

DIFERENCIAL SEMÁNTICO: UNA HERRAMIENTA AL SERVICIO DEL DISEÑO EMOCIONAL DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS

MONDRAGÓN DONÉS, Salvador; VERGARA MONEDERO, Margarita; COMPANY CALLEJA, Pedro

Universidad JAUME I Castelló, España.

Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción

mondrago@emc.uji.es vergara@emc.uji.es pcompany@emc.uji.es

RESUMEN

El consumidor actual de productos no valora únicamente su funcionalidad, usabilidad, seguridad y adecuado precio, sino también los sentimientos que le proporcionan. El diseño/ingeniería *emocional* se orienta a producir nuevos productos que satisfagan esos sentimientos.

El diferencial semántico (DS) es una técnica de diseño emocional que aporta información sobre las emociones que el objeto genera, obteniendo el valor connotativo y captando el significado afectivo que el usuario tiene de él. La mayor parte de las aplicaciones existentes del DS se centran en productos de consumo masivo; quizá porque a estos productos siempre se les ha exigido que proporcionen, además de funcionalidad, otros valores más ‘afectivos’ al usuario.

En este trabajo describimos la situación actual del DS, junto a una aplicación del mismo a un producto comercial destinado a profesionales: las máquinas herramienta. Se demuestra así su aplicabilidad a productos comerciales, que también son portadores de sentimientos para los usuarios. Se demuestra también que los sentimientos son diferentes para los diferentes perfiles de usuarios (usuario final, gestor de compra, técnicos especialistas). Finalmente, proponemos un método de análisis de datos orientado a permitir estudios con diferente nivel de detalle, porque permite una clasificación jerárquica de los adjetivos utilizados en estos estudios.

Palabras claves

Diferencial semántico, Diseño emocional, Herramientas, Análisis de conglomerados

ABSTRACT

The current products consumer does not uniquely put in valour its functionality, usability, safety and appropriate price, but also the feelings they give him/her. The *emotional* design/engineering is oriented to produce new products that satisfy those feelings.

Semantic differential (SD) is an emotional design approach that gives information about the emotions generated by the object, obtaining the connotative value and capturing the affective meaning that the user has about it. Most of the existing DS applications are centred on massive consumer products; perhaps because those products have always been asked to give, besides its functionality, other values more “affective” to the user.

In this work we present a state of the art in DS, together with an application of it to one commercial product oriented to professionals: machine tools. In this way, it is demonstrated its applicability to commercial products, which are also bearers of feelings for the users. It is also demonstrated that feelings are different for the different user profiles (end user, purchase manager, technician specialists). Finally, we propose an approach for the analysis of data oriented to allow studies of different level of detail, as it allow a hierarchical classification of the adjectives used in those studies.

Key words:

Semantic differential, Emotional design, Tools, Hierarchical cluster analysis

1. Introducción

Tradicionalmente se ha considerado que los productos de consumo masivo (como los electrodomésticos, teléfonos, automóviles) debían ser “bonitos” y “baratos”, mientras que los productos más comerciales (como las máquinas herramienta) debían ser “buenos”, pero no necesariamente “bonitos”. El concepto de “bueno” se cuantifica generalmente por medio de un conjunto de parámetros objetivos y bien establecidos como velocidad de corte, potencia, etc. En otras palabras, especificaciones técnicas que pueden ser fácilmente medidas y comparadas.

Las especificaciones técnicas de los productos comerciales pueden ser muchas, y a veces muy complejas. Por ejemplo, entre las especificaciones de los robots industriales se incluyen características muy heterogéneas que van desde el número de ejes o grados de libertad, hasta el tipo de tarea para la que se supone que el robot está mejor preparado. Debido a la complejidad e importancia del problema, existen métodos específicos para seleccionar, analizar y comparar máquinas a partir de sus especificaciones técnicas. Por ejemplo, en un trabajo reciente de Khouja y otros [KHOUJA 2000], se acepta que es la medida del desempeño de un robot la que determina su conformidad para diferentes tareas. En consecuencia, se cita la repetibilidad, la precisión, la capacidad de carga, la velocidad y el alcance como las formas más importantes de medir el desempeño de los robots.

Sin embargo, cumplir las especificaciones técnicas es importante pero no siempre es suficiente. Hay aspectos difíciles de cuantificar que influyen en el proceso de diseño y/o selección de una máquina.. Por ejemplo, una máquina herramienta puede cumplir todas las especificaciones técnicas de la normativa vigente sobre seguridad, y, a pesar de ello, ser *percibida* por el operario como insegura. En consecuencia, el operario estará poco preocupado por producir y muy preocupado por su seguridad; la cual percibe puesta en peligro por la máquina. El problema ha recibido poca atención. En consecuencia, no existen procedimientos estándar para seleccionar, analizar y comparar la percepción que los usuarios tienen de las diferentes máquinas herramientas.

