

03-031

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF SEMANTIC AND PROPERTY SPACES IN KANSEI
ENGINEERING WITH NEUROSCIENTIFIC APPROACH FOR LEAN MANUFACTURING
PROJECTS**

Córdoba Roldán, Antonio ¹; Marcos Bárcena, Mariano ²; Aguayo González,
Francisco ¹; Lama Ruiz, Juan Ramón ¹; Peralta Álvarez, María Estela ¹

¹ Universidad de Sevilla, ² Universidad de Cádiz

In Kansei Engineering projects semantic space lists and describes the domain of emotions or kanseis and domain of reason or Chisei using terms that appeal to emotion and rationality of the worker in relation to the work environment. The objective is quantify the emotional and cognitive response by applying neuroscience tools. The semantic space in Lean environments must integrate Lean significance and values in the conceptualization and explanation of kansei and chisei terms. The space properties studied the properties and categories domain from the point of view of emotion and reason. For design Lean manufacturing environments, properties refer to attributes or characteristics of the plant, workstation and tools, of which a proposal for obtaining properties centric in worker. The main objective of Kansei-Chisei Engineering is establish the relationship between emotion, reason and properties of Lean environment to use the results to improve the comfort and efficiency of the work environment.

Keywords: *Kansei Chisei Engineering; Lean Manufacturing; Neuroergonomics; Engineering Projects*

**DISEÑO Y DESARROLLO DEL ESPACIO SEMÁNTICO Y DE PROPIEDADES EN
PROYECTOS DE FABRICACIÓN LEAN POR INGENIERÍA KANSEI CON ENFOQUE
NEUROCIÉNTIFICO**

En los proyectos de Ingeniería Kansei el espacio semántico recoge y describe el dominio de emociones o kanseis y el dominio racional o chisei mediante términos que apelan a los sentimientos y racionalidad del trabajador en relación con el entorno de trabajo. El objetivo es obtener y cuantificar la respuesta emocional y cognitiva mediante la aplicación de herramientas neurocientíficas. El espacio semántico, en entornos Lean, debe integrar la significación y los valores Lean, en la conceptualización y explicitación de términos kansei y chisei. El espacio de propiedades es el dominio en el cual se establecen las propiedades y categorías que se van a estudiar desde el punto de vista de la emoción y la razón. En el caso de diseño de entornos de fabricación Lean, las propiedades hacen referencia a aquellos atributos o características de la planta, puesto de trabajo y herramienta, de las cuales se formulará una propuesta de obtención de propiedades centradas en el trabajador. El objetivo final de la Ingeniería Kansei Chisei es establecer la relación entre emoción, razón y propiedades del entorno Lean de tal manera que los resultados puedan ser utilizados para mejorar el confort y la eficiencia del entorno de trabajo.

Palabras clave: *Ingeniería Kansei Chisei; Fabricación Lean; Neuroergonomía; Proyectos de Ingeniería*

Correspondencia: Antonio Córdoba Roldán acordoba1@us.es

1. Introducción

En el ámbito laboral, por ejemplo para el diseño de un entorno de trabajo, se puede comprobar si alguien está realizando un trabajo con sobreesfuerzo midiendo el estado muscular mediante un electromiógrafo (EMG). Otro ejemplo sería captar el interés de un trabajador por determinadas partes de la interfaz de una máquina a través del movimiento ocular mediante un seguimiento con equipos de eyetracking. Por otro lado, se puede conocer si un puesto de trabajo gusta o no a los trabajadores mediante la expresión facial de la persona y medida por electromiografía facial e incluso mediando el estado de activación neural del trabajador por electroencefalografía (EEG). En base a lo anterior es de interés tener en cuenta la ergonomía del puesto de trabajo en sentido amplio, la carga física base a por ejemplo, al grado de flexión de la cadera, la distancia recorrida..., la carga cognitiva, el gasto energético, incluyendo la motivación del trabajador y el confort del entorno de trabajo.

En los proyectos de Ingeniería Kansei el espacio semántico es la fase que recoge y describe el dominio de emociones o *kanseis* y el dominio racional o *chisei* mediante términos que apelan a los sentimientos y racionalidad de la persona en relación con el entorno de trabajo. El objetivo es obtener y cuantificar la respuesta emocional y cognitiva mediante la aplicación de herramientas neurocientíficas. El espacio semántico debe integrar la significación y los valores Lean, en la conceptualización y explicitación de términos kansei y chisei.

El concepto de kansei está estrechamente relacionado con valores afectivos, emocionales del ser humano, el concepto chisei trabaja para aumentar el conocimiento o entendimiento de las descripciones verbales de hechos lógicos.

La propuesta metodológica por Ingeniería Kansei Chisei hace necesario la definición de un espacio semántico y de un espacio de propiedades desde un enfoque neurocientífico.

El espacio semántico es la fase de la Ingeniería Kansei en la cual se establecen los términos kanseis y chiseis que se van a estudiar desde el punto de vista del diseño del entorno de trabajo. La elección correcta de los kanseis y chiseis es de gran importancia para definir al usuario potencial, ya que este esperará experimentar ciertas emociones con el entorno de trabajo.

El espacio de propiedades es la fase de la Ingeniería Kansei en la cual se establecen las propiedades del entorno de trabajo que se van a estudiar desde el punto de vista del kansei y chisei. No existe una teoría consistente que exponga la forma en la que se debe desarrollar el espacio de propiedades. Para la estructuración de las propiedades del entorno a diseñar se debe seleccionar un conjunto de propiedades superiores o generales y sobre cada una de ellas seleccionar un conjunto de sub-propiedades o categorías. Las categorías representan los diferentes valores que puede tomar la propiedad. Para determinar las categorías se estudian y se analizan las variantes o alternativas posibles de cada propiedad en los productos.

