

La transmisión visual de la información como estímulo cognitivo de los procesos creativos

Javier Rivera¹, Rosario Vidal^{2*}, Vicente Chulvi² y Joaquim Lloveras³

¹ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CLATEJ), Guadalajara (Jalisco, México)

² Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción. GRUPO GID. Universidad Jaume I (Castellón, España)

³ Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Cataluña (Barcelona, España)

Resumen: Las técnicas de vigilancia, inteligencia y prospección tecnológica buscan capturar, asimilar y aplicar el conocimiento, recurriéndose con gran frecuencia a los diagramas. Para conocer cómo la transferencia de conocimiento puede estimular o bloquear el proceso creativo se diseñó una investigación experimental, buscando analizar el estado de la técnica y aportar nuevos caminos para la manifestación visual del conocimiento para mejorar e incrementar la calidad y cantidad de respuestas individuales o colectivas en las diferentes etapas del proceso creativo. El impacto de los distintos tipos de diagramas se midió utilizando el test de inteligencia creativa CREA. Se ha obtenido que el diagrama de tipo conexión, que es el menos frecuente, presenta los mejores resultados para estimular la creatividad. El análisis de dos casos de aplicación para encontrar alternativas para el desarrollo de productos, procesos y servicios tecnológicos, corrobora los buenos resultados que se obtienen de la combinación del método Delphi, para efectuar la prospección tecnológica, y los mapas mentales como diagrama con estructuras de conexión.

Palabras clave: Proceso creativo; CREA; Delphi; mapa mental; generación de ideas; creatividad; diagramas; conocimiento.

Title: Visual transmission of information as cognitive stimulus of the creative process.

Abstract: Technological surveillance, intelligence and prospective techniques seek to capture, assimilate and apply knowledge, often making use of diagrams. An experimental study was set up to learn how knowledge transfer can stimulate or obstruct the creative process. The state of the art was assessed, and new ways to visually represent knowledge and increment the quality and quantity of individual and collective inputs throughout the different stages of the creative process were sought. The impact of the different types of diagrams was measured using the CREA creative intelligence test. The connection type diagram, which is the least frequent, was found to yield the better results in terms of creativity stimulation. The analysis of two case studies to find alternatives for the development of products, processes and technology services confirms the good results obtained by combining the Delphi method (for prospective purposes), and mental maps as instances of diagrams with a connected structure.

Key words: Creative process; CREA; Delphi; mind map; idea generation; creativity; diagrams; knowledge.

Introducción

El conocimiento es uno de los elementos estratégicos de mayor importancia. Su búsqueda, generación, gestión, uso y explotación son temas recurrentes debido a su relevancia e impacto directo en la innovación tecnológica de productos, procesos y servicios, así como en el desarrollo de muchas de las estrategias de gobierno, industriales y de investigación y desarrollo. En este artículo, la atención en el campo del conocimiento se centra en investigar la influencia de su transmisión como estímulo cognoscitivo de los procesos creativos.

Para Davenport y Prusak (1998) el conocimiento es una mezcla de experiencia, valores, información y “saber hacer” que sirve como marco para la incorporación de nuevas experiencias e información, y es útil para la acción. Las personas son los verdaderos poseedores, portadores y colaboradores activos del conocimiento. El conocimiento se deriva de la información, así como la información se deriva de los datos. La conversión de la información en conocimiento radica en la importancia que tienen los propios datos (códigos), su extracción (canales) y su aprovechamiento para la transformación interna de los individuos (decodificación), que a su vez impacta en las organizaciones y las culturas. Así mismo, se tiene la convicción que cuanto más datos del exterior se obtengan (extracción), mayor oportunidad de interpretación (decodificación) y acción se tendrá para transformar el pro-

pio mundo exterior, sin olvidar que el conocimiento no se descubre, sino se adquiere en el proceso.

De la claridad interpretativa de esta información, dependerá en gran medida la transferencia y asimilación del conocimiento a nivel cognoscitivo en los individuos receptores (usuarios del conocimiento), y por consecuencia en la calidad e impacto de sus recomendaciones y/o soluciones a los problemas analizados.

Se han desarrollado herramientas y métodos para buscar el conocimiento existente, tanto en los individuos como en el entorno, ya que la utilización de estos conocimientos representa un arma estratégica para poder solucionar problemas; innovar en productos, procesos y/o servicios; y en incrementar la competitividad y el posicionamiento de las empresas, instituciones y/o países en una economía global. La presente investigación se ha centrado en el método Delphi, aunque hubiera podido efectuarse sobre cualquier otra de las diferentes técnicas de vigilancia, inteligencia y prospección tecnológica que buscan capturar, asimilar y aplicar el conocimiento -pasado, presente y visión de futuro- (Gordon y Glenn, 2003).

Normalmente la captura para transferir el conocimiento se realiza por medios visuales (Hoffman, 2000), siendo los diagramas los más comunes. Con ellos se busca caracterizar el conocimiento de forma visible, clara, breve y de una forma lógica, evitando anotaciones excesivas, repetitivas y confusas para facilitar la interpretación al receptor del conocimiento.

Por otra parte, aunque la definición conceptual de la creatividad resulte una tarea imposible, en nuestra investigación se ha adoptado la aproximación dada por el profesor Corbalán (2008) “como la capacidad de utilizar la información y

* Dirección para correspondencia [Correspondence address]: Rosario Vidal. Av. Sos Baynat, s/n, 12071 Castellón de la Plana (España). E-mail: vidal@emc.uji.es

los conocimientos de forma nueva, y de encontrar soluciones divergentes para los problemas". Para medir el impacto que la comunicación visual de los resultados obtenidos en los procesos de búsqueda de información tiene sobre el proceso creativo se ha utilizado el Test CREA, "Inteligencia creativa, una medida cognitiva de la creatividad" (Corbalán et al, 2003), basado en la hipótesis de que es posible encontrar una dimensión cognitiva que se comporte de manera estable en los sujetos, que sea susceptible de medición cuantitativa, y que actúe como indicador de las pruebas abiertas de creatividad.

En este artículo se presentan los resultados de la clasificación -en base a la meta-taxonomía de Blackwell y Engelhardt (2002)- de los diagramas utilizados en los resultados de estudios de prospección que utilizan el método Delphi. Con estos resultados se han elaborado cuatro diferentes diagramas para estimar cualitativamente cómo estimulan o bloquean la generación de ideas. Finalmente, se presentan dos casos, en los que se buscan nuevas soluciones para el desarrollo de productos, procesos y servicios tecnológicos, en donde se muestra la ventaja de utilizar combinadamente el método Delphi y los mapas mentales como herramienta de comunicación de la información.

