

03-032

USING NOISE BASED INVERSE CORRELATION TO DESIGN AND ASSESS INDUSTRIAL PRODUCTS

Diego Más, José Antonio ⁽¹⁾; Alcaide Marzal, Jorge ⁽¹⁾; Poveda-Bautista, Rocío ⁽²⁾

⁽¹⁾ Institute for Research and Innovation in Bioengineering (I3B), Universitat Politècnica de València, ⁽²⁾ Institute of Innovation and Knowledge Management (INGENIO) (CSIC-UPV), Universitat Politècnica de València

This work approach the use of noise-based inverse correlation analysis technique in the field of industrial product assessment. This technique identifies the elements of an image that contribute in the judgment that an observer makes on it, and has been used especially in face analysis. The proposal of this work is to apply the same technique on product images and verify if it is possible to use it as an evaluation tool that helps identify the formal characteristics of a product that most contribute to its perception. This communication shows the procedure used and the results obtained.

Keywords: product design; noise based correlation; product assessment

APROXIMACIÓN AL EMPLEO DE LA CORRELACIÓN INVERSA BASADA EN RUIDO PARA EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE PRODUCTOS INDUSTRIALES

Este trabajo estudia el uso de la técnica de análisis por correlación inversa basada en ruido en el ámbito de la evaluación de productos industriales. Esta técnica identifica los elementos de una imagen que contribuyen de forma decisiva en el juicio que un observador hace sobre la misma, y se ha empleado sobre todo en análisis de rostros. La propuesta de este trabajo es aplicar la misma técnica con imágenes de productos y verificar si es posible emplearla como una herramienta de evaluación que ayude a identificar las características formales de un producto que más contribuyen a que se perciba de determinada forma. Esta comunicación muestra el procedimiento empleado y los resultados obtenidos.

Palabras clave: diseño de producto; correlación basada en ruido; evaluación de productos

Correspondencia: José Antonio Diego Más jodiemas@dpi.upv.es



©2020 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

1.1 La evaluación de la percepción de usuario en el diseño de productos

La apariencia formal de los productos supone un factor de diferenciación esencial, especialmente en aquellos mercados más saturados (Crilly, Moultrie, & Clarkson, 2004, 2009). La imagen es la primera información que el consumidor recibe del producto (S.-W. Hsiao, Chiu, & Chen, 2008) por lo que el factor estético desempeña un papel fundamental en el juicio que el consumidor elabora acerca del producto (Bhandari, Chang, & Neben, 2019).

Por ello, el modo en que la apariencia estética de los productos influye en el usuario ha sido un tema constante de investigación desde hace mucho (Berghman & Hekkert, 2017; Hekkert, 2006; Reich, 1993) Se ha demostrado que los productos con mayores cualidades hedónicas resultan más atractivos (Hassenzahl, 2001). No obstante, la apariencia del producto no sólo atrae (o rechaza) por su calidad estética percibida, sino también por los mensajes que transmite (Crilly et al., 2004). Varios estudios demuestran que la estética influye en otras cualidades percibidas del producto, como la novedad (Radford & Bloch, 2011), usabilidad (Sonderegger & Sauer, 2010), credibilidad (Lindgaard, Dudek, Sen, Sumegi, & Noonan, 2011), sostenibilidad (Diego-Mas & Alcaide-Marzal, 2016) o autopercepción (Townsend & Sood, 2012).

Un efecto especialmente relevante de la apariencia del producto es la capacidad de crear un vínculo emocional con el consumidor (Norman, 2004). Por ello, controlar la comunicación de los mensajes correctos a través de la apariencia formal del producto es una tarea fundamental del diseñador, lo que ha propiciado que a lo largo del tiempo hayan ido apareciendo diferentes propuestas con el objetivo de medir esa comunicación.

(Osgood, Suci, & Tannenbaum, 1957) desarrollan el Método de Diferencial Semántico, cuyo objetivo es medir el significado de los mensajes. La Semántica de Producto estudia cómo se perciben los productos, empleando para ello las expresiones que el usuario. Existen numerosas aplicaciones de esta técnica al campo del diseño de productos.(Alcántara, Artacho, González, & García, 2005; S.-W. Hsiao & Chen, 1997; Jindo, Hirasago, & Nagamachi, 1995; Shimizu, Yanagishima, Jindo, & Nagamachi, 1989).

El conocimiento sobre cómo percibe un producto el usuario es muy importante, pero no puede utilizarse de modo práctico si no se conoce por qué lo percibe de esa forma. Según (Han & Hong, 2003), la respuesta afectiva del usuario se basa en una relación directa de causa-efecto con los atributos del mismo, de manera que determinadas características producen determinadas respuestas. Este planteamiento ha llevado al desarrollo de varios de los llamados modelos CAR (Consumer Affective Response). (K.-A. Hsiao & Chen, 2006). Muchos investigadores han formulado mediante estos modelos la relación entre los parámetros de diseño (características objetivas del producto que el diseñador puede controlar) y la respuesta perceptual del consumidor (la reacción subjetiva perseguida)(Crilly et al., 2009). Por ejemplo, (Altaboli & Lin, 2011; Seckler, Opwis, & Tuch, 2015) analizan la relación entre las características de sitios web y la estética percibida (Lugo, Schriedeler, Batill, & Carlson, 2016) estudian la percepción de diferentes llantas de automóvil en función de sus geometrías. (Orsborn, Cagan, & Boatwright, 2009) proponen una función de utilidad para preferencias de usuario basada en los atributos del producto.