El objetivo final de la Ingeniería Kansei Chisei es establecer la relación entre emoción, razón y propiedades del entorno Lean de tal manera que los resultados puedan ser utilizados como briefing de diseño del entorno. El diseño de entorno de trabajo que se proponga tras la aplicación metodológica está enfocado a conseguir un impacto en la motivación, satisfacción, rendimiento y fiabilidad del trabajo, enlazando así con los principios de los sistemas de manufactura Lean.

El presente artículo se centra en analizar y hacer una propuesta para el desarrollo del espacio semántico y el espacio de propiedades, propios de la Ingeniería Kansei Chisei, enfocados al diseño de entornos de trabajo Lean.

2. Enfoque neurocientífico

El entendimiento acerca de cómo funciona el cerebro para el cumplimiento de ciertas tareas relacionadas con el reconocimiento, aprendizaje, relación con las emociones... permitirá analizar la conexión entre la reacción a nivel neuronal de la persona con respecto a un estímulo.

Dentro de la neurociencia humana han existido dos enfoques diferentes sobre la anatomía de la mente. Por una parte los científicos que defendían la modularidad de especialización del cerebro y quienes por otro lado defendían el procesamiento distribuido.

En la actualidad la modularidad es indiscutible, demostrándose que las funciones mentales raramente involucran a un único módulo (Carretié, 2011). La emoción, la atención, la memoria, el lenguaje, la consciencia, la toma de decisiones o la creatividad activan módulos especializados en distintas zonas del cerebro por lo que la conectividad funcional entre ellos resulta imprescindible para que un proceso mental se desarrolle correctamente. Algunas estructuras intervienen en dos o más procesos distintos, por ejemplo, el núcleo accumbens interviene tanto en situaciones emocionalmente positivas como negativas.

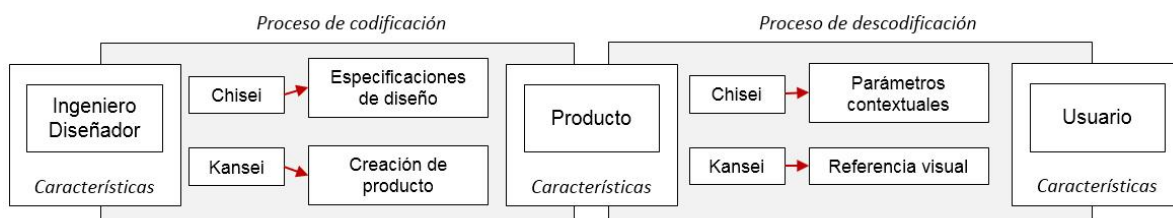
La especialización hemisférica es una forma de modularidad en la que se establece un reparto de funciones mentales entre hemisferios (Soriano et al., 2007). Tradicionalmente se ha establecido que el hemisferio derecho es más artístico y emocional y el izquierdo más analítico y cognitivo. Esta interpretación coincide con el aspecto externo del cerebro ya que este cuenta con dos mitades unidas profusamente por el cuerpo caloso. El cuerpo caloso (CC) es la comisura interhemisférica de mayor tamaño y conecta transversalmente los dos hemisferios. Esta estructura es de gran importancia para el desarrollo y la conectividad cortical, estando su función principal relacionada con la transferencia inmediata y unificada de la información sensorial recibida por los dos hemisferios de manera que los mantiene conscientes de lo que sucede en cada uno de ellos. Desempeña un papel importante en funciones como la memoria, la atención, el nivel de alerta, etc (Quintero-Gallego, 2003).

La interpretación de la especialización hemisférica en la emoción, la creatividad, la atención y la memoria ha ido perdiendo fuerza a medida que van aportándose nuevos datos concluyendo que ambos hemisferios están implicados en todos los procesos de forma relativamente equilibrada.

3. Relación kansei y chisei

Hasta ahora, la práctica de la mayoría de los ingenieros se ha centrado en el chisei. El kansei ha sido considerado como un fenómeno totalmente subjetivo ya que cualquier persona en el mundo tiene su propia forma individual de absorción y de representación de los estímulos externos.

Figura 1: Proceso de codificación kansei y chisei



Nota: Adaptado de (Chee, E. (2006)

El kansei es un efecto del desarrollo de diversos sentimientos en la mente humana que aparecen como emociones individuales. En la historia del diseño de productos, el énfasis en

la producción en masa y la falta de conocimientos de diseño por parte de los ingenieros provocó un desprecio por las preferencias y sentimientos personales, siendo este el principal motivo por lo que ha sido difícil darse cuenta de la relevancia del kansei para el diseño. Hoy en día, la necesidad por la satisfacción emocional está creciendo y las empresas lo saben. Los requisitos funcionales a menudo pueden ser resueltos por el diseño chisei a través del conocimiento lógico y tecnológico. Sin embargo, el cumplimiento de los requisitos emocionales, incluyendo el placer, requiere una especial atención (Lee et al., 2002).

Picard (1997) construyó modelos de interacción entre la razón y la emoción. Por ejemplo, en el ámbito del marketing, los expertos distinguen entre “atracción afectiva” (“feeling appeal”), es decir, aplicar a características del producto cualidades atractivas y subjetivas; y “atracción lógica” (“thinking appeal”), es decir, aplicar a características del producto cualidades lógicas, objetivamente verificables (Liu y Stout, 1987). Lee et al. (2002) se refiere a ese primer concepto expuesto anteriormente como kansei y a su contraparte como chisei.

A diferencia de algunas caracterizaciones subconscientes o irracionales de las emociones, el kansei va más allá de las reacciones viscerales asociadas con cambios en las expresiones faciales, entonación vocal y cambios fisiológicos asociados (fisiológicamente asociadas con el sistema límbico y la amígdala anterior). El énfasis en las emociones a través de palabras kansei se extiende más allá de la emoción por lo que inevitablemente implica cogniciones asociadas con el chisei.

Krippendorff (2006) ha criticado que la Ingeniería Kansei repite el error epistemológico de la teoría estética, en el sentido de que una separación de la cognición y el afecto (chisei y kansei) pierde los beneficios del enfoque holístico, en el que la funciones del cuerpo calloso como mediador interhemisférico pudiera jugar un importante papel (Soriano et al., 2007).