Método

Objetivos

De la claridad del conocimiento expresado y de la semiótica de los signos utilizados dependerá la facilidad o dificultad de comunicar, traducir y asimilar el conocimiento a nivel cognitivo. Para indagar en ello, se diseñó una investigación experimental, buscando analizar el estado de la técnica y aportar nuevos caminos para la manifestación gráfica del conocimiento y para que por medio de ella se mejore e incremente la calidad y cantidad de respuestas individuales o colectivas en las diferentes etapas del proceso creativo sistémico que comprende las siguientes etapas: preparación-incubación-intuición-desarrollo (Csikszentmihalyi, 1998).

La comunicación visual de los resultados obtenidos en los procesos de búsqueda de información -en especial los diagramas-, varían en su estructura, en los elementos que utilizan, en el estilo y en la forma de traducir la información. En base a esta diversidad y su posible diferente impacto en los procesos creativos se decidió clasificar los diagramas resultantes de los estudios Delphi para responder a las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuáles son sus estructuras?
2. ¿Cuáles son los componentes que utilizan los diagramas?
3. ¿Qué estilo utilizan los diagramas?
4. ¿Qué tipo de conocimiento contienen?
5. ¿Estimulan los procesos creativos de los receptores?

El método DELPHI

El método Delphi, cuyo nombre se inspira en el antiguo oráculo de Delphos, fue ideado a mediados del siglo XX en el Centro de Investigación Estadounidense RAND, y sus primeras publicaciones datan de los años sesenta (Dalkey y Helmer, 1963). Delphi es un canal de comunicación grupal donde se estudian de forma ordenada problemas complejos; donde a través del consenso de expertos se llega a dar opiniones y recomendaciones.

Su funcionamiento se basa en la elaboración de un cuestionario que ha de ser contestado por los expertos. Una vez recibida la información, se vuelve a realizar otro cuestionario basado en el anterior para ser contestado de nuevo. Finalmente el responsable del estudio elaborará sus conclusiones a partir de la explotación estadística de los datos obtenidos. En los últimos años su uso se ha revalorizado fuertemente, debido a los avances y facilidades de implementación que ofrecen las tecnologías de la información y la comunicación.

Es una herramienta de prospección tecnológica, en este sentido, permite establecer con claridad qué rumbo (enfoco) debe tener una tecnología basándose en su impacto, madurez y valor social o tecnológico.

Un aspecto igual de importante, pero poco recurrente, es el uso que se le da como instrumento para la generación de ideas (Delbecq, Van de Ven y Gustafson, 1975) y que es foco de atención en este artículo, así como las tipologías que se utilicen para procesar e interpretar la información que se genera de tal forma que su influencia sea máxima en los procesos creativos.

Clasificación de los diagramas

En la presente investigación la clasificación de los diagramas se efectúa en base a la meta-taxonomía para la representación de diagramas defendida por Blackwell y Engelhardt (2002), en la que establecen nueve puntos o factores principales en los que pueden variar los diagramas, agrupados todos ellos en cuatro bloques principales.

El primer bloque se refiere a los elementos o signos que componen un diagrama. Estos elementos se clasifican en: básicos, convencionales o abstracciones pictóricas (Figura 1), que representan los tres primeros factores principales de la taxonomía de Blackwell y Engelhardt. A su vez, los básicos se clasifican en primitivos y caracterizados; los convencionales en palabras, siluetas e imágenes; las abstracciones pictóricas, en iconos, símbolos, índices y logotipos. En un icono el significante reproduce de la manera más fiel posible el significado, el símbolo presenta un vínculo rudimentario entre significado y significante, índice es un signo que se refiere al objeto que denota en virtud de estar efectivamente afectado por ese objeto, mientras que un logotipo es un elemento gráfico, verbo-visual o auditivo que identifica a una persona, empresa, institución o producto por asociación (Peirce, 2005).

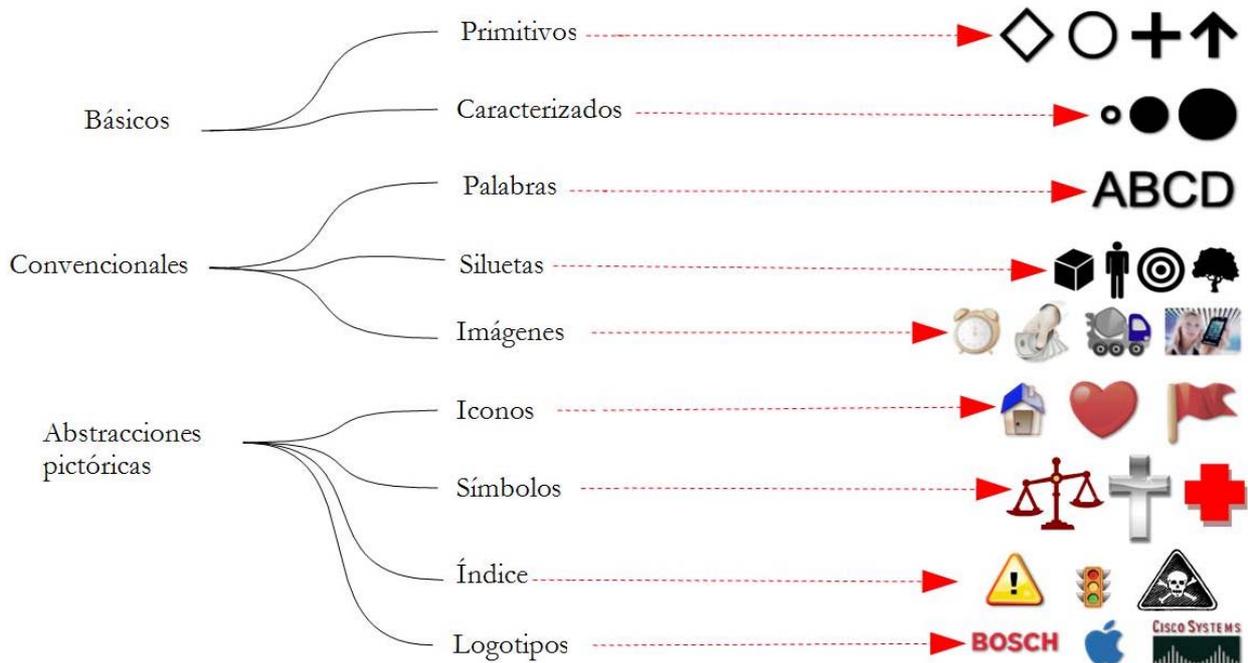


Figura 1: Elementos de los diagramas y ejemplos

El segundo bloque, que se corresponde con el cuarto factor principal de la tipología de los diagramas, es la estructura gráfica. El diagrama puede estar estructurado de los

siguientes modos: segmentación, ejes métricos, contención y conexión (Figura 2).