Para medir aspectos percibidos por el usuario como la “seguridad”, “amigabilidad” o “robustez” de una máquina, deben tenerse en cuenta técnicas de diseño orientadas a usuario. De acuerdo con Lebbon y McDonagh-Philp [LEBBON 2000], la implicación de los usuarios se considera a través del contexto emocional de un producto dentro del proceso de diseño. En otras palabras, conocer la estructura cognitiva de un usuario observando un producto y su percepción del mismo puede aportar las especificaciones y los requisitos que dan el significado y la naturaleza funcional necesaria para tener éxito en el diseño orientado al usuario. El diseño centrado en el usuario, utilizado en el diseño de teléfonos de mesa [HSU 2000], en teléfonos móviles [CHUANG 2001B], productos de uso personal [LIN 1996], en automóviles [HSIAO 1998], y en especial en la Ingeniería Kansei [NAGAMACHI 1995] ofrece varias estrategias y métodos que intentan dirigirse a las necesidades y aspiraciones de los usuarios.

En este trabajo, se presenta un estudio aplicado a las máquinas herramientas, en concreto a centros de mecanizado (CM). Su objetivo es determinar si las técnicas de diseño centrado en el usuario pueden ser aplicables a este tipo de productos (productos comerciales) especialmente para cuantificar aquellas características que no son fáciles de medir pero que el usuario/cliente percibe. Más exactamente, medimos el significado y la intensidad de juicio que cada individuo atribuye a *las imágenes* de algunos centros de mecanizados, a fin de determinar aquellas características que se *perciben* cualitativamente, pero que no están incluidas en las especificaciones técnicas porque son difíciles de cuantificar.

El fundamento de tales medidas es que todos los objetos o productos industriales [BARTHES 1967] se deben considerar como signos de lo que hacen, y lo que hacen les otorga significación. En dicha significación intervienen tres elementos, a saber: los interpretantes, el significante y la cosa significada. Los interpretantes son los sujetos que participan, son los equipos de fabricación y diseño, los operarios o los potenciales compradores. El significante es el objeto mismo: el torno, la taladradora, la plegadora o el centro de mecanizado. Finalmente, el significado es el valor que el interpretante le da al objeto: el torno puede ser interpretado como un torno de alta tecnología o

tradicional, robusto o frágil, para grandes o pequeñas series, etc. Los tres elementos se combinan para configurar un sistema relacional definido por tres dimensiones.

La primera dimensión es la *sintaxis* que establece las relaciones formales entre los signos, vincula las partes de la máquina, su forma, su orden y su composición, sería el centro de mecanizado vertical, construido de acero, con estructura rígida, etc. Si la primamos se alcanza el puro formalismo, dándose una mayor valoración a su geometría, su organización espacial, la descripción de sus elementos, y la prioridad tecnológica.

La *semántica* relaciona el signo con su significado, nos proporciona el sentido de los objetos, subraya lo emotivo: centro de mecanizado inteligente, seguro, fiable y de alta tecnología, por ejemplo. Si predomina tendemos hacia el estilismo, es decir, la seducción visual, la carga emocional, simbólica y afectiva, la moda imperante.

Finalmente, la *pragmática* relaciona el signo con el intérprete. Es la dimensión de la lógica, su uso, función, el grado de éxito, el destino, sería el centro de mecanizado que cumple todos los requisitos necesarios para el trabajo y el usuario, por ejemplo de potencia entre 25/33 KW, con aceleración de 10 m/seg², hasta 40 herramientas y con un tiempo de cambio por herramienta de 6 seg. Si enfatizamos esta dimensión caemos en el funcionalismo, que equivaldría a la descripción comercial, a sus datos técnicos o sólo a un conjunto de especificaciones.

Tradicionalmente, las dimensiones sintáctica y pragmática están completamente desarrolladas y aplicadas en los productos comerciales, es decir, que los ingenieros tienen un conocimiento apropiado para diseñar la geometría de las diferentes piezas a ensamblar, o para seleccionar los motores adecuados para obtener una determinada potencia. Sin embargo, los métodos para implementar las dimensiones semánticas no tienen el mismo estado de desarrollo e implementación práctica.

Si partimos de la presunción de que una máquina bien pensada, diseñada y fabricada debería ser un todo coherente, resultante del equilibrio de la consideración de los diferentes criterios y exigencias del problema, no podemos dejar al azar la dimensión semántica de las máquinas. Si se concede prioridad a una de las dimensiones, se corre el riesgo de llegar a soluciones desequilibradas, que pueden ser mal valoradas a priori y no consigan el éxito esperado en el mercado, por tanto, la dimensión semántica también es necesaria.

En resumen, el objetivo de este trabajo es investigar si los métodos de diseño centrado en el usuario que utilizan la semántica de productos son factibles de aplicar para productos más ‘comerciales’ como son las máquinas herramientas. Para empezar, se incluye un breve estado del arte de aquellos aspectos de la semántica del producto que están más directamente relacionados con nuestro estudio. Posteriormente se detalla el estudio realizado para encontrar el valor de los descriptores o adjetivos que hacen explícito lo que el usuario percibe y usa para juzgar cada máquina. Finalmente se proponen distintas alternativas de análisis de resultados junto a una discusión detallada de los mismos.

