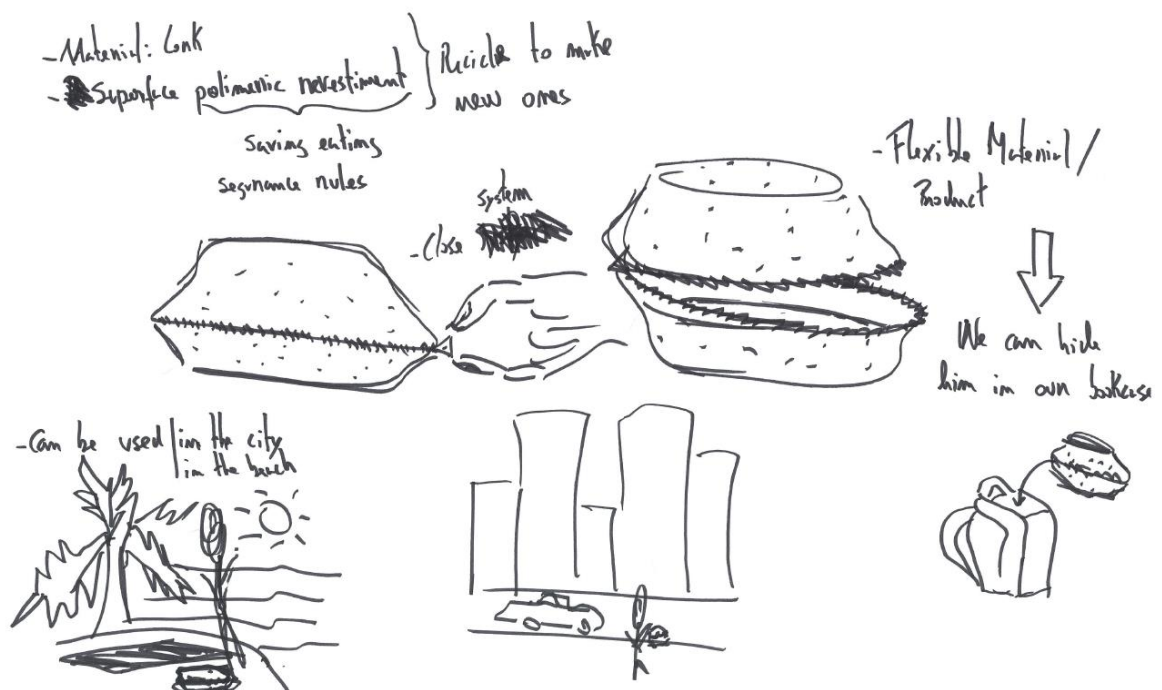


PROPUESTA R1-G3-P2



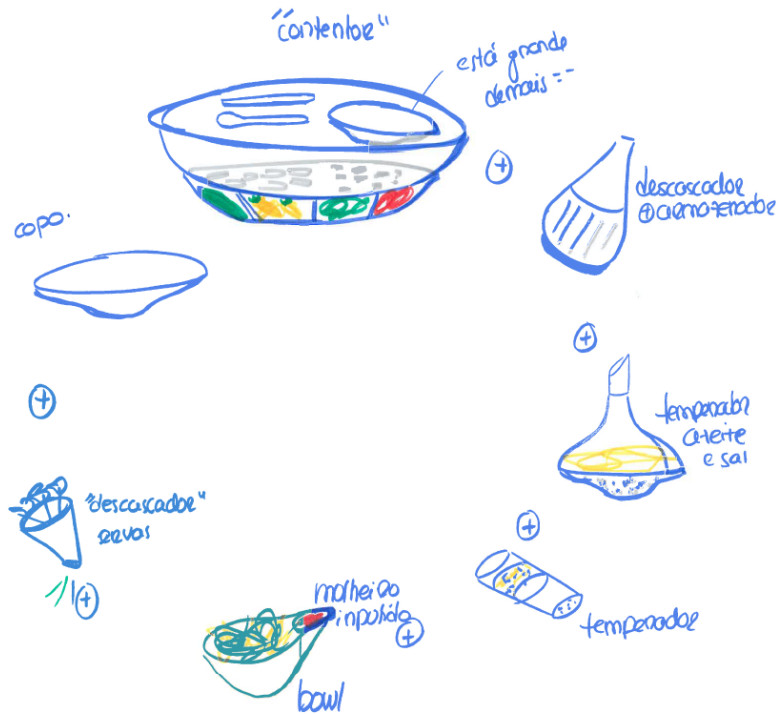
PROPUESTA R1-G3-P3

R1-G3-P3
 Final Solution



PROPUESTA R2-G1-P1

Solução final.

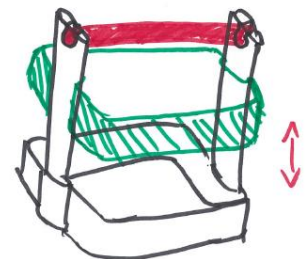
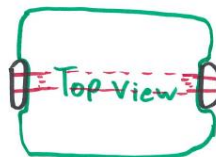
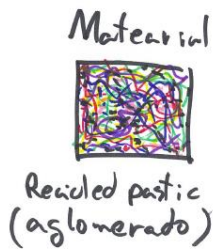
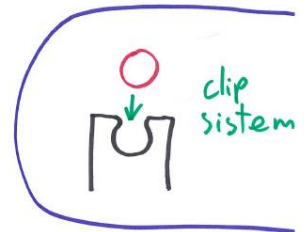
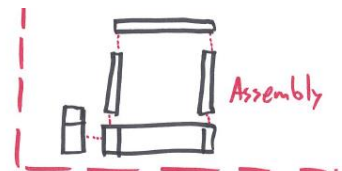
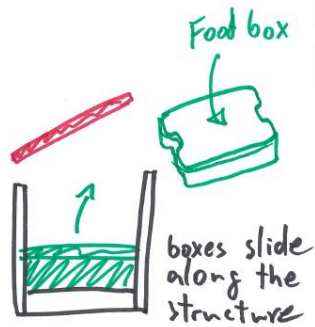
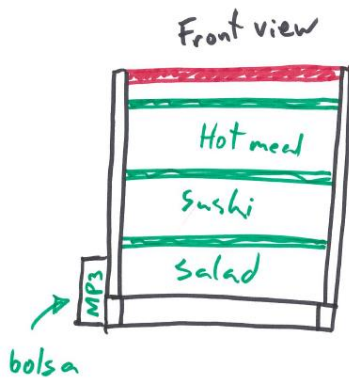


R2-G1-P1

conjunto para
 ✓ confeccionar
 ✓ preparar
 ✓ transportar
 a comida
 ↓
 variados tipos.

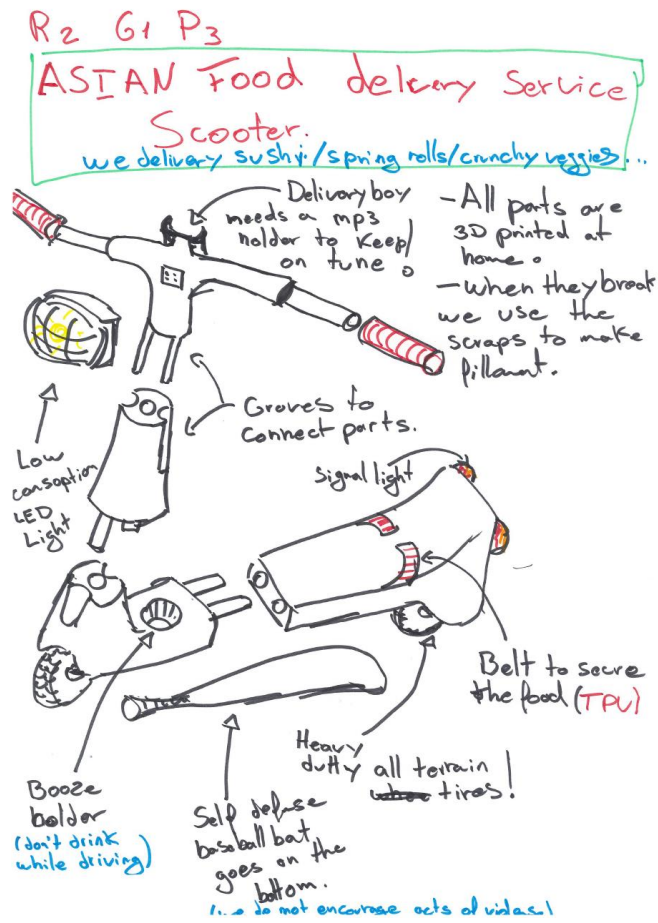
PROPUESTA R2-G1-P2

R2-G1-P2

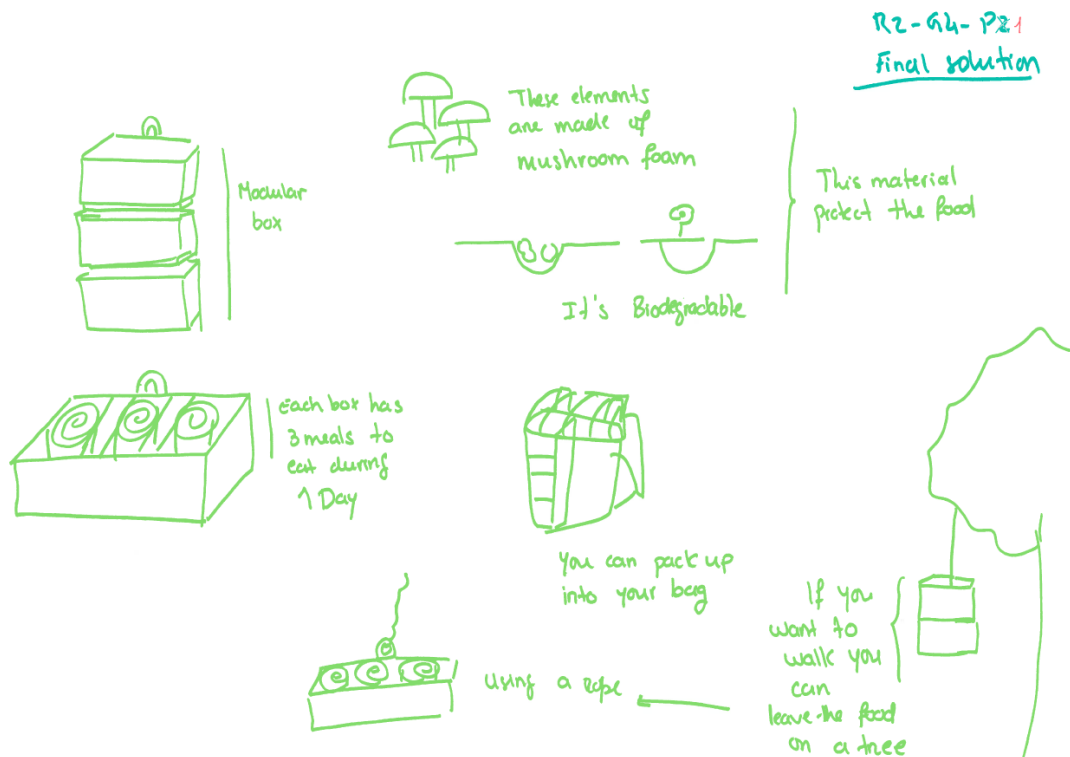


Service that you pay less
 if you have the package
 (Refill service)

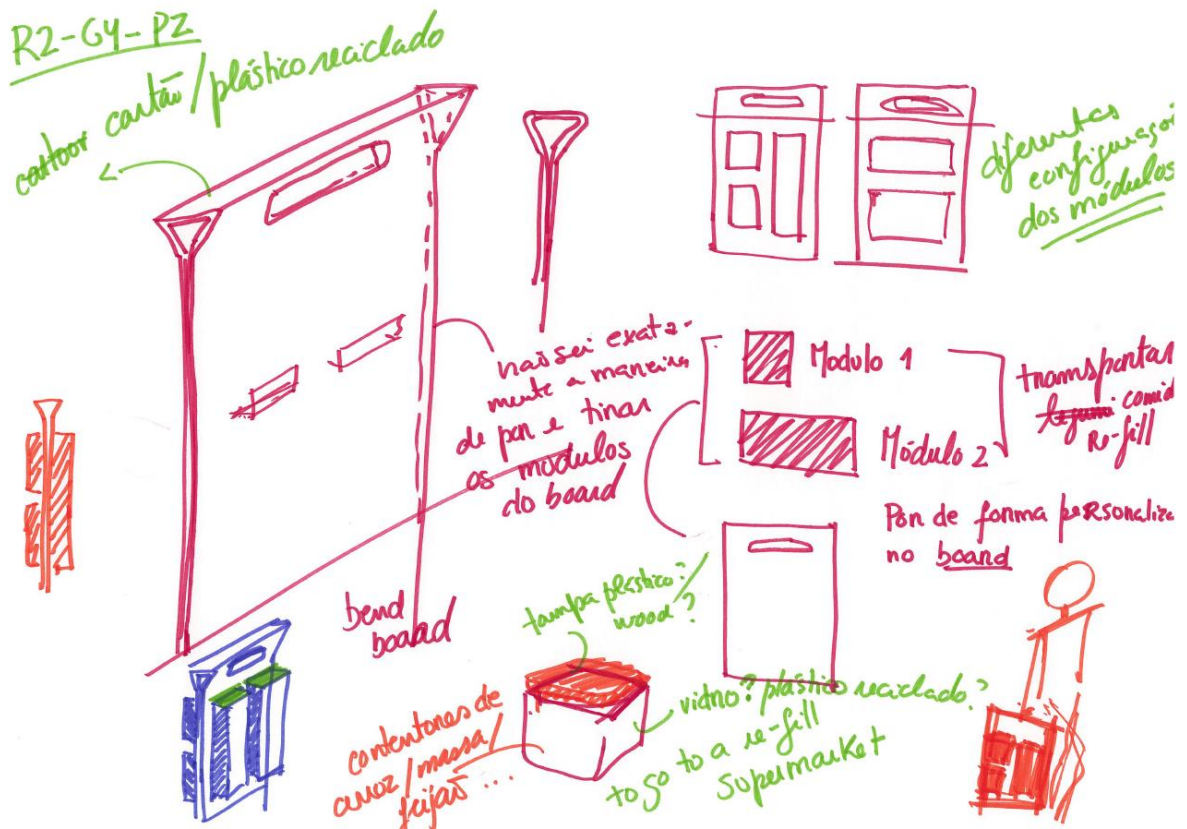
PROPUESTA R2-G1-P3



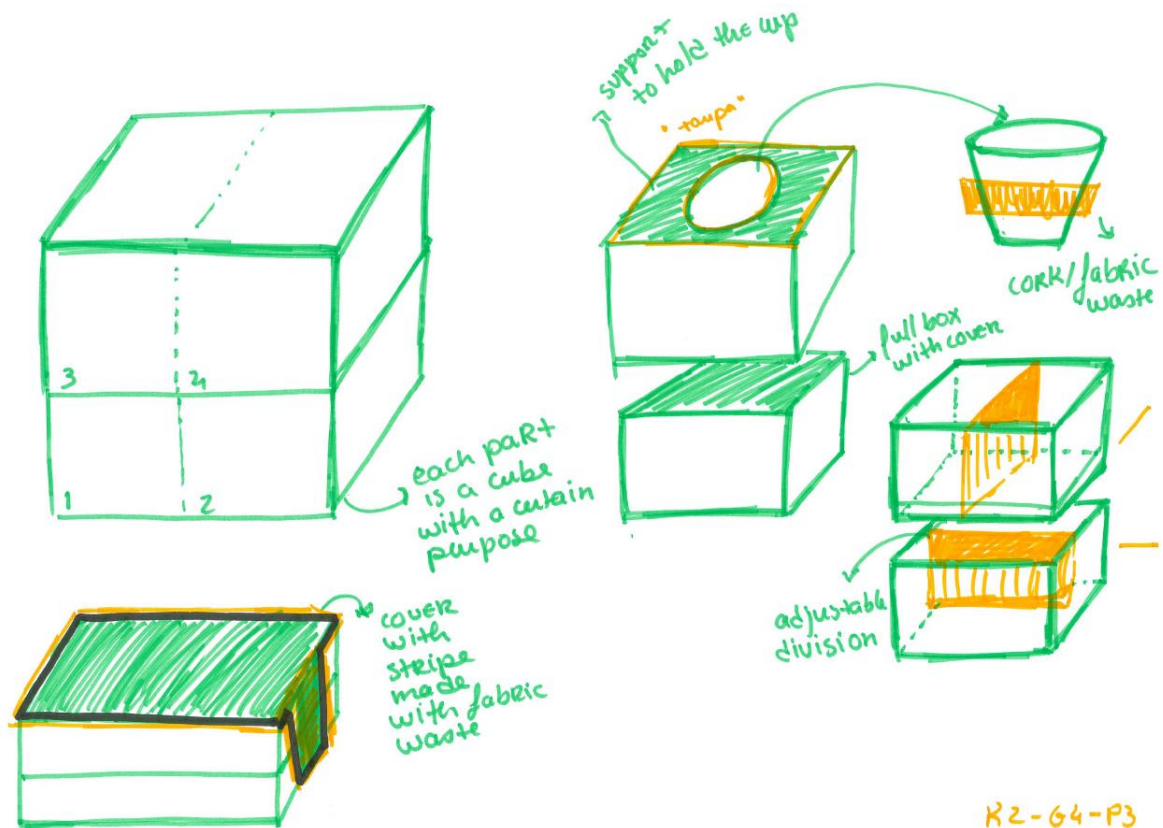
PROPUESTA R2-G4-P1



PROPUESTA R2-G4-P2



PROPUESTA R2-G4-P3



ANEXO 2

PUNTUACIONES OBTENIDAS POR
CADA UNO DE LOS CONCEPTOS
SEGÚN LOS DISTINTOS MÉTODOS DE
EVALUACIÓN EMPLEADOS

-página en blanco-

ANEXO 2.1: Evaluación de conceptos de transporte de objetos personales

ANEXO 2.1.1: Evaluación de la novedad de conceptos de transporte de objetos personales mediante el método SAPPhIRE (Chakrabarti et al., 2005)

	Solución estándar	Propuesta 1A	Propuesta 2A	Propuesta 3A	Propuesta 4A
action	transportar objetos	=	=	=	transportar objetos, soportar personas, transportar personas
state change	sólido	=	=	=	=
phenomenon	contacto mochila/maleta-objeto	=	=	=	contacto mochila-objeto, contacto persona-mochila
effect	la mochila/maleta sostiene el objeto	=	=	=	la mochila sostiene el objeto, la mochila sostiene a la persona, la mochila transporta a la persona
	sacos	=	sacos, red	=	=
organo 2 (sistema de sujeción con el humano)	tirantes (2)	=	tirantes (2), asa bandolera, carrito, asa cintura, asa superior	tirantes (2), asa bandolera, asa superior	asas extraíbles, asa saco pequeño, asa maleta, asa carrito/patinete
organo 3 (sistema de cierre)	cierre por cremallera	=	=	=	=
organo 4 (sistema de transporte de la mochila)			carrito		carrito
organo 5 (funciones extra)			altavoces, ruedas con dinamo, ganchos accesorios	mantener temperatura corporal, impermeable, sensor de constantes solar	sistema de vacío, sistema de seguimiento mediante el móvil, asiento para personas, apertura con huella, salva escaleras, impermeable y repelente suciedad, cargador de móvil, ruedas todoterreno modulares
organo 6 (transporte de la persona)					patinete
part 1_1	saco grande	=	saco grande con enganche (2)	=	saco grande (3)
part 1_2	saco pequeño	=	red (4)	saco pequeño con cremallera	saco pequeño extraíble
part 1_3		saco pequeño con enganche		saco pequeño inferior con cremallera	
part 1_4		saco grande con enganche		saco pequeño lateral (2) con cremallera	
part 1_5				bolsillo lateral (2)	
part 1_6				módulo térmico con cremallera	
part 2_1	tirantes (2)	=	tirantes (2) con belcro	=	asas extraíbles (3)
part 2_2			asa para bandolera con enganches	asa para bandolera	asa saco pequeño extraíble
part 2_3			asa superior	asa superior	asa carrito/patinete
part 2_4			asa para la cintura		
part 2_5			asa del carrito		
part 3_1	cremallera	=	=	=	=
part 3_2	cierre cremallera	=	=	=	=
part 3_3					

Puntuaciones obtenidas por cada uno de los conceptos según los distintos métodos de evaluación empleados

part 4_1			estructura del carrito		estructura del carrito/patinete
part 4_2			ruedas (2)		ruedas todoterreno modulares (4)
part 4_3					
part 5_1			altavoces (2)	material aislante temperatura corporal	accionamiento vacío
part 5_2			dinamo de las ruedas (2)	impermeable	bolsa vacía
part 5_3			ganchos (3)	sensor de constantes	sistema seguimiento mediante móvil
part 5_4				placas solares	sensor huella dactilar
part 5_5					toma cargador móvil
part 5_6					mecanismo salva escaleras
part 6_1					estructura del carrito/patinete <i>igual que 4_1</i>
part 6_2					ruedas todoterreno modulares (4) <i>igual que 4_2</i>
SUMA "action"					2
SUMA "state change"					
SUMA "phenomenon"					1
SUMA "effects"					2
SUMA "organs"			9	5	13
SUMA "parts"		2	22	13	13
ORDEN					2
				4	6
			12		
input	acción humana				
SUMA "Inputs"					

	Solución estándar	Propuesta 5A	Propuesta 6A	Propuesta 7A	Propuesta 8A	Propuesta 9A	Propuesta 10A	Propuesta 11A
action	transportar objetos	=	=	transportar objetos, transportar maletas, transportar niños	=	=	=	=
state change	sólido	=	=	=	=	=	=	=
phenomenon	contacto mochila/maleta-objeto	=	contacto coche-mochila, magnético	contacto maleta-objeto, contacto maleta-otras maletas, contacto maleta niño	=	=	=	=
effect	la mochila/maleta sostiene el objeto	=	la maleta se queda fijada al coche	la maleta sostiene el objeto, la maleta sostiene otras maletas, la maleta sostiene al niño	=	=	=	=

organo 1 (sistema donde se llevan las cosas)	sacos	sacos, red	maleta imantada	=	saco extensible	=	=	=
organo 2 (sistema de sujeción con el humano)	tirantes (2)	asa partida con enganche	asa	asa <i>(considerada asa menos que tirantes porque ocupa las manos)</i>	asa, asa para bandolera, asa del carrito	tirantes (2), asa multifunción	asas	tirantes (2), asa superior, asas bolsa
organo 3 (sistema de cierre)	cierre por cremallera	=	=	=	=	=	=	cierre por cremallera, cierre por botón
organo 4 (sistema de transporte de la mochila)		posibilidad de fijar en silla de ruedas	carrito	carrito	carrito		carrito	
organo 5 (funciones extra)		placa solar carga móvil, reflectante, impermeable, posibilidad de ruedas, extensible		montacargas, transporte de niños, ruedas especiales para disminuir sensación de peso, ruedas y asa fácilmente sustituibles	posibilidad de separar el carrito	tela impermeable, colgador de skate	modular	modular
organo 6 (transporte de la persona)								
part 1_1	saco grande	sacos grandes (2)	=	=	saco extensible	=	=	saco bolsa deporte
part 1_2	saco pequeño	red (2)				sacos pequeños laterales (2)	sacos pequeños (2)	saco mochila
part 1_3						saco interior		saco neceser
part 1_4								
part 1_5								
part 1_6								
part 2_1	tirantes (2)	asa partida	asa	asa	asa	=	asa	=
part 2_2		enganche de las dos partes de asa			asa bandolera con enganches	asa multifunción	asa carrito	asas bolsa (2)
part 2_3					asa del carrito			asa superior mochila
part 2_4								
part 2_5								
part 3_1	cremallera	=	=	=	=	=	=	=
part 3_2	cierre cremallera	=	=	=	=	=	=	=
part 3_3								botón
part 4_1		asa partida	imán	estructura del carrito	estructura del carrito		estructura del carrito	
part 4_2		enganche de las dos partes de asa	ruedas (4)	ruedas (4)	ruedas (2)		ruedas (4)	
part 4_3				asa				
part 5_1		placa solar					sacos adicionales	cremalleras unión módulos
part 5_2		banda reflectante						cierres cremalleras unión módulos

Mochila (A)	7AB										Prom	8BA										Prom	9BA										Prom																				
	c	@	u	i	e	s	a	@	u	i		e	s	m	@	u	i	e	s	a	@		u	i	e	s	m	@	u	i	e	s		a	@	u	i	e	s	m	@	u	i	e	s	c	@	u	i	e	s	i	@
Usual / Inusual	5	5	7	7	2	5	5	7	6	5	5,40	2	3	6	1	6	5	6	5	3	2	3,90	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1,40																				
Operable / Inoperable	1	5	4	1	3	2	3	1	2	3	2,50	5	3	4	7	3	3	3	3	3	3	3,70	1	1	2	1	3	3	2	1	2	2	1,80																				
Asombroso / Muy visto	5	3	2	2	6	3	4	2	2	3	3,20	6	3	3	7	3	3	3	5	3	7	4,30	6	7	6	7	7	6	6	7	7	7	6,60																				
No funcional/ Funcional	5	3	6	1	6	6	6	6	6	5	5,00	5	4	5	1	6	5	4	5	5	5	4,50	6	6	4	5	6	6	3	7	6	6	5,50																				
Sorprendente / Tradicional	3	4	2	2	6	3	5	2	2	3	3,20	6	3	2	7	3	3	2	5	3	6	4,00	6	7	5	7	6	6	6	7	7	7	6,40																				
Original / Convencional	3	4	1	1	6	3	3	1	3	3	2,80	6	3	2	7	3	3	2	5	4	6	4,10	6	7	5	7	6	5	6	6	7	7	6,20																				
Chocante / Corriente	3	3	2	1	6	3	3	2	2	3	2,80	6	3	3	7	4	3	2	5	4	6	4,30	6	7	5	7	6	5	6	6	7	7	6,20																				
Inviabile / Viabile	7	3	4	2	6	6	6	6	6	4	5,00	4	3	4	1	6	5	4	6	5	6	4,40	7	7	7	7	6	6	7	6	7	7	6,60																				
Factible / Impracticable	1	5	4	6	2	2	3	1	2	3	2,90	3	5	4	7	2	3	4	2	4	3	3,70	1	1	2	2	2	3	1	2	1	2	1,70																				
Novedoso / Predecible	3	3	2	2	6	3	3	1	3	2	2,80	6	4	2	5	3	3	2	5	5	6	4,10	6	7	7	7	6	6	6	6	7	7	6,50																				
Inefectivo / Efectivo	5	3	5	3	6	5	6	6	6	5	5,00	2	4	5	7	5	5	4	5	5	5	4,70	6	7	3	5	6	6	4	7	6	6	5,60																				
Útil / Inútil	3	5	2	5	2	3	3	2	2	3	3,00	5	3	3	3	2	3	3	2	3	4	3,10	2	2	2	4	3	2	2	6	1	2	2,60																				
											Novedad	5,10										Novedad	3,85												Novedad	1,58																	
											Utilidad	5,10										Utilidad	4,52												Utilidad	5,93																	
											Creatividad	5,10										Creatividad	4,18												Creatividad	3,76																	