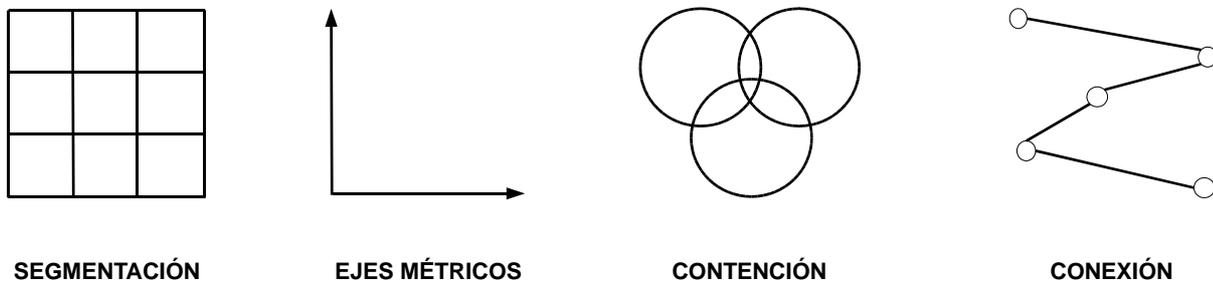


Figura 2: Tipos de estructuras gráficas.

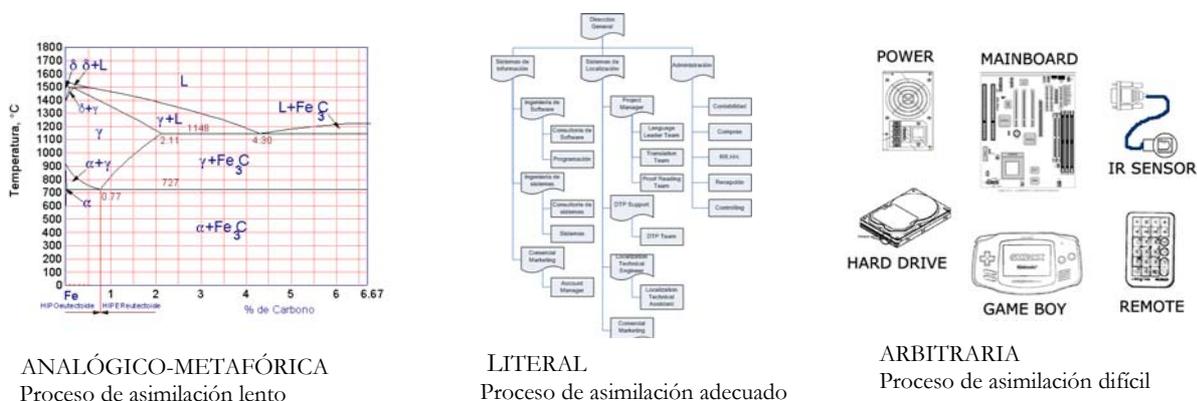
Estos cuatro factores principales determinan cómo se representa el diagrama en sí, mientras que su representación física se corresponde con los factores referentes a la codificación del conocimiento que se quiere expresar en el diagrama (modo de correspondencia), y a la aplicación del mismo (representación de la información). Estos dos parámetros componen el tercer bloque. La codificación del conocimiento puede darse a su vez de forma analógica-metafórica, literal o arbitraria (Figura 3), y su aplicación puede ser directa o indirecta.

El cuarto y último bloque de la taxonomía para la representación de diagramas defendida de Blackwell y Engelhardt comprende los tres últimos factores principales, que consisten en la propia tarea o interacción del usuario del diagrama con el mismo, el proceso cognitivo que pasa por la mente de

dicho usuario para interpretar el diagrama, y el contexto social en que el usuario va a aplicar el conocimiento interpretado del diagrama. Con estos nueve factores se completa el proceso de transmisión de información diagrama-usuario, tal y cómo puede verse representado en la Figura 4.

Experimentación

Para responder a los interrogantes planteados y estimar el impacto que la transmisión de información por medio de diagramas tiene en el proceso creativo se localizaron vía Internet 31 estudios realizados con el método Delphi, que en total contienen 431 diagramas. Posteriormente, el trabajo experimental se dividió en cinco fases:



ANALÓGICO-METAFÓRICA
Proceso de asimilación lento

LITERAL
Proceso de asimilación adecuado

ARBITRARIA
Proceso de asimilación difícil

Figura 3: Estilo de los diagramas.

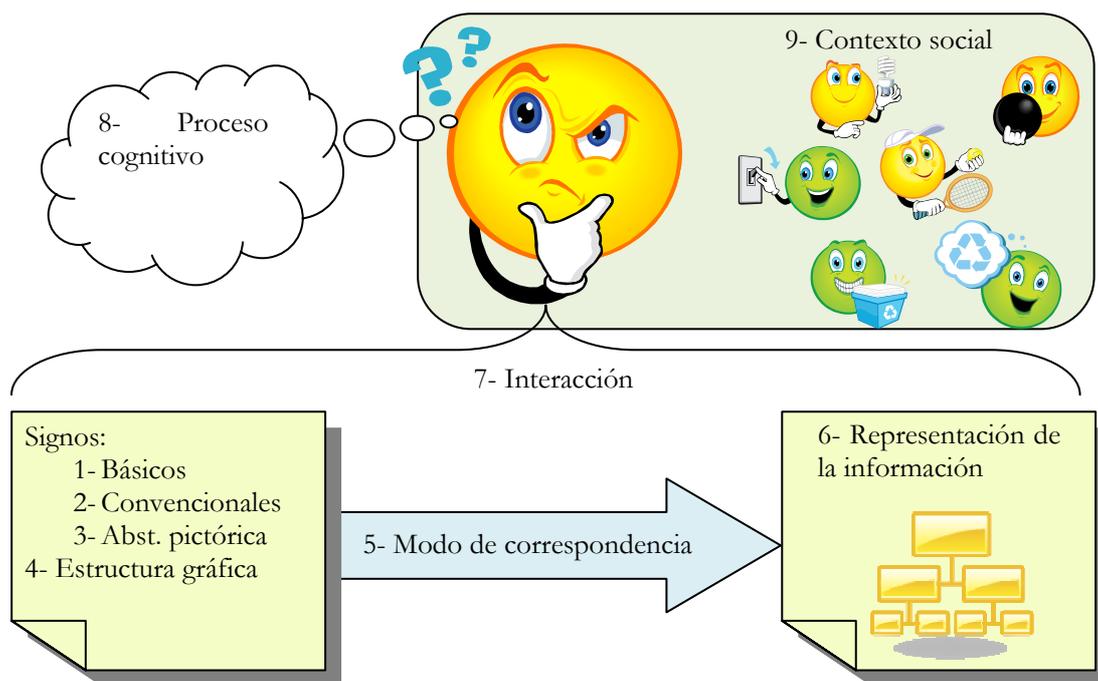


Figura 4: Representación de los aspectos relativos al contexto del diagrama basada en la taxonomía de Blackwell y Engelhardt (2002).

