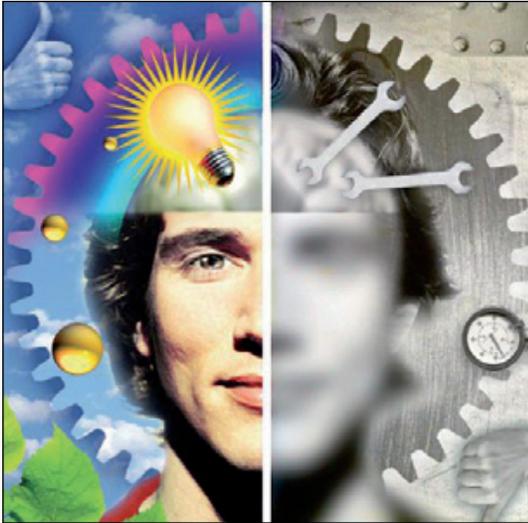


Medida de la creatividad en productos: Métricas y objetividad



Vicente Chulvi*
Elena Mulet*
María Carmen González-Cruz**

Dr. Ingeniero
Dra. Ingeniera
Dra. Ingeniera

*UNIVERSITAT JAUME I. Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción.
Av. Sos Baynat, s/n - 12071 Castellón de la Plana (Castellón). Tfno: +34 964 728113.
chulvi@emc.uji.es

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. Dep. de Projectes d'Enginyeria.
Camí de Vera, s/n - 46022 Valencia. Tfno: +34 96 3877000.

Recibido: 12/04/2011 • Aceptado: 05/07/2011

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/4138>

Measure of product creativity: Metrics and objectivity

ABSTRACT

Starting from the importance of being able to define which products are creative and which are not in a completely objective way and with one single evaluator, the present work has been done in order to identify which methods for product creativity assessment have a better performance against established requirements, that is, the method must be useful, objective and easy to apply in enterprises, as well as to determinate their lacks and the possible improvements that can be done in order to solve them. In order to achieve these results, three different known methods of creativity assessment have been analysed, and they have been used over five different products for determining their creative value through one single evaluator. Validity of results has been made through creativity evaluation with questionnaires to experts, in order to have reference values for each parameter which creativity depends on. Results analysis, both in graphic and numerical way, show the trend of different metrics to similar results, but not an absolute coincidence due to different scales and doormats used in each metric. Most common lacks when evaluating creativity are pretended to be find from the conclusions and, from that, being able to raise global improvements that must be established with the aim of develop an objective creativity metric.

• **Keywords:** creativity, creativity measure, metrics of creativity, objectivity, design methodologies.

RESUMEN

Partiendo de la importancia de poder definir qué productos son creativos y cuáles no, de un modo totalmente objetivo por parte de un solo evaluador, el presente trabajo se ha realizado con el objetivo de identificar qué métodos de evaluación de la creatividad de productos responden mejor a las exigencias establecidas para un método que sea útil, objetivo y sencillo de aplicar en las empresas, así como determinar qué carencias presentan y las posibles modificaciones o adaptaciones necesarias para solventarlas. Para conseguir este propósito se han analizado tres métodos conocidos de evaluación de la creatividad, y se han aplicado sobre cinco productos con el fin de determinar su valor creativo, por medio de un solo evaluador. La validación de los resultados se realiza a través de la evaluación de la creatividad por cuestionarios a expertos, con el fin de obtener unos valores de referencia para cada

parámetro de los que depende la creatividad.

El análisis de los resultados, tanto de modo gráfico como numérico, muestra la tendencia de las diferentes métricas hacia la similitud de los resultados, si bien no a una coincidencia absoluta debido a las diferentes escalas y formatos utilizados por cada métrica. En las conclusiones se muestran las carencias más comunes a la hora de evaluar la creatividad y, por tanto, poder plantear las mejoras globales que deberían establecerse con la finalidad de crear una métrica para la creatividad objetiva.

Palabras clave: creatividad, medida de la creatividad, métrica creativa, objetividad, metodologías de diseño.

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de la gran cantidad de pruebas elaboradas para determinar la creatividad de un individuo (Corbalán-Berná

et al., 2003; Guilford, 1968; López-Martínez y Navarro-Lozano, 2008; Otis and Lennon., 1995; Torrance, 1969), muchos individuos han sido etiquetados como creativos simplemente porque sus obras han sido calificadas como creativas de un modo subjetivo y viceversa, muchas obras han sido llamadas creativas porque su autor está socialmente considerado como creativo. Es muy posible que una persona potencialmente muy creativa nunca llegue a ser calificada como tal, si sus proyectos no son aceptados como creativos dentro de la sociedad donde se mueve. Por otra parte, es importante el poder definir qué productos son creativos y cuáles no. Muchas veces, sobre todo en la rama artística, es la sociedad misma la que impone subjetivamente si un producto es creativo o no. Esto sucede frecuentemente con la opinión de los críticos, bien de arte, literarios, de cine y otros, que dictan según sus propios criterios sobre la creatividad de una obra, y dicha opinión es aceptada por todos.

La creatividad de un producto no se puede entender observando sólo a las personas que lo diseñan. La evaluación de la creatividad es algo complejo. Medir la creatividad constituye un reto y ésta debe ser valorada por personas competentes, ajenas al proceso, que decidan si las pretensiones de una persona que se dice creativa, son válidas o no (Csikszentmihalyi, 1998; Pascale, 2005; Ugalde-Albistegui y Zurbano, 2009).

En la búsqueda de la objetividad en esta evaluación surgen los indicadores de innovación (CIDEM, 2002; OECD, 2005), aunque éstos se fijan más en la propiedad de éxito en el mercado que en la creatividad en sí – recordemos que la innovación de un producto considera su nivel de creatividad por un lado, y su éxito en el mercado, por otro (Schumpeter, 1942). Puesto que el éxito en el mercado es un factor externo y generalmente requiere de datos a posteriori para valorarlo, parece más conveniente predecir y actuar sobre la creatividad de un producto en sus primeras fases de diseño, con el fin de conseguir mejores resultados desde el punto de vista de la innovación. Por ello, diferentes autores han realizado sus estudios para poder determinar realmente el grado de creatividad de un producto per se (Besemer y O'Quin, 1989; Besemer, 1998; Chaur y Lloveras, 2003; Garcia y Calantone, 2002; Justel, 2008; Moss, 1966; Sarkar y Chakrabarti, 2008). La principal característica que se puede observar, común a la mayoría de ellos, es que la creatividad la miden en función de varios parámetros, los cuales acostumbran a tener relación con lo nuevo que es el producto (novedad, rareza) y lo bien que cumple una función requerida por el consumidor (utilidad, resolución, grado de cumplimiento de los requisitos de diseño).