Mochila (A)	10BA										Prom	11BA										Prom							
	c	@	u	i	e	s	a	@	u	i		e	s	m	@	u	i	e	s	a	@		u	i	e	s	m	@	u
Usual / Inusual	2	5	5	1	6	4	2	5	2	2	3,40	3	5	4	1	6	5	5	5	6	3	4,30							
Operable / Inoperable	2	5	4	1	6	5	3	1	3	2	2,90	3	3	3	3	1	4	3	3	2	3	3,00							
Asombroso / Muy visto	6	4	3	7	3	6	5	6	6	2	5,00	4	4	4	4	5	2	4	6	4	2	4,00							
No funcional/ Funcional	5	2	6	5	3	3	5	6	6	6	4,60	6	5	5	5	7	1	5	5	5	2	4,60							
Sorprendente / Tradicional	6	4	3	7	2	5	6	4	6	6	4,90	6	5	5	4	6	2	4	6	4	2	5,40							
Original / Convencional	6	4	3	7	2	5	6	3	6	6	4,80	6	5	4	3	6	2	5	4	3	2	3,70							
Chocante / Corriente	7	3	3	7	2	5	6	3	6	6	4,80	5	4	4	6	2	4	4	4	2	2	3,70							
Inviabile / Viabile	7	5	3	7	5	4	6	7	5	5	5,40	7	6	6	7	2	5	6	5	1	5	5,00							
Factible / Impracticable	1	6	4	1	3	4	3	1	3	3	2,90	1	2	3	1	5	3	3	2	7	3	3,00							
Novedoso / Predecible	6	6	3	7	2	5	6	4	7	6	5,20	5	5	3	7	2	4	4	5	3	5	4,30							
Inefectivo / Efectivo	6	2	5	5	4	4	6	5	6	4	4,80	5	5	6	6	2	4	5	5	2	5	4,50							
Útil / Inútil	3	4	3	3	4	4	4	1	3	2	3,10	2	3	2	2	5	3	3	3	7	3	3,30							
											Novedad	3,12										Novedad	4,08						
											Utilidad	4,98										Utilidad	4,80						
											Creatividad	4,05										Creatividad	4,44						

ANEXO 2.1.3: Evaluación de la circularidad de conceptos de transporte de objetos personales mediante el Circular Economy Toolkit (Bocken y Evans, 2013)

	Design, Manufacture and Distribute							Usage (by the customer)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1AB	1	1	2	0	0	0	1	2	1	0
2AB	1	1	2	0	1	0	1	2	1	0
3AB	1	2	2	2	1	0	1	2	1	0
4AB	0	2	2	2	1	0	1	2	1	0
5AB	0	1	1	0	1	0	1	2	1	0
6AB	0	2	2	0	1	0	0	1	1	0
7AB	0	2	2	0	1	0	1	1	2	0
8AB	0	1	2	0	1	0	1	2	2	0
9AB	0	1	1	0	1	0	1	2	1	0
10AB	0	1	2	0	0	0	1	2	1	0
11AB	1	1	2	0	1	0	1	1	1	0

	Repair/Maintenance of the product						Reuse/Redistribution of the product		
	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1AB	1	2	2	1	1	2	1	2	1
2AB	1	2	2	1	1	2	1	2	2
3AB	1	2	1	1	1	2	1	2	2
4AB	1	2	1	1	2	2	2	2	2
5AB	1	2	2	2	2	2	1	1	2
6AB	1	2	2	2	1	2	2	2	1
7AB	1	0	2	2	2	1	2	2	2
8AB	1	2	2	2	1	2	1	2	2
9AB	1	2	2	2	2	2	1	1	2
10AB	0	2	2	1	2	2	1	2	2
11AB	1	2	2	2	1	2	1	2	2

Puntuaciones obtenidas por cada uno de los conceptos según los distintos métodos de evaluación empleados

		Remanufacturing/ Refurbishment of product or part									
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1AB		1	2	2	2	2	2	1	2	2	0
2AB		1	2	2	2	2	2	1	2	2	2
3AB		1	2	2	2	1	2	1	2	2	2
4AB		1	2	2	1	1	2	2	1	0	1
5AB		1	1	2	2	1	2	1	2	2	2
6AB		1	1	0	2	1	2	0	0	2	2
7AB		1	2	1	2	2	2	1	1	1	1
8AB		1	1	1	1	1	2	1	1	2	2
9AB		1	1	2	2	1	2	1	2	2	2
10AB		1	2	1	2	0	2	2	1	1	1
11AB		1	2	1	2	1	2	1	2	2	2

	Products as a Service			Product Recycling at end of life		TOTAL
	30	31		32	33	
1AB	1	2		0	0	40
2AB	1	2		0	1	45
3AB	1	2		0	2	47
4AB	1	2		0	1	43
5AB	1	2		0	0	41
6AB	1	2		0	0	36
7AB	1	2		0	0	42
8AB	1	2		0	0	40
9AB	1	2		0	0	41
10AB	1	2		1	0	38
11AB	1	2		0	0	43

ANEXO 2.2: Conceptos de carritos de conserje

ANEXO 2.2.1: Evaluación de la novedad de conceptos de transporte de objetos personales mediante el método SAPPHIRE (Chakrabarti et al., 2005)

	Solución estándar	Propuesta 1B	Propuesta 2B	Propuesta 3B	Propuesta 4B
action	transportar objetos	=	=	=	transportar objetos, control logístico
state change	sólido	=	=	=	=
phenomenon	contacto carrito-objeto	=	=	=	contacto carrito-objeto, contacto usuario-tablet
effect	el carrito sostiene los objetos	=	=	=	el carrito sostiene los objetos, la tablet da información al usuario
organo 1 (sistema donde se llevan las cosas)	plataforma	plataformas (2) – (1+1)	balda (4), base principal – (4+1)	plataformas (2), módulos (2) - (3+1)	plataformas (2) – (1+1)
organo 2 (sistema de sujeción con el humano)	asa entera	=	asa partida	asa regulable	asa entera
organo 3 (sistema de transporte)	ruedas	=	ruedas, ruedas abatibles	=	=
organo 4 (sistema de plegado asa)	abatible	no abatible	no abatible	no abatible	(??) es abatible
organo 5 (sistema de movimiento plataformas)		manual	manual	manual	extensible y regulable en altura (guías)
organo 6 (otras funciones)			modular	freno, sensor de proximidad, ayuda eléctrica	soporte con tablet con funciones logísticas, eléctrico, freno automático, autónomo, compartimento basura, compartimento operario
part 1_1	base de la plataforma	bases de las plataformas (2)	=	bases de las plataformas (2)	base extensible de la plataforma
part 1_2	superficie antideslizante	no hay	no hay	no hay	no hay
part 1_3		estructura para sujetar las plataformas	balda (4)	módulos para extender superficie (2)	segunda plataforma regulable en altura
part 1_4					
part 1_5					
part 1_6					
part 2_1	asa entera	=	asa partida	asa telescópica regulable	=
part 2_2					
part 2_3					
part 2_4					
part 2_5					
part 3_1	ruedas (4)	=	ruedas (2)	=	ruedas (5)
part 3_2			ruedas abatibles (2)		
part 3_3					
part 4_1	pedal para accionamiento de plegado	asa no plegable	asa no plegable	asa no plegable	sistema de plegado

Puntuaciones obtenidas por cada uno de los conceptos según los distintos métodos de evaluación empleados

part 4_2	elementos del sistema de plegado	asa no plegable	asa no plegable	asa no plegable	
part 4_3					
part 5_1		bisagras (2)	con las mismas baldas	estructura telescópica	guías para movimiento de plataformas
part 5_2		eje para fijar plataformas			
part 5_3					
part 5_4					
part 5_5					
part 5_6					
part 6_1				freno	tablet
part 6_2				sensor de proximidad	soporte tablet
part 6_3				elementos eléctricos	freno
part 6_4					compartimento basura
part 6_5					compartimento operario
SUMA "action"					1
SUMA "state change"					
SUMA "phenomenon"					1
SUMA "Effects"					1
SUMA "Organs"		1	6	7	8
SUMA "Parts"		3	3	5	7
					1
		11	5	3	
input	acción humana				
SUMA "Inputs"					

	Solución estándar	Propuesta 5B	Propuesta 6B	Propuesta 7B	Propuesta 8B	Propuesta 9B	Propuesta 10B	Propuesta 11B
action	transportar objetos	=	=	=	=	=	=	=
state change	sólido	=	=	=	=	=	=	=
phenomenon	contacto carrito-objeto	=	=	=	=	=	=	=
effect	el carrito sostiene los objetos	=	=	=	=	=	=	=
organo 1 (sistema donde se llevan las cosas)	plataforma	plataforma con paredes abatibles y elevable	plataforma, bandeja inferior	=	plataforma plegable, bandeja auxiliar	plataforma en forma de L, balda separadora	plataformas extensibles (4) plegables	plataforma plegable
organo 2 (sistema de sujeción con el humano)	asa entera	asa de inclinación regulable	asa entera con antideslizante	asa regulable	=	asa extensible, mango ergonómico	asa telescópica	asa entera con recipiente
organo 3 (sistema de transporte)	ruedas	=	=	ruedas plegables	=	ruedas hinchables	ruedas (6)	=
organo 4 (sistema de plegado asa)	abatible	no abatible	no abatible	no abatible	no abatible	no abatible	no abatible	no abatible
organo 5 (sistema de movimiento plataformas)		pedal y sistema de tijeras y bisagras	la plataforma se desliza por el asa	giro de la plataforma manual		manual	manual con bisagras	manual con bisagras

organo 6 (otras funciones)			plataforma regulable en altura		Eje con sistema "Mousse Technology"	paraguas, botón para avanzar solo	materiales reciclables, perforación de la chapa para ligereza	gancho para sujetar objetos, apoyo de ayuda para plegar la plataforma
part 1_1	base de la plataforma	=	=	base de la plataforma con laterales	=	=	plataformas extensibles (4)	base de la plataforma plegable
part 1_2	superficie antideslizante	no hay	no hay	no hay	no hay	no hay	no hay	no hay
part 1_3		paredes laterales abatibles (3)	bandeja inferior		módulos desplegados de la plataforma principal (2)	balda separadora	paneles de apoyo a las plataformas (3)	
part 1_4		estructura base			bandeja auxiliar		base extensible	
part 1_5								
part 1_6								
part 2_1	asa entera	asa con inclinación regulable	=	asa regulable	=	asa extensible	asa telescópica	asa entera con recipiente
part 2_2			goma antideslizante			mango ergonómico		
part 2_3								
part 2_4								
part 2_5								
part 3_1	ruedas (4)	=	=	ruedas plegables (4)	=	ruedas hinchables (3)	ruedas (6)	=
part 3_2								
part 3_3								
part 4_1	pedal para accionamiento de plegado	asa no plegable	asa no plegable	asa no plegable	asa no plegable	asa no plegable	asa no plegable	asa no plegable
part 4_2	elementos del sistema de plegado	asa no plegable	asa no plegable	asa no plegable	asa no plegable	asa no plegable	asa no plegable	asa no plegable
part 4_3								
part 5_1		pedal	barras de sujeción (2)	es la misma plataforma la que se mueve		es la misma balda la que se mueve	bisagras (8)	bisagras (2)
part 5_2		bisagra tijera					(guías)	
part 5_3		bisagras para laterales						
part 5_4								
part 5_5								
part 5_6								
part 6_1					neumáticos del sistema "Mousse Technology"	paraguas	materiales	gancho
part 6_2						botón para avance autónomo	perforaciones	barra de apoyo para elevar el carro
part 6_3								
part 6_4								

Carrito (B)	7AB							8BA							9BA																					
	c	a	r	m	f	r	m	c	a	r	m	f	r	m	c	a	r	m	f	r	m															
Usual / Inusual	4	4	4	7	5	2	6	6	6	5	6	5	4,90	5	3	4	7	6	2	6	1	5	5	4,40	6	5	6	1	6	2	6	2	6	5		
Operable / Inoperable	2	6	5	1	4	3	2	1	2	3	3	3	2,90	2	3	5	1	4	2	3	1	3	3	3	2,70	2	3	3	3	4	3	3	6	2	5	
Asombroso / Muy visto	4	4	4	3	3	6	2	2	2	3	3	3	3,40	4	5	4	1	2	6	3	6	6	3	3	3,70	3	3	2	2	2	6	2	2	2	4	
No funcional / Funcional	6	3	4	5	7	6	6	7	6	6	5	5	5,50	6	5	5	1	6	5	6	6	6	5	5	5,00	2	2	2	5	7	3	5	4	2	4,20	
Sorprendente / Tradicional	3	4	4	3	3	6	3	2	3	3	3	3	3,40	4	5	4	1	2	6	3	6	6	3	3	3,70	2	2	2	2	2	2	6	6	3	3	
Original / Convencional	3	5	3	3	3	6	2	1	2	3	3	3	3,10	3	5	4	1	2	6	2	7	4	4	3	3,70	2	2	2	5	3	3	4	6	5	4	
Chocante / Corriente	3	2	4	3	3	6	2	2	2	2	3	3	3,00	4	4	4	1	3	6	3	7	4	4	3	3,90	2	2	2	2	1	7	2	6	6	5	
Invisible / Viable	7	1	2	7	5	5	6	7	5	6	7	5	5,00	7	6	3	4	7	5	5	7	6	5	5	5,70	6	6	5	6	7	5	5	4	6	5	
Factible / Impracticable	1	6	2	1	2	3	3	1	4	2	4	2	2,50	1	3	3	1	2	3	3	1	3	3	3	2,30	2	2	3	2	3	3	3	4	5	3	
Novedoso / Predecible	4	5	4	3	3	5	3	2	5	3	3	3	3,70	3	5	4	2	2	6	3	7	5	5	3	4,00	3	4	2	6	2	6	3	1	4	4	
Inefectivo / Efectivo	6	2	4	6	7	5	5	7	3	7	3	5	5,00	7	5	4	1	6	5	5	7	3	3	5	4,80	3	5	4	1	5	5	4	3	5	3	
Útil / Inútil	2	5	3	1	1	3	3	2	5	2	2	2	2,70	1	3	4	7	2	3	2	2	4	2	3	3,00	4	5	4	7	3	3	4	5	4	5	
													4,72													4,23										4,98
													5,23													5,25										4,37
													4,98													4,74										4,68

Carrito (B)	10BA							11BA																			
	c	a	r	m	f	r	m	c	a	r	m	f	r	m													
Usual / Inusual	5	5	5	7	6	5	6	3	3	5	7	6	3	4	5	5,30	3	3	5	7	6	3	4	5	6	5	4,70
Operable / Inoperable	4	3	4	5	4	3	3	2	3	2	3	4	3	4	3	3,50	2	2	5	1	4	3	2	2	5	3	2,90
Asombroso / Muy visto	3	4	4	2	3	3	2	5	3	3	3	3	3	3	3,20	6	5	4	6	3	5	4	4	1	3	4,40	
No funcional / Funcional	5	6	5	6	7	6	4	6	5	3	5	3	5	3	5,30	6	5	4	5	6	5	5	6	2	5	4,90	
Sorprendente / Tradicional	3	3	4	2	3	3	2	6	3	3	3	3	3	3	3,20	6	5	4	7	3	5	4	3	4	3	4,40	
Original / Convencional	2	3	5	2	2	3	2	6	2	4	3	10	6	5	3,10	6	5	3	6	3	5	4	2	4	3	4,10	
Chocante / Corriente	3	4	5	3	3	3	2	6	2	4	3	50	6	5	3,50	6	5	4	6	3	5	4	3	5	3	4,10	
Invisible / Viable	5	5	4	3	6	6	4	6	5	5	5	5	4	90	4,90	7	6	3	6	5	5	7	2	5	5	5,40	
Factible / Impracticable	3	2	4	7	4	2	4	3	3	3	3	3	3	50	1	2	5	6	3	2	3	1	6	3	3,20		
Novedoso / Predecible	3	5	4	2	3	4	2	6	4	4	4	3	70	6	6	4	6	3	6	4	2	4	3	4,40			
Inefectivo / Efectivo	4	6	4	1	6	5	4	5	3	5	5	4	30	6	6	4	3	6	5	5	6	2	5	4,80			
Útil / Inútil	2	3	3	5	1	3	4	3	5	5	5	3	40	2	3	4	5	2	3	3	1	6	3	3,20			
																									3,83		
																									4,92		
																									4,73		

ANEXO 2.2.3: Evaluación de la circularidad de conceptos de carritos de conserje mediante el Circular Economy Toolkit (Bocken y Evans, 2013)

CARRITOS	Design, Manufacture and Distribute							Usage(by the customer)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1AB	0	2	2	0	1	2	2	0	0	0
2AB	0	2	2	0	1	2	2	0	0	0
3AB	1	2	2	1	1	0	0	1	1	1
4AB	1	2	2	1	1	0	1	1	1	1
5AB	0	0	2	0	1	0	1	1	0	0
6AB	0	2	2	0	1	0	1	1	0	0
7AB	0	2	2	1	2	1	2	1	0	0
8AB	0	0	2	0	1	0	1	1	0	0
9AB	1	2	2	0	1	0	1	2	1	0
10AB	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0
11AB	0	2	2	0	1	0	1	1	0	0

	Repair/Maintenance of the product						Reuse/Redistribution of the product		
	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1AB	1	2	2	2	1	2	1	2	0
2AB	1	2	2	2	1	2	1	2	0
3AB	1	2	2	2	1	2	1	2	1
4AB	0	2	1	2	2	1	2	2	1
5AB	1	2	2	2	1	2	2	2	1
6AB	1	2	2	2	2	2	2	1	1
7AB	1	2	2	2	2	2	2	2	1
8AB	1	2	2	2	1	2	2	2	1
9AB	1	2	2	2	1	2	2	2	1
10AB	1	2	2	2	1	2	2	2	0
11AB	1	2	2	2	2	2	2	1	1

Puntuaciones obtenidas por cada uno de los conceptos según los distintos métodos de evaluación empleados

	Remanufacturing/ Refurbishment of product or part										
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
1AB	0	1	1	2	2	2	2	1	1	2	
2AB	0	1	1	2	2	2	2	1	0	2	
3AB	0	1	1	2	2	2	2	1	1	1	
4AB	1	1	2	2	1	2	2	2	2	1	
5AB	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	
6AB	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	
7AB	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	
8AB	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	
9AB	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	
10AB	1	1	0	2	1	2	1	1	1	2	
11AB	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	

	Products as a Service		Product Recycling at end of life		TOTAL
	30	31	32	33	
1AB	2	2	0	0	40
2AB	2	2	0	0	39
3AB	2	2	0	0	41
4AB	2	2	1	0	45
5AB	2	2	1	0	40
6AB	2	2	1	0	42
7AB	2	2	1	0	47
8AB	2	2	1	0	40
9AB	2	2	1	0	46
10AB	2	2	0	0	34
11AB	2	2	1	0	42

ANEXO 2.3: Resultados del cuestionario sobre factores personales intrínsecos

Participante	EDAD	SEXO	ORDEN	PREFERENCIA	SELECCIÓN DEL GRUPO	GRUPO	PRODUCTO A				PRODUCTO B			
							CONOCIMIENTO	RELEVANCIA	MOTIVACIÓN	AFINIDAD	CONOCIMIENTO	RELEVANCIA	MOTIVACIÓN	AFINIDAD
1	20	F	AB	A	A	1	4	5	3	4	3	2	4	3
2	20	M	AB	A	A	1	4	3	4	5	2	2	2	1
3	24	F	AB	A	A	1	5	3	5	4	3	3	5	3
4	32	F	AB	A	A	2	4	5	5	5	2	4	2	1
5	21	F	AB	A	A	2	4	5	5	4	2	3	2	1
6	29	F	AB	A	A	2	5	5	5	5	3	1	3	1
7	25	M	AB	A	B	3	4	4	3	4	2	2	2	2
8	26	F	AB	A	B	3	4	5	4	4	5	4	3	4
9	25	M	AB	B	B	3	4	5	3	4	4	2	4	3
10	21	M	AB	B	B	4	3	2	3	4	2	3	3	4
11	20	F	AB	B	B	4	3	4	3	4	2	3	2	2
12	21	F	AB	B	B	4	4	5	5	5	1	1	4	3
13	21	F	AB	B	B	4	4	4	3	4	4	3	4	2
14	21	F	AB	A	A	5	5	5	5	5	2	3	3	3
15	21	F	AB	A	A	5	3	5	5	5	3	2	3	3
16	21	M	AB	A	A	5	3	5	4	5	4	3	3	3
17	21	M	AB	A	A	5	4	4	4	4	2	1	2	1
18	n/a	M	AB	A	A	6	3	3	4	3	3	2	2	2
19	21	M	AB	A	A	6	3	3	3	3	1	1	1	1
20	21	M	AB	A	A	7	3	4	4	4	3	3	4	3
21	20	F	AB	A	A	7	4	4	5	4	3	2	3	3
22	21	F	AB	A	A	7	4	4	4	4	3	3	3	3
23	22	F	BA	A	A	8	5	5	4	4	3	2	3	2
24	23	M	BA	B	A	8	5	5	3	4	3	2	3	2
25	n/a	M	BA	A	A	8	4	5	5	4	3	3	3	3
26	20	M	BA	A	A	8	4	5	5	5	2	2	3	3
27	23	F	BA	A	B	9	4	4	5	4	3	3	4	3
28	21	F	BA	B	B	9	3	3	4	4	4	4	3	3
29	22	M	BA	A	B	9	3	4	4	4	1	3	3	2
30	23	M	BA	A	A	10	4	4	5	4	1	1	2	1
31	25	M	BA	A	A	10	4	5	4	4	3	5	3	3
32	22	M	BA	B	A	10	4	5	3	4	4	5	4	3
33	22	F	BA	B	B	11	3	5	5	3	3	4	5	5
34	26	M	BA	B	B	11	3	3	2	3	3	4	4	4
35	21	F	BA	B	B	11	4	5	5	5	3	3	5	3

ANEXO 2.4: Conceptos de mobiliario escolar

ANEXO 2.4.1: Evaluación de la creatividad de conceptos de mobiliario escolar mediante el método de López-Forniés et al. (2017)

CONCEPTO	NOVEDAD (N)	UTILIDAD (U)	FACTIBILIDAD TÉCNICA (T)
L1 - 1	0,3	0,7	1
L1 - 2	0,1	0,1	0,3
L1 - 3	0,1	0,3	1
L1 - 4	0,3	0,3	0,3
L1 - 5	0,1	0,7	1
L3 - 1	0,3	1	0,7
L3 - 2	0,3	0,7	1
L3 - 3	0,3	0,7	1
L3 - 4	0,3	0,1	0,7
L5 - 1	0,1	0,7	0,7
L5 - 2	0,3	0,3	1
L5 - 3	0,7	0,7	0,3
L5 - 4	0,3	0,7	1
L5 - 5	0,3	0,1	0,1
L7- 1	0,3	0,7	1
L7- 2	0,7	0,7	1
L7- 3	0,3	0,7	1
L7- 4	0,1	0,3	1
L7- 5	0,1	0,3	1
L7- 6	0,3	0,3	0,7

ANEXO 2.4.2: Evaluación de la circularidad de conceptos mobiliario escolar mediante el recuento de características circulares.

GROUP	Ideas for slow loops	nº	Ideas for close loops	nº	Ideas for narrow loops	nº	Other ideas	nº	TOTAL	TOTAL CIRCULARIDAD
L1 - 1	Convertible Paleta de colores	2	Fácil unión y montaje	1		0		0	3	3
L1 - 2		0		0		0		0	0	0
L1 - 3	Pensado para el disfrute Se puede interaccionar con él de distintas formas Versátil Abatible en una zona para usar como mesa o silla Guías para regular en altura	6	Posibilidad de reparar Posibilidad de reutilizar	2		0	Innovador Optimización del espacio	1	9	8
L1 - 4	Versátil Se puede interaccionar con él de distintas formas	2	Sus materiales se pueden reciclar Parte de sus componentes están hechos de materiales reciclados	2	Aprovecha residuos	1	Potencia la creatividad Los niños se divierten mientras aprenden Su uso es seguro Innovador	4	9	5

L1 - 5								0	0	
L7 - 1	El tablero tiene dos posiciones, mesa y pizarra Adaptación a diferentes alturas Largo tiempo de vida	3	Fácil intercambia- bilidad de piezas Fácil reparación El tablero proviene de materiales reciclados	3	La pizarra proviene del corte de otra pizarra de mayores dimensiones en desuso	1	Es adecuada para usuarios en silla de ruedas Fácil almacenaje (apilable) Permite generar espacio de trabajo grupal	3	10	7
L7 - 2	Varias funciones Versátil	2	Materiales reutilizados Materiales reutilizables Todos los componentes proviene de otros reutilizados Todos los componentes tienen posibilidad de ser reutilizados	4		0	Divertido Innovador Barato Cómodo Acogedor	5	11	6
L7 - 3	Tres posiciones de uso Estética neutra Versátil Componentes resistentes	4	Servicio de facilitación de repuestos de componentes Reparación de componentes Los materiales se reutilizan para nuevos componentes Materiales reciclables	4		0	Generación de espacio creativo Desarrolla la creatividad del niño Desarrolla la socialización del niño	3	11	8
L7 - 4	Varias funciones Estética: colores primarios	2	Madera reciclada DM Fácil montaje y desmontaje	2		0		0	4	4
L7 - 5	Multifunción Varios colores Versatilidad Se puede sustituir uno de los componentes	4	Hecho de material reciclable	1		0	Compartimen- tos de almacenaje Comodidad para el niño Optimización de espacio Permite distintos tipos de actividades en clase Fácil funcionamiento	5	10	5
L7 - 6	Evolutivo Versatilidad Se puede interaccionar con él de distintas formas	3		0	Está realizado con un material sostenible (cartón) La materia prima son residuos No genera residuos (material biodegradable)	3	Innovador Cubre una necesidad en un entorno pobre	2	8	6
		28		19		5		23	75	52

Puntuaciones obtenidas por cada uno de los conceptos según los distintos métodos de evaluación empleados

GROUP	Ideas for slow loops	nº	Ideas for close loops	nº	Ideas for narrow loops	nº	Other ideas	nº	TOTAL	TOTAL CIRCULARIDAD
L3 - 1	Varias funciones Versátil Regulable en altura Movimiento rotatorio	4	Fácil intercambiabilidad de piezas	1		0	Uso en espacios con poca luz Es de plástico transparente Compartimentos de almacenaje	3	8	5
L3 - 2	Transformable Versátil 4 funciones	3	Pizarras reutilizables Tejidos hechos con fibras 100% reciclables Realizado a partir de palés reutilizados	3	Colorantes naturales	1		0	7	7
L3 - 3	Modular Varias funciones	2	Fácil ensamblaje entre componentes	1		0		0	3	3
L3 - 4	Regulable en altura Versátil	2		0		0		0	2	2
L5 - 1	Personalizable Varias funciones	2		0	Bioplástico	1		0	3	3
L5 - 2	Versátil	1	Reutilizable Hecho de material 100% biodegradable Tela de los asientos reutilizada de ropa	3	No genera residuos Está realizado con un material sostenible (cartón)	2		0	6	6
L5 - 3	Versátil	1		0		0	Conexión entre piezas sencilla Permite interacción de los niños		2	1
L5 - 4	Modular Versátil Adaptable al crecimiento del niño Variedad de accesorios	4		0	Hecho de madera	1	Aprovechamiento del espacio Divertido Accesorios de fácil movilidad Anclaje sencillo	4	9	5
L5 - 5	Regulable en altura	1	Madera reciclada Patas refabricadas a partir de latas Uso para combustión en el fin de vida	3		0		0	4	4
		20		11		5		7	44	36

ANEXO 2.5: Conceptos de refugio personal para la intemperie

ANEXO 2.5.1: Evaluación de la creatividad de conceptos de refugio personal para la intemperie mediante la métrica de Shah et al. (2003)