A principios de los 70, Mitsuo Nagamachi desarrolla un sistema de relación entre las características formales del producto y las emociones suscitadas al que denomina Ingeniería Kansei (Kansei Engineering) (Nagamachi, 1995, 2002; Nagamachi & Lokman, 2010). El objetivo es conectar la noción de semántica de producto con el dominio de los atributos del

producto. De esta forma, el Sistema de Ingeniería Kansei (Kansei Engineering System) establece un enlace entre los atributos físicos del producto y la respuesta afectiva provocada. Un resumen de los trabajos llevados a cabo en esta área se puede consultar en (Yang, 2011).

Paralelamente, en el campo de la mercadotecnia se había empezado a emplear el llamado análisis conjunto (Conjoint Analysis) (Luce & Tukey, 1964). Se trata de una técnica multivariable de marketing que obtiene información sobre las preferencias del consumidor mediante un proceso que obliga a éste a tomar decisiones significativas sobre el producto, estableciendo compromisos (*trade offs* en inglés). Una revisión relativamente reciente de esta técnica se puede encontrar en (Agarwal, DeSarbo, Malhotra, & Rao, 2015). El Análisis Conjunto se emplea fundamentalmente en el estudio de atributos objetivos del producto, aunque es posible encontrar algunos estudios sobre sus características visuales (Kelly, Maheut, Petiot, & Papalambros, 2011; Sylcott, Michalek, & Cagan, 2013) o combinada con la Ingeniería Kansei (Wang, 2014)

Tanto la Ingeniería Kansei como el Análisis Conjunto han demostrado ser herramientas robustas y efectivas para identificar las características formales relevantes de los productos. Sin embargo, algunos factores limitan o dificultan su uso en un enfoque más general. Uno de ellos es la necesidad de seleccionar previamente esas características formales. La parametrización del producto es necesaria para obtener resultados. De esta forma, el valor de estos resultados depende de la habilidad de los investigadores para seleccionar características del producto que sean relevantes para la respuesta afectiva del consumidor

Este inconveniente puede ser parcialmente subsanado mediante nuevas técnicas. Por ejemplo, el uso de nuevas tecnologías como el eye-tracking (Toubia, de Jong, Stieger, & Füller, 2012) permite evaluar la respuesta del usuario a la imagen del producto sin requerir una selección previa de sus parámetros. Esta técnica proporciona información sobre qué áreas (mapas de calor o puntos de fijación) de las imágenes observadas han influido en la respuesta obtenida (Hsu, Fann, & Chuang, 2017). La técnica de eye tracking ha sido empleada en combinación con la Ingeniería Kansei (Hsu et al., 2017) o el Análisis Conjunto (Yegoryan, Guhl, & Klapper, 2019) como una forma de complementar la información que proporcionan esas técnicas con el conocimiento de las áreas de interés que la generan.

El Análisis por Correlación Inversa, técnica que se emplea en este trabajo, podría compararse conceptualmente con el eye-tracking, aunque operativamente es muy diferente. Mediante el empleo de imágenes parcialmente ocultas por superposición de ruido, permite identificar zonas de influencia de la apariencia de un producto que contribuyen de forma relevante a determinar el juicio del observador sobre una determinada cualidad del mismo.

Cuando tratamos de juzgar determinado rasgo de la apariencia de un objeto, comparamos la información visual del objeto con nuestro prototipo mental de un objeto que posee el rasgo que tratamos de juzgar (Imhoff, Woelki, Hanke y Dotsch, 2013). Por ejemplo, cuando tratamos de juzgar si un coche es deportivo, comparamos la imagen del coche con nuestro prototipo mental de coche deportivo.

El objetivo principal de este trabajo es comprobar si es posible obtener una imagen aproximada de ese prototipo mental general de productos de consumo. Los prototipos mentales son diferentes para cada observador, por lo tanto, estamos buscando un prototipo mental consensuado (Wenzel, Mummendey, & Waldzus, 2007); en el ejemplo anterior, algo así como el coche deportivo prototípico promedio, que en adelante llamaremos producto prototípico (PP). Obtener un PP es una tarea compleja que implica visualizar una representación mental. Para hacerlo, utilizamos el método de correlación inversa basado en ruido (Brinkman, Todorov, & Dotsch, 2017), una técnica de correlación inversa psicofísica (Dai & Michéyl, 2010) que proporciona imágenes del contenido de las representaciones

mentales. En la siguiente sección mostramos brevemente cómo se puede usar el método de correlación inversa basado en ruido para obtener un PP.