2. Estado del arte en diseño semántico de productos

La semántica del producto enfatiza el lenguaje comunicativo del producto y presta atención a las relaciones y expectativas del usuario, es decir, considera al producto como un portador de mensajes, compuesto de formas, deseos, emociones o recuerdos. Como ejemplo claro de esto, las figuras 1 y 2 muestran ejemplos de herramientas simples que comunican diferentes emociones o sentimientos: bonito y feo, robustez y fragilidad (o debilidad).

Una herramienta al servicio de la semántica del producto es el diferencial semántico (DS) del cual se obtiene una medida para conocer el valor connotativo de un objeto o de una imagen. Un trabajo pionero en este campo fue *The Measurement of Meaning (La medición del significado)*, de Osgood, Suci y Tannenbaum [OSGOOD 1967]. Se trata de un estudio del significado *afectivo*, es decir, de las reacciones emocionales que acompañan a una palabra. Se puede resumir el procedimiento del siguiente modo: ante un objeto o imagen se solicita al sujeto emitir un juicio subjetivo. El juicio debe darse de acuerdo a una escala con dos descriptores o adjetivos opuestos situados en los extremos, como *cómodo / incómodo* o *robusto / ligero*. El procedimiento del *diferencial semántico* no aporta

información sobre el significado del objeto o imagen, sino sobre las emociones que genera. Su aplicación es posible precisamente porque por medio de palabras con significado emocional leemos, entendemos e interactuamos con los objetos.



Figura 1. Taladros percutores bonitos (izquierda) frente a feos (derecha)



Figura 2. Destornilladores robustos (izquierda) frente a frágiles (derecha)

Como ejemplo temprano de aplicación, Quarantee [QUARANTEE 1986] describe un estudio para la mejora estética de torres de alta tensión. En este estudio se hicieron tests de DS a diferentes torres (23 modelos más una posible torre “ideal”) para determinar su grado de aceptación. Las encuestas efectuadas por permitieron deducir que los ciudadanos no demandaban un efecto decorativo, sino sólo una cierta neutralidad formal, no debiendo prevalecer el aspecto visual sobre su aspecto funcional.

Otros ejemplo de aplicación con objetivos similares han sido en el diseño de mobiliario urbano [MAURER 1992], en impresoras [CHANG 2003], en productos electrónicos [CHUANG 2001^a], en sillas de oficina [HSIAO 1997], automóviles [HSIAO 1998], teléfonos móviles [CHUANG 2001B], copas de mesa [PETIOT 2003] o incluso en el diseño de mascotas para juegos deportivos [LIN 1999].

Un objetivo diferente es el perseguido por S. H. Hsu y otros (HSU 2000) que utilizan también el DS para investigar las diferencias en la percepción de la forma de teléfonos entre diseñadores y usuarios. El resultado reveló que existen muchas diferencias entre las percepciones de los diseñadores y de los usuarios respecto de los mismos objetos reales y sus interpretaciones de las mismas parejas de imágenes-palabras.

En los últimos años se han desarrollado metodologías de diseño centrado en el usuario más completas que utilizan el diferencial semántico para medir ese valor emotivo del producto, permitiendo producir nuevos productos basados en los deseos y demandas del consumidor.. La Ingeniería Kansei (IK) es una de ellas. Nació en los 80 a través del trabajo de Mitsuo Nagamachi [NAGAMACHI 1995], como una tecnología ergonómica para el desarrollo del producto y orientada a las necesidades y sentimientos del consumidor. Kansei en japonés significa el sentimiento psicológico de un consumidor y la imagen que tiene con respecto a un producto. En una primera etapa de la IK, se recopilan los sentimientos del consumidor (valoración ergonómica y psicológica) sobre el producto usando el DS. Para ellos, a partir de tiendas de venta, revistas especializadas, etc., se recopilan imágenes de diferentes modelos de

producto y palabras con las que se califican o se promocionan dichos productos. En una segunda fase, se relacionan las características de diseño con los sentimientos por medio de estudios de campo o experimentos de laboratorio en los cuales se investigan las relaciones entre las palabras y los elementos de diseño. Finalmente, se utilizan herramientas informáticas para construir un marco de IK que permita utilizar de forma ágil y sistemática las relaciones encontradas a la hora de analizar diseños o plantear futuros desarrollos. Esta herramienta informática debe permitir también la actualización periódica de los sentimientos, es decir, actualizar la base de datos de imágenes y palabras y sus relaciones.

Las aplicaciones de la IK son también variadas y amplias [NAGAMACHI 2002] y se extiende desde el análisis de estructuras semánticas y evaluación de productos hasta los automóviles, máquinas de oficina, maquinaria de construcción, industrias cosméticas, o productos electrónicos de consumo. Empresas como Ford, Sanyo, Nissan, Sharp, Komatsu, Mitsubishi y Mazda entre otras han introducido la IK en el desarrollo de sus productos.