Product	Functions	Weight	Novelty grades for each function				SCORE	TOTAL
			0	3	7	10		
R1-G1-P1	F1 Proteger de la intemperie	0,3		3			0,9	3
	F2 Ser resistente	0,3		3			0,9	
	F3 Ser fácil de utilizar	0,25		3			0,75	
	F4 Ser fácil de limpiar	0,15		3			0,45	
R1-G1-P2	F1 Proteger de la intemperie	0,3			7		2,1	4,2
	F2 Ser resistente	0,3		3			0,9	
	F3 Ser fácil de utilizar	0,25		3			0,75	
	F4 Ser fácil de limpiar	0,15		3			0,45	
R1-G1-P3	F1 Proteger de la intemperie	0,3		3			0,9	4,75
	F2 Ser resistente	0,3			7		2,1	
	F3 Ser fácil de utilizar	0,25			7		1,75	
	F4 Ser fácil de limpiar	0,15	0				0	
R1-G4-P1	F1 Proteger de la intemperie	0,3			7		2,1	5,2
	F2 Ser resistente	0,3		3			0,9	
	F3 Ser fácil de utilizar	0,25			7		1,75	
	F4 Ser fácil de limpiar	0,15		3			0,45	
R1-G4-P2	F1 Proteger de la intemperie	0,3			7		2,1	5,2
	F2 Ser resistente	0,3		3			0,9	
	F3 Ser fácil de utilizar	0,25			7		1,75	
	F4 Ser fácil de limpiar	0,15		3			0,45	
R1-G4-P3	F1 Proteger de la intemperie	0,3			7		2,1	4,2
	F2 Ser resistente	0,3		3			0,9	
	F3 Ser fácil de utilizar	0,25		3			0,75	
	F4 Ser fácil de limpiar	0,15		3			0,45	
R2-G2-P1	F1 Proteger de la intemperie	0,3			7		2,1	4,2
	F2 Ser resistente	0,3		3			0,9	
	F3 Ser fácil de utilizar	0,25		3			0,75	
	F4 Ser fácil de limpiar	0,15		3			0,45	
R2-G2-P2	F1 Proteger de la intemperie	0,3			7		2,1	4,8
	F2 Ser resistente	0,3		3			0,9	
	F3 Ser fácil de utilizar	0,25		3			0,75	
	F4 Ser fácil de limpiar	0,15			7		1,05	
R2-G2-P3	F1 Proteger de la intemperie	0,3			7		2,1	5,4
	F2 Ser resistente	0,3			7		2,1	
	F3 Ser fácil de utilizar	0,25		3			0,75	
	F4 Ser fácil de limpiar	0,15		3			0,45	
R2-G3-P1	F1 Proteger de la intemperie	0,3			7		2,1	4,95
	F2 Ser resistente	0,3			7		2,1	
	F3 Ser fácil de utilizar	0,25		3			0,75	
	F4 Ser fácil de limpiar	0,15	0				0	
R2-G3-P2	F1 Proteger de la intemperie	0,3			7		2,1	3,75
	F2 Ser resistente	0,3		3			0,9	
	F3 Ser fácil de utilizar	0,25		3			0,75	
	F4 Ser fácil de limpiar	0,15	0				0	
R2-G3-P3	F1 Proteger de la intemperie	0,3			7		2,1	3,75
	F2 Ser resistente	0,3		3			0,9	
	F3 Ser fácil de utilizar	0,25		3			0,75	
	F4 Ser fácil de limpiar	0,15	0				0	

Puntuaciones obtenidas por cada uno de los conceptos según los distintos métodos de evaluación empleados

Product	Functional requirement		Weight	Quality scores										SCORE	TOTAL	
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10
R1-G1-P1	F1	Proteger de la intemperie	0,3										9		2,7	8,5
	F2	Ser resistente	0,3									8			2,4	
	F3	Ser fácil de utilizar	0,25											10	2,5	
	F4	Ser fácil de limpiar	0,15							6					0,9	
R1-G1-P2	F1	Proteger de la intemperie	0,3										8		2,4	8,35
	F2	Ser resistente	0,3										8		2,4	
	F3	Ser fácil de utilizar	0,25											10	2,5	
	F4	Ser fácil de limpiar	0,15								7				1,05	
R1-G1-P3	F1	Proteger de la intemperie	0,3							6					1,8	5,6
	F2	Ser resistente	0,3						5						1,5	
	F3	Ser fácil de utilizar	0,25										8		2	
	F4	Ser fácil de limpiar	0,15			2									0,3	
R1-G4-P1	F1	Proteger de la intemperie	0,3										9		2,7	8
	F2	Ser resistente	0,3								7				2,1	
	F3	Ser fácil de utilizar	0,25										8		2	
	F4	Ser fácil de limpiar	0,15										8		1,2	
R1-G4-P2	F1	Proteger de la intemperie	0,3										8		2,4	8,5
	F2	Ser resistente	0,3										9		2,7	
	F3	Ser fácil de utilizar	0,25											10	2,5	
	F4	Ser fácil de limpiar	0,15							6					0,9	
R1-G4-P3	F1	Proteger de la intemperie	0,3										9		2,7	8,85
	F2	Ser resistente	0,3										9		2,7	
	F3	Ser fácil de utilizar	0,25										9		2,25	
	F4	Ser fácil de limpiar	0,15										8		1,2	
R2-G2-P1	F1	Proteger de la intemperie	0,3										9		2,7	8,8
	F2	Ser resistente	0,3										9		2,7	
	F3	Ser fácil de utilizar	0,25											10	2,5	
	F4	Ser fácil de limpiar	0,15							6					0,9	
R2-G2-P2	F1	Proteger de la intemperie	0,3										7		2,1	8,65
	F2	Ser resistente	0,3										9		2,7	
	F3	Ser fácil de utilizar	0,25											10	2,5	
	F4	Ser fácil de limpiar	0,15										9		1,35	
R2-G2-P3	F1	Proteger de la intemperie	0,3										9		2,7	6,75
	F2	Ser resistente	0,3							6					1,8	
	F3	Ser fácil de utilizar	0,25							6					1,5	
	F4	Ser fácil de limpiar	0,15						5						0,75	
R2-G3-P1	F1	Proteger de la intemperie	0,3							6					1,8	6,55
	F2	Ser resistente	0,3							6					1,8	
	F3	Ser fácil de utilizar	0,25										10		2,5	
	F4	Ser fácil de limpiar	0,15				3								0,45	
R2-G3-P2	F1	Proteger de la intemperie	0,3									8			2,4	8,8
	F2	Ser resistente	0,3										10		3	
	F3	Ser fácil de utilizar	0,25										10		2,5	
	F4	Ser fácil de limpiar	0,15							6					0,9	
R2-G3-P3	F1	Proteger de la intemperie	0,3									8			2,4	7,9
	F2	Ser resistente	0,3										9		2,7	
	F3	Ser fácil de utilizar	0,25										10		2,5	
	F4	Ser fácil de limpiar	0,15			2									0,3	

ANEXO 2.5.2: Evaluación de la circularidad de conceptos de refugio personal para la intemperie mediante la herramienta de Moreno et al. (2017)

CIRCULAR DESIGN ASPECT	DfX Approach	STRATEGY	FACTOR	R1-G1-P1		R1-G1-P2		R1-G1-P3			
				PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR.	PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR.	PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR.		
Resource conservation	Diseño para conservación de energía	Use clean energy consumption	3,6	3	10,8	4	14,4	5	18		
		Reduce energy consumption in manufacture (eliminate yield losses)	3,3	0	0	0	0	0	0		
		Improve manufacture (production steps, supply chain)	3,5	0	0	0	0	0	0		
		Use processes suitable for low scale production	2,5	0	0	0	0	0	0		
	Diseño para conservación de materiales y eliminar residuos	Select the best materials (non-toxic, pure if possible)	3,8	3	11,4	5	19	5	19		
		Choose local materials (no-rare to avoid scarcity)	3	0	0	0	0	3	9		
		Consider a healthy material flow	3,7	1	3,7	3	11,1	4	14,8		
		Eliminate unnecessary parts and sub-assemblies	2,6	1	2,6	1	2,6	2	5,2		
		Reduce material (light weighting)	2,8	2	5,6	1	2,8	1	2,8		
		Reduce or eliminate packaging	3,2	0	0	0	0	1	3,2		
		Reduce the size of components (miniaturise)	2,6	0	0	0	0	0	0		
		Avoid composites and coating (difficult to separate materials)	4,3	5	21,5	5	21,5	5	21,5		
		Avoid toxic adhesives, use easy-mechanic joints (fasteners, visible joints)	3,4	5	17	3	10,2	5	17		
		Use pure materials to allow biodegrad.	3,2	0	0	4	12,8	5	16		
		Life Cycles (end-of-life)	Design for optimising/extend product life	Assure reliability (quality)	3,8	0	0	0	0	2	7,6
				Allow reusability	4,3	3	12,9	5	21,5	3	12,9
Encourage maintenance (repair/ refurbish)	4,4			0	0	1	4,4	0	0		
Ease assembly/disasembly	4,3			2	8,6	2	8,6	3	12,9		
Standardise parts for compatibility (modularity)	4,1			2	8,2	4	16,4	4	16,4		
Remanufacture	4			0	0	0	0	0	0		
Design for multiple life cycles	Recover material (easy to clean, collect and transport)		4,1	0	0	0	0	3	12,3		
	Allow cascade use		3,8	1	3,8	1	3,8	3	11,4		
	Motivate the user to recycle		2,9	0	0	0	0	3	8,7		
	Assure spare parts availability		4	0	0	0	0	0	0		

Puntuaciones obtenidas por cada uno de los conceptos según los distintos métodos de evaluación empleados

Whole System Design	Design for sustainability	Shift the ownership of products into a service (swap, rent, share)	4,2	0	0	0	0	0	0
		De-materialise products into digital platforms	3,4	0	0	0	0	0	0
		Allow upgradability and flexibility to adapt	3,9	3	11,7	4	15,6	4	15,6
		Strengthen local industry	3,3	0	0	0	0	2	6,6
		Create regenerative systems (biomimicry)	3,3	0	0	0	0	1	3,3
		Care about social impact	3,5	0	0	0	0	1	3,5
		Create wealth through a good business practice (improve cost-benefit relationship)	3,6	0	0	0	0	0	0
		Develop a trace-and-return system	3,8	0	0	0	0	0	0
Customer	Design for users	Customise to wants and needs of each person	2,8	4	11,2	5	14	3	8,4
		Enhance durability (avoid built-in obsolescence)	3,9	3	11,7	2	7,8	3	11,7
		Develop attachment/loyalty (experience, meaningful design)	3,3	5	16,5	1	3,3	3	9,9
		Reduce waiting times in delivery to consumer	2,3	0	0	0	0	0	0
		Based on long-lasting trends, no ephemeral fashion (timeless aesthetics)	2,7	5	13,5	2	5,4	3	8,1
		Implement poka-yoke principles to ease use	2,6	0	0	0	0	0	0
Development	Design for the present towards the future	Use mobile technologies	3,1	0	0	0	0	0	0
		Use Machine-to-Machine comm. (M2M)	3,2	0	0	0	0	0	0
		Use cloud computing	3,2	0	0	0	0	0	0
		Use social media technology	2,6	0	0	0	0	0	0
		Use big data analysis	3,3	0	0	0	0	0	0
		Use new material (intelligent, organic)	3,2	0	0	0	0	2	6,4
		Use 3D printing (avoid subtracting technologies)	3	0	0	0	0	0	0
		Create multi-functional teams to consider different aspects in the design	4,1	0	0	0	0	0	0
		TOTAL		170,7		195,2		282,2	

CIRCULAR DESIGN ASPECT	DFX Approach	STRATEGY	FACTOR	R1-G4-P1		R1-G4-P2		R1-G4-P3	
				PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR.	PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR.	PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR.
Resource conservation	Diseño para conservación de energía	Use clean energy consumption	3,6	3	10,8	5	18	0	0
		Reduce energy consumption in manufacture (eliminate yield losses)	3,3	0	0	0	0	0	0
		Improve manufacture (production steps, supply chain)	3,5	0	0	0	0	0	0
		Use processes suitable for low scale production	2,5	0	0	0	0	0	0
	Diseño para conservación de materiales y eliminar residuos	Select the best materials (non-toxic, pure if possible)	3,8	0	0	3	11,4	0	0
		Choose local materials (no-rare to avoid scarcity)	3	0	0	0	0	0	0
		Consider a healthy material flow	3,7	1	3,7	0	0	0	0
		Eliminate unnecessary parts and sub-assemblies	2,6	2	5,2	1	2,6	1	2,6
		Reduce material (light weighting)	2,8	0	0	1	2,8	1	2,8
		Reduce or eliminate packaging	3,2	0	0	0	0	0	0
		Reduce the size of components (miniaturise)	2,6	0	0	0	0	0	0
		Avoid composites and coating (difficult to separate materials)	4,3	0	0	4	17,2	0	0
		Avoid toxic adhesives, use easy-mechanic joints (fasteners, visible joints)	3,4	1	3,4	1	3,4	0	0
		Use pure materials to allow biodegradability	3,2	0	0	1	3,2	0	0
Life Cycles (end-of-life)	Design for optimising/extend product life	Assure reliability (quality)	3,8	0	0	0	0	0	0
		Allow reusability	4,3	3	12,9	1	4,3	5	21,5
		Encourage maintenance (repair/refurbish)	4,4	0	0	0	0	0	0
		Ease assembly/disassembly	4,3	2	8,6	5	21,5	0	0
		Standardise parts for compatibility (modularity)	4,1	0	0	5	20,5	0	0
		Remanufacture	4	0	0	0	0	0	0
	Design for multiple life cycles	Recover material (easy to clean, collect and transport)	4,1	0	0	0	0	0	0
		Allow cascade use	3,8	0	0	0	0	0	0
		Motivate the user to recycle	2,9	0	0	0	0	0	0
		Assure spare parts availability	4	0	0	0	0	0	0
Whole System Design	Design for sustainability	Shift the ownership of products into a service (swap, rent, share)	4,2	0	0	0	0	5	21
		De-materialise products into digital platforms	3,4	0	0	0	0	0	0
		Allow upgradability and flexibility to adapt	3,9	3	11,7	5	19,5	0	0
		Strengthen local industry	3,3	1	3,3	0	0	0	0
		Create regenerative systems (biomimicry)	3,3	1	3,3	0	0	0	0
		Care about social impact	3,5	5	17,5	5	17,5	3	10,5
		Create wealth through a good business practice (improve cost-benefit relationship)	3,6	0	0	0	0	0	0
		Develop a trace-and-return system	3,8	0	0	0	0	0	0
Customer	Design for users	Customise to wants and needs of each person	2,8	3	8,4	4	11,2	1	2,8

Puntuaciones obtenidas por cada uno de los conceptos según los distintos métodos de evaluación empleados

		Enhance durability (avoid built-in obsolescence)	3,9	0	0	1	3,9	0	0
		Develop attachment/loyalty (experience, meaningful design)	3,3	1	3,3	1	3,3	3	9,9
		Reduce waiting times in delivery to consumer	2,3	0	0	0	0	0	0
		Based on long-lasting trends, no ephemeral fashion (timeless aesthetics)	2,7	2	5,4	1	2,7	0	0
		Implement poka-yoke principles to ease use	2,6	0	0	0	0	0	0
Development	Design for the present towards the future	Use mobile technologies	3,1	0	0	0	0	2	6,2
		Use Machine-to-Machine communications (M2M)	3,2	0	0	0	0	0	0
		Use cloud computing	3,2	0	0	0	0	0	0
		Use social media technology	2,6	0	0	0	0	1	2,6
		Use big data analysis	3,3	0	0	0	0	0	0
		Use new material (intelligent, organic)	3,2	0	0	0	0	0	0
		Use 3D printing (avoid subtracting technologies)	3	0	0	0	0	0	0
		Create multi-functional teams to consider different aspects in the design	4,1	0	0	0	0	0	0
TOTAL					97,5		163		79,9

CIRCULAR DESIGN ASPECT	DFX Approach	STRATEGY	FACTOR	R2-G2-P1		R2-G2-P2		R2-G2-P3	
				PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR,	PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR,	PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR,
Resource conservation	Diseño para conservación de energía	Use clean energy consumption	3,6	4	14,4	3	10,8	3	10,8
		Reduce energy consumption in manufacture (eliminate yield losses)	3,3	0	0	0	0	0	0
		Improve manufacture (production steps, supply chain)	3,5	0	0	0	0	0	0
		Use processes suitable for low scale production	2,5	0	0	0	0	0	0
	Diseño para conservación de materiales y eliminar residuos	Select the best materials (non-toxic, pure if possible)	3,8	0	0	0	0	4	15,2
		Choose local materials (no-rare to avoid scarcity)	3	0	0	0	0	0	0
		Consider a healthy material flow	3,7	0	0	0	0	1	3,7
		Eliminate unnecessary parts and sub-assemblies	2,6	1	2,6	2	5,2	0	0
		Reduce material (light weighting)	2,8	0	0	0	0	0	0
		Reduce or eliminate packaging	3,2	0	0	0	0	0	0
		Reduce the size of components (miniaturise)	2,6	0	0	0	0	0	0
		Avoid composites and coating (difficult to separate materials)	4,3	0	0	0	0	3	12,9
Avoid toxic adhesives, use easy-mechanic joints (fasteners, visible joints)	3,4	0	0	0	0	3	10,2		
Use pure materials to allow biodegradability	3,2	0	0	0	0	3	9,6		
Life Cycles (end-of-life)	Design for optimising/ extend product life	Assure reliability (quality)	3,8	0	0	1	3,8	2	7,6
		Allow reusability	4,3	4	17,2	5	21,5	1	4,3
		Encourage maintenance (repair/refurbish)	4,4	0	0	1	4,4	0	0
		Ease assembly/disassembly	4,3	0	0	0	0	3	12,9
		Standardise parts for compatibility (modularity)	4,1	0	0	0	0	0	0
		Remanufacture	4	0	0	0	0	0	0
	Design for multiple life cycles	Recover material (easy to clean, collect and transport)	4,1	0	0	1	4,1	0	0
		Allow cascade use	3,8	0	0	0	0	0	0
	Motivate the user to recycle	2,9	0	0	0	0	0	0	
	Assure spare parts availability	4	0	0	0	0	0	0	

Whole System Design	Design for sustainability	Shift the ownership of products into a service (swap, rent, share)	4,2	5	21	5	21	0	0	
		De-materialise products into digital platforms	3,4	0	0	0	0	0	0	0
		Allow upgradability and flexibility to adapt	3,9	1	3,9	0	0	3	11,7	
		Strengthen local industry	3,3	0	0	0	0	0	0	
		Create regenerative systems (biomimicry)	3,3	0	0	0	0	0	0	
		Care about social impact	3,5	2	7	0	0	1	3,5	
		Create wealth through a good business practice (improve cost-benefit relationship)	3,6	0	0	0	0	0	0	
		Develop a trace-and-return system	3,8	0	0	0	0	0	0	
Customer	Design for users	Customise to wants and needs of each person	2,8	1	2,8	1	2,8	2	5,6	
		Enhance durability (avoid built-in obsolescence)	3,9	0	0	2	7,8	1	3,9	
		Develop attachment/loyalty (experience, meaningful design)	3,3	0	0	0	0	2	6,6	
		Reduce waiting times in delivery to consumer	2,3	0	0	0	0	0	0	
		Based on long-lasting trends, no ephemeral fashion (timeless aesthetics)	2,7	1	2,7	1	2,7	2	5,4	
		Implement poka-yoke principles to ease use	2,6	0	0	0	0	0	0	
Development	Design for the present towards the future	Use mobile technologies	3,1	0	0	0	0	0	0	
		Use Machine-to-Machine communications (M2M)	3,2	0	0	0	0	0	0	
		Use cloud computing	3,2	0	0	0	0	0	0	
		Use social media technology	2,6	0	0	0	0	0	0	
		Use big data analysis	3,3	0	0	0	0	0	0	
		Use new material (intelligent, organic)	3,2	0	0	0	0	2	6,4	
		Use 3D printing (avoid subtracting technologies)	3	0	0	0	0	0	0	
		Create multi-functional teams to consider different aspects in the design	4,1	0	0	0	0	0	0	
TOTAL				71,6		84,1		130,3		

CIRCULAR DESIGN ASPECT	DFX Approach	STRATEGY	FACTOR	R2-G3-P1		R2-G3-P2		R2-G3-P3	
				PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR.	PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR.	PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR.
Resource conservation	Diseño para conservación de energía	Use clean energy consumption	3,6	5	18	5	18	4	14,4
		Reduce energy consumption in manufacture (eliminate yield losses)	3,3	0	0	0	0	0	0
		Improve manufacture (production steps, supply chain)	3,5	0	0	0	0	0	0
		Use processes suitable for low scale production	2,5	0	0	0	0	0	0
	Diseño para conservación de materiales y eliminar residuos	Select the best materials (non-toxic, pure if possible)	3,8	4	15,2	4	15,2	5	19
		Choose local materials (no-rare to avoid scarcity)	3	3	9	0	0	2	6
		Consider a healthy material flow	3,7	2	7,4	1	3,7	4	14,8
		Eliminate unnecessary parts and sub-assemblies	2,6	0	0	1	2,6	0	0
		Reduce material (light weighting)	2,8	0	0	0	0	0	0
		Reduce or eliminate packaging	3,2	0	0	0	0	0	0
		Reduce the size of components (miniaturise)	2,6	0	0	0	0	0	0
		Avoid composites and coating (difficult to separate materials)	4,3	4	17,2	1	4,3	3	12,9
		Avoid toxic adhesives, use easy-mechanic joints (fasteners, visible joints)	3,4	1	3,4	1	3,4	3	10,2
Use pure materials to allow biodegradability	3,2	4	12,8	4	12,8	4	12,8		
Life Cycles (end-of-life)	Design for optimising/ extend product life	Assure reliability (quality)	3,8	0	0	1	3,8	5	19
		Allow reusability	4,3	3	12,9	3	12,9	5	21,5
		Encourage maintenance (repair/refurbish)	4,4	0	0	0	0	0	0
		Ease assembly/disassembly	4,3	0	0	1	4,3	0	0

Puntuaciones obtenidas por cada uno de los conceptos según los distintos métodos de evaluación empleados

		Standardise parts for compatibility (modularity)	4,1	1	4,1	2	8,2	2	8,2
		Remanufacture	4	0	0	0	0	0	0
	Design for multiple life cycles	Recover material (easy to clean, collect and transport)	4,1	0	0	0	0	3	12,3
		Allow cascade use	3,8	0	0	0	0	3	11,4
		Motivate the user to recycle	2,9	0	0	0	0	0	0
		Assure spare parts availability	4	0	0	0	0	1	4
Whole System Design	Design for sustainability	Shift the ownership of products into a service (swap, rent, share)	4,2	5	21	5	21	5	21
		De-materialise products into digital platforms	3,4	0	0	0	0	0	0
		Allow upgradability and flexibility to adapt	3,9	0	0	1	3,9	2	7,8
		Strengthen local industry	3,3	1	3,3	0	0	1	3,3
		Create regenerative systems (biomimicry)	3,3	0	0	2	6,6	4	13,2
		Care about social impact	3,5	1	3,5	1	3,5	1	3,5
		Create wealth through a good business practice (improve cost-benefit relationship)	3,6	0	0	0	0	0	0
		Develop a trace-and-return system	3,8	0	0	0	0	0	0
Customer	Design for users	Customise to wants and needs of each person	2,8	1	2,8	1	2,8	0	0
		Enhance durability (avoid built-in obsolescence)	3,9	0	0	1	3,9	5	19,5
		Develop attachment/loyalty (experience, meaningful design)	3,3	1	3,3	1	3,3	3	9,9
		Reduce waiting times in delivery to consumer	2,3	0	0	0	0	0	0
		Based on long-lasting trends, no ephemeral fashion (timeless aesthetics)	2,7	0	0	0	0	3	8,1
		Implement poka-yoke principles to ease use	2,6	0	0	0	0	0	0
Development	Design for the present towards the future	Use mobile technologies	3,1	0	0	0	0	0	0
		Use Machine-to-Machine communications (M2M)	3,2	0	0	0	0	0	0
		Use cloud computing	3,2	0	0	0	0	0	0
		Use social media technology	2,6	0	0	0	0	0	0
		Use big data analysis	3,3	0	0	0	0	0	0
		Use new material (intelligent, organic)	3,2	3	9,6	1	3,2	4	12,8
		Use 3D printing (avoid subtracting technologies)	3	0	0	0	0	0	0
		Create multi-functional teams to consider different aspects in the design	4,1	0	0	0	0	0	0
			TOTAL		143,5		137,4		265,6

ANEXO 2.6: Conceptos de transporte de comida fuera de casa

ANEXO 2.6.1: Evaluación de la creatividad de conceptos de transporte de comida fuera de casa mediante la métrica de Shah et al. (2003)

Product	Functions	Weight	Novelty grades for each function				SCORE	TOTAL
			0	3	7	10		
R1-G2-P1	F1 Mantener la comida dentro	0,25		3			0,75	2,55
	F2 Ser resistente (a golpes etc.)	0,25		3			0,75	
	F3 Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25		3			0,75	
	F4 Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15			7		0	
	F5 Permitir fácil limpieza	0,1		3			0,3	
R1-G2-P2	F1 Mantener la comida dentro	0,25		3			0,75	4,6
	F2 Ser resistente (a golpes etc.)	0,25		3			0,75	
	F3 Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25			7		1,75	
	F4 Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15			7		1,05	
	F5 Permitir fácil limpieza	0,1		3			0,3	
R1-G2-P3	F1 Mantener la comida dentro	0,25		3			0,75	3,6
	F2 Ser resistente (a golpes etc.)	0,25		3			0,75	
	F3 Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25		3			0,75	
	F4 Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15			7		1,05	
	F5 Permitir fácil limpieza	0,1		3			0,3	
R1-G3-P1	F1 Mantener la comida dentro	0,25		3			0,75	2,85
	F2 Ser resistente (a golpes etc.)	0,25		3			0,75	
	F3 Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25	0				0	
	F4 Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15			7		1,05	
	F5 Permitir fácil limpieza	0,1		3			0,3	
R1-G3-P2	F1 Mantener la comida dentro	0,25			7		1,75	4,55
	F2 Ser resistente (a golpes etc.)	0,25			7		1,75	
	F3 Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25	0				0	
	F4 Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15			7		1,05	
	F5 Permitir fácil limpieza	0,1	0				0	
R1-G3-P3	F1 Mantener la comida dentro	0,25			7		1,75	4,25
	F2 Ser resistente (a golpes etc.)	0,25			7		1,75	
	F3 Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25		3			0,75	
	F4 Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15	0				0	
	F5 Permitir fácil limpieza	0,1	0				0	
R2-G1-P1	F1 Mantener la comida dentro	0,25			7		1,75	3,85
	F2 Ser resistente (a golpes etc.)	0,25		3			0,75	
	F3 Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25	0				0	
	F4 Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15			7		1,05	
	F5 Permitir fácil limpieza	0,1		3			0,3	
R2-G1-P2	F1 Mantener la comida dentro	0,25			7		1,75	3,85
	F2 Ser resistente (a golpes etc.)	0,25		3			0,75	
	F3 Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25	0				0	
	F4 Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15			7		1,05	
	F5 Permitir fácil limpieza	0,1		3			0,3	
R2-G1-P3	F1 Mantener la comida dentro	0,25	0				0	3,85
	F2 Ser resistente (a golpes etc.)	0,25		3			0,75	
	F3 Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25			7		1,75	
	F4 Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15			7		1,05	
	F5 Permitir fácil limpieza	0,1		3			0,3	
R2-G4-P1	F1 Mantener la comida dentro	0,25			7		1,75	5
	F2 Ser resistente (a golpes etc.)	0,25		3			0,75	
	F3 Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25			7		1,75	
	F4 Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15		3			0,45	
	F5 Permitir fácil limpieza	0,1		3			0,3	
R2-G4-P2	F1 Mantener la comida dentro	0,25			7		1,75	4,6
	F2 Ser resistente (a golpes etc.)	0,25		3			0,75	
	F3 Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25		3			0,75	