- *Primera fase:* para dar respuesta a las interrogantes 1, 2, 3 y 4, se revisó cada uno de los diagramas localizados (431) en los diferentes estudios Delphi (31), a fin de clasificarlos en cuanto a estructura y componentes, así como el estilo y el tipo de mensaje, siguiendo la guía de los patrones identificados. Se capturó la información en una matriz; se contabilizaron y ponderaron los resultados (Figura 5).
- *Segunda fase:* con la información ponderada se generaron cuatro diferentes diagramas para analizar los resultados. Los diagramas contienen la misma información pero tienen distinta estructura (Figura 2). Así mismo, se determinó

- utilizarlos como herramienta base para responder al interrogante restante (número 5) durante la tercera fase.
- *Tercera fase:* se adaptaron e implementaron cuatro variantes del test de "inteligencia creativa", siguiendo el principio y la mecánica del test desarrollado por Corbalán (2003), el cual se caracteriza por determinar el nivel de creatividad al medir la cantidad de preguntas generadas al ver un diagrama en un lapso de cuatro minutos. Estos test adaptados se aplicaron a un grupo piloto de doce personas, investigadores mexicanos de quienes ya se tenía su baremo en cuanto a inteligencia creativa se refiere.

Tabla 1: Fuentes de los datos de la Figura 5.

| Nº | Fuente |
|----|---|
| 1 | http://www.xn--saudelamujer-bhb.com/minisite/presenta.asp |
| 2 | Fundación de Ciencias del Medicamento y Productos Sanitarios (2008) |
| 3 | Fundación Salud Innovación Sociedad, Fundación Fernando Albert Martorell (2001) |
| 4 | Pallas y Peiró (2004) |
| 5 | http://www.jubilo.es//imagenes/pdf/estadobienestar18.pdf |
| 6 | Cubeles y Rué (2002) |
| 7 | http://www.cprcieza.net/salud/materiales/informe_delphi.pdf |
| 8 | http://www.mityc.es/NR/rdonlyres/B5F4DBCB-4A1A-40E8-91D1-167E2E9A112A/0/5EnricJulia.pdf |
| 9 | Orts Cortés et al. (1999) |
| 10 | http://www.scsmt.cat/scsmt/text_complert/2002_n.2.originals.2.pdf |
| 11 | http://www.jrc.es/home/report/spanish/articles/vol80/TEC1S806.htm |
| 12 | http://www.web.guni2005.upc.es/media/000000000/0000000079.pdf |
| 13 | http://www.institutozambondolor.com/espicompleta.pdf |
| 14 | http://www.mtas.es/insht/revista/A_24_ST02.htm |
| 15 | http://www.turismo.uma.es/turitec2002/actas/Microsoft%20Word%20-%202028.CORRO.pdf |
| 16 | Schwartzman (2001) |
| 17 | Ludwig y Starr (2004) |
| 18 | http://www.mines.edu/research/cee/ASEE03_delphi_paper.pdf |
| 19 | http://www.geoleadership.com/executive_summary_delphi_study_results_sheridan_june_2005.pdf |
| 20 | Nikoleris et al. (2002) |
| 21 | http://www.cscconline.org/documents/fesp/ephf_australia.pdf |
| 22 | Wilson (2000) |
| 23 | Farmer (1998) |
| 24 | http://www.lib.murdoch.edu.au/adt/pubfiles/adt-MU20041201.150257/05Chapter4.pdf |
| 25 | http://www.ilta.ne/presentations/session1/31_smoebis_NCI_BI_guidebooks.ppt |
| 26 | http://www.fbiw.hu-berlin.de/startseite/aktuelles_e/deteien/delphi-abschlussbericht-e-ende.pdf |
| 27 | http://oregonstate.edu/dept/ag-ed/wrae/proceedings/papers/Lawver,Barton,Akers,Smith,Fraze.pdf |
| 28 | Chin and Kon (2003) |
| 29 | http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/pro-futman-doc4-transformation-processes-report-15-403.pdf |
| 30 | http://madrimasd.org/tic/Seleccion/Downloads_GetFile.aspx?id=5695 |
| 31 | http://www.nistep.go.jp |

Impacto de los diagramas en el proceso creativo

Con los resultados del análisis se desarrollaron cuatro diagramas que se utilizaron para la generación de cuatro variantes del test de inteligencia creativa desarrollado por Corbalán (2003). Las características de los diagramas-test elaborados fueron:

- *Diagrama-test A*: estructura segmentada, elementos tipo palabras y con información mixta (Tabla 2), como es el caso de una tabla.

- *Diagrama-test B*: diagramas con estructura tipo contención, con elementos básicos, caracterizados, palabras e información cuantitativa (Figura 6), como es un gráfico circular.

- *Diagrama-test C*: estructura tipo ejes métricos, con elementos caracterizados, palabras y básicos e información cuantitativa (Figura 7).

- *Diagrama-test D*: estructura de conexión, con diversos elementos (primitivos, palabras, básicos, imágenes, iconos, símbolos e índices) e información mixta (Figura 8), como es un mapa mental.

Tabla 2: Diagrama test-A, estructura tipo segmentación.

| Descripción | Niveles | % de uso |
|--|--|----------|
| Estructura de los diagramas en estudios Delphi | Estructura tipo segmentación | 54.5% |
| | Estructura tipo ejes métricos | 36.1% |
| | Estructura tipo contención | 12.3% |
| | Estructura tipo conexión | 3.1% |
| | Sin estructura | 4.8% |
| Componentes utilizados en los diagramas de estudios Delphi | Primitivos | 6.3% |
| | Caracterizados | 39.0% |
| | Palabras | 99.5% |
| | Siluetas | 0.2% |
| | Imágenes | 0.2% |
| | Iconos | 0.0% |
| | Símbolos | 0.0% |
| | Índice | 3.9% |
| | Logotipos | 0.0% |
| | Estilos utilizados en los diagramas de estudios Delphi | Literal |
| Analógico / metafórico | | 49.4% |
| Arbitrario | | 1.9% |
| Tipo de información que contienen los diagramas de los estudios Delphi | Cuantitativa | 26.6% |
| | Cualitativa | 28.1% |
| | Mixta | 45.3% |

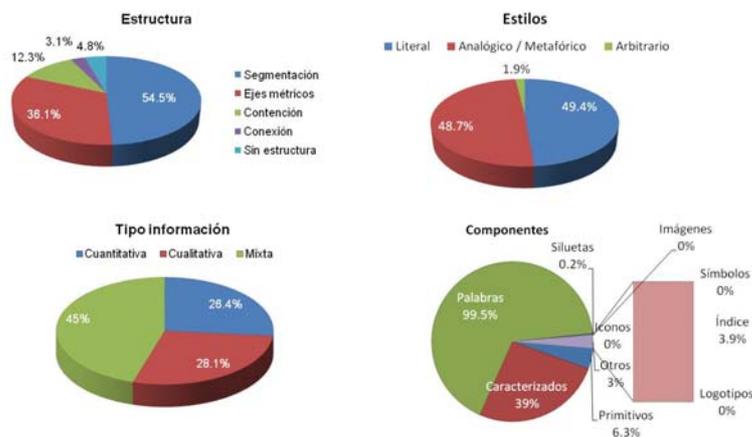


Figura 6: Diagrama Test-B, estructura tipo contención.