Ambos conceptos, kansei y chisei, tienen en común que se desencadenan por un estímulo sensorial, que se asigna desde ambas perspectivas. El kansei construye afecto, sentimientos y emociones, que a su vez conducen a la creatividad; por otra parte, el chisei construye el razonamiento basado en la lógica, el reconocimiento y la comprensión que posteriormente se convierten en conocimiento (Schütte, 2005). El chisei trabaja para aumentar el conocimiento o entendimiento de hechos lógicos y el kansei trabaja para aumentar la creatividad a través de los sentimientos o emociones.

Al mismo tiempo que el kansei, se construye el chisei por la misma entrada (entrada sensorial), basado en la construcción de conocimientos a través de procesos de aprendizaje. Tanto el kansei como el chisei se procesan en el cerebro cuando este recibe información del mundo externo a través de los sentidos.

La Ingeniería Kansei utiliza ciertos estímulos (generalmente muestras de productos y términos descriptores) que se introducen en el sistema. La salida del sistema se registra por lo general en una forma cuestionario (por ejemplo Diferencial Semántico). Estos datos constituyen de hecho una representación del kansei de la sociedad en el producto.

El uso de técnicas de Ingeniería Kansei no significa necesariamente que la salida del estudio refleje el verdadero kansei que tiene el usuario en mente sobre una determinada alternativa de diseño. Esto sólo representa información tomada en un cierto instante de tiempo bajo unas determinadas circunstancias. Además hay que tener en cuenta que formularios, imágenes, términos de emociones no son réplicas reales de la experiencia, son representaciones simbólicas.

Seung Hee Lee (2002) no puede en duda que tanto el chisei como el kansei tienen el mismo nivel de potencia para estimular los comportamientos humanos.

4. Espacio semántico

El kansei y el chisei, antes de generarse, se componen de vista, oído, olfato, gusto... Las experiencias sensoriales se almacenan junto a la memoria experiencial en el mismo momento, lo cual se traduce en un registro emocional.

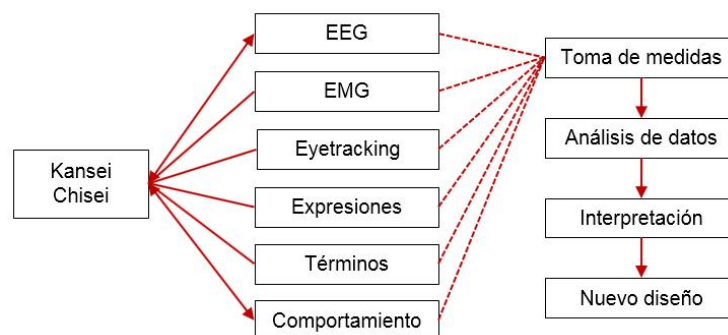
Algo que se ha memorizado, decidido o juzgado previamente con un cierto valor puede resurgir cuando se presenta un estímulo similar o se percibe como similar. Por ejemplo si a una máquina se le enciende un piloto luminoso rojo, puede evocar anteriores usos de otras máquinas y emerger una respuesta de alerta o peligro.

El receptor no siente únicamente como resultado de procesos fisiológicos, el kansei y el chisei se generan en combinación con las experiencias pasadas y la información de memoria (hipocampo) estando íntimamente relacionados con la experiencia previa ante un determinado estímulo. Todas las emociones a través de los sentidos se sienten como emociones apoyadas por las experiencias de la vida diaria del receptor.

Existen emociones compuestas que combinan sensaciones (modalidades sensoriales), especialmente la vista, que domina el 70% -80% de la estimulación sensorial, de gran impacto kansei. Por ejemplo, basta con una imagen de una máquina para hacer sentir lo amistosa o fácil de usar que será.

La figura 2 muestra como el kansei se manifiesta de varias maneras o por varias vías, pudiéndose obtener un dimensionamiento psicológico del estado emocional de la persona. Por ejemplo, este se puede dimensionar o cuantificar a través de las señales neurales usando electroencefalografía, pudiendo conocer cuál es el estado de actividad neural.

Figura 2: Procesamiento de estímulo



Nota: Adaptado de (Nagamachi y Mohd (2015)

Estas nuevas funciones requieren conocer emociones ocultas y kansei profundos de las acciones, expresiones, lenguaje hablado, etc., de los trabajadores en sus puestos de trabajo. El personal directivo, de gestión, personal de servicio al cliente, etc., necesita compartir los mismos kanseis y tener la capacidad de leerlos en las personas con las que están tratando.

4.1 Fisiología del kansei y chisei

Aproximadamente, se puede decir que el kansei es una estructura de la mente subordinada, que conecta los estímulos exteriores a las emociones. La mayoría de las emociones se generan en el cerebro en un área denominada sistema límbico. Desde una perspectiva evolutiva, el sistema límbico es mucho mayor que el resto del cerebro humano. Incluye funciones básicas tales como la regulación de la respiración, la presión arterial, etc., y controla la forma en que reaccionamos emocionalmente a los estímulos externos (Damaiso, 1996). Todos estos procesos se llevan a cabo inconscientemente ya que la conciencia se ubica en las partes más nuevas del cerebro como son los lóbulos frontales.

Los seres humanos pueden controlar sus emociones a un cierto grado conscientemente, pero no completamente (Damaiso, 1996). Para el kansei esto significa que el sistema límbico es el indicado para medir las emociones en el cerebro.

4.2 Medición del kansei y chisei

El kansei representa una estructura individual mental. Comprender los kansei no es fácil e implica una gran cantidad de empatía y experiencia. Tradicionalmente, los sentimientos y las emociones han sido tratados por ciencias de análisis comportamental como la psicología y la sociología. Los precursores de la Ingeniería Kansei y otras metodologías para el desarrollo de productos afectivos se dieron cuenta del problema de cuantificar el kansei, y se propuso el desarrollo de un modelo estadístico matemático correcto para la predicción del comportamiento de los usuarios. El objetivo era eliminar la predicción comportamental basada en interpretaciones cualitativas.