En definitiva, el diferencial semántico es especialmente útil en las etapas de estudios preliminares y de fabricabilidad de prototipos; porque puede ayudar en el proceso de selección de la mejor solución de diseño y puede guiar la elección de los requisitos apropiados, dado que aglutina los puntos de vista de los diferentes ámbitos que participan en el diseño: ingeniería, producción, ventas, marketing. También es útil para analizar gamas de productos, para comparar productos de diferentes competidores, para descubrir el significado que tiene para el usuario la imagen de un producto y, por tanto, desarrollar las estrategias convenientes para su lanzamiento comercial.

3. Estudio de diferencial semántico en centros de mecanizado

Con el fin de estudiar la viabilidad de aplicar la técnica de diseño semántico de productos al diseño de máquinas herramientas se realizó un estudio piloto. En [MONDRAGON, 2005] se pueden encontrar más detalles de todo este estudio. Se restringió a centros de mecanizado, y se muestrearon tres perfiles de sujetos: gestores de producción, profesores universitarios de procesos de fabricación y operadores de máquinas herramientas.

En la encuesta se preguntó a los sujetos participantes su opinión sobre 9 centros de mecanizado. La opinión fue expresada en términos de un conjunto de adjetivos específicos apropiados para este tipo de producto concreto. A continuación se describen las tres etapas principales del mismo: buscar los descriptores o adjetivos apropiados, buscar las imágenes apropiadas y elegir la muestra.

El proceso de selección de descriptores e imágenes son procesos clave en la aplicación de cualquier estudio semántico. La elección de descriptores porque en definitiva éstos son la concreción de las emociones que finalmente se medirán de los productos, y en ese sentido determina el éxito de la aplicación del método. La elección de imágenes, puede no ser tan crítico si lo que se busca es simplemente una comparativa o posicionamiento de un producto frente el resto. Sin embargo, si se pretende ir más allá e investigar las relaciones existentes entre las palabras y los elementos de diseño del producto, con el fin de poder determinar cuáles son las características de diseño que confieren al producto unas determinadas emociones, la selección de imágenes no es un proceso banal. Con este objetivo en mente se considera también un proceso crítico, ya que se debería plantear una selección equilibrada y completa del universo de soluciones posibles de diseño en cada aspecto del producto.

En un trabajo previo de los autores [COMPANY 2004] se mostraba una taxonomía jerárquica de los adjetivos que se utilizan en este tipo de estudios. Esta taxonomía se planteaba entre los diferentes adjetivos utilizados en la bibliografía para diferentes tipos de productos y en base a tres dimensiones principales: lo buenos, bonitos y baratos que son los productos. Estas dimensiones a priori pueden parecer excesivamente simplistas, pero un estudio más a fondo de las mismas permite identificarlas con las tres dimensiones relacionales de los signos antes descritas: pragmática, semántica y sintáctica, respectivamente. En este mismo estudio se planteaba la necesidad de que existiera dicha clasificación de semánticos, pero que además esta clasificación debería ser jerárquica porque en el planteamiento de estos estudios se pueden considerar diferentes niveles de detalle para permitir tanto estudios sencillos y/o iniciales como estudios completos cuando se precisen. Por tanto para una buena elección de

semánticos, se deben elegir adjetivos más genéricos, cada uno de los cuales debe resumir diferentes subgrupos de semánticos más detallados. El propósito del sub-agrupamiento es permitir pruebas más toscas, válidas para detectar las sensibilidades de los usuarios potenciales, antes de que el refinamiento nos dé una “firma” detallada o perfil del producto candidato. Además un nivel de detalle creciente evita la fatiga de la población sometida a la prueba y acelera el proceso de conocer la opinión de los usuarios.

En conclusión, sería deseable tener una metodología para seleccionar adjetivos bien establecida, que permita una elección final de los mismos en función del objetivo del estudio y del nivel de detalle requerido en las diferentes etapas del diseño.

En este sentido, y para facilitar la selección tanto de adjetivos como de imágenes, se plantean en este trabajo posibles análisis que ayuden a dicha clasificación.

3.1 Selección de los descriptores: adjetivos apropiados

La búsqueda se realizó a partir de revistas científicas especializadas, catálogos y sitios web de diversas empresas. En una primera aproximación se encontraron más de 100 palabras, todas ellas relacionadas con las características de centros de mecanizado. A fin de reducir el número de palabras, se aplicaron diferentes filtros. En primer lugar, se eliminaron aquellos adjetivos que por su significado e información se encontraban en las especificaciones siendo susceptibles de poder ser valorados objetivamente, en definitiva, dimensiones sintácticas (tal como: carros fabricados en aluminio fundido, mesa en cruz, n° de herramientas, aceleración 10m/seg², husillo de 8000 r.p.m, etc). Con esta primera reducción se obtuvieron 36 descriptores. Los descriptores o adjetivos con afinidad conceptual (tal como “poderosa, potente”, “confort de manejo, fácil de manejar, cómoda, confortable”, “útil, eficiente, fiable” entre otros) se redujeron a una sola palabra. Con los 22 descriptores restantes, dos ingenieros expertos en procesos de fabricación realizaron un ensayo preliminar para eliminar los adjetivos menos significativos, quedando finalmente los 18 descriptores de la figura 3.