Puntuaciones obtenidas por cada uno de los conceptos según los distintos métodos de evaluación empleados

	F4	Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15							7			1,05	
	F5	Permitir fácil limpieza	0,1						3				0,3	
R2-G4-P3	F1	Mantener la comida dentro	0,25									7	1,75	5,3
	F2	Ser resistente (a golpes etc.)	0,25							3			0,75	
	F3	Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25									7	1,75	
	F4	Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15									7	1,05	
	F5	Permitir fácil limpieza	0,1	0									0	

Product	Functional requirements	Weight	Quality scores											PUNTUACIÓN	TOTAL		
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
R1-G2-P1	F1	Mantener la comida dentro	0,25											9		2,25	8,35
	F2	Ser resistente (a golpes etc.)	0,25										8			2	
	F3	Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25											9		2,25	
	F4	Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15											9		1,35	
	F5	Permitir fácil limpieza	0,1							5						0,5	
R1-G2-P2	F1	Mantener la comida dentro	0,25											9		2,25	8,25
	F2	Ser resistente (a golpes etc.)	0,25											9		2,25	
	F3	Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25									7				1,75	
	F4	Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15											10		1,5	
	F5	Permitir fácil limpieza	0,1							5						0,5	
R1-G2-P3	F1	Mantener la comida dentro	0,25											10		2,5	9,3
	F2	Ser resistente (a golpes etc.)	0,25											9		2,25	
	F3	Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25											9		2,25	
	F4	Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15											10		1,5	
	F5	Permitir fácil limpieza	0,1											8		0,8	
R1-G3-P1	F1	Mantener la comida dentro	0,25											8		2	7,75
	F2	Ser resistente (a golpes etc.)	0,25											8		2	
	F3	Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25									7				1,75	
	F4	Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15											8		1,2	
	F5	Permitir fácil limpieza	0,1											8		0,8	

R1-G3-P2	F1	Mantener la comida dentro	0,25								7			1,75	7,1
	F2	Ser resistente (a golpes etc.)	0,25										10	2,5	
	F3	Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25								7			1,75	
	F4	Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15							6				0,9	
	F5	Permitir fácil limpieza	0,1			2								0,2	
R1-G3-P3	F1	Mantener la comida dentro	0,25								7			1,75	6,7
	F2	Ser resistente (a golpes etc.)	0,25										10	2,5	
	F3	Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25									9		2,25	
	F4	Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15	0										0	
	F5	Permitir fácil limpieza	0,1			2								0,2	
R2-G1-P1	F1	Mantener la comida dentro	0,25										10	2,5	8,3
	F2	Ser resistente (a golpes etc.)	0,25								8			2	
	F3	Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25								8			2	
	F4	Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15								8			1,2	
	F5	Permitir fácil limpieza	0,1							6				0,6	
R2-G1-P2	F1	Mantener la comida dentro	0,25										9	2,25	7,45
	F2	Ser resistente (a golpes etc.)	0,25										9	2,25	
	F3	Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25				3							0,75	
	F4	Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15										10	1,5	
	F5	Permitir fácil limpieza	0,1								7			0,7	
R2-G1-P3	F1	Mantener la comida dentro	0,25	0										0	6,45
	F2	Ser resistente (a golpes etc.)	0,25										9	2,25	
	F3	Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25										10	2,5	
	F4	Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15										10	1,5	

Puntuaciones obtenidas por cada uno de los conceptos según los distintos métodos de evaluación empleados

	F5	Permitir fácil limpieza	0,1				2								0,2	
R2-G4-P1	F1	Mantener la comida dentro	0,25										9		2,25	8,65
	F2	Ser resistente (a golpes etc.)	0,25									8			2	
	F3	Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25											10	2,5	
	F4	Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15											10	1,5	
	F5	Permitir fácil limpieza	0,1					4							0,4	
R2-G4-P2	F1	Mantener la comida dentro	0,25										9		2,25	8,5
	F2	Ser resistente (a golpes etc.)	0,25									7			1,75	
	F3	Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25											10	2,5	
	F4	Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15											10	1,5	
	F5	Permitir fácil limpieza	0,1						5						0,5	
R2-G4-P3	F1	Mantener la comida dentro	0,25										9		2,25	8,45
	F2	Ser resistente (a golpes etc.)	0,25										8		2	
	F3	Ser cómodo de transportar en conjunto	0,25										8		2	
	F4	Transportar varios tipos de comida a la vez	0,15											10	1,5	
	F5	Permitir fácil limpieza	0,1										7		0,7	

ANEXO 2.6.2: Evaluación de la circularidad de conceptos de transporte de comida fuera de casa mediante la herramienta de Moreno et al. (2017)

CIRCULAR DESIGN ASPECT	DfX Approach	STRATEGY	FACTOR	R1-G2-P1		R1-G2-P2		R1-G2-P3	
				PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR.	PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR.	PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR.
Resource conservation	Diseño para conservación de energía	Use clean energy consumption	3,6	3	10,8	3	10,8	3	10,8
		Reduce energy consumption in manufacture (eliminate yield losses)	3,3	0	0	0	0	0	0
		Improve manufacture (production steps, supply chain)	3,5	0	0	0	0	0	0
		Use processes suitable for low scale production	2,5	0	0	0	0	0	0
	Diseño para conservación de materiales y eliminar residuos	Select the best materials (non-toxic, pure if possible)	3,8	3	11,4	3	11,4	4	15,2
		Choose local materials (no-rare to avoid scarcity)	3	1	3	0	0	2	6
		Consider a healthy material flow	3,7	2	7,4	0	0	1	3,7
		Eliminate unnecessary parts and sub-assemblies	2,6	2	5,2	1	2,6	0	0
		Reduce material (light weighting)	2,8	0	0	0	0	0	0
		Reduce or eliminate packaging	3,2	3	9,6	0	0	0	0
		Reduce the size of components (miniaturise)	2,6	0	0	0	0	0	0
		Avoid composites and coating (difficult to separate materials)	4,3	4	17,2	5	21,5	2	8,6
		Avoid toxic adhesives, use easy-mechanic joints (fasteners, visible joints)	3,4	3	10,2	5	17	2	6,8
		Use pure materials to allow biodegradability	3,2	0	0	0	0	2	6,4
Life Cycles (end-of-life)	Design for optimising/extend product life	Assure reliability (quality)	3,8	1	3,8	1	3,8	0	0
		Allow reusability	4,3	4	17,2	4	17,2	4	17,2
		Encourage maintenance (repair/refurbish)	4,4	0	0	1	4,4	0	0
		Ease assembly/disassembly	4,3	3	12,9	5	21,5	2	8,6
		Standardise parts for compatibility (modularity)	4,1	5	20,5	5	20,5	3	12,3
		Remanufacture	4	0	0	0	0	0	0
	Design for multiple life cycles	Recover material (easy to clean, collect and transport)	4,1	0	0	0	0	0	0
		Allow cascade use	3,8	1	3,8	0	0	0	0
		Motivate the user to recycle	2,9	0	0	0	0	1	2,9
		Assure spare parts availability	4	0	0	0	0	0	0
Whole System Design	Design for sustainability	Shift the ownership of products into a service (swap, rent, share)	4,2	0	0	0	0	0	0
		De-materialise products into digital platforms	3,4	0	0	0	0	0	0
		Allow upgradability and flexibility to adapt	3,9	1	3,9	5	19,5	3	11,7
		Strengthen local industry	3,3	0	0	0	0	1	3,3
		Create regenerative systems (biomimicry)	3,3	0	0	0	0	0	0
		Care about social impact	3,5	0	0	0	0	2	7
		Create wealth through a good business practice (improve cost-benefit relationship)	3,6	0	0	0	0	0	0
		Develop a trace-and-return system	3,8	0	0	0	0	0	0

Puntuaciones obtenidas por cada uno de los conceptos según los distintos métodos de evaluación empleados

Customer	Design for users	Customise to wants and needs of each person	2,8	4	11,2	3	8,4	2	5,6
		Enhance durability (avoid built-in obsolescence)	3,9	4	15,6	1	3,9	1	3,9
		Develop attachment/loyalty (experience, meaningful design)	3,3	0	0	1	3,3	0	0
		Reduce waiting times in delivery to consumer	2,3	0	0	0	0	0	0
		Based on long-lasting trends, no ephemeral fashion (timeless aesthetics)	2,7	4	10,8	1	2,7	3	8,1
		Implement poka-yoke principles to ease use	2,6	0	0	0	0	0	0
Development	Design for the present towards the future	Use mobile technologies	3,1	0	0	0	0	0	0
		Use Machine-to-Machine communications (M2M)	3,2	0	0	0	0	0	0
		Use cloud computing	3,2	0	0	0	0	0	0
		Use social media technology	2,6	0	0	0	0	0	0
		Use big data analysis	3,3	0	0	0	0	0	0
		Use new material (intelligent, organic)	3,2	0	0	0	0	1	3,2
		Use 3D printing (avoid subtracting technologies)	3	0	0	0	0	0	0
		Create multi-functional teams to consider different aspects in the design	4,1	0	0	0	0	0	0
TOTAL					174,5		168,5		141,3

CIRCULAR DESIGN ASPECT	DFX Approach	STRATEGY	FACTOR	R1-G3-P1		R1-G3-P2		R1-G3-P3	
				PUNTAJACIÓN	TOTAL ESTR.	PUNTAJACIÓN	TOTAL ESTR.	PUNTAJACIÓN	TOTAL ESTR.
Resource conservation	Diseño para conservación de energía	Use clean energy consumption	3,6	3	10,8	3	10,8	3	10,8
		Reduce energy consumption in manufacture (eliminate yield losses)	3,3	0	0	0	0	0	0
		Improve manufacture (production steps, supply chain)	3,5	0	0	0	0	0	0
		Use processes suitable for low scale production	2,5	0	0	0	0	0	0
	Diseño para conservación de materiales y eliminar residuos	Select the best materials (non-toxic, pure if possible)	3,8	4	15,2	5	19	3	11,4
		Choose local materials (no-rare to avoid scarcity)	3	1	3	3	9	2	6
		Consider a healthy material flow	3,7	0	0	2	7,4	2	7,4
		Eliminate unnecessary parts and sub-assemblies	2,6	3	7,8	1	2,6	4	10,4
		Reduce material (light weighting)	2,8	0	0	0	0	1	2,8
		Reduce or eliminate packaging	3,2	0	0	0	0	0	0
		Reduce the size of components (miniaturise)	2,6	0	0	0	0	0	0
		Avoid composites and coating (difficult to separate materials)	4,3	2	8,6	2	8,6	4	17,2
		Avoid toxic adhesives, use easy-mechanic joints (fasteners, visible joints)	3,4	2	6,8	3	10,2	4	13,6
		Use pure materials to allow biodegradability	3,2	4	12,8	5	16	4	12,8
Life Cycles (end-of-life)	Design for optimising/extend product life	Assure reliability (quality)	3,8	0	0	0	0	0	0
		Allow reusability	4,3	4	17,2	3	12,9	0	0
		Encourage maintenance (repair/refurbish)	4,4	0	0	0	0	0	0

		Ease assembly/disassembly	4,3	0	0	0	0	0	0
		Standardise parts for compatibility (modularity)	4,1	2	8,2	1	4,1	0	0
		Remanufacture	4	0	0	0	0	0	0
	Design for multiple life cycles	Recover material (easy to clean, collect and transport)	4,1	0	0	0	0	0	0
		Allow cascade use	3,8	0	0	1	3,8	1	3,8
		Motivate the user to recycle	2,9	0	0	0	0	0	0
		Assure spare parts availability	4	0	0	0	0	0	0
	Whole System Design	Design for sustainability	Shift the ownership of products into a service (swap, rent, share)	4,2	0	0	0	0	0
De-materialise products into digital platforms			3,4	0	0	0	0	0	0
Allow upgradability and flexibility to adapt			3,9	1	3,9	0	0	1	3,9
Strengthen local industry			3,3	0	0	1	3,3	2	6,6
Create regenerative systems (biomimicry)			3,3	0	0	0	0	1	3,3
Care about social impact			3,5	0	0	0	0	0	0
Create wealth through a good business practice (improve cost-benefit relationship)			3,6	0	0	0	0	0	0
Develop a trace-and-return system			3,8	0	0	0	0	0	0
Customer	Design for users	Customise to wants and needs of each person	2,8	2	5,6	0	0	1	2,8
		Enhance durability (avoid built-in obsolescence)	3,9	1	3,9	1	3,9	1	3,9
		Develop attachment/loyalty (experience, meaningful design)	3,3	0	0	0	0	0	0
		Reduce waiting times in delivery to consumer	2,3	0	0	0	0	0	0
		Based on long-lasting trends, no ephemeral fashion (timeless aesthetics)	2,7	3	8,1	0	0	2	5,4
		Implement poka-yoke principles to ease use	2,6	0	0	0	0	0	0
Development	Design for the present towards the future	Use mobile technologies	3,1	0	0	0	0	0	0
		Use Machine-to-Machine communications (M2M)	3,2	0	0	0	0	0	0
		Use cloud computing	3,2	0	0	0	0	0	0
		Use social media technology	2,6	0	0	0	0	0	0
		Use big data analysis	3,3	0	0	0	0	0	0
		Use new material (intelligent, organic)	3,2	4	12,8	5	16	1	3,2
		Use 3D printing (avoid subtracting technologies)	3	0	0	0	0	0	0
		Create multi-functional teams to consider different aspects in the design	4,1	0	0	0	0	0	0
			TOTAL		124,7		127,6	125,3	

Puntuaciones obtenidas por cada uno de los conceptos según los distintos métodos de evaluación empleados

CIRCULAR DESIGN ASPECT	DfX Approach	STRATEGY	FACTOR	R2-G1-P1		R2-G1-P2		R2-G1-P3	
				PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR,	PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR,	PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR,
Resource conservation	Diseño para conservación de energía	Use clean energy consumption	3,6	3	10,8	3	10,8	1	3,6
		Reduce energy consumption in manufacture (eliminate yield losses)	3,3	0	0	0	0	0	0
		Improve manufacture (production steps, supply chain)	3,5	0	0	0	0	0	0
		Use processes suitable for low scale production	2,5	0	0	0	0	0	0
	Diseño para conservación de materiales y eliminar residuos	Select the best materials (non-toxic, pure if possible)	3,8	0	0	5	19	0	0
		Choose local materials (no-rare to avoid scarcity)	3	0	0	0	0	0	0
		Consider a healthy material flow	3,7	0	0	2	7,4	0	0
		Eliminate unnecessary parts and sub-assemblies	2,6	1	2,6	1	2,6	1	2,6
		Reduce material (light weighting)	2,8	0	0	0	0	0	0
		Reduce or eliminate packaging	3,2	0	0	0	0	0	0
		Reduce the size of components (miniaturise)	2,6	0	0	0	0	0	0
		Avoid composites and coating (difficult to separate materials)	4,3	0	0	5	21,5	0	0
		Avoid toxic adhesives, use easy-mechanic joints (fasteners, visible joints)	3,4	2	6,8	5	17	0	0
		Use pure materials to allow biodegradability	3,2	0	0	5	16	0	0
Life Cycles (end-of-life)	Design for optimising/extend product life	Assure reliability (quality)	3,8	0	0	0	0	2	7,6
		Allow reusability	4,3	4	17,2	5	21,5	3	12,9
		Encourage maintenance (repair/refurbish)	4,4	0	0	0	0	1	4,4
		Ease assembly/disassembly	4,3	2	8,6	5	21,5	2	8,6
	Design for multiple life cycles	Standardise parts for compatibility (modularity)	4,1	5	20,5	5	20,5	2	8,2
		Remanufacture	4	0	0	0	0	0	0
		Recover material (easy to clean, collect and transport)	4,1	1	4,1	3	12,3	0	0
		Allow cascade use	3,8	0	0	1	3,8	0	0
Whole System Design	Design for sustainability	Motivate the user to recycle	2,9	0	0	0	0	0	0
		Assure spare parts availability	4	0	0	0	0	0	0
		Shift the ownership of products into a service (swap, rent, share)	4,2	0	0	0	0	2	8,4
		De-materialise products into digital platforms	3,4	0	0	0	0	0	0
		Allow upgradability and flexibility to adapt	3,9	5	19,5	3	11,7	0	0
		Strengthen local industry	3,3	0	0	0	0	2	6,6
		Create regenerative systems (biomimicry)	3,3	0	0	0	0	0	0
		Care about social impact	3,5	0	0	3	10,5	5	17,5
Customer	Design for users	Create wealth through a good business practice (improve cost-benefit relationship)	3,6	0	0	3	10,8	1	3,6
		Develop a trace-and-return system	3,8	0	0	1	3,8	0	0
		Customise to wants and needs of each person	2,8	5	14	2	5,6	0	0
		Enhance durability (avoid built-in obsolescence)	3,9	1	3,9	2	7,8	2	7,8
		Develop attachment/loyalty (experience, meaningful design)	3,3	0	0	0	0	0	0
		Reduce waiting times in delivery to consumer	2,3	0	0	0	0	2	4,6
		Based on long-lasting trends, no ephemeral fashion (timeless aesthetics)	2,7	0	0	2	5,4	3	8,1
Development	Design for the present towards the future	Implement poka-yoke principles to ease use	2,6	0	0	0	0	0	0
		Use mobile technologies	3,1	0	0	0	0	4	12,4
		Use Machine-to-Machine communications (M2M)	3,2	0	0	0	0	0	0
		Use cloud computing	3,2	0	0	0	0	0	0
		Use social media technology	2,6	0	0	0	0	4	10,4
Use big data analysis	3,3	0	0	0	0	0	0		

		Use new material (intelligent, organic)	3,2	0	0	1	3,2	0	0
		Use 3D printing (avoid subtracting technologies)	3	0	0	0	0	4	12
		Create multi-functional teams to consider different aspects in the design	4,1	0	0	0	0	0	0
		TOTAL			108		232,7		139,3

CIRCULAR DESIGN ASPECT	DfX Approach	STRATEGY	FACTOR	R2-G4-P1		R2-G4-P2		R2-G4-P3	
				PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR,	PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR,	PUNTUACIÓN	TOTAL ESTR,
Resource conservation	Diseño para conservación de energía	Use clean energy consumption	3,6	3	10,8	3	10,8	3	10,8
		Reduce energy consumption in manufacture (eliminate yield losses)	3,3	0	0	0	0	0	0
		Improve manufacture (production steps, supply chain)	3,5	0	0	0	0	0	0
		Use processes suitable for low scale production	2,5	0	0	0	0	0	0
	Diseño para conservación de materiales y eliminar residuos	Select the best materials (non-toxic, pure if possible)	3,8	5	19	3	11,4	4	15,2
		Choose local materials (no-rare to avoid scarcity)	3	0	0	1	3	2	6
		Consider a healthy material flow	3,7	4	14,8	2	7,4	2	7,4
		Eliminate unnecessary parts and sub-assemblies	2,6	1	2,6	1	2,6	1	2,6
		Reduce material (light weighting)	2,8	0	0	1	2,8	0	0
		Reduce or eliminate packaging	3,2	0	0	2	6,4	0	0
		Reduce the size of components (miniaturise)	2,6	0	0	0	0	0	0
		Avoid composites and coating (difficult to separate materials)	4,3	4	17,2	3	12,9	2	8,6
		Avoid toxic adhesives, use easy-mechanic joints (fasteners, visible joints)	3,4	4	13,6	3	10,2	2	6,8
Use pure materials to allow biodegradability	3,2	5	16	3	9,6	3	9,6		
Life Cycles (end-of-life)	Design for optimising/extend product life	Assure reliability (quality)	3,8	0	0	1	3,8	1	3,8
		Allow reusability	4,3	3	12,9	4	17,2	4	17,2
		Encourage maintenance (repair/refurbish)	4,4	0	0	0	0	0	0
		Ease assembly/disassembly	4,3	3	12,9	3	12,9	1	4,3
		Standardise parts for compatibility (modularity)	4,1	5	20,5	4	16,4	5	20,5
	Remanufacture	4	0	0	0	0	0	0	
	Design for multiple life cycles	Recover material (easy to clean, collect and transport)	4,1	1	4,1	1	4,1	2	8,2
		Allow cascade use	3,8	1	3,8	2	7,6	1	3,8
Motivate the user to recycle		2,9	0	0	1	2,9	0	0	
Assure spare parts availability	4	0	0	0	0	0	0		
Whole System Design	Design for sustainability	Shift the ownership of products into a service (swap, rent, share)	4,2	0	0	0	0	0	0
		De-materialise products into digital platforms	3,4	0	0	0	0	0	0
		Allow upgradability and flexibility to adapt	3,9	2	7,8	4	15,6	3	11,7
		Strengthen local industry	3,3	0	0	0	0	1	3,3
		Create regenerative systems (biomimicry)	3,3	0	0	0	0	0	0
		Care about social impact	3,5	1	3,5	0	0	0	0
		Create wealth through a good business practice (improve cost-benefit relationship)	3,6	0	0	0	0	0	0
Develop a trace-and-return system	3,8	0	0	0	0	0	0		
Customer	Design for users	Customise to wants and needs of each person	2,8	2	5,6	4	11,2	5	14
		Enhance durability (avoid built-in obsolescence)	3,9	2	7,8	1	3,9	2	7,8
		Develop attachment/loyalty	3,3	0	0	2	6,6	0	0

Puntuaciones obtenidas por cada uno de los conceptos según los distintos métodos de evaluación empleados

		(experience, meaningful design)							
		Reduce waiting times in delivery to consumer	2,3	0	0	0	0	0	0
		Based on long-lasting trends, no ephemeral fashion (timeless aesthetics)	2,7	2	5,4	0	0	3	8,1
		Implement poka-yoke principles to ease use	2,6	0	0	0	0	0	0
Development	Design for the present towards the future	Use mobile technologies	3,1	0	0	0	0	0	0
		Use Machine-to-Machine communications (M2M)	3,2	0	0	0	0	0	0
		Use cloud computing	3,2	0	0	0	0	0	0
		Use social media technology	2,6	0	0	0	0	0	0
		Use big data analysis	3,3	0	0	0	0	0	0
		Use new material (intelligent, organic)	3,2	4	12,8	1	3,2	3	9,6
		Use 3D printing (avoid subtracting technologies)	3	0	0	0	0	0	0
		Create multi-functional teams to consider different aspects in the design	4,1	0	0	0	0	0	0
		TOTAL			191,1		182,5		179,3

ANEXO 3

PUNTUACIONES DADAS POR LOS
EXPERTOS CON LA MÉTRICA
DISEÑADA A CADA CONCEPTO DEL
TERCER EXPERIMENTO

-página en blanco-

Resumen del uso de CN_Con

$$CN = [imp_1*(N_1*C_1)] + [imp_2*(N_2*C_2)] + \dots + [imp_i*(N_i*c_i)]$$

Siendo,

Imp_i = importancia de la función i (todas las importancias deben sumar 1)

N_i = novedad de la función i (0, 1, 3, 7 o 10)

C_i = circularidad de la función i

Ci = 10*(log10 ((Ne + Mi + Mf +2) /2)) / (log10(11))

Ne = Puntuación del número de estrategias utilizadas

Mi = Puntuación del material inicial

Mf = Puntuación del material final

ANEXO 3.1: Evaluación realizada por el Experto 1

ANEXO 3.1.1: Evaluación de conceptos de refugio personal para la intemperie con la métrica diseñada, Experto 1.

	PRODUCTO	FUNCIONES	IMPORTANCIA	CÓDIGO	PUNTUACIÓN TOTAL
Problem 1	Elemento de refugio	F1: Proteger de la intemperie	0,3	R1-G1-P1	5,07
		F2: Resistencia	0,3	R1-G1-P2	11,93
		F4: Facilidad de uso (abrir/cerrar)	0,25	R1-G1-P3	14,50
		F5: Fácil limpieza	0,15	R1-G4-P1	6,06
			1	R1-G4-P2	12,46
			R1-G4-P3	3,24	
			R2-G2-P1	3,28	
			R2-G2-P2	0,00	
			R2-G2-P3	6,02	
			R2-G3-P1	11,32	
			R2-G3-P2	13,23	
			R2-G3-P3	8,20	

	NOVEDAD				CÁLCULO CIRCULARIDAD				Mi	Mf	Ne	F1/F2/F3/F4
	F1	F2	F4	F5	F1	F2	F4	F5				
R1-G1-P1	1	1	1	1	6,22	4,58	4,58	4,58	0/0/0/0	4/4/4/4	1/0/0/0	
R1-G1-P2	3	3	1	0	6,95	4,58	6,22	4,58	0/0/0/0	4/4/4/4	2/0/1/0	
R1-G1-P3	3	3	1	1	6,41	8,37	4,79	0,00	4,3/10/4,3/0	0,1/-/0/0	1/0/0/0	
R1-G4-P1	3	1	1	1	3,81	0,20	6,41	6,41	0/0/4,3/4,3	0,1/0,1/0,1/0,1	1/0/1/1	
R1-G4-P2	3	3	3	0	6,84	6,84	0,20	0,00	4,3/4,3/0/0	4/4/0,1/0	0/0/0/0	
R1-G4-P3	0	1	1	0	0,00	4,58	7,47	0,00	0/0/10/0	0/4/-/0	0/0/0/0	
R2-G2-P1	1	1	0	0	6,36	4,58	0,00	0,00	0/0/0/0	4,3/0/0/0	1/0/0/0	
R2-G2-P2	3	3	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0/0/0/0	0/0/0/0	0/0/0/0	
R2-G2-P3	1	1	1	1	6,22	4,58	8,37	4,58	0/0/10/0	4/4/-/4	1/0/1/0	
R2-G3-P1	3	3	0	0	6,36	6,22	0,00	0,00	0/0/0/0	4,3/4/0/0	1/1/0/0	
R2-G3-P2	3	3	0	0	6,84	7,87	0,00	0,00	4,3/4,3/0/0	4/4/0/0	0/1/0/0	
R2-G3-P3	3	1	0	0	6,84	6,84	0,00	0,00	4,3/4,3/0/0	4/4/0/0	0/0/0/0	

ANEXO 3.1.2: Evaluación de conceptos de transporte de comida fuera de casa con la métrica diseñada, Experto 1.