El gran inconveniente a la hora de utilizar las diferentes métricas radica en intentar suprimir totalmente la subjetividad del evaluador, ya que éste, generalmente, tendrá que suponer o estimar algunos parámetros o factores que desconoce. La posibilidad de utilizar muchos evaluadores para obtener un consenso objetivo da buenos resultados (Besemer, 1998), pero su coste de ejecución resultaría demasiado elevado para aplicar en un proceso continuo en la empresa. Otro problema

frecuente con el que nos encontramos es que la mayoría de los resultados proporcionados por estas metodologías se perfilan como comparativos, es decir con escalas relativas entre los productos analizados conjuntamente o, muchas veces, incluso con pesos cualitativos en lugar de cuantitativos. Esto es, podemos determinar si el producto A es más creativo que el producto B, pero no cuánto creativo es el producto A en el conjunto de productos susceptibles de ser fabricados.

Con estas desventajas en el punto de mira, y con el objetivo de determinar qué métodos son útiles para medir la creatividad de los productos de un modo objetivo y sencillo mediante un solo evaluador, se ha realizado una experiencia para evaluar cinco productos diferentes utilizando tres métodos distintos que permiten estimar su valor creativo por medio de un solo evaluador: el de Sarkar y Chakrabarti (2008), el de Moss (1966) y una adaptación de la EPI (Justel, 2008).

Los motivos por el que se han escogido estas tres métricas son: en primer lugar, que comparten la característica comentada anteriormente de que miden la creatividad como la combinación de dos parámetros referidos a la novedad del producto y a su utilidad, lo que facilita la comparación entre ellas; que permiten evaluar la creatividad con un solo evaluador, factor esencial si se pretende que sea una herramienta útil y rápida de utilizar; y que todas ellas poseen unas bases sólidas para su validación.

En el caso de Moss (1966), su elaboración se basó mayoritariamente en el “*Minnesota test of creative thinking*” de inteligencia y habilidades creativas en el entorno de los estudios industriales (Ahrens, 1962; Anderson, 1963), y una de las mejores pruebas de su demostrada validez ha sido su perduración en el campo de la investigación más de cuatro décadas después de su elaboración (Chulvi, 2009; Flowers, 2001; Kurt, 2001; Stricker 2008). El modelo propuesto por Sarkar y Chakrabarti (2008) basa su elaboración en el modelo de causalidad SAPPPhIRE (Chakrabarti et al., 2005) y en trabajos previos de los mismos autores (Sarkar, 2007; Sarkar y Chakrabarti, 2007) hasta llegar a su estado actual, y queda defendido en trabajos posteriores de ellos mismos y de sus colaboradores (Sarkar, 2011; Srinivasan, 2010a, 2010b). Por su parte, el modelo propuesto por Justel (2008) está basado en la encuesta de Kano *et al.* (1984) y el concepto de innovación de Garcia y Calantone (2002), y evolucionado también a partir de trabajos previos propios (Justel, 2006, 2007).

La validación de los resultados se hará a través de la evaluación de la creatividad por cuestionarios, cumplimentados por varios expertos y creados a partir de la CPSS (*Creative Product Semantic Scale*) de Bessemer y O'Quin (1989), cuyo método de valorar la creatividad ha sido defendido y utilizado por numerosos autores en múltiples ocasiones (Bessemer, 1998, 2007; Christians, 2002; Kurt, 2000; O'Quin, 2006). Los motivos para utilizar la CPSS para validar los resultados son, por un lado, la objetividad y fiabilidad en los resultados que proporciona cuando se dispone de un número suficientemente alto de evaluadores,

(lo que permite el tratamiento estadístico de los mismos y la detección de desviaciones en alguno de los evaluadores), y, por otro lado, que también permite utilizar los mismos parámetros relacionados con la utilidad y la novedad para deducir a partir de éstos el valor final de la creatividad.

Como resultado del trabajo se han analizado y comparado los resultados de los diferentes métodos para comprobar la coherencia de los mismos a través de su validación con los resultados mostrados con el método de referencia CPSS, y determinar cuál de ellos es capaz de proporcionar mejores resultados. Con las conclusiones se pretenden encontrar las carencias más comunes a la hora de evaluar la creatividad, y por tanto poder plantear las mejoras globales que deberían establecerse con la finalidad de crear una métrica para la creatividad objetiva.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se describen las tres métricas de un solo evaluador consideradas en el presente trabajo, Sarkar y Chakrabarti, Moss y EPI, y la métrica de referencia CPSS, que requiere de varios evaluadores. La Tabla 1 muestra las equivalencias entre términos para una mayor comprensión de la presente sección, así como también indica las principales características de las mismas. En el último punto de la sección se describe el diseño del experimento y la metodología empleada en su realización.

Métrica	CPSS	Sarkar y Chakrabarti	Moss	EPI
	Varios evaluadores	Un evaluador	Un evaluador	Un evaluador
Término para determinar la novedad	Novelty	Novelty	Unusualness	Novedad
Término para determinar la utilidad	Resolution	Usefulness	Usefulness	Utilidad
Término para determinar la creatividad	Creativity	Creativity	Creativity	Potencial Absoluto/ Potencial relativo
Cálculo de la creatividad	(Novelty + Resolution) / 2	Novelty x Usefulness	Unusualness x Usefulness	Novedad x Utilidad

Tabla 1: Relaciones de las métricas empleadas

2.1. CREATIVE PRODUCT SEMANTIC SCALE

La *Escala Semántica de Productos Creativos* o CPSS (Besemer & O'Quin, 1989) consiste en un cuestionario para evaluar la creatividad de un producto dado en el que ésta mide a través de tres parámetros principales: grado de novedad del producto (*novelty*), coherencia de la solución (*resolution*) y diseño (*style*).