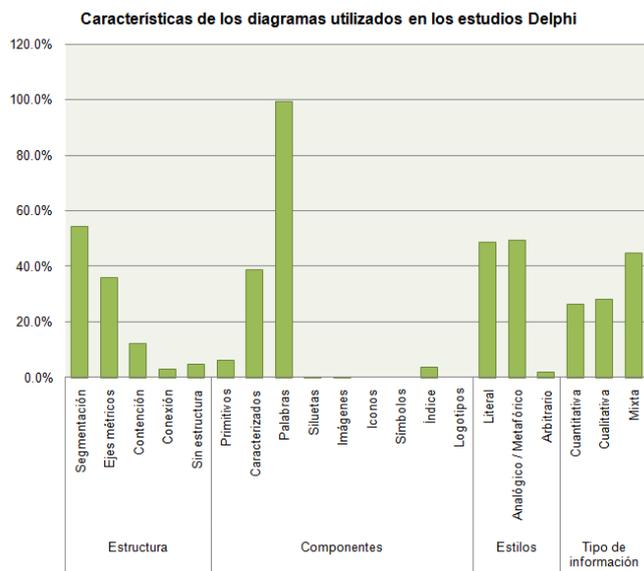


Figura 7: Diagrama Test-C, estructura tipo ejes métricos.

Estos cuatro diagramas son la base para elaborar con cada uno de ellos un test de creatividad siguiendo los mismos patrones que el método CREA. Antes del diagrama se adjuntaron (y explicaron) las instrucciones, solicitando que en base a la visualización del diagrama formulen en un tiempo acotado de 4 minutos el mayor número de preguntas posible.

Estos cuatro test se aplicaron al azar sobre un grupo piloto de doce personas, aplicándose cada test a tres personas diferentes. Previamente ya se había aplicado el test de creatividad CREA, utilizando la figura B como opción, para aplicarse a todos los componentes del grupo piloto. Se trata de un diagrama con abstracciones pictóricas que se puede considerar como una estructura analógico-metafórica.

Dado el pequeño tamaño de la muestra, el análisis sólo pudo ser cualitativo, pero nos permitió, al comparar las dos aplicaciones de los test, estimar el impacto a nivel cognitivo que puede tener la codificación del conocimiento a través de un elemento visual y su efecto en el proceso creativo.

Dado que en la segunda aplicación del test no es posible calcular los centiles, se ha calculado para cada persona la diferencia entre el número de preguntas formuladas en la segunda aplicación del test (test A-D) y la primera aplicación (figura B del test CREA). Un valor positivo indica que se han obtenido más preguntas con esta segunda aplicación. En la Figura 9 se ha representado el valor mínimo y el valor máximo de la diferencia de respuestas unidos con una línea vertical y el valor medio representado por una cruz.

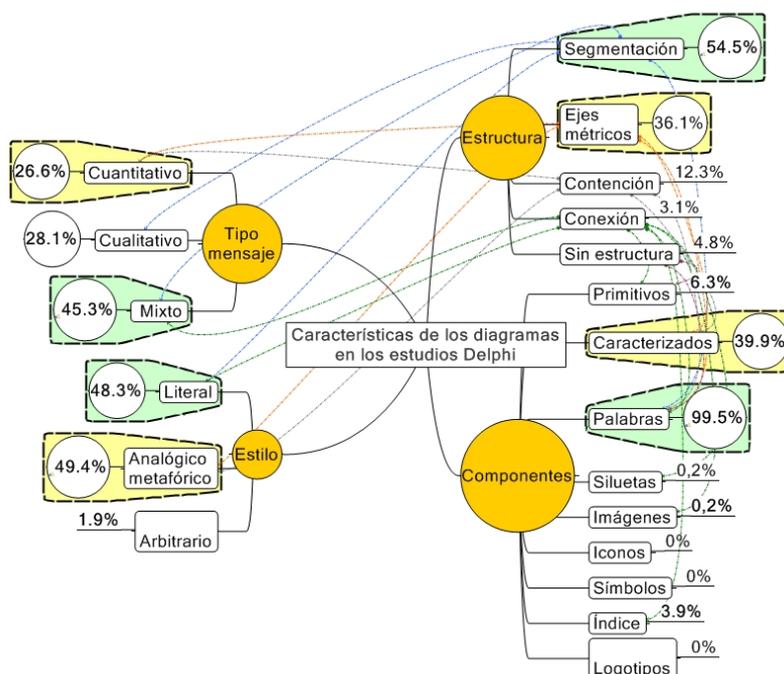


Figura 8: Diagrama Test-D, estructura tipo conexión.

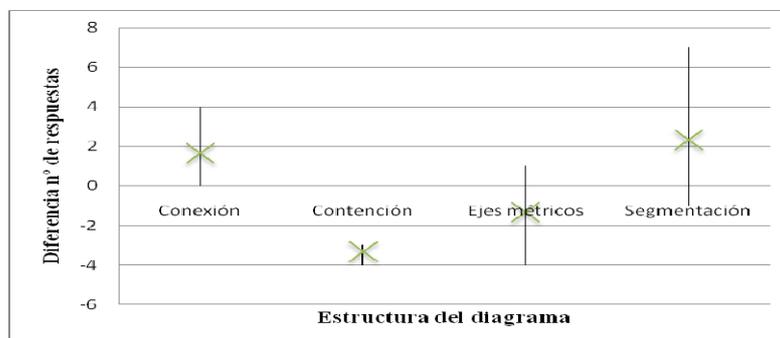


Figura 9: Impacto en la creatividad de la estructura del diagrama

En base a estos resultados, el diagrama de tipo conexión presenta los mejores resultados para estimular la creatividad, sin embargo, las estructuras de conexión son las menos utilizadas para transmitir información (sólo 3.1%). Más variable es el estímulo que los diagramas de segmentación pueden ejercer sobre la creatividad. Por el contrario, existe un claro bloqueo de la creatividad en la estructura de tipo contención, diagramas que son más comúnmente utilizados (12.3%) que los de conexión, y no existe empeoramiento o mejoramiento evidente en la estructura de ejes métricos.

Un tipo de diagrama de conexión son los mapas mentales, que fueron desarrollados por Tony Buzan (1996) a mediados de los noventa. Se utilizan para representar las palabras, ideas, tareas, u otros conceptos ligados y dispuestos radialmente alrededor de una palabra clave o de una idea central. Son una excelente herramienta que aporta estructuras directas a los procesos cognitivos, permitiendo desarro-

llar de manera casi simultánea la implementación en las fases del proceso creativo. Otros tipos de diagramas de conexión son los mapas conceptuales, organigramas, árboles de objetivos, etc.

Casos de aplicación

En base a los buenos resultados de los diagramas de conexión para la transmisión de los resultados de la búsqueda de información, se muestran dos casos de aplicación en los que se han combinando el método Delphi y los mapas mentales. Ambos se han desarrollado en el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ), centro público de investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT). Han participado un total de 31 personas, entre ingenieros, químicos y biotecnólogos (Rivera 2009).