PRODUCTO	FUNCIONES	IMPORTANCIA	CÓDIGO	PUNTUACIÓN TOTAL
Problem 2 Lunchbox	F1: mantener la comida dentro	0,25	R1-G2-P1	5,91
	F2: resistente (a golpes etc)	0,25	R1-G2-P2	5,20
	F3: comodo de transportar en conjunto	0,2	R1-G2-P3	3,58
	F4: varios tipos de comida a la vez	0,2	R1-G3-P1	4,91
	F5: fácil limpieza	0,1	R1-G3-P2	4,59
		1	R1-G3-P3	2,88
			R2-G1-P1	6,15
			R2-G1-P2	14,18
			R2-G1-P3	1,86
			R2-G4-P1	11,14
		R2-G4-P2	9,78	
		R2-G4-P3	7,69	

	NOVEDAD					CÁLCULO CIRCULARIDAD					Mi	Mf	Ne	F1/F2/F3/F4/F5
	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5				
R1-G2-P1	1	0	3	3	1	3,81	0,00	3,81	3,81	3,81	0/0/0/0/0	0,1/0/0,1/0,1/0,1	1/0/1/1/1	
R1-G2-P2	1	1	1	3	0	4,58	4,58	0,20	4,79	0,00	0/0/0/0/0	4/4/0,1/4,3/0	0/0/0/0/0	
R1-G2-P3	1	1	1	1	0	4,58	4,58	0,20	6,22	0,00	0/0/0/0/0	4/4/0,1/4/0	0/0/0/1/0	
R1-G3-P1	1	1	0	1	3	4,58	4,58	0,00	6,22	4,58	0/0/0/0/0	4/4/0/4/4	0/0/0/1/0	
R1-G3-P2	1	1	0	1	0	6,36	6,36	0,00	7,06	0,00	0/0/0/0/0	4,3/4,3/0/4,3/0	1/1/0/2/0	
R1-G3-P3	1	0	1	0	1	4,58	0,00	6,36	0,00	4,58	0/0/0/0/0	4/0/4,3/0/4	0/0/1/0/0	
R2-G1-P1	1	1	0	7	0	3,73	0,00	0,00	3,73	0,00	0/0/0/0/0	0/0/0/0/0	1/0/0/1/0	
R2-G1-P2	1	1	3	3	0	8,69	7,87	8,37	8,37	0,00	4,3/4,3/4,3/4,3/0	4/4/4/4/0	3/1/2/2/0	
R2-G1-P3	0	0	3	0	0	0,00	6,17	3,09	0,00	0,00	0/0/0/0/0	0/2,2/2,2/0/0	0/2/0/0/0	
R2-G4-P1	3	1	3	1	0	7,22	7,22	3,81	8,17	0,00	5/5/0/5/0	4,3/4,3/0,1/4,3/0	0/0/1/1/0	
R2-G4-P2	1	1	3	1	0	7,53	6,41	7,87	7,87	0,00	4,3/4,3/4,3/4,3/0	0,1/0,1/4/4/0	3/1/1/1/0	
R2-G4-P3	1	1	1	3	0	6,97	5,07	3,73	6,56	0,00	4,65/4,65/0/4,65/0	4/0,1/0/0,1/0	0/0/1/1/0	

ANEXO 3.2: Evaluación realizada por el Experto 2

ANEXO 3.2.1: Evaluación de conceptos de refugio personal para la intemperie con la métrica diseñada, Experto 2.

PRODUCTO	FUNCIONES	IMPORTANCIA	CÓDIGO	PUNTUACIÓN TOTAL
Problem 1 Elemento de refugio	F1: Proteger de la intemperie	0,3	R1-G1-P1	9,46
	F2: Resistencia	0,3	R1-G1-P2	11,45
	F3: Facilidad de uso (abrir/cerrar)	0,25	R1-G1-P3	10,25
	F4: Fácil limpieza	0,15	R1-G4-P1	1,37
		1	R1-G4-P2	4,10
			R1-G4-P3	2,75
			R2-G2-P1	7,47
			R2-G2-P2	2,75
			R2-G2-P3	12,30
			R2-G3-P1	3,89
		R2-G3-P2	4,72	
		R2-G3-P3	3,82	

	NOVEDAD				CÁLCULO CIRCULARIDAD				Mi	Mf	Ne	F1/F2/F3/F4
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4				
R1-G1-P1	1	1	3	0	7,11	6,97	6,97	7,11	5/4,65/4,65/5	4/4/4/4	0/0/0/0	F1/F2/F3/F4
R1-G1-P2	3	3	0	0	6,36	6,36	6,36	6,36	0/0/0/0	4,3/4,3/4,3/4,3	1/1/1/1	
R1-G1-P3	1	3	3	0	7,11	3,09	7,11	7,11	5/0/5/5	4/2,2/4/4	0/0/0/0	
R1-G4-P1	1	0	0	0	4,58	6,03	4,58	4,58	0/4,3/0/0	4/2,2/4/4	0/0/0/0	
R1-G4-P2	1	1	0	0	6,84	6,84	6,84	6,84	4,3/4,3/4,3/4,3	4/4/4/4	0/0/0/0	
R1-G4-P3	1	1	0	0	4,58	4,58	4,58	4,58	0/0/0/0	4/4/4/4	0/0/0/0	
R2-G2-P1	1	3	0	0	6,22	6,22	6,22	6,22	0/0/0/0	4/4/4/4	1/1/1/1	
R2-G2-P2	1	1	0	0	4,58	4,58	4,58	4,58	0/0/0/0	4/4/4/4	0/0/0/0	
R2-G2-P3	3	3	0	0	6,84	6,84	6,84	6,84	4,3/4,3/4,3/4,3	4/4/4/4	0/0/0/0	
R2-G3-P1	1	1	1	0	4,58	4,58	4,58	4,58	0/0/0/0	4/4/4/4	0/0/0/0	
R2-G3-P2	1	1	0	0	7,87	7,87	7,87	7,87	4,3/4,3/4,3/4,3	4/4/4/4	1/1/1/1	
R2-G3-P3	1	1	0	0	6,36	6,36	6,22	6,36	0/0/0/0	4,3/4,3/4/4,3	1/1/1/1	

ANEXO 3.2.2: Evaluación de conceptos de transporte de comida fuera de casa con la métrica diseñada, Experto 2.

PRODUCTO	FUNCIONES	IMPORTANCIA	CÓDIGO	PUNTUACIÓN TOTAL
Problem 2 Lunchbox	F1: mantener la comida dentro	0,25	R1-G2-P1	5,96
	F2: resistente (a golpes etc)	0,25	R1-G2-P2	4,81
	F3: comodo de transportar en conjunto	0,2	R1-G2-P3	4,31
	F4: varios tipos de comida a la vez	0,2	R1-G3-P1	0,18
	F5: fácil limpieza	0,1	R1-G3-P2	11,01
		1	R1-G3-P3	2,29
			R2-G1-P1	4,12
			R2-G1-P2	10,23
			R2-G1-P3	1,83
			R2-G4-P1	0,18
			R2-G4-P2	10,23
			R2-G4-P3	4,70

	NOVEDAD					CÁLCULO CIRCULARIDAD					Mi	Mf	Ne	F1/F2/F3/F4
	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5				
R1-G2-P1	1	1	1	3	0	4,58	4,58	4,58	4,58	4,58	0/0/0/0/0	4/4/4/4/4	0/0/0/0/0	F1/F2/F3/F4
R1-G2-P2	1	0	3	1	0	4,58	4,58	4,58	4,58	4,58	0/0/0/0/0	4/4/4/4/4	0/0/0/0/0	
R1-G2-P3	1	1	1	1	0	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	0/0/0/0/0	4,3/4,3/4,3/4,3/4,3	0/0/0/0/0	
R1-G3-P1	1	1	1	1	0	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0/0/0/0/0	0,1/0,1/0,1/0,1/0,1	0/0/0/0/0	
R1-G3-P2	3	3	1	3	0	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	0/0/0/0/0	4,3/4,3/4,3/4,3/4,3	0/0/0/0/0	
R1-G3-P3	1	1	0	0	0	4,58	4,58	4,58	4,58	4,58	0/0/0/0/0	4/4/4/4/4	0/0/0/0/0	
R2-G1-P1	1	1	1	1	0	4,58	4,58	4,58	4,58	4,58	0/0/0/0/0	4/4/4/4/4	0/0/0/0/0	
R2-G1-P2	1	1	3	1	0	7,87	7,87	7,87	7,87	7,87	4,3/4,3/4,3/4,3/4,3	4/4/4/4/4	1/1/1/1/1	
R2-G1-P3	0	0	1	1	0	4,58	4,58	4,58	4,58	4,58	0/0/0/0/0	4/4/4/4/4	0/0/0/0/0	
R2-G4-P1	1	1	1	1	0	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0/0/0/0/0	0,1/0,1/0,1/0,1/0,1	0/0/0/0/0	
R2-G4-P2	1	1	3	1	0	7,87	7,87	7,87	7,87	7,87	4,3/4,3/4,3/4,3/4,3	4/4/4/4/4	1/1/1/1/1	
R2-G4-P3	1	1	1	1	0	4,58	4,58	7,47	4,58	4,58	0/0/10/0/0	4/4/-/4/4	0/0/0/0/0	

ANEXO 3.3: Evaluación realizada por el Experto 3

ANEXO 3.3.1: Evaluación de conceptos de refugio personal para la intemperie con la métrica diseñada, Experto 3.

CASOS P1	N F1	N F2	N F3	N F4	Imp F1	Imp F2	Imp F3	Imp F4	C1	C2	C3	C4	C5	FINAL SCORE
R1-G1-P1	1	0	0	1	0,3	0,3	0,25	0,15	4,966	0,000	4,966	4,966	0,000	2,235
R1-G1-P2	1	1	1	1	0,3	0,3	0,25	0,15	6,136	6,136	6,136	4,966	0,000	5,960
R1-G1-P3	3	3	0	3	0,3	0,3	0,25	0,15	8,466	8,466	6,975	6,975	0,000	18,378
R1-G4-P1	0	0	0	0	0,3	0,3	0,25	0,15	6,515	5,011	5,011	5,011	0,000	0,000
R1-G4-P2	1	1	1	1	0,3	0,3	0,25	0,15	6,515	6,515	3,728	6,515	0,000	5,819
R1-G4-P3	1	1	0	1	0,3	0,3	0,25	0,15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
R2-G2-P1	1	1	0	0	0,3	0,3	0,25	0,15	3,728	0,000	3,728	0,000	0,000	1,119
R2-G2-P2	1	0	1	0	0,3	0,3	0,25	0,15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
R2-G2-P3	1	1	1	0	0,3	0,3	0,25	0,15	4,966	7,196	4,966	0,000	0,000	4,890
R2-G3-P1	1	1	1	0	0,3	0,3	0,25	0,15	4,966	0,000	0,000	0,000	0,000	1,490
R2-G3-P2	1	1	1	0	0,3	0,3	0,25	0,15	7,619	7,196	5,011	0,000	0,000	5,697
R2-G3-P3	1	1	1	0	0,3	0,3	0,25	0,15	8,466	7,064	7,196	5,011	0,000	6,458

NE F1	NE F2	NE F3	NE F4	MI F1	MI F2	MI F3	MI F4	MF R F1	MF R F2	MF R F3	MF R F4	C F1	C F2	C F3	C F4	
4,58	0	4,58	4,58	0	0	0	0	0	0	0	0	4,966	0,000	4,966	4,966	0,000
6,71	6,71	6,71	4,58	0	0	0	0	0	0	0	0	6,136	6,136	6,136	4,966	0,000
4,58	4,58	0	0	4,65	4,65	4,65	4,65	4	4	4	4	8,466	8,466	6,975	6,975	0,000
2,89	0	0	0	4,65	4,65	4,65	4,65	0	0	0	0	6,515	5,011	5,011	5,011	0,000
2,89	2,89	2,89	2,89	4,65	4,65	0	4,65	0	0	0	0	6,515	6,515	3,728	6,515	0,000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,89	0	2,89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,728	0,000	3,728	0,000	0,000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,58	4,58	4,58	0	0	4,65	0	0	0	0	0	0	4,966	7,196	4,966	0,000	0,000
4,58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,966	0,000	0,000	0,000	0,000
5,78	4,58	0	0	4,65	4,65	4,65	0	0	0	0	0	7,619	7,196	5,011	0,000	0,000
4,58	4,58	4,58	0	4,65	4,3	4,65	4,65	4	0	0	0	8,466	7,064	7,196	5,011	0,000

ANEXO 3.3.2: Evaluación de conceptos de transporte de comida fuera de casa con la métrica diseñada, Experto 3.

CASOS P2	N F1	N F2	N F3	N F4	N F5	Imp F1	Imp F2	Imp F3	Imp F4	Imp F5	C1	C2	C3	C4	C5	FINAL SCORE
R1-G2-P1	0	0	1	1	0	0,25	0,25	0,25	0,15	0,1	3,728	0,000	3,728	4,966	0,000	1,677
R1-G2-P2	1	0	1	1	0	0,25	0,25	0,25	0,15	0,1	3,728	0,000	3,728	3,728	0,000	2,423
R1-G2-P3	1	1	1	1	1	0,25	0,25	0,25	0,15	0,1	3,728	3,728	3,728	4,966	3,728	3,914
R1-G3-P1	1	0	1	1	1	0,25	0,25	0,25	0,15	0,1	6,221	4,582	6,221	6,221	4,582	4,502
R1-G3-P2	1	1	1	1	0	0,25	0,25	0,25	0,15	0,1	6,221	6,221	6,221	6,221	4,582	5,599
R1-G3-P3	1	1	1	0	1	0,25	0,25	0,25	0,15	0,1	3,728	3,728	3,728	0,000	3,728	3,169
R2-G1-P1	1	1	0	1	0	0,25	0,25	0,25	0,15	0,1	4,966	3,728	3,728	3,728	0,000	2,733
R2-G1-P2	1	1	1	1	0	0,25	0,25	0,25	0,15	0,1	7,064	7,064	7,500	7,500	6,360	6,532
R2-G1-P3	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,15	0,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
R2-G4-P1	0	1	0	1	0	0,25	0,25	0,25	0,15	0,1	4,582	4,582	3,728	6,221	4,582	2,079
R2-G4-P2	1	0	1	1	0	0,25	0,25	0,25	0,15	0,1	0,000	5,011	5,011	3,728	0,000	1,812
R2-G4-P3	3	0	1	1	0	0,25	0,25	0,25	0,15	0,1	0,000	0,000	7,196	4,966	0,000	2,544

NE F1	NE F2	NE F3	NE F4	NE F5	MI F1	MI F2	MI F3	MI F4	MI F5	MF R F1	MF R F2	MF R F3	MF R F4	MF R F5	C F1	C F2	C F3	C F4	C F5
2,89	0	2,89	4,58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,728	0,000	3,728	4,966	0,000
2,89	0	2,89	2,89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,728	0,000	3,728	3,728	0,000
2,89	2,89	2,89	4,58	2,89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,728	3,728	3,728	4,966	3,728
2,89	0	2,89	2,89	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4	6,221	4,582	6,221	6,221	4,582
2,89	2,89	2,89	2,89	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4	6,221	6,221	6,221	6,221	4,582
2,89	2,89	2,89	0	2,89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,728	3,728	3,728	0,000	3,728
4,58	2,89	2,89	2,89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,966	3,728	3,728	3,728	0,000
4,58	4,58	5,78	5,78	2,89	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	0	0	0	0	0	7,064	7,064	7,500	7,500	6,360
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0	0	2,89	2,89	0	0	0	0	0	0	4	4	0	4	4	4,582	4,582	3,728	6,221	4,582
0	0	0	2,89	0	0	4,65	4,65	0	0	0	0	0	0	0	0,000	5,011	5,011	3,728	0,000
0	0	4,58	4,58	0	0	0	4,65	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	7,196	4,966	0,000

ANEXO 3.4: Evaluación realizada por el Experto 4

ANEXO 3.4.1: Evaluación de conceptos de refugio personal para la intemperie con la métrica diseñada, Experto 4.

	PRODUCTO	FUNCIONES	IMPORTANCIA	CÓDIGO	PUNTAJÓN TOTAL
Problem 1	Elemento de refugio	F1: Proteger de la intemperie	0,3	R1-G1-P1	42,91
		F2: Resistencia	0,3	R1-G1-P2	41,86
		F3: Facilidad de uso (abrir/cerrar)	0,25	R1-G1-P3	63,95
		F4: Fácil limpieza	0,15	R1-G4-P1	21,70
					R1-G4-P2
		1		R1-G4-P3	36,45
				R2-G2-P1	5,00
				R2-G2-P2	15,65
				R2-G2-P3	8,09
				R2-G3-P1	80,23
				R2-G3-P2	26,92
				R2-G3-P3	34,95

	NOVEDAD				CÁLCULO CIRCULARIDAD				Mi	Mf	Ne	F1/F2/F3/F4
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4				
R1-G1-P1	7	7	10	1	6,14	6,14	6,49	6,14	0/0/0/0	0/0/0/0	4/4/5/4	
R1-G1-P2	3	10	3	3	8,15	8,24	8,15	8,24	0/0/0/0	4/4,3/4/4,3	6/6/6/6	
R1-G1-P3	0	10	10	10	9,17	9,10	9,17	9,17	5/5/5/5	4,3/4/4,3/4,3	4/4/4/4	
R1-G4-P1	3	3	3	3	7,90	5,67	7,90	7,90	0/0/0/0	4,6/0/4,6/4,6	4/3/4/4	
R1-G4-P2	10	10	10	10	9,11	8,93	7,95	9,11	4,3/4,3/0/4,3	4/4/4/4	5/4/5/5	
R1-G4-P3	10	3	3	3	7,40	5,72	7,71	7,40	0/0/0/0	4/0,1/4/4	3/3/4/3	
R2-G2-P1	0	1	1	1	7,95	6,18	7,95	7,71	0/0/0/0	4/0,1/4/4	5/4/5/4	
R2-G2-P2	3	3	1	1	7,06	7,06	7,50	7,06	0/0/0/0	4,3/4,3/4,3/4,3	2/2/3/2	
R2-G2-P3	1	1	1	1	8,05	8,05	8,24	8,05	0/0/0/0	4,3/4,3/4,3/4,3	5/5/6/5	
R2-G3-P1	10	10	10	10	8,05	7,81	8,24	8,05	0/0/0/0	4,3/4,3/4,3/4,3	5/4/6/5	
R2-G3-P2	3	3	3	3	8,93	8,93	9,11	8,93	4,3/4,3/4,3/4,3	4/4/4/4	4/4/5/4	
R2-G3-P3	7	3	3	1	8,93	8,93	9,11	8,93	4,3/4,3/4,3/4,3	4/4/4/4	4/4/5/4	

ANEXO 3.4.2: Evaluación de conceptos de transporte de comida fuera de casa con la métrica diseñada, Experto 4.

	PRODUCTO	FUNCIONES	IMPORTANCIA	CÓDIGO	PUNTAJÓN TOTAL
Problem 2	Lunchbox	F1: mantener la comida dentro	0,25	R1-G2-P1	7,38
		F2: resistente (a golpes etc)	0,25	R1-G2-P2	20,29
		F3: comodo de transportar en conjunto	0,2	R1-G2-P3	9,29
		F4: varios tipos de comida a la vez	0,2	R1-G3-P1	3,72
		F5: fácil limpieza	0,1	R1-G3-P2	44,07
		1		R1-G3-P3	20,44
				R2-G1-P1	34,97
				R2-G1-P2	62,76
				R2-G1-P3	59,78
				R2-G4-P1	21,53
				R2-G4-P2	51,53
				R2-G4-P3	25,40

	NOVEDAD					CÁLCULO CIRCULARIDAD					Mi	Mf	Ne	F1/F2/F3/F4/F5
	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5				
R1-G2-P1	1	1	1	1	1	7,60	6,70	7,60	7,60	7,60	0/0/0/0/0	4,6/2,2/4,6/4,6/4,6	3/3/3/3/3	
R1-G2-P2	1	3	7	1	1	7,60	7,50	7,50	7,50	7,60	0/0/0/0/0	4,6/4,3/4,3/4,3/4,6	3/3/3/3/3	
R1-G2-P3	1	1	1	1	3	7,71	7,71	7,71	7,90	7,71	0/0/0/0/0	4/4/4/4,6/4	4/4/4/4/4	
R1-G3-P1	1	0	1	1	0	5,72	5,72	5,72	5,72	5,67	0/0/0/0/0	0,1/0,1/0,1/0,1/0	3/3/3/3/3	
R1-G3-P2	10	3	3	10	3	6,18	7,81	7,71	7,90	7,71	0/0/0/0/0	0,1/4,3/4/4,6/4	4/4/4/4/4	
R1-G3-P3	7	0	3	0	3	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	0/0/0/0/0	4/4/4/4/4	4/4/4/4/4	
R2-G1-P1	3	1	10	7	1	7,81	7,71	7,81	7,71	7,71	0/0/0/0/0	4,3/4/4,3/4/4	4/4/4/4/4	
R2-G1-P2	10	3	7	10	1	9,33	9,26	9,33	9,26	9,33	4,3/4,3/4,3/4,3/4,3	4,3/4/4,3/4/4,3	6/6/6/6/6	
R2-G1-P3	3	10	10	3	7	9,26	9,11	9,11	9,11	9,11	4,3/4,3/4,3/4,3/4,3	4/4/4/4/4	6/5/5/5/5	
R2-G4-P1	3	7	3	1	1	5,72	6,18	7,50	6,75	5,72	0/0/0/0/0	0,1/0,1/4,3/4,3/0,1	3/4/3/3/3	
R2-G4-P2	3	10	10	1	1	9,26	9,26	9,33	9,33	9,26	4,3/4,3/4,3/4,3/4,3	4/4/4,3/4,3/4	6/6/6/6/6	
R2-G4-P3	3	3	3	3	1	9,11	9,11	9,11	9,11	8,08	4,3/4,3/4,3/4,3/4,3	4/4/4/4/0,1	5/5/5/5/5	

ANEXO 3.5: Evaluación realizada por el Experto 5

ANEXO 3.5.1 Evaluación de conceptos de refugio personal para la intemperie con la métrica diseñada, Experto 5.

R1-G1-P1		
10/7/3/1/0 NOVEDAD		
F1_PROTEGER	3	Cubierta con abertula lucernario y puerta extensible
F2_RESISTENCIA	0	nada
F3_USABILIDAD	3	puerta extensible
F4_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10		
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5		
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5		
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65		
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mi6_MATERIAL NUEVO	X	X	X	X		
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6		
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2		
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4		
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1		
	Mf6_VERTEDERO	X	X	X	X		

c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad							
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad		X		X			
Ne4_Diseño para actualización/adaptación		X		X			
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia							
TOTAL:		2	0	2	0		

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	3	0	3	0	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	4,58	0,00	4,58	0,00	#N/D	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	4,97	0,00	4,97	0,00		

PUNTUACIÓN TOTAL	R1-G1-P1	8,20
-------------------------	-----------------	-------------

R1-G1-P2		
10/7/3/1/0 NOVEDAD		
F1_PROTEGER	3	Cubierta transparente, paneles bamboo, conexión impermeable
F2_RESISTENCIA	3	aislante techo, estructura bamboo
F3_USABILIDAD	3	paneles solares, modularidad
F4_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10		
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5		
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5		
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65		
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mi6_MATERIAL NUEVO	x	x	x	x		
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6		
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2		
	Mf3_RECUPERABLE	x	x	4,3	4,3		
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4		
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1		
	Mf6_VERTEDERO	0	0	x	x		
c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad		x	x				
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad		x		x			
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje		x					
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables				x			
Ne11_No hay estrategia					x		
TOTAL:		3	1	2	0		

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	3	3	3	0	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	4,30	4,30	0,00	0,00	#N/D	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	5,78	2,89	4,58	0,00	#N/D	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	7,50	6,36	4,97	0,00		
PUNTUACIÓN TOTAL	R1-G1-P2			16,20		

R1-G1-P3		
10/7/3/1/0		
NOVEDAD		
F1_PROTEGER	7	Módulos compost hojas banana
F2_RESISTENCIA	0	nada
F3_USABILIDAD	1	Ensamblaje ganchos
F4_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10		
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5		
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5		
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65		
	Mi5_RECICLADO	x	4,3	x	4,3		
	Mi6_MATERIAL NUEVO	0	x	0	x		
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6		
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2		
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mf4_RECICLABLE	x	4	x	4		
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1		
	Mf6_VERTEDERO	0	x	0	x		
c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad							
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad		x		x			
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje		x		x			
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia							
TOTAL:		2	0	2	0		

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	7	0	1	0	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	4,30	0,00	4,30	0,00	#N/D	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	4,00	0,00	4,00	0,00	#N/D	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	4,58	0,00	4,58	0,00	#N/D	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	8,37	0,00	8,37	0,00		

PUNTUACIÓN TOTAL	R1-G1-P3	19,67
-------------------------	-----------------	--------------

R1-G4-P1		
10/7/3/1/0		
NOVEDAD		
F1_PROTEGER	1	Saco dormir, mochila
F2_RESISTENCIA	0	nada
F3_USABILIDAD	3	Transportable mochila, red, cacerola, armario, saco
F4_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10		
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5		
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5		
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65		
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mi6_MATERIAL NUEVO	x	x	x	x		
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6		
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2		
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4		
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1		
	Mf6_VERTEDERO	x	x	x	x		

c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad							
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad		x		x			
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social		x		x			
Ne10_Uso de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia							
TOTAL:		2	0	2	0		

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	1	0	3	0	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	4,58	0,00	4,58	0,00	#N/D	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	4,97	0,00	4,97	0,00		
PUNTUACIÓN TOTAL	R1-G4-P1			5,22		

R1-G4-P2		
10/7/3/1/0		
NOVEDAD		
F1_PROTEGER	3	Módulo plástico reciclado, regulable, cortina tejido cómodo
F2_RESISTENCIA	1	Módulo rígido
F3_USABILIDAD	3	Componentes adicionales, versátil, tejido cómodo
F4_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10		
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5		
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5		
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65		
	Mi5_RECICLADO	x	x	x	4,3		
	Mi6_MATERIAL NUEVO	0	0	0	x		
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6		
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2		
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4		
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1		
	Mf6_VERTEDERO	x	x	x	x		
c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad							
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad		x	x	x			
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje		x	x	x			
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social		x		x			
Ne10_Usos de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia					x		
TOTAL:		3	2	3	0		

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	3	1	3	0	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	4,30	4,30	4,30	0,00	#N/D	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	5,78	4,58	5,78	0,00	#N/D	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	7,50	7,06	7,50	0,00		
PUNTUACIÓN TOTAL	R1-G4-P2			14,49		

R1-G4-P3		
10/7/3/1/0		
NOVEDAD		
F1_PROTEGER	1	Cubierta
F2_RESISTENCIA	0	nada
F3_USABILIDAD	1	Colores vivos, mesa
F4_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10		
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5		
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5		
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65		
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mi6_MATERIAL NUEVO	x	x	x	x		
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6		
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2		
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4		
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1		
	Mf6_VERTEDERO	x	x	x	x		
c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego		x		x			
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad							
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad							
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia			x		x		
TOTAL:		1	0	1	0		

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	1	0	1	0	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	2,89	0,00	2,89	0,00	#N/D	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	3,73	0,00	3,73	0,00		

PUNTUACIÓN TOTAL	R1-G4-P3	2,05
-------------------------	-----------------	-------------

R2-G2-P1		
10/7/3/1/0		
NOVEDAD		
F1_PROTEGER	1	Cubierta plegable
F2_RESISTENCIA	1	Contundente
F3_USABILIDAD	1	Cubierta plegable, solar, suministra corriente
F4_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10		
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5		
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5		
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65		
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mi6_MATERIAL NUEVO	x	x	x	x		
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6		
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2		
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4		
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1		
	Mf6_VERTEDERO	x	x	x	x		
c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad			x				
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad		x		x			
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia					x		
TOTAL:		1	1	1	0		

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	1	1	1	0	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	2,89	2,89	2,89	0,00	#N/D	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	3,73	3,73	3,73	0,00		

PUNTUACIÓN TOTAL	R2-G2-P1	3,17
-------------------------	-----------------	-------------

R2-G2-P2		
10/7/3/1/0		
NOVEDAD		
F1_PROTEGER	1	Cubierta sólida
F2_RESISTENCIA	3	Estructura urbana
F3_USABILIDAD	1	Elementos auxiliares
F4_LIMPIEZA	3	Agua corre por encima