Cada uno de estos parámetros está subdividido en subparámetros o factores de los que depende. Así, el grado de novedad de un objeto depende de lo original que se perciba (*original*) y de la sorpresa que sea capaz de causar la primera vez que se vea (*surprising*); la coherencia de la solución se evalúa a través del valor percibido por el usuario final (valuable), lo lógica que sea la solución (*logical*), lo fácil

o intuitivo de entender que sea el diseño (*understandable*), y el grado de utilidad percibido (*useful*); mientras que el estilo viene definido por la excelencia de la forma (*organic*), la elegancia de la misma (*elegant*), y lo robusto del diseño (*well-crafted*). Cada una de estas sub-dimensiones o factores está a su vez dividida en un conjunto de pares bipolares, elaborando así una taxonomía a tres niveles que contiene un total de 69 pares bipolares. Una ventaja de este instrumento es que permite cuestionarios abreviados, seleccionando aquellos pares o factores que se desean analizar (Kurt, 2001).

Para proceder a evaluar un diseño con esta métrica, los evaluadores deben de definir hacia qué elemento del par bipolar tiende el objeto analizado y en qué medida se decanta hacia un sentido u otro dentro de ese par, para lo que se propone una escala de siete niveles que separe ambos términos opuestos, significando los valores extremos que el objeto queda definido completamente por el término próximo a dicho extremo y el valor medio que se encuentra igualmente alejado de sendas definiciones. Por ejemplo, si nos referimos al par "*novel – predictable*", un valor de 1 significa que el objeto a estudio es totalmente novedoso, un valor 7 significa que objetos similares llevan muchos años en el mercado, y un valor de 4 sería un valor intermedio entre ambas definiciones (parcialmente nuevo).

2.2. ESCALA DE MOSS

J. Moss (1966) elaboró una identificación y estimación del nivel de creatividad de un producto a través de la

combinación de dos parámetros diferentes: el grado de utilidad (*usefulness*) por un lado, y el grado de su rareza (*unusualness*), por otro. La variable de *usefulness*, factor que comparte con la métrica anterior dentro de su dimensión *resolution*, la determina comparando el grado de satisfacción de cumplimiento de los requisitos del producto con una solución estándar considerada como buena, a la que denomina "solución del profesor". El parámetro viene valorado en una escala del cero al tres: donde el valor 0 corresponde a un diseño que no cumple con los requisitos demandados, y el valor 3 corresponde a una solución considerada mejor que la solución "del profesor".

En cuanto a la variable de *unusualness*, esta viene determinada por la probabilidad inversa de que dicha idea

surja dentro de un grupo homogéneo de soluciones. Es decir, se determina comparando el producto con el resto de productos elaborados dentro un grupo de soluciones para un mismo problema común. Se trata, por tanto, de un método comparativo, para lo que el evaluador debe de estar familiarizado con las posibles soluciones que puede encontrarse y en qué frecuencia, ser capaz de deducir que nivel de probabilidad de aparición se considera como normal para los productos medios, y traducir las desviaciones de probabilidad respecto a la normal en ratios de *unusualness*. Para dichos ratios también se les asigna un valor entre 0 y 3, al igual que en el factor *usefulness*, dónde el valor 0 equivale a una solución muy común y el 3 a una excepcionalmente original. Por último, el grado de creatividad final del producto se consigue multiplicando las dos variables anteriores.

2.3. MÉTODO DE SARKAR Y CHAKRABARTI

Sarkar y Chakrabarti (2008) nos presentan el grado de creatividad de un diseño como el producto del grado de novedad (*novelty*) y del nivel de utilidad (*usefulness*) del mismo. Al igual que en los casos anteriores, nos encontramos con que la creatividad queda definida como la combinación de varios factores diferentes. Además, se pueden percibir las similitudes entre los significados de los términos empleados para definir dichos factores. Por un lado, vemos que el término *novelty* empleado por Sarkar se corresponde con significado del término *unusualness* de Moss (1966) y con el mismo término *novelty* de la métrica CPSS. En el otro lado tenemos al término *usefulness* de Sarkar que coincide totalmente con el mismo término tanto en la métrica de Moss como con una sub-dimensión con el mismo nombre incluida dentro de la dimensión *resolution* del CPSS.

La medida de la novedad la determina el evaluador en función de a qué nivel se produzca el cambio dentro del modelo de causalidad SAPPPhIRE (*State – Action – Part – Phenomenon – Input – oRgan – Effect*) (Chakrabarti et al., 2005). Dentro de este modelo *action* se refiere a la descripción abstracta o interpretación de un nivel superior de un cambio de estado, un estado cambiado o creación de una entrada. Por tanto, un cambio a este nivel correspondería el nivel de novedad más elevado. Siguiendo en orden descendente nos encontramos con el cambio de estado (*state*) y la entrada (*input*), a los que les corresponde el nivel de novedad alto. *State* se refiere a los atributos y valores de los mismos que definen las propiedades de un sistema dado en un instante específico durante su operación, mientras que *input* comprende los requerimientos de energía, información o materia para que un efecto físico sea activado. En un nivel más bajo de novedad, clasificado como novedad media, nos encontramos con los fenómenos físicos (*physical phenomena*) y con los efectos físicos (*physical effects*), dónde por *physical phenomena* se entiende al conjunto de cambios potenciales asociados a un efecto físico dado para unos órganos y entradas concretas, y por *physical effects* a las leyes de la naturaleza que gobiernan dicho cambio. Por último, en el nivel de más baja novedad están aquellos

diseños que implican simplemente cambios en sus órganos (*organ*) o en sus partes (*part*). *Organs* engloba a los contextos estructurales necesarios para la activación de un efecto físico, mientras que las *parts* son los componentes físicos e interfaces que constituyen un sistema y su interacción con el medio. Así, las *parts* son necesarias para crear *organs*, los cuales conjuntamente con los inputs activan los *physical effects*, que a su vez son necesarios para crear *physical phenomena* y estos últimos *state change*. Los *state change* pueden ser interpretados como acciones o como nuevos inputs, y pueden a su vez crear o activar nuevas partes.