En los dos casos de aplicación, el objetivo planteado fue el de encontrar nuevas alternativas de solución o conceptos para el desarrollo de productos, procesos y servicios tecnológicos, siempre con una visión para su desarrollo en el mediano o largo plazo (visión de futuro):

Caso 1 - Piloncillo (azúcar moscabada): es un producto comercial base de un gran número de agroindustrias mexicanas (PY-MEs) del sector caña-azúcar, a las que comúnmente se le denomina trapiches. Esta industria desde hace varios años tiene grandes problemas por los bajos precios del azúcar a nivel internacional y por los altos costos de producción locales y prácticas laborales onerosas. Otro aspecto relevante, y por el cual se planteó la búsqueda de nuevas soluciones de aplicación, es la nula evolución de este producto en décadas.

Caso 2 - Astaxantina de yucca: es un pigmento rojo que actualmente se utiliza para dar color al salmón y a los langostinos (en cautiverio). Químicamente, es similar al β -caroteno (encontrado en las zanahorias) y a la vitamina A. Es un compuesto que normalmente se extrae de las algas marinas, pero en últimas fechas es obtenido por vía sintética, aspecto que ha traído la disminución de sus ventas en los mercados internacionales por la diferencia de precios entre el producto desarrollado con compuestos sintéticos y por el obtenido por vía natural.

Para los dos casos de aplicación se diseñó una metodología estructurada en dos grandes etapas (Figura 10).

Etapa I. Diseñada para obtener de los expertos un listado de cualidades, propiedades y características del producto analizado. La etapa fue dividida en cuatro fases:

- *Ejecución e interacción:* fase donde se procede a distribuir los cuestionarios e iniciar la interacción entre los organizadores (monitores) y los expertos participantes. Se utilizaron como medios el e-mail y la plataforma Web.
- *Opinión de expertos:* fase donde los expertos tienen el tiempo suficiente para revisar las preguntas, estructurar sus ideas y respuestas a los diferentes cuestionarios. La comunicación se da en línea, pero con una estructura asíncrona, buscando facilitar la participación de los expertos. Se empleó una plataforma Web con acceso personalizado.
- *Registro de opiniones.* A los expertos se les facilita un medio de comunicación en ambiente Web con acceso directo a

una base de datos donde se almacenan cada una de sus respuestas a los diferentes cuestionarios o preguntas.

- *Interpretación:* fase donde los monitores codifican los resultados de cada una de las rondas (texto) en mapas mentales, para posteriormente enviarlos a los expertos para su retroalimentación o utilización como base para las siguientes rondas.

En esta primera etapa se lanzaron tres cuestionarios con sus respectivas retroalimentaciones. El primer cuestionario fue sobre las principales características del producto, el segundo cuestionario fue sobre factores significativos para el éxito en el mercado y el tercer cuestionario sobre ideas útiles para la prospección (Figura 11). Para la transmisión del conocimiento entre rondas se utilizaron mapas mentales (diagramas de conexión):

Etapa II. Estructurada para validar, respaldar e incrementar el conocimiento de las aportaciones realizadas por los expertos en la etapa I. Esta etapa la realizaron el grupo de monitores y se dividió en cuatro fases:

- *Listado final de la etapa I:* fase donde toda la información generada en las diferentes rondas y registrada tanto en la base de datos como en los mapas mentales se concentra en un mapa final de todas las cualidades, propiedades o características del producto detectadas por los expertos en la etapa I.
- *Búsqueda de información* (web, bases de datos estructuradas y no estructuradas, bibliotecas, otros expertos, etc.) que permita validar, respaldar e incrementar el conocimiento generado en la etapa I.
- *Listado final Delphi + ITC:* fase donde se genera un “meta” mapa mental que concentra toda la información de las cualidades, propiedades y características detectadas en la etapa I, y que se validaron e incrementaron por medio de la búsqueda de información de esta segunda etapa.
- *Desarrollo de alternativas:* en esta fase se generan las ideas conceptuales de las posibles soluciones al problema planteado inicialmente. La conceptualización parte del análisis y síntesis de toda la información concentrada en el “meta” mapa mental generado en la fase anterior.

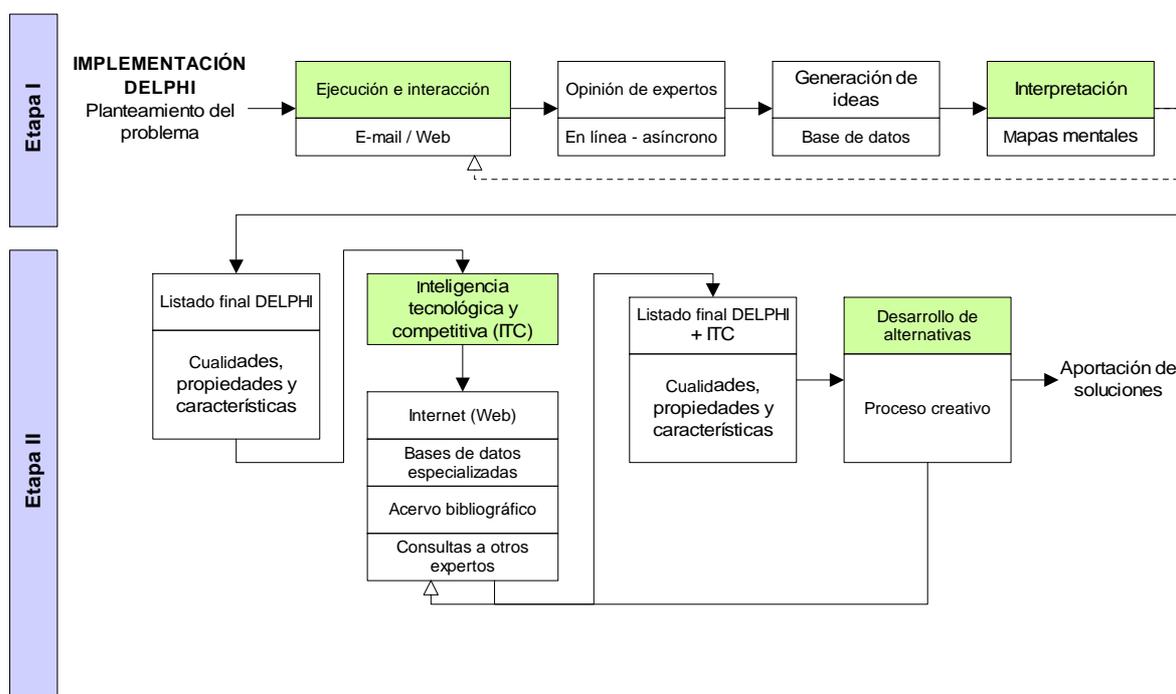


Figura 10: Metodología de los casos de aplicación.