Por otro lado es de vital importancia conocer cómo y dónde se origina el kansei y cómo este puede ser captado y convertido en información útil para el diseño y desarrollo de entornos. El kansei como tal es una sensación interna, pero en la actualidad sólo se puede medir utilizando métodos basados en la externalización.

Nagamachi hace diferencia entre dos tipos de medidas principalmente:

1. Medidas psicológicas (psicométricas): haciendo referencia a medidas obtenidas mediante encuestas, test... haciendo referencia principalmente a la técnica de Diferencial Semántico.
2. Medidas fisiológicas (biomédicas): medidas de respuestas fisiológicas, comportamientos y expresiones corporales generadas por 'estimulación externa' como la medición del ritmo cardíaco, EMG y EEG.

Todos los métodos mencionados anteriormente se han aplicado con éxito en diferentes áreas de aplicación kansei. Sin embargo, los sentimientos y las impresiones son estructuras complejas, que requieren instrumentos de medición sensibles. Por desgracia, incluso el más poderoso de los métodos de medición no es capaz de revelar el kansei completo de alguien, sólo pequeñas partes de él. Se ha demostrado que como medida adicional que complementa a las descripciones semánticas, el EMG y el EEG pueden ser útiles (Picard, 1997). De las distintas técnicas biométricas se expone a continuación una propuesta de integrar la EEG en la Ingeniería Kansei, para abordar problemas del espacio semántico.

4.3 Electroencefalografía e Ingeniería Kansei

El EEG es la señal eléctrica detectable en la superficie del cuero cabelludo. Se trata de una señal con máxima resolución temporal, puesto que discrimina y sitúa en el tiempo, de forma adecuada, distintas respuestas cerebrales. Gracias al desarrollo de algoritmos matemáticos capaces de calcular qué áreas de la corteza cerebral originan la actividad registrada en el exterior, el EEG puede proporcionar información espacial de baja resolución pues discrimina y sitúa en el espacio de forma orientativa las respuestas cerebrales.

La electroencefalografía en la Ingeniería Kansei como técnica de análisis y medición fue utilizada por el profesor Tomoyuki Yoshida (1990); el cuál midió la frecuencia y la cantidad de las fluctuaciones de ondas alfa (de 8 a 13 Hz) en el lóbulo frontal (Fp1, Fp2) dando a conocer la relación entre ellos y la comodidad o sensación de relajación (se conoce que las bandas de frecuencia alfa en el EEG aumentan durante el reposo tranquilo.)

Yoshida, tras la realización de múltiples experimentos, descubrió que un gradiente en el dominio de las frecuencias bajas está fuertemente asociado con la comodidad y la sensación de relajación. Y por otro lado, que un gradiente más pronunciado en el dominio de frecuencias altas, está fuertemente asociado con la sensación de confort subjetivo (Yoshida

& Iwaki, 2000). De sus muchos resultados de investigación, él construyó un modelo básico de emoción compuesto de dos ejes, la activación del sentimiento (excitante / calma) y el confort (cómodo/incómodo). Además de esto, Yoshida, encontró asociaciones de fluctuación de ondas alfa no sólo con la comodidad, sino también con el disfrute, que representa la emoción de la comodidad.

4.4 Metodología y diseño experimental

El registro EEG requiere en primer lugar la colocación de electrodos en el cuero cabelludo al sujeto de prueba. El empleo de numerosos electrodos ha extendido el uso de gorros de registro, que incorporan ya los electrodos, sin necesidad de colocarlos uno a uno.

Nagamachi considera que los estímulos que pasan a través del globo ocular se convierten en señales que se propagan al lóbulo occipital y pasan a través de otras regiones hasta que son procesadas como kansei por la corteza prefrontal (Nagamachi y Mohd, 2015). Estos nos indica que se debe prestar atención a la información recibida por los electros ubicados en dicha zona, en concreto, como se expuso anteriormente en los electrodos Fp1 y Fp2.

Por tratarse de una señal muy débil es necesario someterla a una amplificación para poder tratarla y analizarla. El primer problema que plantea este tipo de equipos es que la no discrimina entre señal y ruido, por lo que se debe utilizar filtros que lo atenúen. Las interferencias más dañinas para el EEG son las oculares, que son de origen interno y que consisten en el registro de los movimientos oculares y parpadeos. Su mayor inconveniente es que pueden tener una frecuencia similar a la del EEG siendo en ese caso imposibles de filtrar. Además, su amplitud es normalmente muy superior a la propia señal EEG y pueden afectar a cualquier electrodo. Este tipo de interferencias se denominan artefactos y en muchas ocasiones pueden ser eliminados mediante análisis visual de la señal.

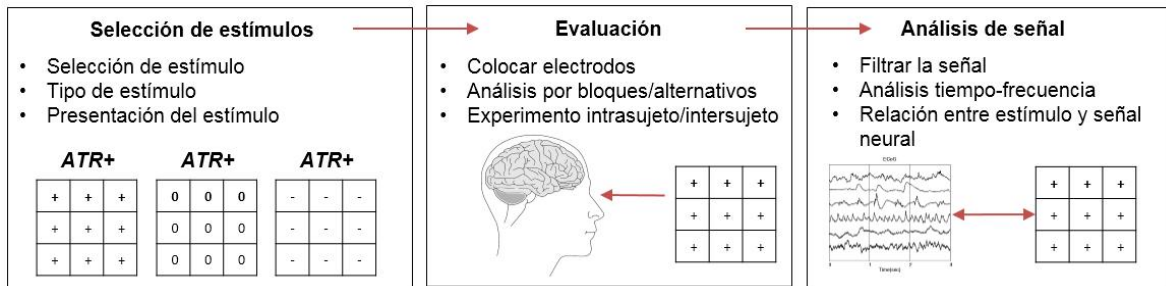
En este estudio se desea conocer qué circuitos cerebrales se activan ante una alternativa de diseño de entorno de trabajo que resulte atractivo. Para ello se puede plantear diseñar una tarea con tres tipos de estímulos: 15 representaciones de entornos muy atractivos (ATR+), 15 de entornos de atractivo intermedio (ATR0) y 15 poco atractivos (ATR-).