		3	2	1	0	1	2	3	
D1	Alta tecnología	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tradicional
D2	Inteligente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Limitado
D3	Fácil de manejar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Difícil de manejar
D4	Fácil de limpiar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Difícil de limpiar
D5	Accesible	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Inaccesible
D6	Robusto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ligero
D7	Compacto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Inconsistente
D8	Sencillo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Complejo
D9	Eficiente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ineficiente
D10	Flexible	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rígido
D11	Fiable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Inseguro
D12	Confortable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Incómodo
D13	Potente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Débil
D14	Estable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Inestable
D15	De alta calidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	De baja calidad
D16	Seguro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Peligroso
D17	Duradero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Efímero
D18	Silencioso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ruidoso

Figura 3. Pares opuestos de descriptores o adjetivos

Para evitar prejuicios, en el formulario mostrado en la figura 7 sólo se emplearon escalas positivas. El rango era (0-3) para cada para cada uno de los descriptores opuestos pertenecientes al mismo par. Sin embargo, para analizar los resultados, cada par de descriptores ha sido referenciado por un parámetro (Di para el i-esimo par) comprendido en el rango +3 a -3. Donde +3 significa máxima valoración para el descriptor de la izquierda y -3 significa máxima valoración para el descriptor de la derecha.

La figura 3 muestra también la disposición del formulario. Un documento que servía para introducir al sujeto en el proceso a realizar y las nueve figuras de alta calidad y en color que se explican en la siguiente sección completaban la documentación del test.

3.2 Búsqueda de las imágenes apropiadas

Las imágenes fueron obtenidas de los sitios web de diversas empresas. Se seleccionaron únicamente las imágenes de centros de mecanizado de las marcas más conocidas, con mayor información, así como con buena calidad de imagen. Las 68 imágenes seleccionadas se clasificaron según los siguientes criterios:

- Disposición del centro de mecanizado: *vertical u horizontal*.
- Topología (forma global): *integrado*, aproximadamente una sola forma reconocible o *aditivo*, muchas formas juntas formando un todo.
- *Nº de cuerpos* 1, 2, 3, 4 o más que son distinguibles.
- *Color*.
- Situación del panel de control: *aéreo o integrado*.
- Forma en que aparecían las puertas en la imagen, *abiertas o cerradas*. Este criterio fue establecido por sugerencia de un ingeniero de procesos, pues argumentó que la observación del cabezal podía aportar información que influyera en la valoración.
- *Punto de vista de la imagen*: si era sólo frontal o frontal derecha o frontal izquierda.
- La visibilidad del *sistema de eliminación virutas*.



Figura 4. Imágenes seleccionadas

Dado el elevado número de imágenes se procedió a reducirlas. En una primera etapa se seleccionaron únicamente los centros de mecanizado verticales cuyas puertas aparecieran cerradas en la imagen. Se realizó una nueva selección de las 26 imágenes restantes para ver cuales eran más heterogéneas. Con las 12 imágenes resultantes y los 18 descriptores se realizó una prueba previa. Como la prueba era larga y cansaba, le pedimos a un ingeniero de diseño experto en máquinas y sistemas de fabricación que escogiera los CM más diversos. Las 9 imágenes resultantes se muestran en la figura 4. Se

eliminaron de las imágenes las marcas comerciales para evitar juicios a priori y las figuras se colocaron en orden aleatorio en los formularios.

3.3 Selección de la muestra

Se seleccionaron tres tipos de perfiles: gestores de producción, profesores universitarios del ámbito de los procesos y técnicas de fabricación, y operadores de centros de mecanizado. Se eligieron cinco empresas distintas por su experiencia productiva con centros de mecanizado: tres son del sector de la fabricación de moldes para azulejos cerámicos, una del sector de fabricación de maquinaria de impresión y la última del sector de radiadores de automoción. Los detalles de la encuesta (objetivo, el proceso y las tareas a realizar y el tiempo esperado para cumplimentar el cuestionario) se presentaban a los gestores de producción de cada empresa. La selección de los restantes gestores de producción y de los operadores se dejaba a cargo del gestor entrevistado.

La experiencia en centros de mecanizado de los participantes estaba en el rango de 3 a 40 años (con una experiencia media de 13 años, similar en todos los perfiles). Las competencias profesionales de los gestores eran el diseño, organización, gestión y control del proceso de producción, y, en particular, se les ha solicitado ocasionalmente para elegir y decidir en la compra de maquinaria. Los profesores universitarios eran especialistas en procesos de fabricación y con experiencia en la enseñanza y en proyectos de investigación y desarrollo en la industria. Todos los operadores estaban habituados a usar al menos máquinas herramientas tradicionales. En la tabla 1 se muestra el número y perfil de participantes.