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10		
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5		
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5		
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65		
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mi6_MATERIAL NUEVO	X	X	X	X		
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6		
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2		
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4		
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1		
	Mf6_VERTEDERO	X	X	X	X		

c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad		X	X				
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad				X			
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social		X		X			
Ne10_Uso de energías renovables					X		
Ne11_No hay estrategia							
TOTAL:		2	1	2	1		

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	1	3	1	3	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	4,58	2,89	4,58	2,89	#N/D	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	4,97	3,73	4,97	3,73		

PUNTUACIÓN TOTAL	R2-G2-P2	7,77
-------------------------	-----------------	-------------

R2-G2-P3		
10/7/3/1/0		
NOVEDAD		
F1_PROTEGER	1	Cubierta con puerta
F2_RESISTENCIA	1	Costuras, estructura metálica, sistema de amclaje
F3_USABILIDAD	3	Elementos metálicos, elementos naturales
F4_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10		
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5		
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5		
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65		
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	X	4,3		
	Mi6_MATERIAL NUEVO	X	X	0	X		
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6		
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2		
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4		
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	X	0,1		
	Mf6_VERTEDERO	X	X	0	X		

c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad		X	X	X			
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad			X				
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje			X				
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables				X			
Ne11_No hay estrategia					X		
TOTAL:		1	3	2	0		

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	1	1	3	0	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	0,00	4,30	0,00	#N/D	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	0,00	0,00	0,10	0,00	#N/D	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	2,89	5,78	4,58	0,00	#N/D	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	3,73	5,67	7,10	0,00		

PUNTUACIÓN TOTAL	R2-G2-P3	8,15
-------------------------	-----------------	-------------

R2-G3-P1		
10/7/3/1/0 NOVEDAD		
F1_PROTEGER	3	Arbol solar con módulos fotovoltaicos
F2_RESISTENCIA	1	Estructura sólida
F3_USABILIDAD	3	Módulos fotovoltaicos, uso grupal, proporciona punto de corriente
F4_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10		
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5		
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5		
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65		
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mi6_MATERIAL NUEVO	X	X	X	X		
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6		
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2		
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4		
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1		
	Mf6_VERTEDERO	X	X	X	X		
c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad			X				
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad				X			
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio				X			
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social				X			
Ne10_Uso de energías renovables		X		X			
Ne11_No hay estrategia					X		
TOTAL:		1	1	4	0		

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	3	1	3	0	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	2,89	2,89	6,71	0,00	#N/D	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	3,73	3,73	6,14	0,00		

PUNTUACIÓN TOTAL	R2-G3-P1	9,08
-------------------------	-----------------	-------------

R2-G3-P2		
10/7/3/1/0		
NOVEDAD		
F1_PROTEGER	3	Abrigo urbano y lugar de descanso, protección del viento
F2_RESISTENCIA	1	Plástico reciclado
F3_USABILIDAD	3	Luz por energía solar mediante placas
F4_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el peso caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10		
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5		
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5		
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65		
	Mi5_RECICLADO	4,3	X	4,3	4,3		
	Mi6_MATERIAL NUEVO	X	0	X	X		
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6		
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2		
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4		
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1		
	Mf6_VERTEDERO	X	X	X	X		

c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad		X	X				
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad							
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables		X		X			
Ne11_No hay estrategia					X		
TOTAL:		2	1	1	0		

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	3	1	3	0	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	4,30	0,00	0,00	#N/D	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	4,58	2,89	2,89	0,00	#N/D	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	4,97	6,36	3,73	0,00		

PUNTUACIÓN TOTAL	R2-G3-P2	9,18
-------------------------	-----------------	-------------

R2-G3-P3		
10/7/3/1/0		
NOVEDAD		
F1_PROTEGER	3	Evita la lluvia, cubierta amplia, piedras reutilizables y metal reciclado
F2_RESISTENCIA	1	Estructura contundente, soporte rígido
F3_USABILIDAD	7	Sistema para recoger lluvia
F4_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10		
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5		
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5		
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65		
	Mi5_RECICLADO	x	x	4,3	4,3		
	Mi6_MATERIAL NUEVO	0	0	x	x		
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	x	x	4,6	4,6		
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2		
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3		
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4		
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1		
	Mf6_VERTEDERO	0	0	x	x		
c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad		x	x				
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad							
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social		x		x			
Ne10_Uso de energías renovables				x			
Ne11_No hay estrategia					x		
TOTAL:		2	1	2	0		

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	3	1	0	0	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	4,30	4,30	0,00	0,00	#N/D	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	4,60	4,60	0,00	0,00	#N/D	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	4,58	2,89	4,58	0,00	#N/D	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	8,53	8,05	4,97	0,00		
PUNTUACIÓN TOTAL	R2-G3-P3			10,10		

ANEXO 3.5.2: Evaluación de conceptos de transporte de comida fuera de casa con la métrica diseñada, Experto 5.

R1-G2-P1		
10/7/3/1/0		
NOVEDAD		
F1_CONTENEDOR	1	Mochila transportar comida
F2_RESISTENCIA	0	nada
F3_CÓMODO	1	Mochila
F4_VERSATIL	1	Mochila versatil con opciones y bolsillos
F5_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10	10	
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5	5	
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5	5	
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mi6_MATERIAL NUEVO	X	X	X	X	X	
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4	4	
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Mf6_VERTEDERO	X	X	X	X	X	
c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad							
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad		X		X	X		
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Usa de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia			X			X	
TOTAL:		1	0	1	1	0	

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	1	0	1	1	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	2,89	0,00	2,89	2,89	0,00	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	3,73	0,00	3,73	3,73	0,00	
PUNTUACIÓN TOTAL	R1-G2-P1			2,42		

R1-G2-P2		
10/7/3/1/0 NOVEDAD		
F1_CONTENEDOR	3	Contenedor cónico con asa.
F2_RESISTENCIA	1	Uniones por encaje
F3_CÓMODO	1	bolso con asa
F4_VERSATIL	3	Varios recipientes
F5_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el peso caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10	10	
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5	5	
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5	5	
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mi6_MATERIAL NUEVO	X	X	X	X	X	
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4	4	
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Mf6_VERTEDERO	X	X	X	X	X	
c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad		X	X	X			
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad					X		
Ne4_Diseño para actualización/adaptación				X			
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia						X	
TOTAL:		1	1	2	1	0	

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	3	1	1	3	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	2,89	2,89	4,58	2,89	0,00	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	3,73	3,73	4,97	3,73	0,00	
PUNTUACIÓN TOTAL	R1-G2-P2			6,96		

R1-G2-P3		
10/7/3/1/0		
NOVEDAD		
F1_CONTENEDOR	1	Fiambarrera con compartimentos
F2_RESISTENCIA	1	parece robusto
F3_CÓMODO	1	cinta transporte
F4_VERSATIL	1	compartimentos varios tamaños, tipos de comida
F5_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10	10	
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5	5	
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5	5	
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mi6_MATERIAL NUEVO	X	X	X	X	X	
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4	4	
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Mf6_VERTEDERO	X	X	X	X	X	

c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad			X				
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad		X		X	X		
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia						X	
TOTAL:		1	1	1	1	0	

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	1	1	1	1	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	2,89	2,89	2,89	2,89	0,00	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	3,73	3,73	3,73	3,73	0,00	

PUNTUACIÓN TOTAL	R1-G2-P3	3,36
-------------------------	-----------------	-------------

R1-G3-P1		
10/7/3/1/0 NOVEDAD		
F1_CONTENEDOR	1	Fiambrrera con compartimentos
F2_RESISTENCIA	1	cartón biodegradable
F3_CÓMODO	1	Bandeja extraible
F4_VERSATIL	1	compartimentos varios tamaños, tipos de comida
F5_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10	10	
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5	5	
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5	5	
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mi6_MATERIAL NUEVO	x	x	x	x	x	
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mf4_RECICLABLE	x	x	x	x	4	
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Mf6_VERTEDERO	0	0	0	0	x	

c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad							
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad	x		x	x			
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables	x	x		x			
Ne11_No hay estrategia						x	
TOTAL:		2	1	1	2	0	

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	1	1	1	1	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	4,58	2,89	2,89	4,58	0,00	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	6,95	6,22	6,22	6,95	0,00	

PUNTUACIÓN TOTAL	R1-G3-P1	5,93
-------------------------	-----------------	-------------

R1-G3-P2		
10/7/3/1/0		
NOVEDAD		
F1_CONTENEDOR	1	caja 2 piezas, aislante térmico
F2_RESISTENCIA	1	Bolsas orgánicas, película de celulosa, no tóxico
F3_CÓMODO	1	bolsas adicionales
F4_VERSATIL	1	Tipos de comidas
F5_LIMPIEZA	1	no tóxico

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el peso caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10	10	
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5	5	
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5	5	
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mi6_MATERIAL NUEVO	X	X	X	X	X	
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mf4_RECICLABLE	4	X	X	4	4	
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Mf6_VERTEDERO	X	0	0	X	X	
c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad		X	X			X	
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad				X	X		
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia							
TOTAL:		1	1	1	1	1	

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	1	1	1	1	1	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	0,00	4,00	4,00	0,00	0,00	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	3,73	6,22	6,22	3,73	3,73	
PUNTUACIÓN TOTAL	R1-G3-P2			4,85		

R1-G3-P3		
10/7/3/1/0 NOVEDAD		
F1_CONTENEDOR	1	Contenedor dos piezas
F2_RESISTENCIA	0	Revestimiento polimérico, para varios usos
F3_CÓMODO	1	Sistema de cierre, se puede llevar en la mochila
F4_VERSATIL	0	Playa, ciudad, etc.
F5_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el peso caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10	10	
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5	5	
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5	5	
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mi6_MATERIAL NUEVO	X	X	X	X	X	
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	X	X	X	X	4,6	
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4	4	
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Mf6_VERTEDERO	0	0	0	0	X	
c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad		X	X				
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad			X	X	X		
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia						X	
TOTAL:		1	2	1	1	0	

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	1	0	1	0	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	4,60	4,60	4,60	4,60	0,00	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	2,89	4,58	2,89	2,89	0,00	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	6,49	7,18	6,49	6,49	0,00	
PUNTUACIÓN TOTAL	R1-G3-P3			2,92		

R2-G1-P1		
10/7/3/1/0		
NOVEDAD		
F1_CONTENEDOR	1	Contenedor circular con complementos
F2_RESISTENCIA	1	Muchas cosas variadas, se puede perder
F3_CÓMODO	1	Mucha variedad de accesorios
F4_VERSATIL	3	Muchos complementos, confeccionar, preparar y transportar comida
F5_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10	10	
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5	5	
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5	5	
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mi6_MATERIAL NUEVO	X	X	X	X	X	
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4	4	
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Mf6_VERTEDERO	X	X	X	X	X	

c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad							
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad		X	X	X	X		
Ne4_Diseño para actualización/adaptación		X	X	X	X		
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia						X	
TOTAL:		2	2	2	2	0	

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	1	1	1	3	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	4,58	4,58	4,58	4,58	0,00	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	4,97	4,97	4,97	4,97	0,00	
PUNTUACIÓN TOTAL	R2-G1-P1			6,46		

R2-G1-P2		
10/7/3/1/0 NOVEDAD		
F1_CONTENEDOR	3	Estructura apilable para diferentes tipos de alimentos
F2_RESISTENCIA	1	Plástico reciclado, sistema de ensamblaje
F3_CÓMODO	3	Sistema de conexión y apilamiento útil
F4_VERSATIL	3	Variedad de alimentos, bolsa, MP3, ahorro en envases
F5_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10	10	
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5	5	
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5	5	
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	
	Mi5_RECICLADO	X	X	X	X	X	4,3
	Mi6_MATERIAL NUEVO	0	0	0	0	X	
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4	4	
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Mf6_VERTEDERO	X	X	X	X	X	

c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad							
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad		X	X	X	X		
Ne4_Diseño para actualización/adaptación		X	X	X	X		
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia						X	
TOTAL:		2	2	2	2	0	

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	3	1	3	3	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	4,30	4,30	4,30	4,30	0,00	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	4,58	4,58	4,58	4,58	0,00	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	7,06	7,06	7,06	7,06	0,00	
PUNTUACIÓN TOTAL	R2-G1-P2			15,54		

R2-G1-P3		
10/7/3/1/0		
NOVEDAD		
F1_CONTENEDOR	0	Scooter desmontable
F2_RESISTENCIA	0	Ruedas gruesas, piezas impresas en 3D
F3_CÓMODO	3	Cinturón de seguridad
F4_VERSATIL	0	Luz led, alojamiento bebidas, bate de autodefensa, mp3 holder
F5_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10	10	
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5	5	
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5	5	
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mi6_MATERIAL NUEVO	X	X	X	X	X	
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4	4	
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Mf6_VERTEDERO	X	X	X	X	X	

c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad			X	X			
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad		X			X		
Ne4_Diseño para actualización/adaptación		X			X		
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje		X					
Ne7_Diseño de producto-servicio		X					
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia							
TOTAL:		4	1	1	2	0	

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	0	0	3	0	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	6,71	2,89	2,89	4,58	0,00	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	6,14	3,73	3,73	4,97	0,00	
PUNTUACIÓN TOTAL	R2-G1-P3			2,24		

R2-G4-P1		
10/7/3/1/0 NOVEDAD		
F1_CONTENEDOR	1	Cajas modulares
F2_RESISTENCIA	3	Fabricado con espuma de champiñones, biodegradable
F3_CÓMODO	3	Transportable en mochila, se puede colgar en un arbol con una cuerda
F4_VERSATIL	1	Cuerda para colgar, caben 3 comidas
F5_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10	10	
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5	5	
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5	5	
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	
	Mi5_RECICLADO	X	X	4,3	4,3	4,3	
	Mi6_MATERIAL NUEVO	0	0	X	X	X	
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mf4_RECICLABLE	X	X	4	4	4	
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Mf6_VERTEDERO	0	0	X	X	X	
c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad		X	X				
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad		X	X	X	X		
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia						X	
TOTAL:		2	2	1	1	0	

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	1	3	3	1	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	4,30	4,30	0,00	0,00	0,00	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	4,58	4,58	2,89	2,89	0,00	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	8,37	8,37	3,73	3,73	0,00	
PUNTUACIÓN TOTAL	R2-G4-P1			11,35		

R2-G4-P2		
10/7/3/1/0 NOVEDAD		
F1_CONTENEDOR	1	Caja montable de cartón y plástico reciclado
F2_RESISTENCIA	3	cartón y plástico reciclado, contenedores de arroz
F3_CÓMODO	1	se lleva en la mano
F4_VERSATIL	1	Rellenable en el supermercado, modular
F5_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el peso caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10	10	
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5	5	
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5	5	
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	
	Mi5_RECICLADO	X	X	4,3	X	4,3	
	Mi6_MATERIAL NUEVO	0	0	X	0	X	
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	X	X	4,6	X	4,6	
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4	4	
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Mf6_VERTEDERO	0	0	X	0	X	

c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad			X				
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad		X	X		X		
Ne4_Diseño para actualización/adaptación							
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia				X		X	
TOTAL:		1	2	0	1	0	

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	1	3	1	1	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	4,30	4,30	0,00	4,30	0,00	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	4,60	4,60	0,00	4,60	0,00	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	2,89	4,58	0,00	2,89	0,00	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	8,05	8,53	0,00	8,05	0,00	
PUNTUACIÓN TOTAL	R2-G4-P2			10,02		

R2-G4-P3		
10/7/3/1/0 NOVEDAD		
F1_CONTENEDOR	3	Cubos encajables
F2_RESISTENCIA	3	Se cubre con tela reciclada, corcho
F3_CÓMODO	1	Diseño adaptado a recipientes
F4_VERSATIL	1	Distribución ajustable
F5_LIMPIEZA	0	nada

CIRCULARIDAD							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza en el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el pero caso.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10	10	
	Mi2_REDCUCIR	5	5	5	5	5	
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5	5	
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	
	Mi5_RECICLADO	X	X	X	X	4,3	
	Mi6_MATERIAL NUEVO	0	0	0	0	X	
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la mejor (más arriba).	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mf4_RECICLABLE	X	X	X	X	4	
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Mf6_VERTEDERO	0	0	0	0	X	
c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego							
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad							
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad		X	X	X	X		
Ne4_Diseño para actualización/adaptación		X			X		
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad							
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje							
Ne7_Diseño de producto-servicio							
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil							
Ne9_Diseño para innovación social							
Ne10_Uso de energías renovables							
Ne11_No hay estrategia						X	
TOTAL:		2	1	1	2	0	

NOVEDAD						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR	3	3	1	1	0	0
CIRCULARIDAD						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	4,30	4,30	4,30	4,30	0,00	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	4,58	2,89	2,89	4,58	0,00	#N/D
CÁLCULO CIRCULARIDAD	8,37	7,87	7,87	8,37	0,00	
PUNTUACIÓN TOTAL	R2-G4-P3			15,42		

ANEXO 3.6: Evaluación realizada por el Experto 6

ANEXO 3.6.1: Evaluación de conceptos de refugio personal para la intemperie con la métrica diseñada, Experto 6.

PRODUCTO	FUNCIONES	IMPORTANCIA	CÓDIGO	PUNTAJACIÓN TOTAL	NOVEDAD				CÁLCULO CIRCULARIDAD					
					F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4		
Problem 1 Elemento de refugio	F1: Proteger de la intemperie	0,3	R1-G1-P1	1,12	R1-G1-P1	1	1	1	1	3,7	0,00	0,00	0,00	
	F2: Resistencia	0,3	R1-G1-P2	4,47	R1-G1-P2	3	3	1	1	5	0,00	0,00	0,00	
	F3: Facilidad de uso (abrir/cerrar)	0,25	R1-G1-P3	1,57	R1-G1-P3	1	3	1	1	5,2	0,00	0,00	0,00	
	F4: Fácil limpieza	0,15	R1-G4-P1	0,00	R1-G4-P1	0	0	1	1	6,7	0,00	0,00	0,00	
			1	R1-G4-P2	4,31	R1-G4-P2	3	1	1	1	4,8	0,00	0,00	0,00
				R1-G4-P3	0,00	R1-G4-P3	1	1		1	0	0,00	0,00	0,00
				R2-G2-P1	1,12	R2-G2-P1	1	1	1	1	3,7	0,00	0,00	0,00
				R2-G2-P2	0,00	R2-G2-P2	1	1		1	0	0,00	0,00	0,00
				R2-G2-P3	1,57	R2-G2-P3	1	1	1	1	5,2	0,00	0,00	0,00
				R2-G3-P1	1,12	R2-G3-P1	1	1		1	3,7	0,00	0,00	0,00
				R2-G3-P2	1,91	R2-G3-P2	1	1		1	6,4	0,00	0,00	0,00
				R2-G3-P3	1,44	R2-G3-P3	1	1		1	4,8	0,00	0,00	0,00

	F1			F2			F3			F4		
	Ne	Mi	Mf	Ne	Mi	Mf	Ne	Mi	Mf	Ne	Mi	Mf
R1-G1-P1	2,89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R1-G1-P2	4,58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R1-G1-P3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
R1-G4-P1	2,89	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R1-G4-P2	0,00	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R1-G4-P3	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2-G2-P1	2,89	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
R2-G2-P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2-G2-P3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
R2-G3-P1	2,89	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
R2-G3-P2	2,89	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
R2-G3-P3	0	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0

ANEXO 3.6.2: Evaluación de conceptos de transporte de comida fuera de casa con la métrica diseñada, Experto 6.

PRODUCTO	FUNCIONES	IMPORTANCIA	CÓDIGO	PUNTAJACIÓN TOTAL	NOVEDAD					CÁLCULO CIRCULARIDAD					
					F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5	
Problem 2 Lunchbox	F1: mantener la comida dentro	0,25	R1-G2-P1	0,00	R1-G2-P1	1	1	1	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	
	F2: resistente (a golpes etc)	0,25	R1-G2-P2	0,00	R1-G2-P2	1	1	3	3	1	0,00	0,00	0,00	0,00	
	F3: comodo de transportar en conjunto	0,2	R1-G2-P3	0,75	R1-G2-P3	1	1	1	1	1	0,00	0,00	0,00	3,73	
	F4: varios tipos de comida a la vez	0,2	R1-G3-P1	0,00	R1-G3-P1	1	1	1	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	
	F5: fácil limpieza	0,1	R1-G3-P2	0,00	R1-G3-P2	1	1	1	3	1	0,00	0,00	0,00	0,00	
			1	R1-G3-P3	1,20	R1-G3-P3	1	0	1	0	0	4,79	0,00	0,00	3,73
				R2-G1-P1	0,00	R2-G1-P1	1	1	3	1	0,00	0,00	0,00	0,00	
				R2-G1-P2	2,34	R2-G1-P2	1	1	1	1	1	6,36	0,00	3,73	0,00
				R2-G1-P3	0,00	R2-G1-P3									
				R2-G4-P1	0,75	R2-G4-P1	1	1	1	1	1	0,00	0,00	0,00	3,73
			R2-G4-P2	6,78	R2-G4-P2	3	1	3	1	4,79	0,00	4,79	3,73	0,00	
			R2-G4-P3	1,94	R2-G4-P3	1	1	0	1	1	4,79	0,00	0,00	3,73	

	F1			F2			F3			F4			F5		
	Ne	Mi	Mf	Ne	Mi	Mf	Ne	Mi	Mf	Ne	Mi	Mf	Ne	Mi	Mf
R1-G2-P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R1-G2-P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R1-G2-P3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,89	0	0	0	0	0
R1-G3-P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R1-G3-P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R1-G3-P3	0	0	4,3	0	0	0	0	0	0	2,89	0	0	0	0	0
R2-G1-P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2-G1-P2	2,891	4,3	0	0	0	0	2,891	0	0	0	0	0	0	0	0
R2-G1-P3															
R2-G4-P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,891	0	0	0	0	0
R2-G4-P2	0	4,3	0	0	0	0	0	4,3	0	2,891	0	0	0	0	0
R2-G4-P3	0	4,3	0	0	0	0	0	0	0	2,89	0	0	0	0	0

-página en blanco-

ANEXO 4

MODELO DE CUESTIONARIO PARA LA
EVALUACIÓN DE LA MÉTRICA POR
PARTE DE LOS EXPERTOS Y
RESPUESTAS DE CADA UNO DE ELLOS

ANEXO 4.1: Modelo de cuestionario enviado a los expertos







MODELO EN ESPAÑOL

Nombre:







Valora, para cada par de adjetivos, cuál crees que se aproxima más a la métrica que has utilizado para evaluar conjuntamente la novedad y la circularidad de las propuestas de diseño conceptual analizadas.

Lógico- Entendible (evaluación de resultados)







¿Consideras que los resultados obtenidos con la métrica son coherentes/correctos?

Correctos							Incorrectos
	1	2	3	4	5	6	7







¿Consideras que la métrica genera resultados útiles?

Útiles							Inútiles
	1	2	3	4	5	6	7

¿Consideras que la métrica genera resultados aplicables en la fase conceptual de diseño?

Utilizables							Inutilizables
	1	2	3	4	5	6	7







¿Consideras que los resultados obtenidos son completos para evaluar circularidad y novedad de forma conjunta?

Completos							Incompletos
	1	2	3	4	5	6	7







- De acuerdo con tu opinión, ¿los resultados se ajustan a la realidad?
- ¿Crees que con la métrica se puede obtener una evaluación rigurosa en el ámbito del diseño conceptual?
- Otros comentarios:

Útil (evaluación de la métrica)







¿Consideras que la métrica es lógica en su globalidad y tiene sentido?

Lógica							Ilógica
1	2	3	4	5	6	7	







¿Consideras que la métrica es apropiada para evaluar la circularidad y la novedad de forma conjunta en propuestas conceptuales de diseño?

Apropiada							Inapropiada
1	2	3	4	5	6	7	

¿Consideras que la métrica será durable en el tiempo? Es decir, que se podrá seguir utilizando en el futuro, siendo funcional, sin sufrir variaciones (de parámetros, por ejemplo).

Durable							Débil
1	2	3	4	5	6	7	







¿Consideras que la métrica es significativa y hace una aportación sustancial en el diseño de productos?

Sustancial							Insustancial
1	2	3	4	5	6	7	







- ¿Echas en falta algún parámetro en la métrica?
- ¿Modificarías algo en el diseño de la métrica?
- ¿Mejorarías de alguna manera la métrica?
- Otros comentarios:

Estilo – Entendible (evaluación de la comprensibilidad)







¿Consideras que la métrica está planteada de forma adecuada para cumplir su función?

Adecuada							Inadecuada
1	2	3	4	5	6	7	







¿Consideras que la métrica es auto explicativa?

Auto explicativa							Inexplicada
1	2	3	4	5	6	7	

¿Consideras que la métrica es intuitiva y fácil de entender?

Clara							Ambigua
1	2	3	4	5	6	7	

¿Consideras que la métrica es fácil de utilizar?

Simple							Compleja
1	2	3	4	5	6	7	

- ¿Qué es lo que consideras más complejo de la métrica?
- ¿El resultado obtenido es comprensible
- Otros comentarios:







MODELO EN INGLÉS

Name:







Evaluate, for each pair of adjectives, which one you think is closest to the metric you have used to evaluate together the novelty and circularity of the conceptual design proposals analysed.

Logical- Understandable (evaluation of the results)







Do you consider the results obtained with the metric are consistent/correct?

Correct							Incorrect
1	2	3	4	5	6	7	







Do you think that the metric generates useful results?

Useful							Useless
1	2	3	4	5	6	7	

Do you consider that the metric generates applicable results in the conceptual design stage?

Usable							Unusable
1	2	3	4	5	6	7	







Do you think the results obtained are complete enough to evaluate circularity and novelty together?

Complete							Incomplete
1	2	3	4	5	6	7	







- In your opinion, do the results correspond to the reality?
- Do you think that with the metric it is possible to obtain a rigorous evaluation in the field of conceptual design?
- Other comments:

Useful (evaluation of the metric)







Do you think that the metric is logical as a whole and makes sense?

Logical							Illogical
1	2	3	4	5	6	7	







Do you think that the metric is appropriate to evaluate circularity and novelty together in conceptual design proposals?

Appropriate							Inappropriate
1	2	3	4	5	6	7	

Do you think the metric will be durable over time? That is, that it will be able to remain in use in the future, being functional, without suffering variations (changes in parameters, for example).

Durable							Flimsy
1	2	3	4	5	6	7	







Do you consider that the metric is significant and makes a substantial contribution to product design?

Substantial							Insubstantial
1	2	3	4	5	6	7	







- Do you miss any parameters in the metric?
- Would you modify anything in the design of the metric?
- Would you improve the metric in any way?
- Other comments:

Style – Understandable (evaluation of understandability)







Do you consider that the metric is adequately designed to fulfill its function?

Adequate							Inadequate
1	2	3	4	5	6	7	







Do you consider that the metric is self-explanatory?

Self-explanatory							Unexplained
1	2	3	4	5	6	7	

Do you consider that the metric is intuitive and easy to understand?

Clear							Ambiguous
1	2	3	4	5	6	7	

Do you consider that the metric is easy to use?