Seleccionados los estímulos el siguiente paso es definir la manera de presentarlos. En el diseño de bloques se recurriría a presentar las alternativas de diseño en series de la misma categoría experimental: los 15 entornos ATR+ se presentarían seguidas (con su correspondiente intervalo entre alternativa y alternativa), en otro bloque se presentarían todas las ATR0 y en otro las ATR-. En general los diseños de bloques potencian el efecto de cada categoría experimental (por ejemplo, ATR+, ATR0, ATR-) y por tanto permiten mejorar la razón S/R. En cambio el diseño de bloques tiene el inconveniente de que el sujeto puede predecir con facilidad qué tipo de estímulo vendrá a continuación, lo que puede constituir un problema en algunos estudios, además puede producir habituación más fácilmente que en los diseños alternativos (Carretié, 2011).

La siguiente decisión será analizar que estímulos se van a presentar. En los diseños de experimentos intersujetos, las condiciones experimentales se aplican a muestras diferentes. En este caso un grupo de sujetos se le presentarían los entornos ATR+, a otro grupo los ATR0 y a otro los ATR-. En los intrasujetos se presentan todas las condiciones experimentales a todos los sujetos. El principal problema de los diseños intersujetos es que, en caso de que se observen diferencias significativas en la respuesta a los distintos tipos de entornos, no es posible saber si el grupo que percibió los entornos ATR+ produjo respuestas distintas al que percibió ATR0 o al que percibió ATR-, debido a la manipulación experimental (diseño del entorno). En los estudios intrasujetos, estos factores se convierten en constantes, es decir, cesan de afectar diferencialmente ya que van a influir en todas las categorías experimentales dentro de cada sujeto.

Para el análisis y la interpretación de señales se requiere una ejecución en varias fases. En primer lugar, debe procederse a la extracción del parámetro más informativo de la señal, y su cuantificación en función del tratamiento experimental, en este caso las condiciones ATR+, ATR0, ATR-). En segundo lugar, debe comprobarse si esas condiciones producen un efecto significativo en el parámetro que se ha cuantificado, por ejemplo, si el patrón de respuestas es $ATR+ > ATR0 > ATR-$, a través de contrastes estadísticos (Carretié, 2011). Por último, se debe interpretar los resultados estadísticos obtenidos, por ejemplo, qué estructuras cerebrales están en la base de la percepción, en qué momento se activan, etc.

Figura 3: Fases de análisis del Espacio semántico



Por otro lado también será de interés disponer de datos espaciales. Para ello se realiza una cuantificación de la distribución topográfica de la señal que consiste en representar en un mapa del cuero cabelludo, qué amplitud o frecuencia presenta cada punto del cuero cabelludo en un momento dado. La distribución topográfica muestra información de cómo se manifiesta espacialmente la actividad cerebral en cada condición experimental. Por ejemplo, permite explorar si las condiciones ATR+, ATR0 y ATR-, producen patrones espaciales diferentes. Si la distribución topográfica varía de una condición a otra, puede inferirse que cada condición activa de manera diferente el cerebro.

5. Espacio de propiedades

Desde que los juicios de calidad sobre los entornos de trabajo y útiles de trabajo están más vinculados a las emociones, modificando decisiones de uso, es crucial para el éxito del sistema de fabricación desarrollar entornos de trabajo que atraigan al trabajador y evoquen emociones positivas, diseñando desde los niveles hedonistas de la pirámide de Maslow (Shütte, 2006).

Especialmente la impresión visual influye en la evaluación de los productos y de los entornos debido a que casi el 80 por ciento de toda la información es recogida por el ojo (Berghaus, 2005). Para que la calidad percibida del entorno provoque una emoción positiva, se debe influir activamente en la percepción del entorno, lo que significa basar las decisiones de diseño en datos válidos sobre la atención del trabajador (Köhler & Schmitt, 2012). Extraer datos cuantitativos válidos plantea un gran reto durante el proceso de desarrollo de productos (PDP), ya que esto plantea la medición de requisitos conscientes e impresiones inconscientes de las emociones del grupo objetivo y la recopilación de datos válidos sobre las impresiones visuales de los trabajadores mediante la comparación visual de alternativas de diseño.

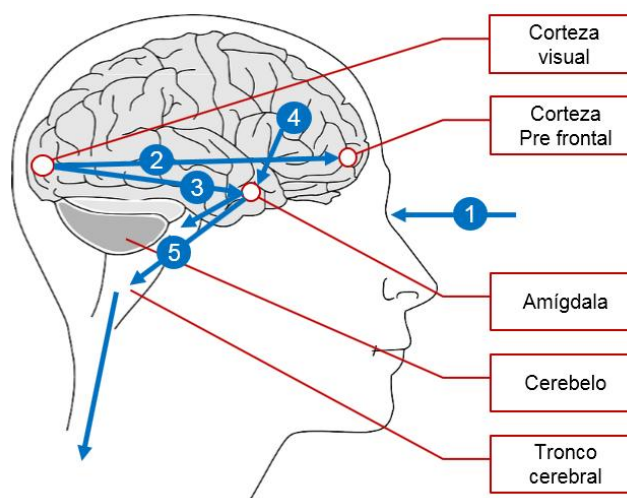
Se propone que para determinar los datos y parámetros de la impresión visual así como de otras modalidades sensoriales y evaluación emocional de diferentes alternativas de diseño, aplicar técnicas de seguimiento ocular como los sistemas de eyetracking, robusteciendo así la toma de decisiones del Espacio de propiedades. La incorporación del análisis de la impresión visual mediante eyetracking en la Ingeniería Kansei apoyará las decisiones del

equipo de diseño para obtener entornos de trabajo de alta calidad percibida y entender los diferentes niveles de percepción (Köhler, Falk, & Schmitt; 2014).