1.2. El Análisis por Correlación Inversa basada en Ruido

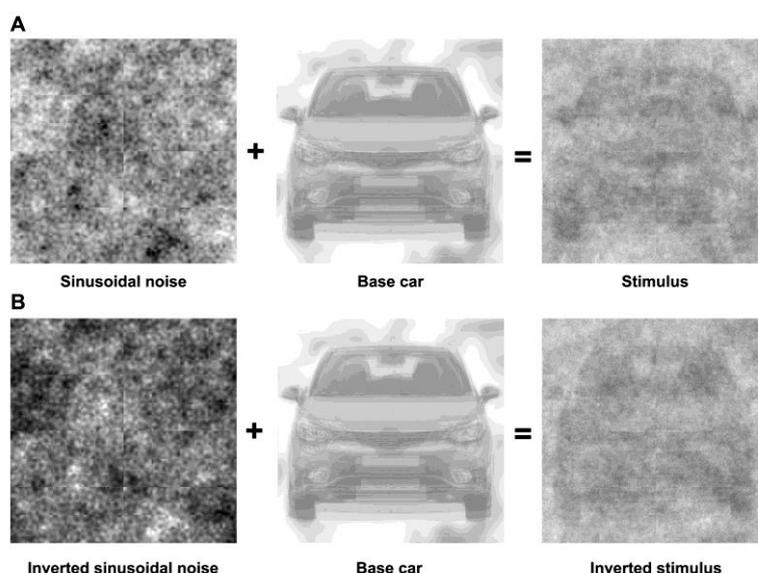
Dejando de lado cierta dispersión en los gustos, las personas suelen estar de acuerdo en sus opiniones sobre los productos de consumo. Por lo tanto, debe haber una relación entre el estímulo (el producto) y la respuesta (la valoración), y esta relación podría modelarse. Los enfoques convencionales (o directos) para obtener modelos de percepción manipulan sistemáticamente el estímulo obteniendo diferentes respuestas. Las relaciones estímulo-respuesta se obtienen correlacionando los atributos de esos estímulos manipulados con las respuestas correspondientes. Sin embargo, el uso de estos enfoques directos no es posible cuando el número de variables independientes y el número de valores posibles de estas variables son grandes. El número de variables que deben usarse para describir las características de un producto que pueden impulsar las percepciones o valoraciones es infinitamente grande, y es preferible utilizar métodos de correlación inversa (RC) (Dotsch & Todorov, 2012; Todorov, Dotsch, Wigboldus, & Said, 2011) para desarrollar este tipo de modelos de estímulo-respuesta. En los métodos directos, los atributos relevantes del estímulo son fijos y sus valores son sistemáticamente manipulados y correlacionados con las respuestas. En los métodos RC es todo lo contrario. Los atributos relevantes del estímulo no son fijos mientras que la variable de respuesta sí. Cada estímulo se genera aleatoriamente y las respuestas obtenidas se utilizan para clasificar cada entrada con respecto al juicio social (es por eso que estas técnicas se denominan "inversas"). Correlacionando los estímulos y las respuestas modificadas al azar, es posible identificar qué variaciones en los atributos del estímulo causaron el patrón de respuesta. La RC es una técnica basada en datos que no necesita suposiciones a priori sobre los atributos relevantes del estímulo y permite al participante utilizar los criterios que desea para juzgar los estímulos (Brinkman et al., 2017). El resultado de los métodos de RC son imágenes psicológicamente significativas (las llamadas imágenes de clasificación (IC)) que, en nuestro caso, representan el PP que los participantes utilizaron para valorar la percepción social evaluada. Los procedimientos de RC se han utilizado ampliamente en los últimos años para modelar expresiones emocionales de caras (Mangini & Biederman, 2004), para identificar diferencias culturales en la percepción de expresiones emocionales (Jack, Caldara, & Schyns, 2012), para representar la cara prototípica de determinados grupos étnicos (Dotsch, Wigboldus, Langner, & van Knippenberg, 2008), para evaluar cómo se percibe a los inmigrantes (Kunst, Dovidio, & Dotsch, 2018), para obtener los IC de algunos rasgos de personalidad (Dotsch & Todorov, 2012) o, incluso, para determinar el aspecto de Dios (Conrad Jackson, Hester, & Gray, 2018).

Una aplicación típica de la RC consiste en generar estímulos aleatorios que varían un estímulo base, mostrar los estímulos a los participantes, preguntarles sobre un juicio objetivo y usar las respuestas para generar las IC. Este procedimiento básico se puede implementar de diferentes maneras (Dai & Micheyl, 2010). En este trabajo, se usó el método de la RC basada en ruido para obtener el PP de un coche deportivo. En este método se crean imágenes del producto variadas al azar superponiendo diferentes patrones de ruido aleatorio sobre un producto base. El producto base debe ajustarse especialmente al juicio analizado y a la población objetivo. Típicamente, el objeto base se obtiene promediando imágenes en escala de grises de una base de datos de imágenes de productos, lo que conduce a productos base con contornos borrosos mientras que el centro de los productos permanece bien definido (véase el producto base de la Figura 1).

Escogido el producto base se obtienen variaciones del mismo superponiendo ruido aleatorio sobre la imagen del producto base. Se utilizan comúnmente tres tipos de ruido: ruido blanco, ruido sinusoidal (Mangini & Biederman, 2004) o ruido de Gabor (van Rijsbergen, Jaworska,

Rousselet, & Schyns, 2014). Los patrones de ruido blanco se generan dando a cada píxel un valor gris aleatorio sin restricciones, mientras que los patrones de ruido sinusoidal y Gabor se generan superponiendo parches de onda sinusoidal y Gabor. En este trabajo utilizamos ruido sinusoidal para generar los estímulos porque generaba variaciones más significativas de producto base. Los patrones de ruido sinusoidal se crean combinando cinco capas de parches sinusoidales. Las cinco imágenes difieren en la frecuencia espacial de las sinusoides (2, 4, 8, 16 y 32 ciclos por imagen). Del mismo modo, cada una de estas imágenes se obtiene promediando doce rectángulos de ruido sinusoidal que difieren en orientación y fase (6 orientaciones diferentes y dos fases) y en el contraste de la imagen, que se asigna aleatoriamente.

Figura 1. Procedimiento para la aplicación del ruido.



Generados un número suficiente de parejas de estímulos y estímulos inversos (300 pares en total), los participantes en el estudio deben escoger cuál de las dos opciones de cada pareja presentada representa mejor su prototipo de producto con las características analizadas. Finalmente, el PP se crea calculando el patrón de ruido promedio de las imágenes escogidas por los usuarios, es decir, superimponiendo el ruido de las imágenes seleccionadas como más representativas. De la misma forma, se obtiene PP inverso, es decir, aquel contrario al producto prototípico, superponiendo el ruido de las imágenes seleccionadas como menos representativas.