Para calcular la utilidad se utiliza la siguiente ecuación:

$$U = L (F D) R \quad [1]$$

En la cual, U corresponde a *usefulness*, L al nivel de importancia, F a la frecuencia de uso, D a la duración del beneficio y R al ratio de popularidad. Para determinar el nivel de importancia se consideran cinco niveles: importancia extrema, como por ejemplo la cura para el cáncer; importancia muy alta, necesarios para la vida diaria como puede ser el jabón; de importancia alta, con gran impacto para el quehacer diario, como el calentador de agua; de importancia media, que facilitan la vida cotidiana, como por ejemplo la maquinilla de afeitar; y de baja importancia, no realmente necesarios ni influyentes como puede ser una máquina de pompas de jabón. El ratio de popularidad se refiere al número de gente que utiliza el objeto simultáneamente dentro de un intervalo de tiempo dado. La frecuencia de uso se refiere a las veces que el producto es utilizado de media por un mismo usuario estándar dentro del mismo intervalo de tiempo. Por último, la duración del beneficio se refiere al tiempo que dura el beneficio producido por cada uso individual de un producto. Las unidades temporales de F, D y R deben ser las mismas para poder operar con ellas.

Para establecer el valor definitivo de creatividad los autores establecen un modelo comparativo entre los diferentes diseños a analizar. Para ello, en primer lugar se establece un valor cuantitativo de la novedad a partir del valor cualitativo de la misma, de modo que: Novedad muy alta tiene un valor de 4 puntos; novedad alta equivale a 3 puntos; novedad media se valora con 2 puntos; y baja novedad tiene asignado el valor de 1 punto. Con estas puntuaciones se establece un *ranking* de diseños. Del mismo modo, los valores cuantitativos obtenidos en la medida de la utilidad también se convierten a un ranking, y es el producto de los valores de la posición del diseño en el ranking para cada factor lo que determina el valor de la creatividad del diseño, siempre en comparación con los otros diseños analizados.

2.4. LA EVALUACIÓN DEL POTENCIAL INNOVADOR

En su metodología para la EPI, Justel (2008) propone una medida para valorar la creatividad del producto por un lado, y, por otro, indica la manera de valorar su éxito en el mercado, en un intento de estimar la medida de la

innovación. Puesto que la parte que interesa en el presente trabajo es aquella vinculada a la medida de la creatividad, se utilizará únicamente aquella parte de la metodología EPI referida a este aspecto. En esta parte de la metodología se establecen, en primer lugar, los requisitos de diseño, a los cuales se les asigna un peso de ponderación. En el modelo original de Justel, se le asigna un peso mayor (9), si es un requisito de sobresatisfacción, mientras que, si se trata de un requisito unidimensional, el peso es menor (3), y si el requisito se supone en el diseño (básico), se le asigna un peso nulo. La adaptación propuesta en el presente trabajo para proceder a evaluar la creatividad de un modo acorde con el resto de métricas, consiste en la inversión de los pesos de ponderaciones en los requisitos de diseño, puesto que se considera que éstos nos pueden indicar su utilidad, factor común en las tres métricas anteriores, cuanto más ligados estén a su funcionalidad. Por tanto, se le asignará el valor más elevado (9) a la función o funciones básicas principales, mientras que las de sobresatisfacción pasarán a tener un valor de cero y las unidimensionales seguirán con su valor intermedio (3). A cada diseño se le asignará un coeficiente correspondiente al grado de cumplimiento de cada uno de los requisitos de diseño definidos anteriormente. Si el requisito de diseño es cumplido satisfactoriamente en su totalidad, el valor de dicho coeficiente se fija en 9, si el requisito sólo es cumplido en término medio o moderado, el valor es de 3, mientras que si el requisito es cumplido muy débilmente, el valor adjudicado es de 1.

El valor de la novedad que se le asigna a cada diseño se corresponde con el de innovación que se les considere determinado según García y Calantone (2002). A un diseño conceptual cuyo grado de innovación se defina como incremental le corresponderá un valor de 1, para una innovación considerada como moderada, un valor de 2, y un valor de 3, si la innovación se considera radical.

A partir de estos tres pesos o coeficientes considerados, el grado de creatividad, llamado potencial absoluto (PA) de innovación en la metodología, para cada diseño conceptual, se calcula a partir de la siguiente ecuación [2]:

$$PA = \left[\sum_i^n \text{Grado Cumplimiento}_i \times \text{Ponderación Requisito}_i \right] \times \text{Grado de Novedad} \quad [2]$$

El autor recomienda normalizar este valor de potencial absoluto hacia un valor de potencial relativo (PR) en tanto por ciento, dónde el valor de 100 corresponde al diseño conceptual con mayor potencial innovador del grupo evaluado, y el valor del resto de diseños viene referido a este primero.

3. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

Para llevar a cabo el experimento se han seleccionado cinco modelos diferentes de lámparas, que se muestran en la Figura 1. Para la elección del tipo de útil para la realización del experimento se ha tenido en cuenta la sencillez de sus partes

y la claridad a la hora de poder entenderlas, con el objeto de facilitar el proceso de evaluación. También se ha tenido en cuenta la existencia de una gama muy variada de productos de la misma familia, es decir, la variedad de los modelos existentes en el mercado, para poder plantear soluciones muy dispares. Así, se ha seleccionado en un primer modelo (L1) un diseño muy clásico, pero con una funcionalidad útil añadida de librería; un segundo modelo (L2) con un diseño un poco menos convencional con elementos decorativos añadidos, las plantas; otro modelo (L3) con un diseño muy diferente, pero sin ninguna funcionalidad añadida; un modelo (L4) centrado en las nuevas tecnologías, cuya funcionalidad adicional es la de permitir la conexión de un equipo de sonido portátil para ejercer de altavoz y/o recargarlo; y por último, un modelo (L5) con muy poca estética pero con una funcionalidad de auxilio en operaciones de trabajo o bricolaje. Con estos diferentes modelos se pretende contrastar los diferentes grados de novedad y utilidad para comprobar si el cálculo del valor de la creatividad coincide indistintamente de la métrica utilizada o existen discrepancias, esto es, si alguna métrica da más peso a la novedad o a la utilidad que el resto.