5.1 Fisiología de la percepción visual

La percepción de un estímulo, como por ejemplo la visión de un piloto luminoso rojo, pasa de la corteza visual, en la parte posterior del cerebro, a la corteza prefrontal y a la amígdala, estructura cerebral que interviene en la memoria emocional. La corteza prefrontal envía señales sensoriales a la amígdala, que a su vez las envía al tronco cerebral y a otras regiones del cerebro, que controlan la reacción del cuerpo ante la emoción generada por la visión del luminoso rojo. Al mismo tiempo, la amígdala facilita el almacenamiento de memoria, las cuales pueden provocar una reacción emocional similar en el futuro con estímulos similares. En la figura 4 se representa el procesamiento de un estímulo visual (1).

Figura 4: Procesamiento de estímulo visual



5.2 Percepción de propiedades del entorno

El concepto de calidad percibida se define como la comparación emocional y cognitiva entre las características del entorno y los requisitos y necesidades del grupo objetivo. La comparación se basa en el consciente y la percepción en el inconsciente, vinculado a las experiencias y expectativas del trabajador (Schmitt, Quattelbaum y Lieb, 2008).

De este modo, la percepción del entorno de trabajo por parte del trabajador es compleja y puede ser estructurada en diferentes niveles de percepción que difieren en su nivel de detalle desde la impresión general al análisis de parámetros técnicos.

La percepción emocional del trabajador comienza con una impresión general del entorno de trabajo, que es esencial para una evaluación posterior de diseño, a menudo sobre la base de aspectos armónicos. En un nivel más detallado, las agrupaciones perceptuales (clústeres) se conforman por diferentes atributos de calidad. Por lo tanto, uno o varios descriptores son los que determinan la identidad y estructura del entorno. La correlación de un descriptor con propiedades y parámetros técnicos del entorno, conducirá a detectar las propiedades del entorno que aseguren un aspecto armónico del concepto de diseño a proponer.

5.2 Medición de la atención visual

En cuanto a la medición de la atención visual, el enfoque más antiguo y sencillo es detectar los movimientos de los ojos de una persona objetivo mediante la observación directa por

parte de un experto. En la actualidad, los sistemas de seguimiento ocular son capaces de aportar información acerca de la atención evocada por los componentes y propiedades del entorno con el objetivo de evaluar diferentes alternativas de diseño. De este modo, los conceptos claves más importantes para registrar como los datos de entrada válidos para el diseño y desarrollo de entornos de trabajo serán los movimientos sacádicos, los tiempos de fijación y las trayectorias de exploración.

Las fijaciones son los intervalos de tiempo en los que el ojo se mantiene en una posición especial, centrado la atención en una zona o punto. El movimiento sacádico es un movimiento rápido del ojo. Los humanos no miran una escena de forma estática por lo general, en vez de esto, los ojos se mueven buscando zonas o partes de interés y construyendo un mapa mental de lo observado. La existencia de las sacadas se debe a la parte central de la retina, la fovea, la cual tiene una alta concentración de células fotorreceptoras sensibles al color, los conos. La dinámica del movimiento sacádico da cuenta de la complejidad del mecanismo que controla el movimiento del ojo. La velocidad angular máxima que se da durante un movimiento sacádico puede ser de hasta 1000 grados/s. Una sacada típica dura entre 20 y 200 milisegundos. La trayectoria representa el historial o secuencia de fijaciones y movimientos sacádicos.

Las evaluaciones de diseño que usan métodos directos suelen estar influenciadas por el diseño del estudio, el investigador o el hecho de que el usuario no sepa o no desee expresar sentimientos verdaderos. Además, los usuarios pueden tener problemas para decidir entre alternativas debido a la alta complejidad de los entornos, máquinas y productos o debido a que las diferencias son muy leves o muy técnicas. Existen investigaciones que han analizado las interdependencias entre los parámetros de seguimiento ocular y la percepción, así como las evaluaciones de diseño y preferencias (Kukkonen, 2005; Koivunen et al, 2004; Hammer & Lengyel, 1991). Estas investigaciones señalan la necesidad de continuar investigando acerca de las características del producto, en concreto de aquellas características que crean imagen de empresa o marca.

El análisis de la atención visual aporta información sobre zonas o puntos de interés del entorno de trabajo evaluado obteniendo un peso de propiedades o componentes del entorno con lo que acotar el problema de diseño. Esta información se puede complementar con la información extraída del espacio semántico de tal manera que se establezca una relación entre el kansei o chisei evocado por el entorno y las principales características o propiedades del entorno que han provocado dicha evocación.

5.3 Metodología y diseño experimental

El sistema de eyetracking se aplicará en la propuesta metodológica que venimos haciendo para comparar varias alternativas de diseño ya que este sistema es capaz de reunir datos objetivos sobre la impresión visual del entorno de trabajo con el fin de interpretar las necesidades implícitas y latentes de los trabajadores.