La combinación de los métodos Delphi (prospección tecnológica) y los mapas mentales (diagramas de conexión) resultó ser muy ventajosa (Tabla 3). En el caso del piloncillo (caso 1), de tener inicialmente detectados cinco usos comerciales, al finalizar el experimento se identificaron 174. Además, se conceptualizaron 28 productos innovadores para cuatro áreas industriales del sector alimentario; se identificaron tres conceptos tecnológicos factibles de patentar, y una línea nueva de negocios para el sector de la caña de azúcar.

Los resultados del segundo caso (astaxantina) también fueron positivos, ya que de tener detectado un solo uso comercial en un sector industrial al inicio, cuando terminó el ejercicio se tenían detectados 40 usos comerciales en tres diferentes sectores. En la fase II se obtuvieron ocho nuevos productos innovadores para tres sectores industriales diferentes (alimentos, farmacéutico-cosmética y plásticos), y cuatro conceptos tecnológicos factibles de patentar.

Tabla 3: Resultados de los casos de aplicación.

| Caso | Etapa | Núm. de usos / aplicaciones | | |
|---------------------|----------|--|-----|---|
| Caso 1, piloncillo | ETAPA I | Inicio de ejercicio | 5 | Usos detectados |
| | | Estudio Delphi | 64 | Usos detectados |
| | ETAPA II | Actividades de inteligencia | 174 | Usos detectados |
| | | Aportaciones relevantes, procesos generación de ideas (resultados) | 28 | Productos innovadores para cuatro áreas industriales del sector alimentario |
| | | | 3 | Conceptos tecnológicos factibles de patentar |
| | 1 | Nueva línea de negocios detectada | | |
| Caso 2, astaxantina | ETAPA I | Inicio de ejercicio | 1 | Uso detectados |
| | | Estudio Delphi | 28 | Usos detectados |
| | ETAPA II | Actividades de inteligencia | 40 | Usos detectados |
| | | Aportaciones relevantes, procesos generación de ideas (resultados) | 8 | Productos innovadores para tres sectores industriales |
| | | | 4 | Conceptos tecnológicos factibles de patentar |

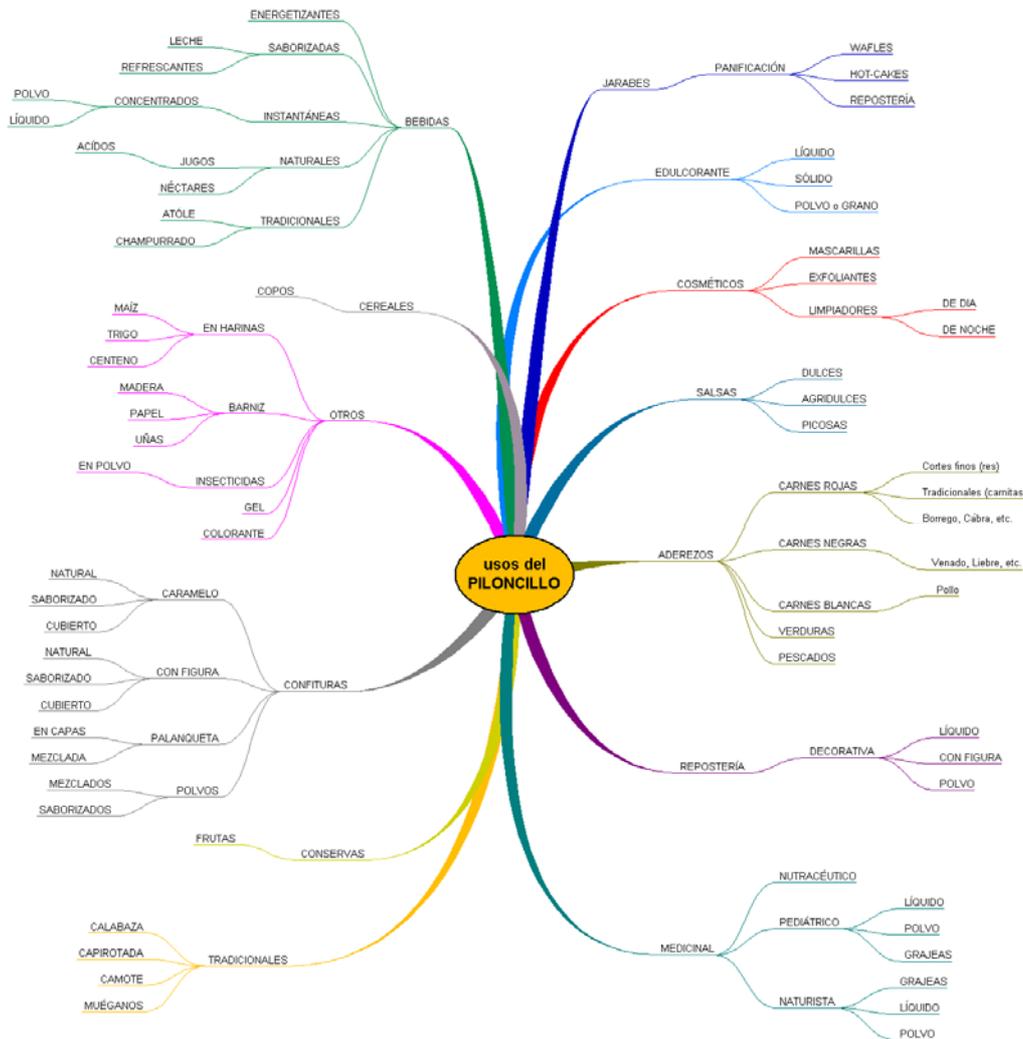


Figura 11: Mapa final de la etapa 1. Caso 1-piloncillo.

Conclusiones

Nos encontramos en la era de la información, pero no por ello hemos dejado de ser una civilización entregada a la imagen (Fulchignoni, 1972). Este factor nos obliga a revisar día a día los diferentes canales desarrollados para comunicar (vía no oral) nuestro propio conocimiento. En este sentido, toda herramienta que busque concentrar, codificar y transmitir el conocimiento por medios gráficos debe de evaluarse y determinarse si transfiere el conocimiento de forma efectiva. En especial, aquellas herramientas, métodos o sistemas enfocados al desarrollo de las “inteligencias” para la innovación.

En un entorno donde aflora una gran cantidad de información y por ende conocimiento, se hace relevante el uso de los elementos gráficos codificados de una forma adecuada para así prolongar, extender y asegurar el propio conocimiento-inteligencia que se plasma en ellos.

El diseñar estructuras de comunicación para nuestros ojos (Costa, 2003) de una forma adecuada (signos, canales, elementos, etcétera), puede asegurar que el conocimiento plasmado en ellos llegue de una forma adecuada a nuestro sistema cognitivo, permitiendo así el incremento de nuestro propio conocimiento sobre un ámbito o entorno determinado, aspecto que nos puede permitir estimular de forma más adecuada nuestros propios procesos creativos (Csikszentmihalyi, 1998).