2. Metodología

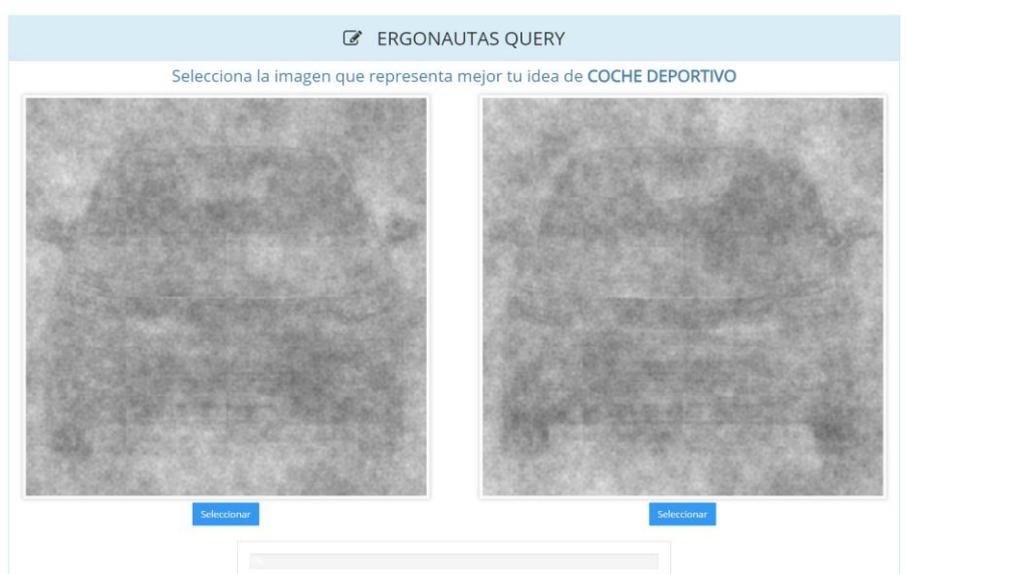
Como ya se ha comentado en la introducción, el experimento tiene como finalidad obtener el producto prototípico de un coche deportivo de gama media. Se trata de un objeto de uso común y una característica relativamente familiar, dado que los automóviles se suelen categorizar comercialmente con este tipo de adjetivos. Por otra parte, diversos estudios describen la forma en que los humanos tendemos a asociar determinadas geometrías inanimadas a caras (Aggarwal & McGill, 2007; Epley, Waytz, & Cacioppo, 2007). Dado que los estudios previos con esta técnica se han centrado precisamente en el análisis de rostros, esa analogía podía resultar ventajosa.

En la elaboración de la imagen base se persigue representar un modelo lo más neutral posible. Para ello, se seleccionó un conjunto de vehículos de gama media de entre los más

extendidos en el mercado europeo, y se realizaron diversas pruebas de mezcla de imágenes, hasta obtener una adecuadamente neutra. Esta imagen fue preparada para su uso en el experimento: se trató simétricamente y en escala de grises y se le aplicó un ruido sinusoidal con una escala de 6 puntos generado mediante el software RStudio. Mediante este procedimiento se produjeron 300 pares de imágenes.

La encuesta se realizó a través de la herramienta Query, del sitio web Ergonautas. El número total de participantes fue de 25 con edades que variaban entre los 20 y 50 años, con un 88% por ciento de hombres y un 12% restante de mujeres.

Figura 2.- Interfaz desarrollada que empleaba el participante para cumplimentar la encuesta.



Las encuestas se llevaron a cabo en un entorno controlado, empleando pantallas con resolución de 1920x1080 y un ángulo de visión frente a la pantalla aproximadamente perpendicular. Previamente a cada encuesta, el responsable de la misma se encargó de recoger la documentación referente al Consentimiento Informado del participante y realizar una breve explicación en que iba a consistir la prueba. Finalizada la encuesta se obtuvo el PP calculando el patrón de ruido promedio de las imágenes escogidas por los usuarios, y el PP inverso promediando el ruido de las imágenes no escogidas.

Las encuestas se llevaron a cabo en un entorno controlado, empleando pantallas con resolución de 1920x1080 y un ángulo de visión frente a la pantalla aproximadamente perpendicular. Previamente a cada encuesta, el responsable de la misma se encargó de recoger la documentación referente al Consentimiento Informado del participante y realizar una breve explicación en que iba a consistir la prueba. Finalizada la encuesta se obtuvo el PP calculando el patrón de ruido promedio de las imágenes escogidas por los usuarios, y el PP inverso promediando el ruido de las imágenes no escogidas.