Simple							Complex
1	2	3	4	5	6	7	

- What do you consider the most complex of the metric?
- Is the result obtained understandable?
- Other comments:

¿Echas en falta algún parámetro en la métrica?
 De momento no, pero el futuro de la economía circular puede sacar más estrategias (lo bueno es que va a número de estrategias, así que es fácilmente apañable).
 Lo de compostar y eso, se puede apañar con definición de los términos que ya hay

¿Modificarías algo en el diseño de la métrica?
 Plantillas para su aplicación (y si son con Excel mejor (y si tiene macros, más mejor aún))

¿Mejorarías de alguna manera la métrica?
 Ver comentario anterior

Otros comentarios:
 n/a

Estilo – Entendible (evaluación de la comprensibilidad)

¿Consideras que la métrica está planteada de forma adecuada para cumplir su función?

Adecuada						
1	2	3	4	5	6	7
						Inadecuada

¿Consideras que la métrica es auto explicativa?

Auto explicativa						
1	2	3	4	5	6	7
						Inexplicada

¿Consideras que la métrica es intuitiva y fácil de entender?

Clara						
1	2	3	4	5	6	7
						Ambigua

Simple						
1	2	3	4	5	6	7
						Compleja

¿Qué es lo que consideras más complejo de la métrica?
 Entender el significado de cada término

¿El resultado obtenido es comprensible?
 Totalmente

Otros comentarios:
 Autoexplicativa no lo puntúo bien, ya que creo que los ejemplos son necesarios para que se comprenda bien como utilizarla

ANEXO 4.3: Respuestas del Experto 2

Valora, para cada par de adjetivos, cuál crees que se aproxima más a la métrica que has utilizado para evaluar conjuntamente la novedad y la circularidad de las propuestas de diseño conceptual analizadas.

Lógico- Entendible (evaluación de resultados)

¿Consideras que los resultados obtenidos con la métrica son coherentes/correctos?

Correctos						
IX	2	3	4	5	6	7

¿Consideras que la métrica genera resultados útiles?

Útiles						
IX	2	3	4	5	6	7

¿Consideras que la métrica genera resultados aplicables en la fase conceptual de diseño?

Utilizables						
IX	2	3	4	5	6	7

¿Consideras que los resultados obtenidos son completos para evaluar circularidad y novedad de forma conjunta?

Completos						
I	2X	3	4	5	6	7

De acuerdo con tu opinión, ¿los resultados se ajustan a la realidad?

LOS RESULTADOS CONSIDERAN DIFERENTES PUNTOS DE VISTA HASTA AHORA NO AGRUPADOS EN UNA ÚNICA MÉTRICA.

¿Crees que con la métrica se puede obtener una evaluación rigurosa en el ámbito del diseño conceptual?

SÍ, AUNQUE EN SEGÚN QUE EJEMPLOS CUESTA APLICAR LA MÉTRICA EN LAS DIFERENTES FUNCIONES.

Otros comentarios:

EL USUARIO DE LA MÉTRICA DEBE CONOCER BIEN LAS ESTRATEGIAS DE CIRCULARIDAD Y EL INICIO Y FIN DE VIDA DE LOS MATERIALES.

Útil (evaluación de la métrica)

¿Consideras que la métrica es lógica en su globalidad y tiene sentido?

Lógica						
IX	2	3	4	5	6	7

¿Consideras que la métrica es apropiada para evaluar la circularidad y la novedad de forma conjunta en propuestas conceptuales de diseño?

Apropiada						
IX	2	3	4	5	6	7

¿Consideras que la métrica será durable en el tiempo? Es decir, que se podrá seguir utilizando en el futuro, siendo funcional, sin sufrir variaciones (de parámetros, por ejemplo).

Durable						
I	2X	3	4	5	6	7

¿Consideras que la métrica es significativa y hace una aportación sustancial en el diseño de productos?

Sustancial						
IX	2	3	4	5	6	7

¿Echas en falta algún parámetro en la métrica?

n/a

¿Modificarías algo en el diseño de la métrica?

ALGUNA HERRAMIENTA QUE FACILITE SU APLICACIÓN, HACERLA MÁS INTUITIVA.

¿Mejorarías de alguna manera la métrica?

n/a

Otros comentarios:

n/a

Estilo – Entendible (evaluación de la comprensibilidad)

¿Consideras que la métrica está planteada de forma adecuada para cumplir su función?

Adecuada							
1X	2	3	4	5	6	7	

¿Consideras que la métrica es auto explicativa?

Auto explicativa							
1	2X	3	4	5	6	7	

¿Consideras que la métrica es intuitiva y fácil de entender?

Clara						
1	2X	3	4	5	6	7

¿Consideras que la métrica es fácil de utilizar?

Simple							
1	2X	3	4	5	6	7	

¿Qué es lo que consideras más complejo de la métrica?

LA APLICACIÓN EN CONCEPTOS PENSADOS CON DIFERENTES COMPONENTES Y MATERIALES.

¿El resultado obtenido es comprensible?

Sí

Otros comentarios:

¿EL VALOR FINAL ES SOBRE 100? QUIZÁS PERCIBIR MEJOR LO QUE SUPONE EL VALOR OBTENIDO FRENTE AL POSIBLE.

ANEXO 4.4: Respuestas del Experto 3

Evaluate, for each pair of adjectives, which one you think is closest to the metric you have used to evaluate together the novelty and circularity of the conceptual design proposals analysed.

Logical- Understandable (evaluation of the results)

Do you consider the results obtained with the metric are consistent/correct?

Correct							Incorrect
1	2	3	4	5	6	7	

Do you think that the metric generates useful results?

Useful							Useless
1	2	3	4	5	6	7	

Do you consider that the metric generates applicable results in the conceptual design stage?

Usable							Unusable
1	2	3	4	5	6	7	

Do you think the results obtained are complete enough to evaluate circularity and novelty together?

Complete							Incomplete
1	2	3	4	5	6	7	

In your opinion, do the results correspond to the reality?

I don't know since you do not present an evaluation grid of the quality of the results, such as: very good (5.3 - 4.5); good (4.5-3.5) ... 😊

Do you think that with the metric it is possible to obtain a rigorous evaluation in the field of conceptual design?

I think it's possible but the results are very related to the quality of the information presented in the drawings

Other comments:

In the end it should be explicit the specific functions or parameters you should improve.

Useful (evaluation of the metric)

Do you think that the metric is logical as a whole and makes sense?

Logical							Illogical
1	2	3	4	5	6	7	

Do you think that the metric is appropriate to evaluate circularity and novelty together in conceptual design proposals?

Appropriate							Inappropriate
1	2	3	4	5	6	7	

Do you think the metric will be durable over time? That is, that it will be able to remain in use in the future, being functional, without suffering variations (changes in parameters, for example).

Durable							Flimsy
1	2	3	4	5	6	7	

Do you consider that the metric is significant and makes a substantial contribution to product design?

Substantial							Insubstantial
1	2	3	4	5	6	7	

Do you miss any parameters in the metric?

Some time is difficult to relate the topics with the functions more specifically in MI, MF and strategies topics

Would you modify anything in the design of the metric?

Maybe i would suggest to the relation between the functions and materials it was the ones i struggle the most

Would you improve the metric in any way?

it would only evolve into software to make it more intuitive for the user and leave the values in "back-office"

Other comments:

n/a

Style – Understandable (evaluation of understandability)

Do you consider that the metric is adequately designed to fulfill its function?

Adequate						Inadequate
1	2	3	4	5	6	7

Do you consider that the metric is self-explanatory?

Self-explanatory						Unexplained
1	2	3	4	5	6	7

Do you consider that the metric is intuitive and easy to understand?

Clear						Ambiguous
1	2	3	4	5	6	7

Do you consider that the metric is easy to use?

Simple							Complex
1	2	3	4	5	6	7	

What do you consider the most complex of the metric?

The start is more complicated due to the definition of the equation. A predefined file or software would help. Next, if the drawings are good, it is simple.

Is the result obtained understandable?

The explanation of the metric should include a graph of intervals that positioned the result in relation to the quality of the response

Other comments:

With the evolution to a digital tool, I believe it will be simpler. For example, when evaluating strategies, selecting them would be an option. In which the conversion of the value would be done by the platform and this facilitates the task and focuses it on the evaluation and not its accounting.

Do you miss any parameters in the metric?

Had difficulty to classify biodegradable materials, and some design strategies for CE are very similar.

Would you modify anything in the design of the metric?

No

Would you improve the metric in any way?

No, for it serves its purpose.

Other comments:

n/a

Style – Understandable (evaluation of understandability)

Do you consider that the metric is adequately designed to fulfill its function?

Adequate							
1	2	3	4	5	6	7	

Do you consider that the metric is self-explanatory?

Self-explanatory						
1	2	3	4	5	6	7

Do you consider that the metric is intuitive and easy to understand?

Clear							
1	2	3	4	5	6	7	

Do you consider that the metric is easy to use?

Simple							
1	2	3	4	5	6	7	

What do you consider the most complex of the metric?

Relating the parameters with functions could be difficult, when having different elements of the design concept to consider.

Is the result obtained understandable?

Yes it is

Other comments:

n/a

ANEXO 4.6: Respuestas del Experto 5

Valora, para cada par de adjetivos, cuál crees que se aproxima más a la métrica que has utilizado para evaluar conjuntamente la novedad y la circularidad de las propuestas de diseño conceptual analizadas.

Lógico- Entendible (evaluación de resultados)

¿Consideras que los resultados obtenidos con la métrica son coherentes/correctos?

Correctos							
	1	2	3	4	5	6	7
Incorrectos							

¿Consideras que la métrica genera resultados útiles?

Útiles							
	1	2	3	4	5	6	7
Inútiles							

¿Consideras que la métrica genera resultados aplicables en la fase conceptual de diseño?

Utilizables							
	1	2	3	4	5	6	7
Inutilizables							

¿Consideras que los resultados obtenidos son completos para evaluar circularidad y novedad de forma conjunta?

Completos							
	1	2	3	4	5	6	7
Incompletos							

De acuerdo con tu opinión, ¿los resultados se ajustan a la realidad?

Los indicadores que recoge la métrica permiten reflexionar sobre cada uno de los parámetros que afectan a la novedad y circularidad de la propuesta. Por tanto, considero que los resultados numéricos reflejan las valoraciones del diseñador para cada uno de esos parámetros, de modo que se ajustan a la percepción real que tiene sobre la solución propuesta.

¿Crees que con la métrica se puede obtener una evaluación rigurosa en el ámbito del diseño conceptual?

Considero que sí. De hecho, creo que permite obtener una evaluación consciente, ya que te conduce a la reflexión sobre un gran abanico de parámetros que pueden afectar a tu propuesta.

Otros comentarios:

Creo que es fundamental entender con claridad las funciones para poder valorar de un modo correcto la novedad, por ello, la persona que vaya a aplicar la métrica debe cerciorarse de que entiende cada una de ellas. Por su parte, los intervalos para medir la circularidad, incluyendo origen y fin de materiales, y estrategias, creo que son mucho más evidentes y fáciles de ubicar.

Útil (evaluación de la métrica)

¿Consideras que la métrica es lógica en su globalidad y tiene sentido?

Lógica							
	1	2	3	4	5	6	7
Ilógica							

¿Consideras que la métrica es apropiada para evaluar la circularidad y la novedad de forma conjunta en propuestas conceptuales de diseño?

Apropiada							
	1	2	3	4	5	6	7
Inapropiada							

¿Consideras que la métrica será durable en el tiempo? Es decir, que se podrá seguir utilizando en el futuro, siendo funcional, sin sufrir variaciones (de parámetros, por ejemplo).

Durable							
	1	2	3	4	5	6	7
Débil							

¿Consideras que la métrica es significativa y hace una aportación sustancial en el diseño de productos?

Sustancial									
1	2	3	4	5	6	7			

¿Echas en falta algún parámetro en la métrica?

En principio no.

¿Modificarías algo en el diseño de la métrica?

Tal vez la circularidad se evalúa con más detalle que la circularidad. No sé cómo afecta eso a la valoración final, si ambos parámetros tienen el mismo peso o pesos diferentes, y en tal caso, a que proporción responden y por qué.

¿Mejorarías de alguna manera la métrica?

Diseñaría un formulario Web que guiara al usuario y facilitara la aplicación de la métrica, con globos de información y advertencias o explicaciones de cada parámetro.

Otros comentarios:

Pensaba que sería más costosa de aplicar, pero con la hoja de Excel ha sido bastante operativo.

Estilo – Entendible (evaluación de la comprensibilidad)

¿Consideras que la métrica está planteada de forma adecuada para cumplir su función?

Adecuada								
1	2	3	4	5	6	7		

¿Consideras que la métrica es auto explicativa?

Auto explicativa								
1	2	3	4	5	6	7		

¿Consideras que la métrica es intuitiva y fácil de entender?

Clara								
1	2	3	4	5	6	7		

¿Consideras que la métrica es fácil de utilizar?

Simple								
1	2	3	4	5	6	7		

¿Qué es lo que consideras más complejo de la métrica?

Entender cada parámetro y sus relaciones. Simplemente es un tema de cómo está diseñada la herramienta con la que se aplica la métrica. Creo que es una parte importante que facilitaría la aplicación de la misma en un menor tiempo. Puede ser un trabajo futuro a explorar.

¿El resultado obtenido es comprensible?

Considero que sí.

Otros comentarios:

Resulta útil tener una hoja en la que puedas consultar tus valoraciones para cada propuesta, de modo que si algo no acaba de encajar puedas revisar de nuevo qué has valorado. En ese sentido, resulta muy útil disponer de un espacio para hacer anotaciones de aquello que has tenido en cuenta (de esa propuesta conceptual) a la hora de valorar cada función. Igual estaría bien tenerlo también para la circularidad. Esto permitiría que una tercera persona pudiera revisar las valoraciones.

1	2	3	4	5	6	7

¿Consideras que la métrica será durable en el tiempo? Es decir, que se podrá seguir utilizando en el futuro, siendo funcional, sin sufrir variaciones (de parámetros, por ejemplo).

1	2	3	4	5	6	7

¿Consideras que la métrica es significativa y hace una aportación sustancial en el diseño de productos?

1	2	3	4	5	6	7

¿Echas en falta algún parámetro en la métrica?

n/a

¿Modificarías algo en el diseño de la métrica?

Todos los comentarios de antes.

¿Mejorarías de alguna manera la métrica?

n/a

Otros comentarios:

n/a

Estilo – Entendible (evaluación de la comprensibilidad)

¿Consideras que la métrica está planteada de forma adecuada para cumplir su función?

1	2	3	4	5	6	7

¿Consideras que la métrica es auto explicativa?

Auto explicativa						Inexplicada
------------------	--	--	--	--	--	-------------

1	2	3	4	5	6	7

¿Consideras que la métrica es intuitiva y fácil de entender?

1	2	3	4	5	6	7

¿Consideras que la métrica es fácil de utilizar?

1	2	3	4	5	6	7

¿Qué es lo que consideras más complejo de la métrica?

La interpretación de los resultados. Quizás haría falta una escala global e interpretación de los valores finales. Tampoco sé si es interesante juntarla con novedad, yo propondría poder usar sólo una parte por separado

¿El resultado obtenido es comprensible?

No, por lo que he dicho antes.

Otros comentarios:

La disparidad entre funciones y conceptos puede llevar a resultados sin ningún sentido

ANEXO 5

INSTRUCCIONES DE LA MÉTRICA
DISEÑADA Y PLANTILLA DE USO

-página en blanco-

ANEXO 5.1: Instrucciones de la métrica diseñada

INSTRUCCIONES PARA LA EVALUACIÓN DE UN CONCEPTO

Los pasos a seguir son los siguientes:

***El orden entre los pasos 2 y 3 no es relevante*

1. Establecer las funciones que se deben cumplir en el concepto (según requisitos de diseño y/o criterio del usuario de la métrica): F_1, F_2, \dots, F_n

Asignar importancia (imp) a cada función (a criterio del usuario de la métrica).

Las importancias de todas las funciones deben sumar 1.

Definir con qué elementos o características se lleva a cabo cada función.

2. Asignar puntuación a la novedad (N) (para cada función del concepto)

PUNTUACIÓN NOVEDAD	CRITERIO
10	La función está resuelta de una forma que no existe y no puede ser comparada.
7	La función está resuelta de una forma que existe, pero no se usa, no está explotada.
3	La función está resuelta de una forma que ya existe para otras aplicaciones, pero no se utiliza para ésta.
1	La función está resuelta de una forma que ya existe para esa aplicación.
0	La función no se resuelve con el concepto.

Por ejemplo,

Para la función “proteger de la lluvia” en un concepto de elemento de protección para la lluvia.

$N = 0$, este concepto no protege de la lluvia, te mojas

$N = 1$, en esta solución, el concepto protege de la lluvia con una tela impermeable, de la misma manera que en los paraguas habituales (o de la misma manera que algún paraguas novedoso, pero la manera de proteger ya existe en algún paraguas).

$N = 3$, en el concepto la protección de la lluvia es mediante una tela que se extiende más o menos según las órdenes que le del usuario con la voz

N = 7, en este concepto se protege de la lluvia cubriendo al usuario con repelente de agua para personas

N = 10, el concepto protege de la lluvia con un nuevo tejido volador e inteligente que absorbe el agua conforme va cayendo

3. Cálculo de la circularidad (C) (para cada función del concepto)

Mínima puntuación 0 y máxima puntuación 10.

Cuanto mayor sea la puntuación más circular es el concepto.

$$Ci = 10 * (\log_{10} ((Ne + Mi + Mf + 2) / 2)) / (\log_{10}(11))$$

Siendo,

Puntuación del número de estrategias de diseño circular = Ne

Puntuación del material inicial = Mi

Puntuación del fin de vida del material = Mf

La interpretación de los resultados es la siguiente:

Circularidad (C) entre 0 y 2,5: circularidad muy baja

Circularidad (C) entre 2,5 y 5: circularidad baja

Circularidad (C) entre 5 y 7,5: circularidad media

Circularidad (C) entre 7,5 y 10: circularidad alta

Cómo puntuar las estrategias de diseño circular, para obtener Ne

Estrategias a tener en cuenta:

-Diseño para apego (Ne1): *el producto genera una relación con el usuario duradera en el tiempo, existe una conexión emocional entre el producto y la persona.*

-Diseño para duración y fiabilidad (Ne2): *diseñar con materiales, componentes y procesos duraderos, establecer buenas relaciones entre componentes, diseñar para eliminar la necesidad de mantenimiento o reparación durante largos periodos, diseñar teniendo en cuenta la calidad del producto final.*

-Diseño para alargar la vida mediante versatilidad (Ne3): *aumentar el periodo de utilización del producto incorporando características que hagan que duren más sin perder su funcionalidad (modularidad, multifunción, etc.)*

-Diseño para actualización/adaptación (Ne4): *diseño que alarga la vida del producto a través de la fácil adaptación a los cambios en el tiempo y las nuevas necesidades.*

-Diseño para estandarización/compatibilidad (Ne5): *diseño que alarga la vida del producto a través de la posibilidad de poder intercambiar componentes entre distintos productos.*

-Diseño para ensamblaje/desensamblaje (Ne6): *diseño que asegura que los distintos componentes del producto pueden ser unidos y separados fácilmente.*

-Diseño de producto-servicio (Ne7): *diseño de productos para ser consumidos a modo de servicio, el usuario adquiere el servicio, no el producto (lavandería, bicicletas de alquiler, etc.)*

-Diseño de servicio para alargar la vida útil (Ne8): *diseño de servicios que prolonguen la vida útil del producto (reparación y mantenimiento, actualización de componentes, etc.)*

-Diseño para innovación social (Ne9): *diseño que promueve conseguir el bienestar social y público.*

-Uso de energías renovables (Ne10): *si es necesario el uso de energía en la función, ésta procede de fuentes renovables: solar, eólica, etc.*

-No hay estrategia (Ne11): *en la función no se usa ninguna estrategia de diseño circular.*

N.º de las anteriores estrategias presentes en la propuesta	Puntuación (Ne)	N.º de las anteriores estrategias presentes en la propuesta	Puntuación (Ne)
10	10,00	4	6,71
9	9,60	3	5,78
8	9,16	2	4,58
7	8,67	1	2,89
6	8,12	0	0,00
5	7,47		

Cómo puntuar el material de inicio (Mi)

MATERIAL DE INICIO para la función	PUNTUACIÓN (Mi)
RECHAZAR (Mi1)	10
REDUCIR (Mi2)	5
REUTILIZADO (Mi3)	5
RECUPERADO (Mi4)	4,65
RECICLADO (Mi5)	4,3
MATERIAL NUEVO (Mi6)	0

-Rechazar: *No utilizar material. Esta opción conlleva que no haya fin de vida del material, ya que no hay material (Mf = 0).*

-Reducir: *Utilizar menos material para cumplir la función (reducción de dimensiones, perforado, etc.)*

-Material reutilizado: *Volver a utilizar el material o componente en las mismas condiciones que en su uso anterior, sin ningún tipo de procesado.*

-Material recuperado: *Reacondicionar el material para volver a ser utilizado, extraer parte del material sin reprocesarlo, mediante algún tipo de proceso mecánico.*

-Material reciclado: *Reprocesar el material para que pueda volver a ser utilizado.*

-Material nuevo: *Materia prima que no ha sido utilizada antes.*

Cómo puntuar el fin de vida del material (Mf)

FIN DE VIDA DEL MATERIAL para la función	PUNTUACIÓN (Mf)
REUTILIZABLE (Mf1)	4,6
REPARABLE (Mf2)	2,2
RECUPERABLE (Mf3)	4,3
RECICLABLE (Mf4)	4
INCINERACIÓN (Recuperar energía) (Mf5) / Material biodegradable (Mf6)	0,1
VERTEDERO (Mf7)	0

-Reutilizable: *apto para volver a ser utilizado en las mismas condiciones, sin ningún tipo de procesado.*

-Reparable: *el diseño permite que el material o componente pueda ser reparado.*

-Recuperable: *el material o componente es apto para ser reacondicionado, sin reprocesarlo, mediante algún tipo de proceso mecánico. Materiales compostables entrarían en esta categoría, si no se especifica lo contrario.*

-Reciclable: *material apto para ser reprocesado con el fin de volver a ser utilizado.*

-Incineración: *el material permite ser incinerado con la consecuente recuperación de energía.*

-Vertedero: *material depositado, el cual no se puede reaprovechar.*

NOTA:

Si se especifica el material, pero no su origen, se supondrá material de inicio nuevo.

Si se especifica el material, pero no su fin de vida, éste se establecerá según el material empleado (por ejemplo: si es cartón será reciclable o recuperable, según el caso, si es vidrio reciclable, etc.).

NOTA 2:

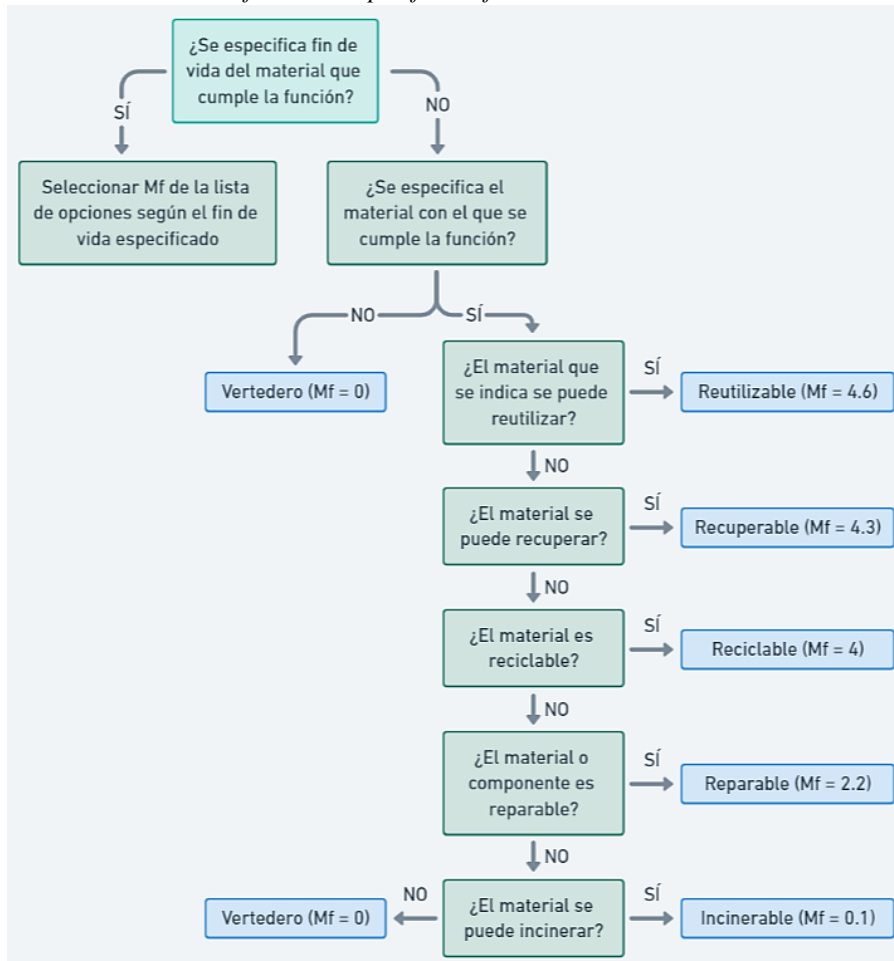
Si una función se satisface con dos materiales distintos, se tendrá en cuenta la opción más desfavorable, es decir, si, por ejemplo, una función se cumple con madera reciclada y plástico, el material de inicio se tendrá en cuenta el plástico, ya que es la opción peor valorada.

Si un material que satisface una función tiene varias posibilidades de inicio o fin de vida, se tendrá en cuenta la opción más favorable.

Resumen de consideraciones para Mi y Mf:

SITUACIONES	CRITERIO DE EVALUACIÓN
No se especifica procedencia del material	Se supone material nuevo (Mi=0)
No se especifica fin de vida del material	Mf se establece según las propiedades del material y/o la función que está resolviendo
Material con varias posibilidades de origen y/o fin de vida en una función	Se tiene en cuenta la mayor puntuación posible para Mi y/o Mf
Función resuelta con más de un material	Se tiene en cuenta menor puntuación posible para Mi o Mf

Procedimiento de selección de Mf si no se especifica el fin de vida del material:



CÁLCULO DE LA PUNTUACIÓN TOTAL (CN) (para el concepto)

Mínima puntuación 0 y máxima puntuación 100.

Cuanto mayor sea la puntuación más circular y novedoso en conjunto es el concepto.

$$CN = [imp_1 * (N_1 * C_1)] + [imp_2 * (N_2 * C_2)] + \dots + [imp_n * (N_n * C_n)]$$

Siendo,

imp_1 = importancia de la función 1

N_1 = novedad de la función 1

C_1 = circularidad de la función 1

Y así sucesivamente...

La interpretación de los resultados es la siguiente:

Puntuación total (CN) entre 0 y 25: circularidad creativa muy baja

Puntuación total (CN) entre 25 y 50: baja

Puntuación total (CN) entre 50 y 75: media

Puntuación total (CN) entre 75 y 100: alta

EJEMPLOS

Los ejemplos mostrados son conceptos de diseño de un mueble escolar que debe seguir las nuevas tendencias educativas (Reggio Emilia, etc.). Se muestra el cálculo manual de la puntuación.