En la investigación experimental se adaptaron e implementaron cuatro variantes del test CREA, siguiendo el principio y la mecánica del test desarrollado por Corbalán (2003), el cual se caracteriza por determinar el nivel de creatividad al medir la cantidad de preguntas generadas al ver un diagrama en un lapso de cuatro minutos. Estos test adaptados se aplicaron a un grupo piloto de doce personas, investigadores mexicanos de quienes ya se tenía su baremo en cuanto a inteligencia creativa se refiere.

Los resultados de este estudio indican que la codificación utilizada para procesar la información obtenida con la aplicación del método Delphi no suele ser la más adecuada para estimular el proceso creativo. La tipología de estructuras que se utilizan mayoritariamente (segmentación 54.5%, ejes métricos 36.1% y contención 12.3%) no estimulan lo suficiente o, en el peor de los casos, pueden bloquear o mermar el conocimiento-inteligencia.

Los buenos resultados de la combinación del método Delphi con los mapas mentales se corroboran en los dos casos de aplicación (piloncillo y astaxantina) para encontrar nuevas alternativas con una visión de futuro.

Ante esta situación se deben reestructurar los mecanismos de comunicación y el uso de sus elementos, buscando aprovechar y utilizar las que provoquen un mayor estímulo en los receptores. Es por ello recomendable que el método Delphi o cualquier otro método que se aplique en la vigilancia y prospección tecnológica se acompañe de diagramas de conexión, como son los mapas mentales, o incluso, de estructuras mixtas que incorporan estructuras de segmentación y de conexión.

La complementariedad del método Delphi con estructuras de comunicación visual de conexión (principalmente) y

segmentación para la representación de la información y la generación de nuevas ideas puede permitir:

- Ser un instrumento aun más poderoso.
- Concentrar el conocimiento-inteligencia generado en cada etapa y no sólo el que se plasma en los documentos finales.
- Puede marcar la diferencia entre conservar o perder el conocimiento manifestado durante todo el proceso.
- Aprovechar el “capital intelectual” de los participantes en el proceso.
- Convertirse en un instrumento que permita estimular los procesos creativos (preparación, incubación, intuición y evaluación) para generar una “inteligencia creativa” en los individuos responsables de la innovación de los productos, procesos o servicios tecnológicos en las áreas de ingeniería.

Agradecimientos.- La investigación presentada en este artículo fue subvencionada por el Ministerio de Educación y Ciencia (proyecto referencia DPI2006-15570-C02), dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2004-2007). Así mismo se agradece los recursos asignados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACyT) y la Fundación Carolina (España).

Referencias

- Blackwell, A. y Y. Engelhardt (2002). A meta-taxonomy for diagram research. En M. Anderson, B. Meyer y P. Olivier (Eds.), *Diagrammatic Representation and Reasoning*. Londres: Springer-Verlag.
- Buzan, T. (1996). *El libro de los mapas mentales*. Barcelona: Urano.
- Chin, K.L. and Kon, P.N.(2003). Key factors for a fully online e-learning mode: a delphi study. *Proceedings of the 20th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education (ASCILITE) Adelaide, Australia 7-10 December 2003*.
- Corbalán-Berná, F.J., Martínez-Zaragoza, F., Donolo, D.S., Alonso-Monreal, C., Tejerina-Arreal, M. y Limiñana-Gras, R.M. (2003). *CREA. Inteligencia creativa: Una medida cognitiva de la creatividad*. Madrid, España: Serie menor 306. Tea Ediciones.
- Corbalán-Berná, F.J. (2008). ¿De qué se habla cuando hablamos de creatividad?. *Cuadernos FHyCS-UN Ju*, Nro. 35:11-21. Universidad de Murcia.
- Costa, J. (2003). *Diseñar para los ojos*. La Paz, Bolivia: Grupo Editorial Design.
- Csikszentmihalyi, M. (1998). *Creatividad: el flujo y la psicología del descubrimiento y la invención*. Barcelona: Paidós.
- Cubeles, X. y Rué, E. (2002). *Estudio Delphi sobre la comercialización de libros a través del canal librería en España, Barcelona*. Confederación Española de Gremios y Asociaciones de Libreros
- Davenport, T. y L. Prusak (1998). *Working Knowledge. How organizations manage what they know*. Harvard: Harvard Business School Press.
- Dalkey, N. y O. Helmer (1963). An Experimental application of the Delphi method to use of expert. *Management Science*, 9 (3), 458-467.
- Delbecq, A., Van de Ven, A. y Gustafson, D. (1975). *Group techniques for program planning: A guide to nominal group and Delphi processes*. Illinois: Scott Foresman Company Glenview.
- Farmer, E.I. (1998). A Delphi study of research priorities in Tech Prep. *Journal of Vocational and Technical Education*, 15 (1).
- Fundación de Ciencias del Medicamento y Productos Sanitarios (2008). Estudio Delphi: Hepatitis C en Atención Primaria. *Economía de la salud*, 3, 158-136.
- Fundación Salud Innovación Sociedad, Fundación Fernando Albert Martorell (2001). *Desarrollo y sostenibilidad del SNS descentralizado*.
- Fulchignoni, E. (1972). *La Civilisation de L'Image*. Paris, Francia: Col. Petite Biblioteque Payot.
- Gordon, T. y Glenn, J. (2003). *Futures research methodology*. Millennium Project of the American Council for the United Nations University.
- Hoffman, D. (2000). *Visual intelligence: how we create what we see*. Nueva York: W. W. Norton.
- Ludwig, L. y Starr, S. (2004). Library as place: results of a delphi study. *Journal of the Medical Library Association*, 93(3), 315-326.
- Nikoleris, D., Arias, R. Y O'Connor, M. (2002). Initial Delphi study on process intensification technologies. *PI Technology Future*.
- Orts Cortés, M.I., Comet Cortés, P., Moreno Casbas, M.T, y Arribas, M.C.(1999). Identificación de las prioridades de investigación en enfermería en España: Estudio Delphi. *Enfermería Clínica*, 10 (1)
- Pallas, J.A. y Peiró, S. (2004). Consejo entre cirujanos. Manejo diagnóstico y terapéutico de los traumatismos abdominales. Un estudio Delphi. *Compumedicina.com*
- Peirce, C. (2005). El ícono, el índice y el símbolo. Traducción castellana de Sara Barrera. Fuente textual en CP 2.274-308.
- Rivera, J. (2009). *Generación y gestión de la innovación tecnológica: inteligencia creativa sistémica*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Schwartzman, S. (2001). The future of education in Latin America and the Caribbean. *Seventh Meeting of the Intergovernmental Regional Committee of the Major Project in the Field of Education in Latin America and the Caribbean*.
- Wilson, A. (2000). *National Delphi study on public health functions in australia*. National Public Health Partnership.

(Artículo recibido: 19-4-2010; revisado: 3-5-2010; aceptado: 4-5-2010)