Para cada uno de estos modelos se ha determinado su creatividad en función de las tres métricas anunciadas, Sarkar y Chakrabarti, Moss y EPI, que ya han sido descritas con mayor detalle anteriormente. Al mismo tiempo, se ha elaborado un cuestionario específico a partir de los términos de la CPSS, para valorar la creatividad a partir de la novedad y la utilidad del producto. El cuestionario elaborado se compone de 19 pares de adjetivos bipolares referentes a los aspectos de novedad y utilidad extraídos de la taxonomía CPSS.

El cuestionario elaborado, cuyo resultado servirá de valor de referencia, ha sido pasado a un grupo de 28 expertos en diseño, compuesto por profesores universitarios de materias referentes al diseño industrial y alumnos de dos promociones diferentes del *Máster en Diseño y Fabricación de la Universitat Jaume I de Castellón*.

Los resultados de cada métrica han sido analizados y comparados con el valor de referencia, con el fin de determinar las variaciones en cada uno de sus diferentes parámetros y establecer las posibles causas que crean dichas variaciones para poder solventarlas.

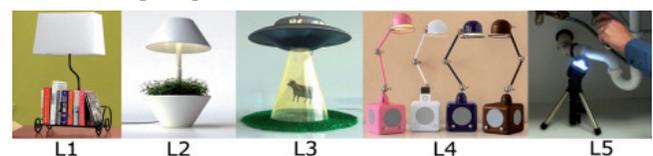


Figura 1: Cinco modelos de lámparas seleccionadas para el experimento

4. RESULTADOS

Los valores de referencia proceden del análisis estadístico de los cuestionarios respondidos por 28 expertos. De éstos, 2 evaluadores han sido excluidos por presentar una desviación superior a 3σ en alguno de sus factores. Los resultados,

normalizados a una escala de 0-10, se representan en la Tabla 2. La misma tabla muestra el ranking entre los diseños, para facilitar la comparación con las diferentes metodologías estudiadas.

comparten la misma acción, estado, entrada, fenómeno físico, efecto físico y órganos, por lo que todas sus diferencias respecto de una lámpara estándar se encuentran a nivel de partes (nivel absoluto de novedad bajo). Se ha determinado

					
	L1	L2	L3	L4	L5
Novedad	5,23	8,47	8,20	5,76	5,45
	5º	1º	2º	3º	4º
Resolución	6,30	4,66	2,89	6,44	7,90
	2º	4º	5º	3º	1º
Creatividad	5,76	6,57	5,55	6,10	6,67
	4º	2º	5º	3º	1º

Tabla 2: Valores proporcionados por los cuestionarios CPSS

Para proceder a la evaluación con la métrica de Moss, se ha tenido que establecer una solución estándar para tener un punto de referencia en cuanto a la utilidad de los diseños. Dicha solución estándar se ha considerado una lámpara de sobremesa estándar clásica sin ninguna función adicional. También se ha realizado una búsqueda de lámparas de características similares para establecer el nivel de rareza de las soluciones analizadas. Los resultados de la evaluación se muestran en la Tabla 3.

un número de partes diferentes, igual a 3, en el caso de la lámpara L2, 2 partes diferentes en el caso de la lámpara L3, y 1, en el resto. En lo que respecta a la utilidad, calculada con la ecuación [1], el ratio de popularidad R, se ha determinado estimando el porcentaje de población que probablemente utilizará el modelo de lámpara en cuestión. Los valores de frecuencia F y duración del uso D, se han estimado como media entre el máximo y mínimo de días que la lámpara va a ser utilizada por el sector de la población estimado

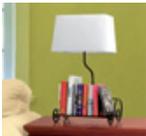
					
	L1	L2	L3	L4	L5
Rareza	1	3	3	2	2
Utilidad	3	2	1	3	3
Creatividad	3	6	3	6	6

Tabla 3: Valores obtenidos de la evaluación con la metodología de Moss

En cuanto a la evaluación a través de la métrica de Sarkar y Chakrabarti, al analizar el nivel de novedad de las cinco lámparas utilizando el modelo Sapphire, se puede ver que

en R, y las horas activas de la lámpara en cada uso diario. Por último, para calcular el nivel de importancia L, se ha considerado la relevancia de las funciones que está destinada

					
	L1	L2	L3	L4	L5
Novedad	3º	1º	2º	3º	3º
Utilidad	2º	4º	5º	3º	1º
Creatividad	3º	2º	5º	4º	1º

Tabla 4: Valores obtenidos de la evaluación con la metodología de Sarkar

a realizar la lámpara en cuestión. El resultado de los valores proporcionados por la métrica de Sarkar y Chakrabarti se presenta en la Tabla 4.

Para finalizar con las evaluaciones, la EPI clasifica los diseños conforme se muestra en la Tabla 5. Para establecer los valores de la novedad se considera la lámpara L2 como una innovación radical, L3 como moderada y el resto como incrementales. En la determinación de la utilidad se ha considerado como función básica, la de dar luz, mientras que la estética, guardar libros o u oír música, se consideran funciones secundarias. La función de apoyo para tareas de mantenimiento se considera básica en el caso de L5, pues ha sido diseñada para tal efecto, mientras que se consideraría como secundaria o incluso de sobresatisfacción, para el resto de los diseños.

(cardinales y ordinales), el primer paso para poder comparar los resultados obtenidos es poner los resultados en una escala y rango comunes. Para ello se ha optado por dos variantes: normalizados dentro de una escala decimal por un lado (Figuras 2a, 3a y 4a), y ordenados en función de su valor, por otro lado (Figuras 2b, 3b y 4b).