Tabla 1: Perfil y distribución de la muestra

	Moldes de azulejos	Maquinaria de impresión	Radiadores de automoción	Ingeniería de fabricación	TOTAL
Gestores de producción	8	2	3	-	13
Profesores universitarios	-	-	-	8	8
Operadores de centros de mecanizado	7	2	5	-	14
	15	4	8	8	35

4. Resultados y discusión

4.1. Resultados del estudio piloto

En la tabla 2 se muestran los valores medios de la percepción de los centros de mecanizado de cada perfil de sujetos, comparados con la media global.

Un análisis global de los resultados indica que los centros de mecanizado elegidos tienen una percepción global positiva en general. Los descriptores mejor valorados (D1 Alta tecnología, D2 Inteligente, D9 Eficiente, D11 Fiable, D15 De alta calidad, D16, Seguro y D17 Duradero) se refieren a la percepción de la calidad y funcionalidad tecnológica, es decir, lo que se espera de ellos. Los descriptores peor valorados, aunque siempre con valores medios por encima de 0, definen principalmente la interrelación “hombre-máquina” (D4 Fácil de limpiar, D5 Accesible, D8 Sencillo, D10 Flexible y D12 Confortable).

Se observan diferencias en la percepción de los diferentes grupos de población. Los profesores tienden a puntuar más alto que los demás (en 13 descriptores), por el contrario los operadores puntúan por debajo de los demás en otros 13 descriptores. La puntuación de los gestores se sitúa cerca de la media para la mayoría de descriptores. Los operarios parecen ser más críticos en la puntuación de aquellos atributos relacionados con el bienestar laboral y la salud, tales como Robusto, Confortable y Silencioso, y en otros relacionados con la operación funcional tales como la accesibilidad y facilidad de limpiar.

Como aclaración a los aspectos mejor y peor valorados, en la figura 5 se muestran los centros de mecanizado 4 y 9, que concentran la mayoría de los descriptores mejor valorados y los centros de mecanizado 7 y 3 con los descriptores peor valorados.

Descriptores	Valor	Centros mejor percibidos	Centros peor percibidos	Descriptores	Valor
Robusto	1,37			Inteligente	0,51
Compacto	1,69			Eficiente	0,71
Eficiente	1,49			Fiable	0,77
Fiable	1,66			Compacto	-0,03
Estable	1,63			Confortable	-0,54
Alta calidad	1,60			Seguro	-0,03
Duradero	1,51			Silencioso	-0,77
					Duradero
Alta tecnología	2,11			Alta tecnología	0,63
Confortable	1,17			Robusto	-0,06
Silencioso	1,69			Potente	-0,09
Seguro	1,80			Estable	-0,34
Fácil limpiar	0,31			Alta calidad	0,29

Figura 5 Centros de mecanizado mejor y peor valorados y los descriptores que los definen (izquierda y derecha respectivamente)

Estos resultados muestran que las técnicas de diseño centrado en el usuario como el Diferencial Semántico pueden ser aplicadas al diseño de máquinas herramientas: las diferentes configuraciones de las máquinas son percibidas de forma distinta. A este respecto las investigaciones futuras deben ir encaminadas a la obtención de los atributos de diseño de los CM que contribuyen positiva o negativamente a las distintas opiniones expresadas. Por ejemplo, los resultados de la figura 10 pueden indicar que cuando un centro de mecanizado es integrado o posee como máximo dos cuerpos que sobresalen de la forma percibida globalmente favorece la opinión de robustez, estabilidad, o fiabilidad, mientras que la posición aérea o integrada del control no es un atributo que influya.

Las valoraciones de los diferentes colectivos del estudio muestran también el potencial de estas técnicas: los operadores de los CM están más preocupados con los aspectos relativos a su seguridad y a la relación hombre-máquina que otros colectivos. En este sentido, en estudios futuros, la muestra de sujetos debería ampliarse a otros sectores industriales así como a ingenieros de diseño de CM.

4.2. Análisis sobre la selección de adjetivos e imágenes

Ya que la necesidad de una clasificación jerárquica es patente, de entre los posibles análisis estadísticos para clasificar los adjetivos se propone el análisis de conglomerados jerárquicos. Este análisis estadístico identifica conglomerados de palabras o imágenes (en función de lo que se pretenda clasificar) relativamente homogéneas, y lo hace dentro de un proceso jerárquico. De hecho, en el primer paso, se agrupan los pares de palabras/imágenes más similares y el proceso se repite recursivamente hasta que sólo queda un grupo. La similitud se mide en términos de distancia entre opiniones recogidas.

Los resultados del análisis de conglomerados jerárquicos sobre los 18 adjetivos para clasificar las palabras e imágenes se muestran gráficamente en las figuras 6 y 7 por medio de un ‘dendograma’ de conglomerados. La metodología del análisis de conglomerados jerárquicos no es completamente nueva en este contexto, dado que ha sido utilizada en estudios previos para determinar la relación entre diferentes productos del mismo tipo (por ejemplo, relojes [ESPE, 1992]). En esta ocasión se ha utilizado para comparar adjetivos y productos.