1. Establecer las funciones que se deben cumplir en el concepto.

F1: Sentarse

F2: Apoyarse (mesa)

F3: Seguir nuevas tendencias educación

F4: Almacenaje (del mueble en sí y que permita guardar objetos)

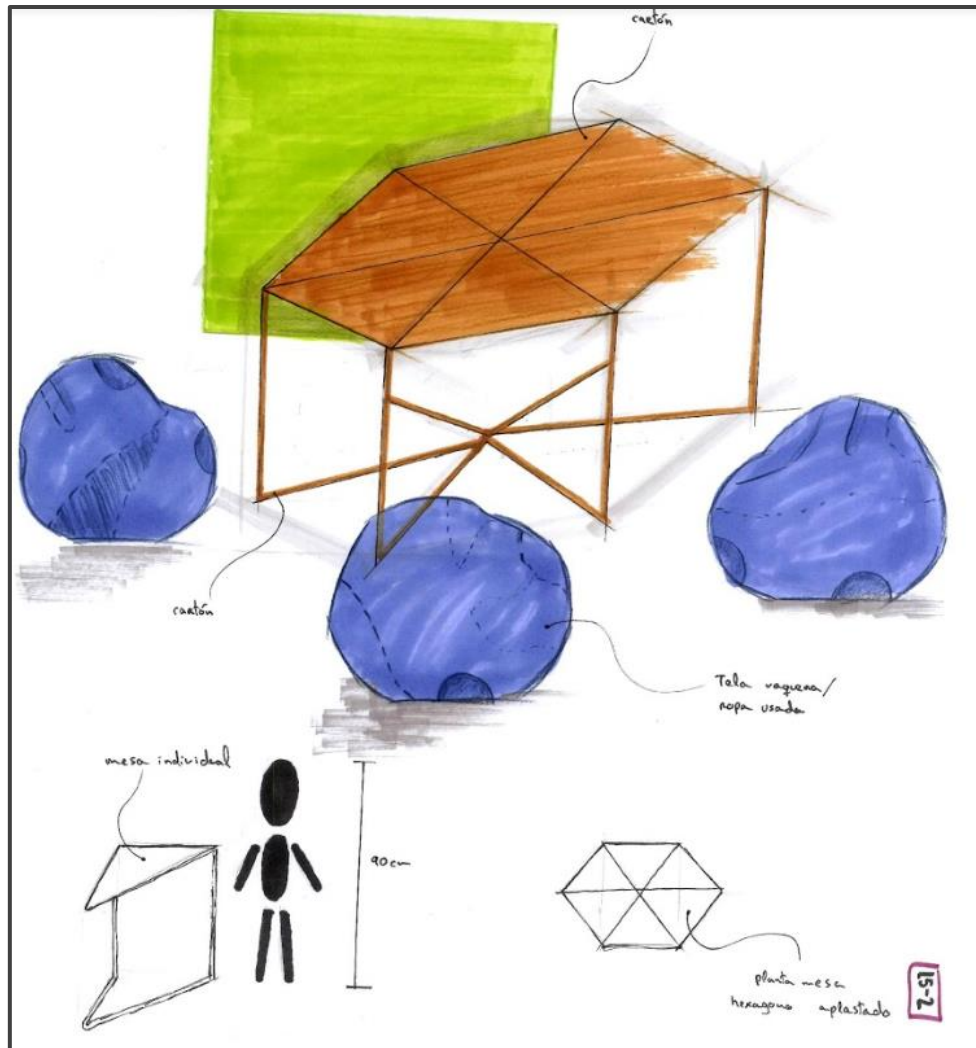
Asignar importancia (imp) a cada función (las importancias deben sumar 1).

F1: $imp_1 = 0,25$

F2: $imp_2 = 0,25$

F3: $imp_3 = 0,3$

F4: $imp_4 = 0,2$

Ejemplo 1

Establecer con qué partes del concepto se cumple cada función

F1: se resuelve con los pufs de tela vaquera.

F2: se resuelve con la mesa de cartón modular y plegable.

F3: se resuelve con la modularidad y regulabilidad de la mesa y con la libertad de situación que proporcionan los pufs.

F4: se resuelve mediante la mesa plegable.

Asignar puntuación a la novedad (N) (para cada función del concepto)

F1: $N_1 = 1$, se resuelve la función de sentarse con pufs, algo que ya se utiliza para esta aplicación

F2: $N_2 = 1$, se resuelve la función de apoyarse con un tipo de mesa que ya existe

F3: $N_3 = 3$, la mesa es modular y plegable, ya existen mesas así, pero no para colegios

F4: $N_4 = 3$, la mesa es plegable, lo que facilita su almacenaje, ya existen mesas así, pero no se suelen usar en colegios

Cálculo de la circularidad (C) (para cada función del concepto)

F1

$N_e = 0$, en la función de asiento no se usa ninguna estrategia de diseño circular design

$M_i = 4,65$ (la tela de los asientos es material recuperado de ropa usada)

$M_f = 0$ (no se indica el fin de vida del material, se supone vertedero)

$$C_1 = 10 * (\log_{10} ((N_e + M_i + M_f + 2) / 2)) / (\log_{10}(11))$$

$$C_1 = 5,01$$

F2

$N_e = 2,89$ (en la función de apoyarse se utiliza una estrategia de diseño circular: diseño para alargar la vida mediante versatilidad)

$M_i = 0$ (no se indica la procedencia del cartón, por lo que se supone material nuevo)

$M_f = 4$ (la mesa está realizada con cartón, material reciclable)

$$C_2 = 6,22$$

F3

$N_e = 2,89$ (se cumplen las tendencias educativas con una estrategia: diseño para alargar la vida útil mediante versatilidad)

$M_i = 0$ (los pufs, los cuales ayudan a cumplir las nuevas tendencias de educación, son de material recuperado; pero no se indica el origen del cartón de la mesa, que también hace cumplir esta función, por lo que se supone nuevo, se considera la puntuación más desfavorable)

$M_f = 4$ (el cartón es un material reciclable)

$$C_3 = 6,22$$

F4

$N_e = 2,89$ (se sigue una estrategia, ya que la mesa es plegable: diseño para alargar la vida útil mediante versatilidad)

$M_i = 0$ (la función de almacenaje se cumple con la mesa, se considera que es cartón nuevo)

$M_f = 4$ (el cartón es material reciclable)

$$C_4 = 6,22$$

Cálculo de la puntuación total

$$Pt = [imp_1 * (N_1 * C_1)] + [imp_2 * (N_2 * C_2)] + \dots + [imp_n * (N_n * C_n)]$$

$$Pt = [0,25 * (1 * 5,01)] + [0,25 * (1 * 6,22)] + [0,3 * (3 * 7,98)] + [0,2 * (3 * 6,22)]$$

$$Pt = \underline{13,082}$$

Ejemplo 2

Las funciones e importancias son las mismas que en el ejemplo anterior ya que se trata del mismo problema de diseño:

Establecer las funciones que se deben cumplir en el concepto.

F1: Sentarse

F2: Apoyarse (mesa)

F3: Seguir nuevas tendencias educación

F4: Almacenaje (del mueble en sí y que permita guardar objetos)

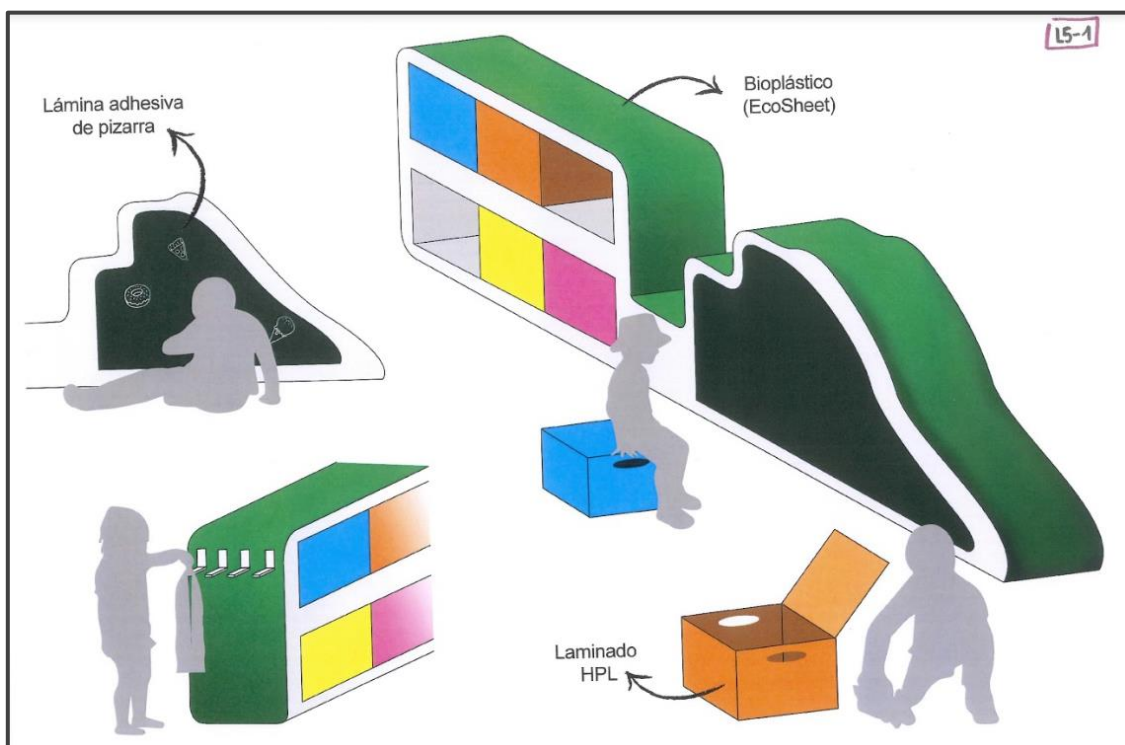
Asignar importancia (imp) a cada función (las importancias deben sumar 1).

F1: $imp_1 = 0,25$

F2: $imp_2 = 0,25$

F3: $imp_3 = 0,3$

F4: $imp_4 = 0,2$



Establecer con qué partes del concepto se cumple cada función

F1: la función de sentarse se cumple con la superficie de bioplástico y con las cajas.

F2: esta función no se resuelve, no hay superficie de apoyo (mesa).

F3: se resuelve la función mediante la posibilidad de sentarse encima del mueble y la modularidad de los cajones de almacenaje

F4: la función se cumple mediante las cajas de almacenaje

Asignar puntuación a la novedad (N) (para cada función del concepto)

F1: $N_1 = 3$, se resuelve la función de sentarse de una forma que ya existe en otros muebles, pero que no son utilizados para colegios.

F2: $N_2 = 0$, no se resuelve la función, el mueble no tiene mesa o superficie de apoyo para trabajar.

F3: $N_3 = 3$, se resuelve la función con un tipo de mueble ya existente, que incluye modularidad, pizarra, etc., pero cuya forma no se utiliza en colegios.

F4: $N_4 = 1$, se resuelve la función de almacenaje con cajas comunes.

Cálculo de la circularidad (C) (para cada función del concepto)

F1

$N_e = 1$, la función de asiento utiliza una estrategia de diseño circular (alargar la vida mediante versatilidad)

$M_i = 0$, no se indica nada sobre la procedencia de los materiales de las superficies y cajas que sirven de asiento.

$M_f = 0,1$, el material EcoSheet se considera incinerable.

$$C_1 = 10 * (\log_{10} ((N_e + M_i + M_f + 2) / 2)) / (\log_{10}(11))$$

$$C_1 = 3,81$$

F2

$N_e = 0$, la función no está resuelta

$M_i = 0$, la función no está resuelta

$M_f = 0$, la función no está resuelta

$C_2 = 0$, la función no está resuelta

F3

$N_e = 4,58$, se siguen dos estrategias de diseño circular (alargar la vida mediante versatilidad y diseño para apego, la pizarra permite generar cierto apego ya que da la posibilidad de personalizarla con dibujos)

$M_i = 0$, no se indica nada sobre la procedencia del material

$M_f = 0,1$, el material EcoSheet se considera incinerable.

$$C_3 = 5,03$$

F4

$$N_e = 2,89$$

$M_i = 0$, no se indica nada sobre el material de procedencia de las cajas

$M_f = 0,1$ el laminado utilizado es biocompatible

$$C_4 = 3,81$$

Cálculo de la puntuación total

$$P_t = [imp_1 * (N_1 * C_1)] + [imp_2 * (N_2 * C_2)] + \dots + [imp_n * (N_n * C_n)]$$

$$P_t = [0,25 * (3 * 3,81)] + [0,25 * (0 * 0)] + [0,3 * (3 * 5,03)] + [0,2 * (1 * 3,81)]$$

$$P_t = 8,15$$

Ejemplo 3

A continuación, se muestra un ejemplo parcial, parte de un texto explicativo en otra de las propuestas para resolver el mismo problema de diseño.

Las piezas rotas se intentaran reparar o reusar sus materiales para fabricar nuevos componentes por la fábrica fabricante. De no poder ser usadas fácilmente se procederá al reciclado de los materiales, mayoritariamente polimeros que pueden ser fundidos para fabricar nuevas piezas.

En este caso, se puntuarían las piezas como reparables, ya que es la opción más favorable para ese material/función.

ANEXO 5.2: Plantilla de uso Excel®

			Código Propuesta:		
FUNCIÓN (F)	IMPORTANCIA (imp)	CUMPLIMIENTO EN EL CONCEPTO	Función	Puntuación	NOVEDAD (N)
		¿Qué partes del concepto hacen cumplir cada función?	F1		Justificación
			F2		
			F3		
			F4		
			F5		
			Fn		

TODAS LAS IMPORTANCIAS DEBEN SUMAR 1

		CIRCULARIDAD (Ci)						
a) ORIGEN DEL MATERIAL (Mi)		F1	F2	F3	F4	F5	F6	
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el peor caso, si hay más de uno.	Mi1_RECHAZAR	10	10	10	10	10	10	
	Mi2_REDUCIR	5	5	5	5	5	5	
	Mi3_REUTILIZADO	5	5	5	5	5	5	
	Mi4_RECUPERADO	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	
	Mi5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mi6_MATERIAL NUEVO	0	0	0	0	0	0	
b) FIN DE VIDA MATERIAL (Mf)		F1	F2	F3	F4	F5	F6	
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la más favorable, si hay más de una opción.	Mf1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	
	Mf2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
	Mf3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
	Mf4_RECICLABLE	4	4	4	4	4	4	
	Mf5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Mf6_VERTEDERO	0	0	0	0	0	0	

MÁXIMA PUNTUACIÓN CONJUNTA DE Mi Y Mf ES 10
(Si se rechaza el material, no hay acción de fin de vida)

c) NÚMERO DE ESTRATEGIAS (Ne)	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego						
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad						
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad						
Ne4_Diseño para actualización/adaptación						
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad						
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje						
Ne7_Diseño de producto-servicio						
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil						
Ne9_Diseño para innovación social						
Ne10_Uso de energías renovables						
Ne11_No hay estrategia						
TOTAL:	0	0	0	0	0	0

Ci entre 0 y 2,5: muy baja
 Ci entre 2,5 y 5: baja
 Ci entre 5 y 7,5: media
 Ci entre 7,5 y 10: alta

Siendo 0 la menor puntuación
 Siendo 10 la máxima puntuación

CN entre 0 y 25: muy baja
 CN entre 25 y 50: baja
 CN entre 50 y 75: media
 CN entre 75 y 100: alta

Siendo 0 la menor puntuación
 Siendo 100 la máxima puntuación

NOVEDAD (N)						
FUNCIÓN	F1	F2	F3	F4	F5	F6
VALOR						
CIRCULARIDAD (Ci)						
a) ORIGEN DEL MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
b) FIN DE VIDA MATERIAL	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
c) ESTRATEGIAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CÁLCULO CIRCULARIDAD	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
PUNTUACIÓN TOTAL (CN)		Código Propuesta:			#N/D	

	F1	F2	F3	F4	F3	F4
Mi_VALOR	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
Mf_VALOR	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
N _e _VALOR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CÁLCULO CIRCULARIDAD	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
NOVEDAD	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PUNTUACIÓN TOTAL (CN)	#N/D					

NOVEDAD TOTAL DEL CONCEPTO	0
CIRCULARIDAD TOTAL DEL CONCEPTO	#N/D

*siendo la máxima puntuación 10



ANEXO 5.3: Ejemplo completo de aplicación

A continuación, se muestra el primer ejemplo mostrado en el Anexo 5.1 (Propuesta L5-2) valorado con la plantilla diseñada.

			Código Propuesta:		
FUNCIÓN (F)	IMPORTANCIA (imp)	CUMPLIMIENTO EN EL CONCEPTO	Función	Puntuación	NOVEDAD (N)
F1: Sentarse	0,25	Se resuelve con los pufs de tela vaquera	F1	1	Se resuelve la función de sentarse con pufs, algo que ya se utiliza para esta aplicación
F2: Apoyarse (mesa)	0,25	Se resuelve con la mesa de cartón modular y plegable	F2	1	Se resuelve la función de apoyarse con un tipo de mesa que ya existe
F3: Seguir nuevas tendencias de educación	0,3	Se resuelve con la modularidad y regulabilidad de la mesa y con la libertad de situación que proporcionan los pufs	F3	3	La mesa es modular y plegable, ya existen mesas así, pero no para colegios
F4: almacenaje	0,2	Se resuelve mediante la mesa plegable	F4	3	La mesa es plegable, lo que facilita su almacenaje, ya existen mesas así, pero no se suelen usar en colegios
			F5		
			F _n		

TODAS LAS IMPORTANCIAS DEBEN SUMAR 1

CIRCULARIDAD (C)							
a) ORIGEN DEL MATERIAL (MI)		F1	F2	F3	F4	F5	F _n
a) ¿De dónde proceden los materiales que utiliza el componente que cumple la función analizada? Tener en cuenta el peor caso, si hay más de uno.	MI1_RECHAZAR	10	10	10	10	10	10
	MI2_REDUCIR	5	5	5	5	5	5
	MI3_REUTILIZADO	5	5	5	5	5	5
	MI4_RECUPERADO	x	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65
	MI5_RECICLADO	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
	MI6_MATERIAL NUEVO	0	x	x	x	0	0
b) FIN DE VIDA MATERIAL (MF)		F1	F2	F3	F4	F5	F6
b) ¿En la propuesta indica cómo será el fin de vida del componente que cumple la función? Escoger la más favorable, si hay más de una opción.	MF1_REUTILIZABLE	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
	MF2_REPARABLE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
	MF3_RECUPERABLE	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
	MF4_RECICLABLE	4	x	x	x	4	4
	MF5_INCINERACIÓN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	MF6_VERTEDERO	x	0	0	0	0	0

MÁXIMA PUNTUACIÓN CONJUNTA DE MI Y MF ES 10
(Si se rechaza el material, no hay acción de fin de vida)

c) NÚMERO DE ESTRATEGIAS (Ne)	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne1_Diseño para apego						
Ne2_Diseño para duración y fiabilidad						
Ne3_Diseño para alargar la vida mediante versatilidad		x	x	x		
Ne4_Diseño para actualización/adaptación						
Ne5_Diseño para estandarización/compatibilidad						
Ne6_Diseño para ensamblaje/desensamblaje						
Ne7_Diseño de producto-servicio						
Ne8_Diseño de servicio para alargar la vida útil						
Ne9_Diseño para innovación social						
Ne10_Uso de energías renovables						
Ne11_No hay estrategia	x					
TOTAL:	0	1	1	1	0	0

Centre 0 y 2,5: muy baja
 Centre 2,5 y 5: baja
 Centre 5 y 7,5: media
 Centre 7,5 y 10: alta

Siendo 0 la menor puntuación
 Siendo 10 la máxima puntuación

NOVEDAD (N)							
FUNCIÓN		F1	F2	F3	F4	F5	Fn
VALOR		1	1	3	3	0	0
CIRCULARIDAD (Ci)							
a) ORIGEN DEL MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	Fn
Mi_VALOR		4,65	0,00	0,00	0,00		
b) FIN DE VIDA MATERIAL		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mf_VALOR		0,00	4,00	4,00	4,00		
c) ESTRATEGIAS		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ne_VALOR		0,00	2,89	2,89	2,89		
CÁLCULO CIRCULARIDAD		5,01	6,22	6,22	6,22		

Pt entre 0 y 25: muy baja
 Pt entre 25 y 50: baja
 Pt entre 50 y 75: media
 Pt entre 75 y 100: alta

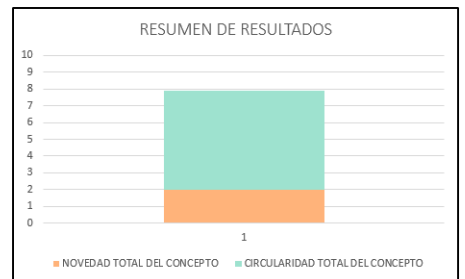
Siendo 0 la menor puntuación
 Siendo 100 la máxima puntuación

PUNTUACIÓN TOTAL (CN)	Código Propuesta:	13,082
------------------------------	-------------------	--------

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mi_VALOR	4,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mf_VALOR	0,00	4,00	4,00	4,00	0,00	0,00
Ne_VALOR	0,00	2,89	2,89	2,89	0,00	0,00
CÁLCULO CIRCULARIDAD	5,01	6,22	6,22	6,22	0,00	0,00
NOVEDAD	1,00	1,00	3,00	3,00	0,00	0,00
PUNTUACIÓN TOTAL (CN)	13,082					

NOVEDAD TOTAL DEL CONCEPTO	2
CIRCULARIDAD TOTAL DEL CONCEPTO	5,92

*siendo la máxima puntuación 10



ANEXO 6

HOJA DE CONSENTIMIENTO DE LA
COMISIÓN DEONTOLÓGICA PARA
LOS PARTICIPANTES EN LOS
EXPERIMENTOS

-página en blanco-

Dades personals / Datos personales

Nom i cognoms / Nombre y apellidos

DNI

Nom del projecte/procediment/tesi doctoral/TFM / Nombre del proyecto/procedimiento/tesis doctoral/TFM

ANÁLISIS Y MEDICIÓN CONJUNTA DEL GRADO DE CIRCULARIDAD Y DE LA CREATIVIDAD EN LA FASE CONCEPTUAL DEL DISEÑO DE PRODUCTOS.....

Investigador/a principal del projecte o director/a de la tesi doctoral o del TFM / Investigador/a principal del proyecto o director/a de la tesis doctoral o del TFM

ELENA MULET ESCRIG y VICENTE CHULVI RAMOS.....

Si és una tesi doctoral o un TFM / si es una tesis doctoral o un TFM

Nom i cognoms de l'estudiantat / Nombre y apellidos del estudiantado

DNI

LAURA RUIZ PASTOR..... 44 [REDACTED] D.....

Programa de doctorat o màster universitari / Programa de doctorado o máster universitario

PROGRAMA DE DOCTORADO EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES Y MATERIALES.....

MANIFESTE / MANIFIESTO

Que he estat informat suficientment de les proves en les que participaré com a conseqüència de la investigació que es practica.

Que estic d'acord i accepto lliurement i voluntàriament a realitzar l'experiment i em comprometo a formalitzar els qüestionaris que es presenten.

Que puc abandonar la col·laboració en el moment que ho desitge.

Que el investigador pot decidir l'acabament de l'experiment si no complisc un mínim de les pautes establertes que possibiliten un desenvolupament correcte del mateix.

Que, salvaguardant sempre el dret a la intimitat, accepto que les dades que es puguin derivar d'aquesta investigació puguin ser utilitzades per a la divulgació científica.

Que, salvaguardant sempre el dret a la intimitat, accepto que les imatges que es puguin derivar d'aquesta investigació puguin ser utilitzades per a la divulgació científica previ consentiment de la persona interessada.

Que les dades incloses en aquest formulari, juntament amb la resta d'informacions que són objecte del projecte, formaran part dels tractaments

Que he sido informado suficientemente de las pruebas en las que participaré como consecuencia de la investigación que se practica.

Que estoy de acuerdo y acepto libre y voluntariamente a realizar el experimento y me comprometo a formalizar los cuestionarios que se presenten.

Que puedo abandonar la colaboración en el momento que lo desee.

Que el investigador puede decidir la finalización del experimento si no cumpla un mínimo de las pautas establecidas que posibilite un desarrollo adecuado del mismo.

Que, salvaguardando siempre el derecho a la intimidad, acepto que los datos que se puedan derivar de esta investigación puedan ser utilizados para la divulgación científica.

Que, salvaguardando siempre el derecho a la intimidad, acepto que las imágenes que se puedan derivar de esta investigación puedan ser utilizadas para la divulgación científica previo consentimiento de la persona interesada.

Que los datos incluidos en este formulario, junto con el resto de informaciones que son objeto del proyecto, formarán parte de los tratamientos definidos en el registro de actividades de tratamiento cuyo

definitos en el registre d'activitats de tractament del qual és responsable el grup d'investigació DACTIC de la Universitat Jaume I, amb la finalitat de portar a terme el projecte d'investigació "Análisis y medición conjunta del grado de circularidad y de la creatividad en la fase conceptual del diseño de productos"

Que puc exercir els drets que la llei em reserva davant el grup d'investigació DACTIC (Av. Sos Baynat s/n, 12071 Castellón, [redacted]@uji.es).

responsable es el grupo de investigación DACTIC de la Universitat Jaume I, con la finalidad de llevar a cabo el proyecto de investigación "Análisis y medición conjunta del grado de circularidad y de la creatividad en la fase conceptual del diseño de productos"

Que puedo ejercer los derechos que la ley me reserva ante el grupo de investigación DACTIC (Av. Sos Baynat s/n, 12071 Castellón, [redacted]@uji.es).

La persona interessada
La persona interesada

Investigador/a principal del projecte o director/a de la
tesi doctoral o del TFM
*Investigador/a principal del proyecto o director/a de la
tesis doctoral o del TFM*

..... d de 20.....

Informació bàsica sobre protecció de dades

Responsable del tractament	Universitat Jaume I Diseño y Arte Contemporáneo: Tendencias, Innovación y Creatividad
Finalitat del tractament	Gestió de les dades de caràcter personal dels participants en el projecte "Anàlisi i mesurament conjunt del grau de circularitat i de la creativitat en la fase conceptual del disseny de productes".
Legitimació	Recerca científica.
Destinatari	No se cediran dades a tercers parts.
Drets	Podeu exercir els vostres drets d'accés, rectificació, supressió i portabilitat, i a la limitació o l'oposició al tractament adreçant-vos a la Secretaria General de l'UJI mitjançant el Registre Electrònic (https://ujiapps.uji.es/reg/rest/publicacion/solicitud_generica) o, presencialment, a l'Oficina d'Informació i Registre (InfoCampus), situada a l'Àgora Universitària - Locals 14-15.
Informació addicional	Podeu consultar la informació addicional i detallada sobre aquest tractament de dades a https://www.uji.es/protecciondades/clausules/?t=1041

Información básica sobre protección de datos

Responsable del tratamiento	Universitat Jaume I Diseño y Arte Contemporáneo: Tendencias, Innovación y Creatividad
Finalidad del tratamiento	Gestión de los datos de carácter personal de los participantes en el proyecto "Análisis y medición conjunta del grado de circularidad y de la creatividad en la fase conceptual del diseño de productos".
Legitimación	Investigación científica.
Destinatarios	No se cederán datos a terceras partes.
Derechos	Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación, supresión y portabilidad, y a la limitación o la oposición al tratamiento ante la Secretaría General de la Universitat Jaume I mediante el Registro Electrónico (https://ujiapps.uji.es/reg/rest/publicacion/solicitud_generica) o, presencialmente, en la Oficina de Información y Registro (InfoCampus), situada en el Àgora Universitaria - Locales 14-15.
Información adicional	Puede consultar la información adicional y detallada sobre este tratamiento de datos a Información https://www.uji.es/protecciondades/clausules/?t=1041





UNIVERSITAT
JAUME·I