La Figura 2 (a y b) nos muestra los valores obtenidos para la novedad de los ítems analizados. En ella se puede ver que los valores conseguidos por las métricas son semejantes entre sí, y además son bastante similares a los valores de referencias obtenidos a través de los cuestionarios CPSS, lo que defendería la validez de los mismos. También se puede ver cómo aquellas métricas que consideran un rango de pocos valores para medir un parámetro, dificultan el discernimiento claro entre diferentes modelos. Así, por ejemplo, en el caso



Requisitos diseño	Novedad	L1	L2	L3	L4	L5
Dar luz	9	9	9	3	9	9
Estética	3	3	9	9	1	1
Guardar libros	3	9	0	0	0	0
Oír música	3	0	0	0	9	0
Apoyo mantenimiento	3/9	0	0	0	0	9
Utilidad		117	108	54	111	165
Creatividad (PA)		117	324	108	111	165
Creatividad (PR)		0,36	1,00	0,33	0,34	0,51

Tabla 5: Valores obtenidos de la evaluación con la metodología EPI

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Puesto que cada una de las métricas presenta una escala diferente, tanto entre ellas como entre los diferentes parámetros que evalúa una misma métrica, y dado que también presentan sus resultados en formatos diferentes

de la métrica de Moss o la EPI, la novedad presenta sólo 3 valores diferentes, por lo que existen diferentes modelos con el mismo valor exacto, y por tanto el mismo ranking. Por su parte, la métrica de Sarkar y Chakrabarti presenta la misma cantidad de valores cómo ítems a analizar haya, aunque

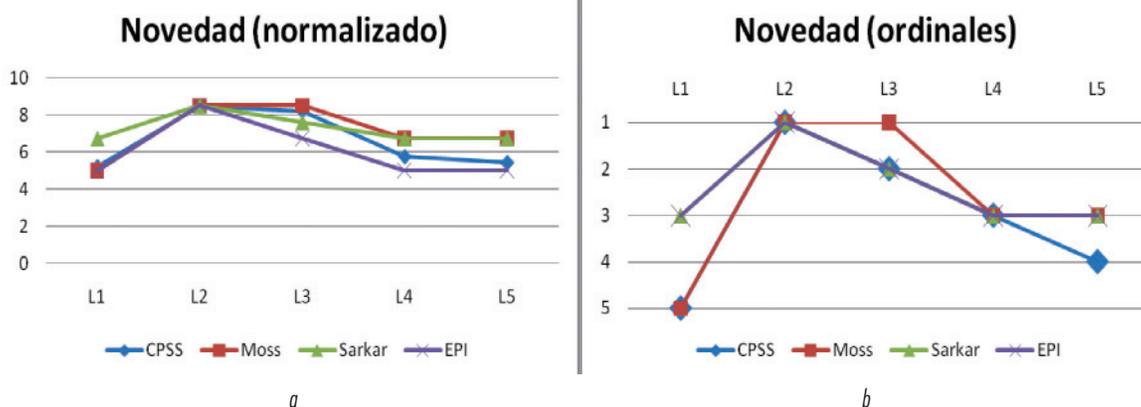


Figura 2: Valores de novedad normalizados (a) y ordenados (b)

siempre establece un salto del mismo nivel entre cada uno de ellos, por lo que no se diferencia si dos ítems de novedad consecutiva tienen un valor de ésta muy próximo, o por el contrario, es muy distante.

Conclusiones similares pueden apreciarse de los análisis de la utilidad y de la creatividad, tal y como muestran las gráficas de las Figuras 3 (a y b) y 4 (a y b), respectivamente. En estos casos, se puede ver cómo el problema anteriormente citado, de los rangos de escasos valores, persiste en la métrica de Moss, mientras que la EPI ya no presenta dicho problema al tener ahora un rango abierto de valores para medir estos dos parámetros.

distancia más en términos de utilidad (0,87), pero no tanto, en términos de creatividad (0,39).

En cuanto a la comparación de los valores ordenados, Moss sigue siendo el que mejores aproximaciones obtiene, en términos de novedad (0,4), frente a la EPI o Sarkar y Chakrabarti (0,6), pero presenta peores resultados en cuanto a utilidad (0,6), frente a la coincidencia absoluta (0) de las otras dos métricas, y en creatividad (0,8), en el que iguala los resultados de la EPI (0,8), superados en este caso por Sarkar y Chakrabarti (0,4). El resumen de estas valoraciones puede verse en las Tablas 6 y 7.

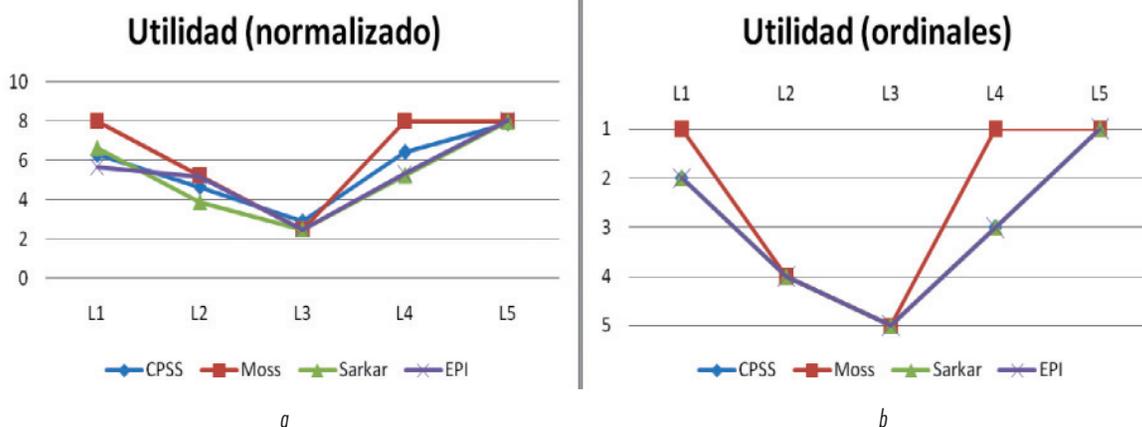


Figura 3: Valores de utilidad normalizados (a) y ordenados (b)

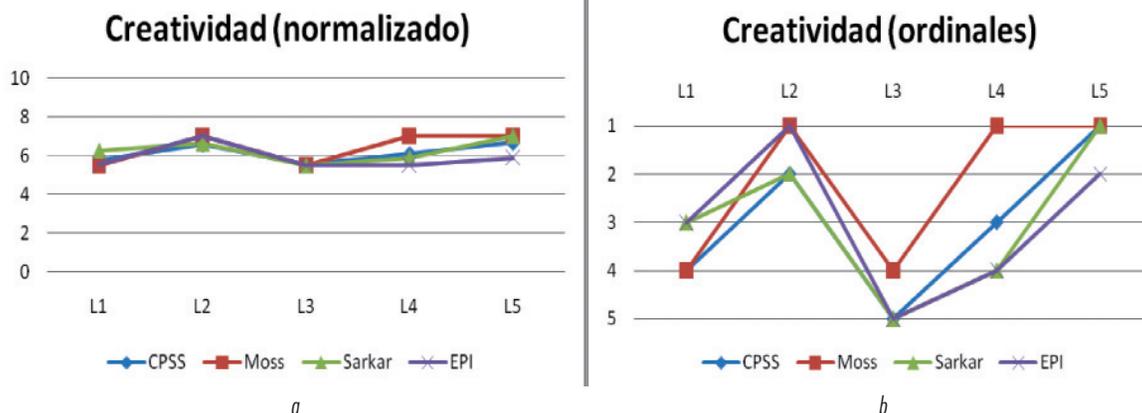


Figura 4: Valores de creatividad normalizados (a) y ordenados (b)