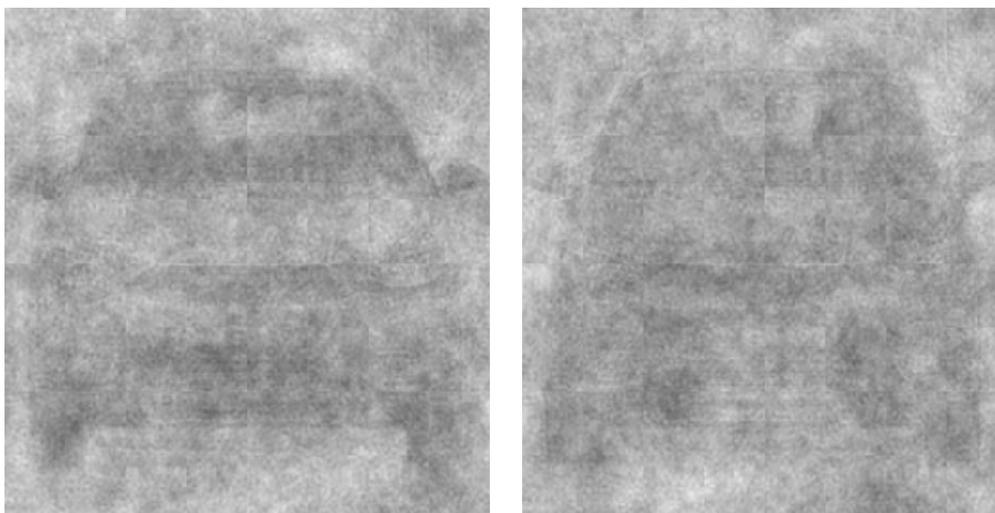
3. Resultados

El análisis de datos se llevó a cabo en dos fases: la primera de ellas se centró en obtener la imagen de clasificación (CI) de cada uno de los participantes del estudio, y en la segunda se empleó el archivo generado con todas las respuestas de todos los participantes para obtener el PP global del estudio.

Los resultados correspondientes a un único participante se obtienen sin realizar ningún tratamiento de la imagen de clasificación. Esto hace que las imágenes resultantes sean

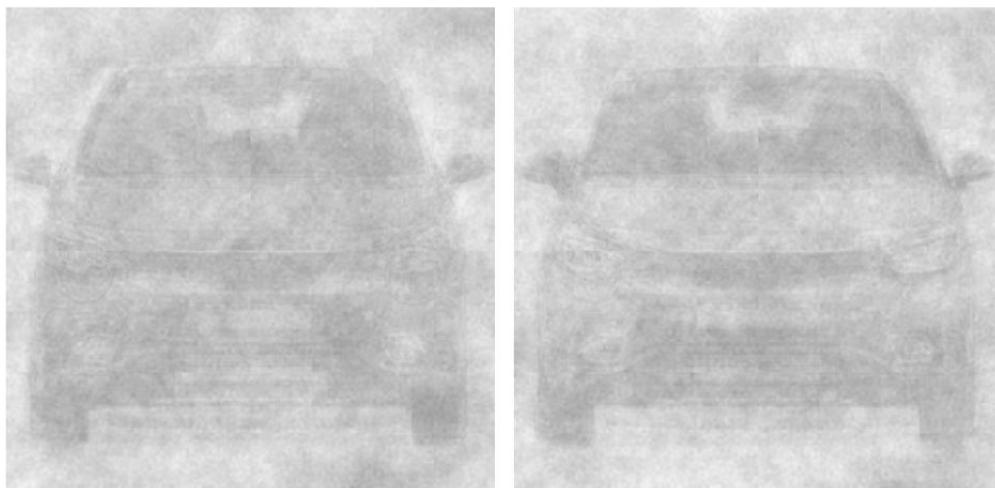
complicadas de interpretar debido a la cantidad de ruido visual que hay en la misma. Aun así, en la mayoría de casos son apreciables ciertas diferencias entre la imagen clasificatoria correspondiente a la percepción de un coche deportivo y la imagen clasificatoria opuesta a ésta.

Figura 3 Ejemplo de imagen de clasificación para un encuestado. A la izquierda se puede apreciar la imagen de clasificación directa y a la derecha la inversa.



Las imágenes del Producto Prototípico y el Producto Prototípico Inverso para el estudio realizado se muestran a continuación:

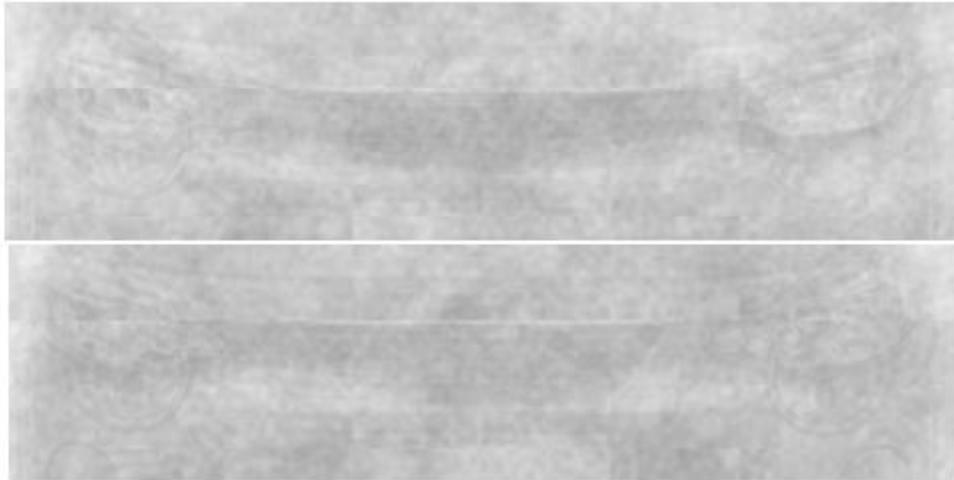
Figura 4. Producto Prototípico (izquierda) y el Producto Prototípico Inverso (derecha).



Se puede observar que la morfología del vehículo prototípico de vehículo deportivo (izquierdo) presenta cierta variación respecto a la imagen base inicial. Presenta una menor altura y un ligero incremento de la anchura del frontal del vehículo. Estos dos elementos suelen ser un factor común dentro de la gama de vehículos deportivos. También se aprecian diferencias en la zona de los faros, una línea de capó más marcada, retrovisores más alargados y una mayor separación entre ruedas.