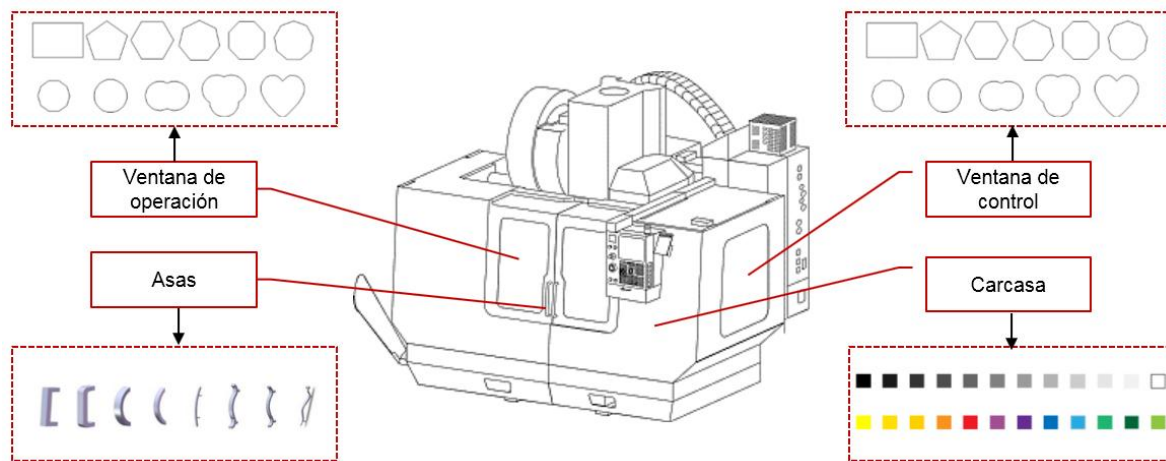
En primer lugar, se llevará a cabo un estudio previo para generar una visión general de los conceptos semánticos kansei y chisei que están asociados con el entorno de diseño.

Partiendo de esta información, el siguiente paso es determinar la estructura del entorno, puesto de trabajo, máquina y/o herramienta. Este tipo de estudio de detalle requiere un conocimiento preciso de la estructura del entorno y el producto con el fin de alinear el nivel de percepción de los clientes a nivel de parámetros de diseño y técnicos. Por lo tanto es indispensable contar con un enfoque estructurado de la percepción de calidad para dividir el entorno y el producto en clústeres visuales de percepción (Figura 5).

En la siguiente fase se debe diseñar el experimento a realizar y preparar el equipo de medición. Por razones de diseño del estudio y con el fin de reducir al mínimo las influencias

sistemáticas, las comparaciones de entornos y productos deben ser presentadas de la misma manera, por ejemplo, mismo tipo de representación, mismo tamaño, mismo ángulo visual, mismo fondo. Para el análisis de entornos y puestos de trabajo se puede proceder con un sistema de eyetracking o de seguimiento ocular basado en vídeo usando imágenes o secuencia de estas del entorno y demás objetos de interés para el estudio. En base a otros estudios anteriores, se recomienda que la duración que cada estímulo (imagen) debe ser mostrado a los sujetos de prueba depende del tipo de entorno o de producto y de la complejidad de la estructura de este. Los tiempos manejados suelen estar en torno a los 10 segundos para productos industriales de uso doméstico (Köhler, Falk, & Schmitt, 2014).

Figura 5: Ejemplo de definición de propiedades y sub-propiedades de interés



Nota: basado en (Wang, Liang & Lin, 2008)

Después de generar el espacio semántico y de determinar la estructura del producto, se organiza el equipo de eyetracking. Tras calibrar el equipo y el entorno de estudio para lograr un buen reconocimiento ocular por parte del equipo, se procederá a realizar el estudio, el cual se dividirá en varias fases.

La primera fase es de interacción libre, es decir, se mostrará una representación de varias alternativas de diseño de entornos de trabajo (estímulos visuales), las cuales se mostrarán por separado durante unos 15 segundos aproximadamente (dependiendo de lo representado y su nivel de detalle, el tiempo de exposición del estímulo podría variar) para obtener un valor de referencia e información acerca de los componentes y propiedades relevantes para el sujeto de prueba tras ver un entorno por primera vez. Puesto que los efectos iniciales de emoción y aprendizaje pueden influir en los resultados, se recomienda que los estímulos sean presentados en un orden aleatorio a cada sujeto de prueba.

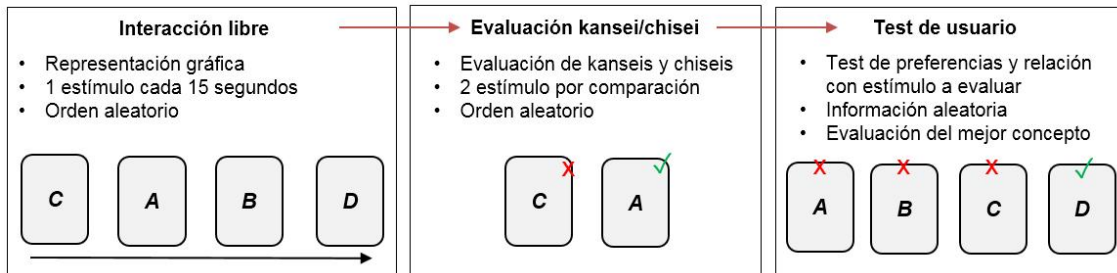
Posteriormente se realizará una comparación por pares, para lo cual se pedirá a los sujetos que comparen visualmente dos alternativas de diseño con respecto a un concepto semántico, tanto para términos kanseis como chiseis, durante un tiempo levemente superior al tiempo de la primer exposición. Durante esta fase, para cada concepto kansei y chisei a evaluar, se presenta el par de alternativas a la vez. Debido a los efectos de aprendizaje y al efecto del agotamiento, el orden de los conceptos semánticos y el del par de alternativas a comparar debe ser aleatorio.

Tras esto, como última fase del estudio se puede realizar un breve test al trabajador sobre su relación con el entorno, gustos y deseos.

Posteriormente se realizará un análisis estadístico, partiendo de un análisis de Pareto para identificar los componentes más relevantes durante la interacción libre. Tras esto se realizará una comparación de las diferentes alternativas de diseño en base a los conceptos

semánticos de evaluación. En esta fase se podría aplicar un análisis ANOVA y un análisis de comparaciones pareadas con el objetivo de conocer que estímulo difiere significativamente de acuerdo con un concepto semántico específico (Köhler, Falk, & Schmitt, 2014).