Si comparamos los valores normalizados proporcionados por cada métrica con los resultados de referencia del CPSS, podemos ver que la diferencia media absoluta mínima, en cuanto a la novedad se refiere, la presenta la escala de Moss (0,57), cercana a los 0,58 de la EPI, mientras que la escala de Sarkar y Chakrabarti se aleja un poco más (0,88). Sarkar y Chakrabarti, por el contrario, presenta unos valores más cercanos al valor de referencia, en su medida de la utilidad (0,56) y creatividad (0,23). La EPI se muestra igual de cercana cuando medimos la utilidad (0,56), pero se aleja más en términos de creatividad (0,41). Moss, por su parte, se

6. CONCLUSIONES

Como primera conclusión, se ha visto que las mejores evaluaciones de los parámetros se producen cuando se proporcionan valores ordinales de los mismos. Esto es, las diferencias medias son generalmente más bajas, cuando comparamos los valores ordenados proporcionados por las diferentes métricas con el valor de referencia de la CPSS. Sin embargo, los valores ordinales no permiten discernir las diferencias reales entre los diferentes modelos analizados. Por tanto, podríamos decir que un factor a considerar a la

Normalizados	Diferencias absolutas con CPSS					Suma de diferencias	Media de diferencias	Máximo - mínimo
	L1	L2	L3	L4	L5			
Moss								
Rareza	0,23	0,03	0,30	0,99	1,30	2,85	0,57	1,27
Utilidad	1,70	0,59	0,39	1,56	0,10	4,34	0,87	1,60
Creatividad	0,26	0,43	0,05	0,90	0,33	1,97	0,39	0,85
Sarkar								
Novedad	1,52	0,03	0,575	0,99	1,3	4,42	0,88	1,49
Utilidad	0,325	0,785	0,39	1,19	0,1	2,79	0,56	1,09
Creatividad	0,49	0,055	0,05	0,225	0,33	1,15	0,23	0,44
EPI								
Novedad	0,23	0,03	1,45	0,76	0,45	2,92	0,58	1,42
Utilidad	0,65	0,54	0,39	1,09	0,15	2,82	0,56	0,94
Creatividad	0,20	0,44	0,05	0,58	0,77	2,04	0,41	0,72

Tabla 6: Diferencias absolutas de los valores normalizados proporcionados por las diferentes métricas con el valor de referencia de la CPSS

Ordenados	Diferencias absolutas con CPSS					Suma de diferencias	Media de diferencias	Máximo - mínimo
	L1	L2	L3	L4	L5			
Moss								
Rareza	0	0	1	0	1	2,00	0,40	1,00
Utilidad	1	0	0	2	0	3,00	0,60	2,00
Creatividad	0	1	1	2	0	4,00	0,80	2,00
Sarkar								
Novedad	2	0	0	0	1	3,00	0,60	2,00
Utilidad	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Creatividad	1	0	0	1	0	2,00	0,40	1,00
EPI								
Novedad	2	0	0	0	1	3,00	0,60	2,00
Utilidad	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Creatividad	1	1	0	1	1	4,00	0,80	1,00

Tabla 7: Diferencias absolutas de los valores ordenados proporcionados por las diferentes métricas con el valor de referencia de la CPSS

hora de establecer una métrica para la creatividad óptima es el mejorar su propiedad cuantitativa. Las escalas cuantitativas, además de ser necesarias para determinar el grado exacto de creatividad de un producto, en un conjunto global de productos, también son necesarias para un mejor tratamiento estadístico de los datos resultantes.

Otro problema detectado en las métricas de un solo evaluador es la subjetividad. La subjetividad, en estos casos, se presenta como un factor difícil de eliminar completamente. Los evaluadores están influenciados por sus gustos personales, la sociedad, su cultura y su conocimiento adquirido. En las tres métricas analizadas, por mucho que sus autores han intentado minimizar la subjetividad

por diferentes medios (modelos comparativos, puntos de referencia, escalas estandarizadas...), no han logrado el objetivo de eliminarla totalmente, desde el momento en que varios evaluadores aislados pueden llegar a presentar resultados diferentes. Por tanto, otro factor a tener en cuenta para la optimización de las métricas de creatividad, es la eliminación total de la subjetividad.

Por otro lado, si nos fijamos en los resultados proporcionados por las diferentes métricas, comparadas con los valores de referencia proporcionados por la CPSS, la escala que ha logrado los valores de creatividad más similares, ha sido la de Sarkar y Chakrabarti - tanto si comparamos los valores normalizados como los ordenados. Esta escala

ha proporcionado también el mejor resultado de similitud en términos de utilidad, sin embargo no han sido tan buenos en cuanto a novedad, sobre todo al considerar los valores normalizados. Esto puede ser debido a que la escala de Sarkar y Chakrabarti era originariamente ordenada. Futuros trabajos apuntan hacia la elaboración de una escala cardinal basada en la métrica de Sarkar y Chakrabarti principalmente, mejorando los saltos entre los diferentes valores, sobre todo en el caso de la novedad.