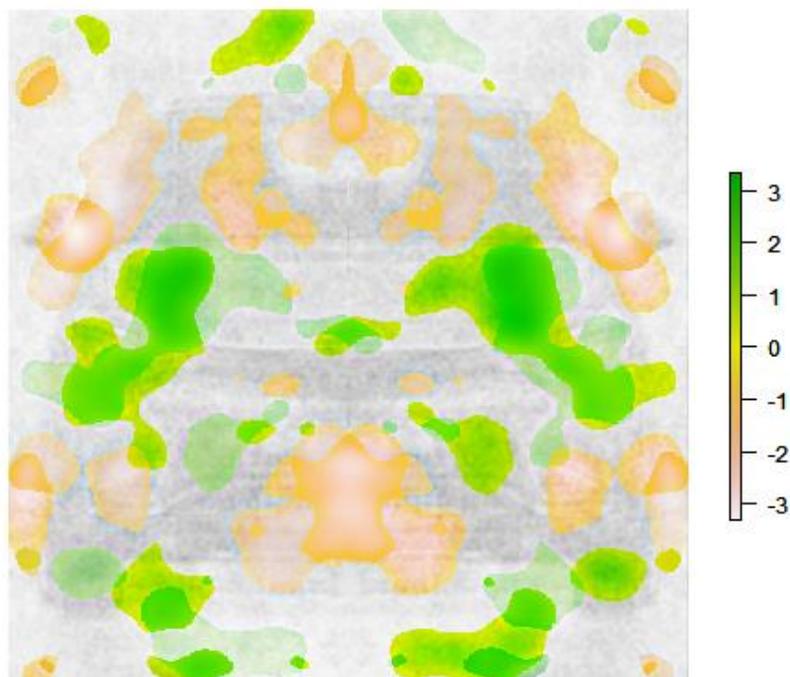
En la Figura 5 se puede apreciar cómo los faros del vehículo seleccionado como deportivo por los participantes tienen una línea mucho más pronunciada y un diseño algo más agresivo, algo también característico de esta estética.

Figura 5. Comparativa entre los faros del Producto Prototípico (superior) y la imagen inversa (inferior)



Las áreas de imagen que han ejercido una mayor influencia en la definición de la imagen de clasificación global quedan recogidas mediante representaciones de mapas de calor. En la Figura 6 se muestra el correspondiente a este estudio, reflejando en verde las zonas de mayor influencia y en naranja las zonas con menor impacto. Se puede apreciar cómo en general, las zonas correspondientes a los elementos mencionados anteriormente aparecen reflejadas en verde.

Figura 6. Mapa Z de las áreas de mayor influencia en la generación del PP.



4. Discusión y conclusiones

El objetivo de este estudio era el de analizar la aplicabilidad del análisis por correlación inversa en el campo del diseño del producto, evaluando los resultados obtenidos en cuanto

a coherencia y relevancia. Teniendo presente que se trata de un trabajo exploratorio y con limitaciones, es posible afirmar que los mismos son al menos prometedores. Los PPs obtenidos apuntan en la dirección esperada y de forma bastante perceptible, dada la escasa muestra con la que se ha trabajado.

Se trata de un primer estudio exploratorio, por lo que se buscó seleccionar un producto de uso muy generalizado y una característica visual fácilmente interpretable por los encuestados, y de cuyos rasgos geométricos representativos se pudiera tener idea a priori. La imagen de coche deportivo es relativamente común y en general reconocible por el usuario. Esto nos ha permitido contrastar si la imagen clasificatoria generada en el estudio corresponde por sus características a la representación que previamente tenemos de un coche deportivo.

Este primer paso positivo no permite por tanto generalizar las conclusiones obtenidas. Las limitaciones de estudio son muchas. En primer lugar, el tamaño de la muestra es reducido. Cuanto mayor sea el número de encuestas, más precisión se obtiene en la imagen clasificatoria. Además, en estudios sobre productos y atributos más específicos sería necesario acotar adecuadamente la muestra desde el punto de vista demográfico. Los estudios que analizan el producto utilizando referentes semánticos requieren un cuidado especial con este asunto, dado que las expresiones empleadas por los usuarios para describir el producto son fuertemente dependientes de estos factores.

Dado el escaso número de estudios existentes que emplean esta técnica, tampoco tenemos mucha información sobre el modo en que las imágenes que se emplean durante la encuesta pueden influir en el resultado de la misma. Sería necesario realizar más experimentos con diferentes tipos de productos, a fin de contrastar la validez del método. Es de suponer que objetos con una forma menos genérica o con una amplia variabilidad visual requieran un tratamiento específico o una preparación diferente de las imágenes a emplear.

Por último, tal vez sería interesante contrastar los resultados obtenidos a través de esta técnica con los que se desprendieran de la aplicación de otras técnicas de análisis del usuario. Por ejemplo, comparar los mapas de calor obtenidos en esta técnica con aquellos que revelase el uso del *eye-tracking* para un mismo objeto y atributo, o contrastar los resultados que pudiese arrojar esta técnica con estudios previos o nuevos empleando técnicas ya existentes, como la Ingeniería Kansei.