Figura 6: Fases de análisis del Espacio de propiedades



Nota: basado en (Köhler, Falk, & Schmitt, 2014)

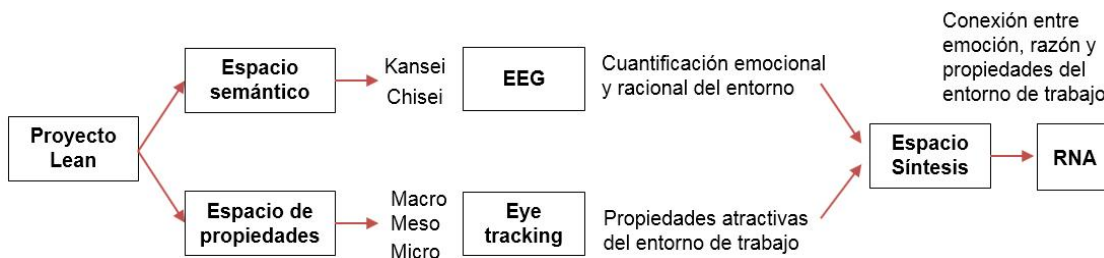
Otro tipo de estudio que se plantea es considerar las trayectorias oculares como un sistema dinámico considerando como variables exógenas los componentes y propiedades de las alternativas de diseño. Esta consideración permitiría estudiar puntos de equilibrio, en este caso puntos de interés de la alternativa de diseño, ligados a la estabilidad de las trayectorias oculares, pues por ejemplo los entornos pueden tener características atractivos y atraer a las trayectorias.

Finalmente, los datos extraídos serán de gran interés para elaborar el briefing de del diseño conceptual a realizar.

6. Conclusión

Definido el espacio semántico y el espacio de propiedades y tras realizar las pruebas por electromiografía y eyetracking el siguiente paso será realizar un modelo matemático-estadístico con base en modelos conexionistas. Se propone utilizar una red neuronal artificial con base en algoritmos genéticos capaz de simular el procesamiento hemisférico y la función del cuerpo calloso como conexión entre hemisferios (kansei y chisei).

Figura 7: Resumen metodológico propuesto



El objetivo es establecer la relación entre la emoción y la razón con las propiedades de diseño del entorno de tal manera que se puedan predecir los valores emocionales y racionales en las propuestas de diseño de puestos de trabajo que se plantean. Con ello se podrán seleccionar las propiedades de diseño del entorno que mejor satisfacen al trabajador y realizar una propuesta con enfoque Lean.

7. Bibliografía

- Berghaus, N. (2005). *Eye-Tracking im stationären Einzelhandel. Eine empirische Analyse der Wahrnehmung von Kunden am Point of Purchase*. Dissertation. University of Duisburg-Essen, Germany.
- Carretié, L. (2011). *Anatomía de la mente: emoción, cognición y cerebro*. Editorial Pirámide.
- Chee, E. (2006). Designing Product Character: Strategy to Evaluate Product Preference and Map Design Direction. Design Research Society. International Conference in Lisbon.
- Damaiso, A.R. (1996). *El error de Descartes*. Papermac, London
- Hammer, N. & Lengyel, S. (1991). *Identifying Semantic Markers in Design Products: The Use of Eye-Movement Recordings in Industrial Design*. Elsevier Science.
- Köhler, M., & Schmitt, R. (2012). Systematic Consumer Evaluation Measurement for Objectified Integration into the Product Development Process. *Advances in Affective and Pleasurable Design*. CRC Press, 503-512.
- Köhler, M., Falk, B., & Schmitt, R. (2014). Applying Eye-Tracking in Kansei Engineering Methodology for Design Evaluations in Product Development. KEER2014, International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research.
- Koivunen, K., Kukkonen, S., Lahtinen, S., Rantala, H. & Sharmin S. (2004). Towards Deeper Understanding of How People Perceive Design in Products. *Proceedings of the Computer in Art and Design Education (CADE)*.
- Krippendorff, K. (2006). *The Semantic Turn: A New Foundation for Design*. CRC.
- Kukkonen, S. (2005). Exploring Eye Tracking in Design Evaluation. *Proceedings of Joining Forces, International Conference on Design Research*, Helsinki.
- Kun-Chieh Wang, Jung-Chin Liang & Yu-Cai Lin (2008). Form Design of CNC Machine Tools using SVM-Kansei Engineering Model Systems. *Man and Cybernetics*.
- Lee, S., Harada, A. & Stappers, P. (2002). Design based upon Kansei. *Pleasure with Products: Beyond Usability* (Capítulo 6), Taylor and Francis.
- Liu, S.S., & Stout, P.A. (1987). Effects of Message Modality and Appeal on Advertising Acceptance. *Psychology & Marketing*, 4, 167-187.
- Nagamachi, M. & Mohd, A. (2015). *Kansei Innovation. Practical Design Applications for Product and Service Development*. CRC.
- Picard, R. (1997). *Affective Computing*. Massachusetts Institute of Technology.
- Quintero-Gallego, E., Manaut, E., Rodríguez E., Pérez-Santamaria, J. & Gómez, C.M. (2003). Desarrollo diferencial del cuerpo caloso en relación con el hemisferio cerebral. *Revista Española de Neuripsicología*, 5, 49-64.
- Schmitt, R., Quattelbaum, B., & Lieb, H. (2008). Perceived quality as a key factor for strategic change in product development. *IEEE International Engineering Management Conference*, 311-316
- Shütte S. (2005). *Engineering Emotional Values in Product Design. Kansei Engineering in Development*. Linköpings Universitet Institute of Technology.
- Shütte S. (2006). Developing the Space of Product Properties Supporting Kansei Engineering Procedure. Linköpings Universitet Institute of Technology. *Kansei Engineering International*, 5, 11-19.
- Soriano, C., Guillazo, G., Redolar, D.A., Torras, M. & Vale, A. (2007). Fundamentos de Neurociencia. *Editorial UOC*.
- Yoshida, T. (1990). The measurement of EEG frequency fluctuation and evaluation of comfortableness, *Journal of the Acoustical Society of Japan*, 46(11), 914-919.
- Yoshida, T., & Iwaki, T. (2000). The study of early emotion processing in the frontal area using a two-dipole source model. *Japanese Psychological Research*, 42, 54-68.