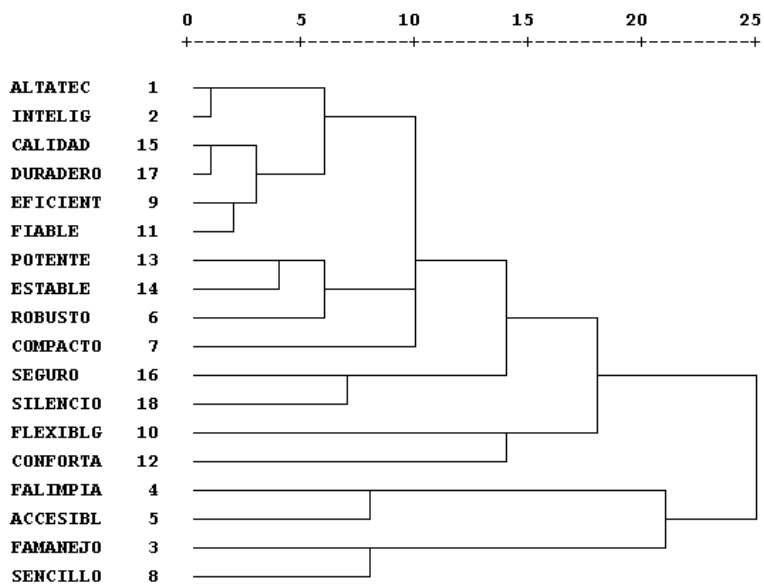


Figura 6. Dendrograma de conglomerados para los 18 pares semánticos del estudio.

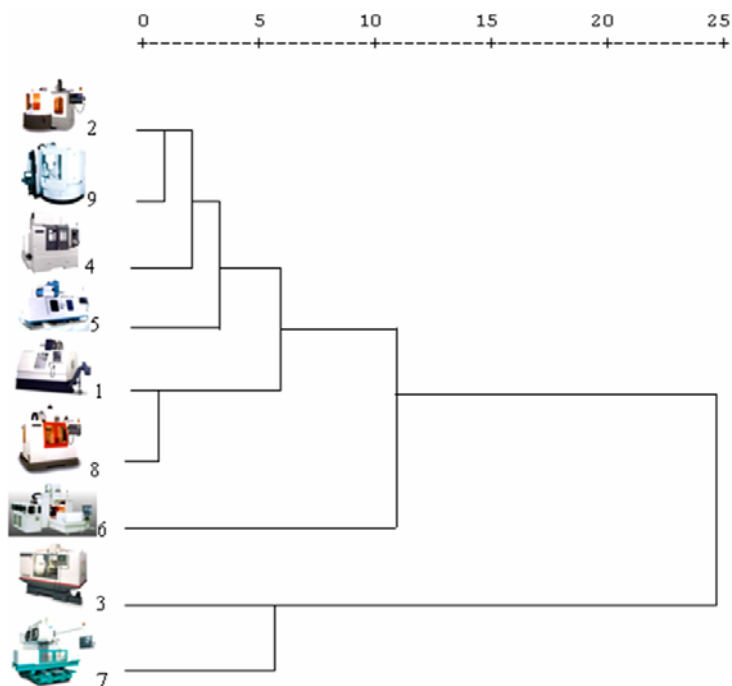


Figura 7. Dendrograma de conglomerados para los 9 centros de mecanizado del estudio

En el ejemplo, se agrupan en el primer paso palabras tales como *alta tecnología* e *inteligente*, y *calidad* y *duradero*. En el segundo paso, se emparejan *eficiente* y *fiable*, y así en adelante. A partir del dendrograma se puede concluir claramente que *duradero*, *eficiente* y *fiable* están relacionados con *calidad*. Análogamente, *fácil de limpiar*, *accesible*, *fácil de usar* y *sencillo* aparecen como

mutuamente relacionados. No obstante, no deben considerarse equivalentes, sino sólo jerárquicamente relacionados, y para futuros estudios sobre el mismo producto pueden agruparse con el fin de reducir el posible cansancio de los encuestados.

De la misma forma, se pueden analizar los centros de mecanizado en función de las agrupaciones jerárquicas encontradas. Por ejemplo, si se necesitase reducir el conjunto de imágenes empezaríamos por eliminar una de las que se agrupan en primer término: la 2 o la 9, a continuación la 2 o la 8, y así sucesivamente.

5. Conclusiones

Las teorías de diseño de productos centrado en el usuario están bastante maduras para permitir el desarrollo de herramientas prácticas que ayuden al diseñador en su trabajo diario. Están siendo ampliamente usadas en el diseño de productos de consumo, pero se han realizado pocas aplicaciones para diseño de productos comerciales. Ejemplo paradigmático de productos comerciales son las máquinas herramienta que han sido tradicionalmente consideradas como “industriales” y productos *no* orientados a usuario.

En este trabajo se ha presentado un estudio piloto basado en la semántica de producto para determinar la aplicabilidad de estas técnicas a las máquinas herramienta, y más concretamente a los centros de mecanizado. Se ha comprobado que las diferencias semánticas son claramente perceptibles por las personas relacionada con los centros de mecanizado: hay diferencias estadísticamente significativas en la percepción de cada centro de mecanizado. Es más, los diferentes perfiles de personas que han participado en el estudio perciben algunos aspectos de forma diferente.