Referencias

- Agarwal, J., DeSarbo, W. S., Malhotra, N. K., & Rao, V. R. (2015). An Interdisciplinary Review of Research in Conjoint Analysis: Recent Developments and Directions for Future Research. *Customer Needs and Solutions*, 2(1), 19–40. <https://doi.org/10.1007/s40547-014-0029-5>
- Aggarwal, P., & McGill, A. L. (2007). Is That Car Smiling at Me? Schema Congruity as a Basis for Evaluating Anthropomorphized Products. *Journal of Consumer Research*, 34(4), 468–479. <https://doi.org/10.1086/518544>
- Alcántara, E., Artacho, M. A., González, J. C., & García, A. C. (2005). Application of product semantics to footwear design. Part I—Identification of footwear semantic space applying differential semantics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(8), 713–725. <https://doi.org/10.1016/J.ERGON.2005.02.005>
- Altaboli, A., & Lin, Y. (2011). Investigating Effects of Screen Layout Elements on Interface and Screen Design Aesthetics. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2011, 1–10.

<https://doi.org/10.1155/2011/659758>

- Berghman, M., & Hekkert, P. (2017). Towards a unified model of aesthetic pleasure in design. *New Ideas in Psychology*, 47, 136–144. <https://doi.org/10.1016/J.NEWIDEAPSYCH.2017.03.004>
- Bhandari, U., Chang, K., & Neben, T. (2019). Understanding the impact of perceived visual aesthetics on user evaluations: An emotional perspective. *Information & Management*, 56(1), 85–93. <https://doi.org/10.1016/J.IM.2018.07.003>
- Brinkman, L., Todorov, A., & Dotsch, R. (2017). Visualising mental representations: A primer on noise-based reverse correlation in social psychology. *European Review of Social Psychology*, 28(1), 333–361. <https://doi.org/10.1080/10463283.2017.1381469>
- Conrad Jackson, J., Hester, N., & Gray, K. (2018). The faces of god in america: Revealing religious diversity across people and politics. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198745>
- Crilly, N., Moultrie, J., & Clarkson, P. J. (2004). Seeing things: consumer response to the visual domain in product design. *Design Studies*, 25(6), 547–577. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2004.03.001>
- Crilly, N., Moultrie, J., & Clarkson, P. J. (2009). Shaping things: intended consumer response and the other determinants of product form. *Design Studies*, 30(3), 224–254. <https://doi.org/10.1016/J.DESTUD.2008.08.001>
- Dai, H., & Micheyl, C. (2010). Psychophysical reverse correlation with multiple response alternatives. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36(4), 976–993. <https://doi.org/10.1037/a0017171>
- Diego-Mas, J. A., & Alcaide-Marzal, J. (2016). Single users' affective responses models for product form design. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 53. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2015.11.005>
- Dotsch, R., & Todorov, A. (2012). Reverse Correlating Social Face Perception. *Social Psychological and Personality Science*. <https://doi.org/10.1177/1948550611430272>
- Dotsch, R., Wigboldus, D. H. J., Langner, O., & van Knippenberg, A. (2008). Ethnic Out-Group Faces Are Biased in the Prejudiced Mind. *Psychological Science*. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02186.x>
- Epley, N., Waytz, A., & Cacioppo, J. T. (2007). On Seeing Human: A Three-Factor Theory of Anthropomorphism. *Psychological Review*, 114(4), 864–886. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.114.4.864>
- Han, S. H., & Hong, S. W. (2003). A systematic approach for coupling user satisfaction with product design. *Ergonomics*, 15(43), 13–14.
- Hassenzahl, M. (2001). The Effect of Perceived Hedonic Quality on Product Appealingness. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 13(4), 481–499. https://doi.org/10.1207/S15327590IJHC1304_07
- Hekkert, P. (2006). Design aesthetics: Principles of pleasure in design. *Psychology Science*,

48(2), 157–172.

- Hsiao, K.-A., & Chen, L.-L. (2006). Fundamental dimensions of affective responses to product shapes. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(6), 553–564. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2005.11.009>
- Hsiao, S.-W., & Chen, C.-H. (1997). A semantic and shape grammar based approach for product design. *Design Studies*, 18(3), 275–296. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(97\)00037-9](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(97)00037-9)
- Hsiao, S.-W., Chiu, F.-Y., & Chen, C. S. (2008). Applying aesthetics measurement to product design. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(11–12), 910–920. <https://doi.org/10.1016/J.ERGON.2008.02.009>
- Hsu, C.-C., Fann, S.-C., & Chuang, M.-C. (2017). Relationship between eye fixation patterns and Kansei evaluation of 3D chair forms. *Displays*, 50, 21–34. <https://doi.org/10.1016/J.DISPLA.2017.09.002>
- Jack, R. E., Caldara, R., & Schyns, P. G. (2012). Internal representations reveal cultural diversity in expectations of facial expressions of emotion. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(1), 19–25. <https://doi.org/10.1037/a0023463>
- Jindo, T., Hirasago, K., & Nagamachi, M. (1995). Development of a design support system for office chairs using 3-D graphics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15(1), 49–62. [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(94\)00056-9](https://doi.org/10.1016/0169-8141(94)00056-9)
- Kelly, J. C., Maheut, P., Petiot, J.-F., & Papalambros, P. Y. (2011). Incorporating user shape preference in engineering design optimisation. *Journal of Engineering Design*, 22(9), 627–650. <https://doi.org/10.1080/09544821003662601>
- Kunst, J. R., Dovidio, J. F., & Dotsch, R. (2018). White Look-Alikes: Mainstream Culture Adoption Makes Immigrants “Look” Phenotypically White. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 44(2), 265–282. <https://doi.org/10.1177/0146167217739279>
- Lindgaard, G., Dudek, C., Sen, D., Sumegi, L., & Noonan, P. (2011). An exploration of relations between visual appeal, trustworthiness and perceived usability of homepages. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 18(1), 1–30. <https://doi.org/10.1145/1959022.1959023>
- Luce, R. D., & Tukey, J. W. (1964). Simultaneous conjoint measurement: A new type of fundamental measurement. *Journal of Mathematical Psychology*. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(64\)90015-X](https://doi.org/10.1016/0022-2496(64)90015-X)
- Lugo, J. E., Schmiedeler, J. P., Batill, S. M., & Carlson, L. (2016). Relationship Between Product Aesthetic Subject Preference and Quantified Gestalt Principles in Automobile Wheel Rims. *Journal of Mechanical Design*, 138(5). <https://doi.org/10.1115/1.4032775>
- Mangini, M. C., & Biederman, I. (2004). Making the ineffable explicit: Estimating the information employed for face classifications. *Cognitive Science*, 28(2), 209–226. <https://doi.org/10.1016/j.cogsci.2003.11.004>
- Nagamachi, M. (1995). Kansei Engineering: A new ergonomic consumer-oriented technology for product development. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15(1), 3–11.