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Plan de promoción de la Universitat Jaume I por la financiación parcial del trabajo realizado, a través de los proyectos “Estimulación y evaluación de la creatividad en el diseño de productos de equipos de diseño distribuidos” con referencia P1-1B2010-51 y “Determinación de la influencia de métodos creativos en el proceso de diseño y del grado de novedad y utilidad de las soluciones” con referencia P1-1A2008-04.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Ahrens DF. "A study of educational achievement in relation to creative thinking abilities and intellectual ability". Ed. Dissertation. Urbana, Illinois, University of Illinois, 1962.
- Anderson DN. "An experimental evaluation of two methods for developing creative problem solving abilities in an industrial arts course". PhD Thesis. Minneapolis, Minnesota, University of Minnesota, 1963.
- Besemer SP. "Creative product analysis matrix: Testing the model structure and a comparison among products -- three novel chairs". *Creativity Research Journal*. 1998 Vol.11-4, p. 333 - 46.
- Besemer SP. "Using the Creative Product Semantic Scale as a Metric in Concept Evaluation, Improvement and Selection". En PDMA International Conference, Orlando, Florida, October 2007.
- Besemer SP, O'Quin K. "The development, reliability and validity of the revised creative product semantic scale". *Creativity Research Journal*. 1989 -2, p. 268-79.
- Chakrabarti A, Sarkar P, Leelavathamma B, et al. "A functional representation for aiding biomimetic and artificial inspiration of new ideas". *Artificial intelligence for engineering design, analysis and manufacturing (AIEDAM)*. 2005 Vol.19, p. 113-32.
- Chaur J, Lloveras J. *Valoración de la creatividad en el desarrollo de nuevos productos*. En VII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Bilbao, Octubre, 2003. ISBN:84-9769-037-0.
- Christiaans HHCM. Creativity as a Design Criterion. *Creativity Research Journal*. 2002 Vol.14-1, p. 41-54
- Chulvi V, Martínez-Mañas B, Baquero M, Herráiz S, Vidal R. *Métricas para la creatividad, y su enfoque para la enseñanza en las universidades*. En XIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Badajoz, 8-10 Julio, 2009. ISBN: 978-84-613-3497-1
- CIDEM. "Guía de gestión de la innovación. Parte 1: Diagnóstico". 2002.
- Corbalán-Berná FJ, Martínez-Zaragoza F, Donolo DS, et al. *Inteligencia Creativa: una medida cognitiva de la creatividad (CREA)* ed. T ediciones, Madrid, 2003. ISBN: 978-84-7174-753-2.
- Csikszentmihalyi M. *Creatividad. El flujo y la psicología del descubrimiento y la invención*. Paidós Transiciones, Barcelona, 1998. 510. ISBN: 8449305101
- Flowers J. "Online learning needs in technology education". *Journal of Technology Education*. 2001 Vol. 13, 1
- Garcia R, Calantone R. "A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review". *The Journal of Product Innovation Management*. 2002 Vol.19, p. 110-32.
- Guildford JP. Intelligence, creativity, and their educational implications. ed. RR Knapp, San Diego, 1968. OL5618028M
- Justel D, Arriaga E, Vidal R, Val E. "Diseño de un método para la evaluación del potencial innovador de un diseño conceptual". En X Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos (AEIPRO06), Valencia, 13-15 Septiembre 2006.
- Justel D, Arriaga E, Franco V, Vidal R, Val E. "Evaluation method for selecting innovative product concepts with greater potential marketing success" En 16th International Conference on Engineering Design (ICED07). Paris, August 2007, p.28-31.
- Justel D. "Metodología para la eco-innovación en el diseño para desensamblado de productos industriales", Programa de doctorado: Proyectos de innovación tecnológica en ingeniería del producto y del proceso (Universitat Jaume I), 2008.
- Kano N, Seraku N, Takahashi F, Tsuji S. "Attractive Quality and Must-Be Quality". *Hinshitsu: The Journal of the Japanese Society for Quality Control*. 1984, p. 39-48.
- Kurt MY. "The effect of a computer simulation activity versus a hands-on activity on product creativity in technology education". *Journal of Technology Education*. 2001 Vol.13-1, p. 31-43.
- López-Martínez O, Navarro-Lozano J. "Estudio comparativo entre medidas de creatividad: TTCT vs. CREA". *Anales de psicología*. 2008 Vol.24-1, p. 138-42.
- Moss J. *Measuring creative abilities in junior high school industrial arts*. Council on Industrial Arts Teacher Education, Washington, DC: American, 1966.
- OECD. "Oslo Manual. Guidelines for collecting and interpreting innovation data". 2005.
- O'Quin K, Besemer SP. Using the Creative Product Semantic Scale as a Metric for Results-Oriented Business. *Creativity and Innovation Management*, 2006 Vol. 15-1, p. 34-44
- Otis AS, Lennon. RT. *Otis-Lennon School Ability Test*. Harcourt Assessment, Inc, Hoboken, New Jersey 1995. ISBN-10: 0154610151
- Pascale P. "¿Dónde está la creatividad? Una aproximación al modelo de sistemas de Mihaly Csikszentmihalyi". *Arte, Individuo y Sociedad*. 2005 Vol.17, p. 61-84.
- Sarkar P. "Development Of A Support For Effective Concept Exploration To Enhance Creativity Of Engineering Designers", PhD Thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, 2007.
- Sarkar P, and Chakrabarti A. *Development of a Method for Assessing Design Creativity*, En: International Conference on Engineering Design (ICED07) Paris, France, 2007.
- Sarkar P, Chakrabarti A. *Studying engineering design creativity*. En: Proceedings of The International Workshop on Studying Design Creativity, Aix-en-Provence, France, March 2008.
- Sarkar P, and Chakrabarti A. *Assessing design creativity*. Design Studies, article in press, 2011
- Schumpeter J. Capitalism, socialism and democracy. Ed. Harper, (New York), 1942.
- Srinivasan V, Chakrabarti A. *Development of a Catalogue of Physical Laws and Effects Using SAPPhIRE Model*. En Design Creativity, Eds. Taura T, Nagai Y, 2010. ISBN 978-0-85729-223-0
- Srinivasan V, Chakrabarti A. "Investigating novelty-outcome relationships in engineering design". *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*. 2010, Vol. 24-2, p. 161-178.
- Stricker DR. "Perceptions of creativity in art, music and technology education", Ph.D. Thesis, University of Minnesota, 2008, 160 pages; id n°3318034
- Torrance EP. *Torrance test of creative thinking: Norms-Technical Manual*. MA: Ginn, Lexington, 1969.
- Ugalde-Albistegui M, Zurbano V. "Creatividad e innovación: nuevas ideas - viejos principios ". *DYNA Ingeniería e Industria*. 2009 Vol.84-2, p. 128-133.