El estudio no pone en duda que las decisiones de qué máquinas comprar, o qué máquinas utilizar, son completamente “racionales” y basadas habitualmente en especificaciones técnicas, estando la “moda” fuera de lugar para estos productos. Sin embargo, el estudio si que aporta resultados que hacen razonable proponer estudios posteriores que deberán determinar en que medida los gestores, los ingenieros y los operarios están o no están *también* influenciados por las percepciones semánticas que se ha demostrado que tienen.

Se ha presentado además la necesidad de establecer una taxonomía jerárquica entre los semánticos que se utilizan en estos estudios y también las imágenes, para poder realizar estudios con diferente nivel de detalle. En este sentido los análisis de conglomerados jerárquicos son técnicas válidas para detectar dependencias mutuas y validar las estructuras jerárquicas de los adjetivos y de las imágenes utilizadas.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de los gestores y operadores de la empresas de moldes cerámicos Macer (Almazora), Tecnimol (Alcora) y Talleres Cortés (Alcora); Maquinaria de impresión Cretaprint (Almazora) y de radiadores para automoción Talleres Ordoñez (Castellón). Así como al profesorado del área de procesos de fabricación de las Universidades Politécnica de Catalunya, Politécnica de Valencia y Jaume I de Castellón por participar en el desarrollo del presente trabajo.

Este trabajo ha sido financiado en parte por el Ministerio de Educación y Ciencia y FEDER a través del proyecto Ref.: DPI2005-07150.

Referencias Bibliográficas

BARTHES R. *Elements of semiology*. Ed Cape. London. 1967 (Elements de semiologie. Editions du Seuil. Paris.1970?).

BOUCHARD C. Christofol, H. Roussel B. Auvray L. and Aoussat A. Identification and integration of product design trends. *International Conference on Engineering Design. ICED 99*, Volume 2. pp 1147-1150. Munich. 1999.

CHANG W.C and Van Y.T. Researching design trends for the redesign of product form. *Design Studies*, 24. pp 173-180. 2003.

- CHUANG M.C. Chang C.C. and Hsu S.H. Perceptual factors underlying user preferences toward product form of mobile phones. *Int. J. of Industrial Ergonomics*, 27. pp 247-258. 2001.
- CHUANG M.C and Ma Y.C. Expressing the expected product images in product design of micro-electronic products. *Int. J. of Industrial Ergonomics*, 27. pp 233-245. 2001.
- COMPANY P., Vergara M. y Mondragón S. "Contributions to product semantics taxonomy". *VIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, Bilbao, 6, 7 y 8 de octubre de 2004. pp 156.
- ESPE H. Symbolic Qualities of Watches. In: Vihma, S. (Ed.), *Objects and Images: Studies in Design and Advertising*. University of Industrial Arts, Helsinki. pp. 124-131.1992.
- HSIAO S.W. and Chen C.H. A semantic and shape grammar based approach for product design. *Design Studies*, 18. pp 275-296.1997.
- HSIAO S.W. and Wang H.P. Applying the semantic transformation method to product form design. *Design Studies*, 19. pp 309-330.1998.
- HSU S.H. Chuang M.C. and Chang C.C. A semantic differential study of designers' and users' product form perception. *Int. J. of Industrial Ergonomics*, 25. pp 375-391. 2000.
- LIN R. Lin C.Y. and Wung J. An application of multidimensional scaling in products semantics. *Int. J. of Industrial Ergonomics*, 18. pp 193-204. 1996.
- LIN R. Lin P.C. and Ko K.J. A study of cognitive human factors in mascot design. *Int. J. of Industrial Ergonomics*, 23. pp 107-122. 1999.
- MAURER C. Overbeeke C.J. and Smets G. The Semantics of Street Furniture. In: Vihma, S. (Ed.), *Objects and Images: Studies in Design and Advertising*. University of Industrial Arts, Helsinki. pp. 86-93.1992.
- MONDRAGON S. Company P. and Vergara M. Semantic Differential applied to User-Centred Machine Tool Design. *Int. J. of Industrial Ergonomics*, 35(2005) pp 1021 - 1029.
- MONDRAGON S. Company P. and Vergara M. Strategies and approaches to user-oriented product design. *7 th.international Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology"* TMT 2003, Lloret de Mar, Barcelona, España
- NAGAMACHI M. Kansey engineering: a new ergonomic consumer-orientated technology for consumer development. *Int. J. of Industrial Ergonomics*, 15. pp 3-11. 1995.
- OSGOOD Ch.E. Suci G.J. and Tannenbaum P.H. The Measurement of meaning. Univ. of Illinois. 1967.
- PETIOT J.F. and Yannou B. How to comprehend and asses product semantics – A proposal for an integrated methodology. *Int. Conference on Engineering Design. ICED 03*. Stockholm. 2003.