[https://doi.org/10.1016/0169-8141\(94\)00052-5](https://doi.org/10.1016/0169-8141(94)00052-5)

- Nagamachi, M. (2002). Kansei engineering as a powerful consumer-oriented technology for product development. *Applied Ergonomics*, 33(3), 289–294. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(02\)00019-4](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(02)00019-4)
- Nagamachi, M., & Lokman, A. M. (2010). *Innovations of Kansei Engineering*. CRC Press. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=2jzO-Hfd1koC&pgis=1>
- Norman, D. A. (2004). Emotional design: *Ubiquity*. New York: Basic Books. <https://doi.org/10.1145/985600.966013>
- Orsborn, S., Cagan, J., & Boatwright, P. (2009). Quantifying Aesthetic Form Preference in a Utility Function. *Journal of Mechanical Design*, 131(6), 061001. <https://doi.org/10.1115/1.3116260>
- Osgood, C. E., Suci, G. J., & Tannenbaum, P. H. (1957). *The measurement of meaning. The measurement of meaning*. Oxford, England: Univer. Illinois Press.
- Radford, S. K., & Bloch, P. H. (2011). Linking Innovation to Design: Consumer Responses to Visual Product Newness. *Journal of Product Innovation Management*, 28(S1), 208–220. <https://doi.org/10.1177/002096430505900202>
- Reich, Y. (1993). A model of aesthetic judgment in design. *Artificial Intelligence in Engineering*, 8(2), 141–153. [https://doi.org/10.1016/0954-1810\(93\)90023-9](https://doi.org/10.1016/0954-1810(93)90023-9)
- Seckler, M., Opwis, K., & Tuch, A. N. (2015). Linking objective design factors with subjective aesthetics: An experimental study on how structure and color of websites affect the facets of users' visual aesthetic perception. *Computers in Human Behavior*, 49, 375–389. <https://doi.org/10.1016/J.CHB.2015.02.056>
- Shimizu, Y., Yanagishima, T., Jindo, T., & Nagamachi, M. (1989). Analyses of Automobile Interiors Using a Semantic Differential Method. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, 33(10), 620–624. <https://doi.org/10.1177/154193128903301016>
- Sonderregger, A., & Sauer, J. (2010). The influence of design aesthetics in usability testing: Effects on user performance and perceived usability. *Applied Ergonomics*, 41(3), 403–410. <https://doi.org/10.1016/J.APERGO.2009.09.002>
- Sylcott, B., Michalek, J. J., & Cagan, J. (2013). Towards Understanding the Role of Interaction Effects in Visual Conjoint Analysis. In *Volume 3A: 39th Design Automation Conference*. American Society of Mechanical Engineers. <https://doi.org/10.1115/DETC2013-12622>
- Todorov, A., Dotsch, R., Wigboldus, D. H. J., & Said, C. P. (2011). Data-driven methods for modeling social perception. *Social and Personality Psychology Compass*, 5(10), 775–791. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2011.00389.x>
- Toubia, O., de Jong, M. G., Stieger, D., & Füller, J. (2012). Measuring Consumer Preferences Using Conjoint Poker. *Marketing Science*, 31(1), 138–156. <https://doi.org/10.1287/mksc.1110.0672>

- Townsend, C., & Sood, S. (2012). Self-Affirmation through the Choice of Highly Aesthetic Products. *Journal of Consumer Research*, 39(2), 415–428. <https://doi.org/10.1086/663775>
- van Rijsbergen, N., Jaworska, K., Rousselet, G. A., & Schyns, P. G. (2014). With age comes representational wisdom in social signals. *Current Biology: CB*, 24(23), 2792–2796. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.09.075>
- Wang, C.-H. (2014). Integrating Kansei engineering with conjoint analysis to fulfil market segmentation and product customisation for digital cameras. *International Journal of Production Research*, 53(8), 1–12. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.974840>
- Wenzel, M., Mummendey, A., & Waldzus, S. (2007). Superordinate identities and intergroup conflict: The ingroup projection model. *European Review of Social Psychology*, 18, 331–372. <https://doi.org/10.1080/10463280701728302>
- Yang, C.-C. (2011). A classification-based Kansei engineering system for modeling consumers' affective responses and analyzing product form features. *Expert Systems with Applications*, 38(9), 11382–11393. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2011.03.008>
- Yegoryan, N., Guhl, D., & Klapper, D. (2019). Inferring attribute non-attendance using eye tracking in choice-based conjoint analysis. *Journal of Business Research*. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2019.01.061>

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

