

Rafael Ignacio Madrid López

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología - ESIT

Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)

Objetivos de aprendizaje

Después de la lectura del capítulo usted deberá ser capaz de:

1. Comprender el papel de la Ergonomía Cognitiva en el diseño del sistema cognitivo conjunto.
2. Distinguir las diferentes etapas en el procesamiento de la información.
3. Conocer los fundamentos teóricos de la interacción persona-sistema.
4. Identificar las principales tareas del ergónomo cognitivo en el diseño de la interacción persona-máquina.
5. Conocer los principales requisitos ergonómicos en la interacción persona-ordenador, así como los conceptos de usabilidad, accesibilidad y experiencia de usuario.
6. Entender las implicaciones del uso de Internet para la recuperación de información, la comprensión y el aprendizaje en las organizaciones.

ÍNDICE

Objetivos de aprendizaje	241
1. Introducción	243
2. Fundamentos teóricos de la interacción en el sistema cognitivo conjunto	244
2.1. Procesamiento de la información	244
2.2. La carga mental en el sistema cognitivo conjunto	246
2.3. Modelos mentales y conciencia de la situación	247
2.4. Toma de decisiones y resolución de problemas	250
3. El diseño de la interacción persona - máquina desde la Ergonomía Cognitiva	251
3.1. Concepción y diseño de puestos de trabajo que incluyen máquinas	251
3.2. Distribución de tareas entre la persona y la máquina	252
3.3. Criterios ergonómicos en el diseño de las máquinas	254
3.4. Evaluar la implementación de los requisitos y el uso de la máquina	255
4. Aplicaciones de la Ergonomía Cognitiva a la Interacción Persona-Ordenador	255
4.1. La interacción persona-ordenador en los puestos de trabajo con PVD	255
4.2. Requisitos de diseño ergonómico de la interfaz persona-ordenador	257
4.3. Usabilidad, accesibilidad y experiencia de usuario en las interfaces de usuario	259
4.3.1. Usabilidad	259
4.3.2. Accesibilidad y productos de apoyo	260
4.3.3. Experiencia de usuario	261
4.4. La aceptación de la tecnología en el contexto organizacional	261
5. Recuperación de información, comprensión y aprendizaje en Internet	263
5.1. La adquisición de conocimiento en la era digital	263
5.2. Procesos de recuperación de información en Internet	264
5.3. Relevancia y credibilidad de la información	265
Resumen y conclusiones	266
Preguntas para el repaso	268
Webs de interés	269
Referencias	269

1. Introducción

La Ergonomía del siglo XXI ha sido conceptualizada como una ciencia que estudia el comportamiento y rendimiento humano en los sistemas sociotécnicos interactivos, y aplica este conocimiento al diseño de las situaciones de trabajo. El concepto de sistema socio-técnico puede tener una complejidad variable, pudiéndose aplicar tanto a un albañil manejando un martillo como a un equipo de ingenieros gestionando una sala de control en una central nuclear. El estudio del comportamiento de la persona dentro de un sistema debe analizarse en las dimensiones física, cognitiva y organizacional (Madrid y Cañas, 2015).

Dentro de esta conceptualización de la Ergonomía como ciencia de los sistemas, uno de los principales dominios de especialización es la Ergonomía Cognitiva (también conocida como Ingeniería Psicológica). Ésta se centra en el estudio de los procesos cognitivos (por ejemplo, de percepción, memoria, procesamiento de la información, etc.) y cómo afectan a la interacción entre el ser humano y otros elementos de un sistema (Cañas, 2004).

El objeto de estudio de la Ergonomía Cognitiva es lo que se conoce como *sistema cognitivo conjunto*. En un sistema cognitivo conjunto participan diferentes agentes, incluyendo las personas que resuelven los problemas y los artefactos con los que colaboran para conseguir los objetivos y metas del sistema. Tanto las personas como los artefactos que participan en el sistema cognitivo conjunto deben funcionar de forma coordinada y ser sensibles al contexto en el que se desenvuelven.

Los inicios de la Ergonomía Cognitiva en la segunda mitad del siglo XX estuvieron muy ligados a la introducción en la industria de artefactos y máquinas de todo tipo, lo que cambió la naturaleza de las funciones desempeñadas en el puesto de trabajo. De hecho, una tarea clásica de los ergónomos cognitivos es el diseño de este sistema cognitivo conjunto, lo cual requiere dar respuesta a una serie de cuestiones: ¿Qué tareas son las que se deben realizar? ¿Qué tareas realiza la persona y cuales la tecnología? ¿Cómo se produce la interacción entre los elementos del sistema?

Actualmente, el campo de aplicación de la Ergonomía Cognitiva sigue en expansión debido la introducción de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y los cambios que éstas implican para las tareas que las personas desempeñan en sus puestos de trabajo. Cada vez más frecuentemente, los artefactos que participan en el sistema cognitivo conjunto son ordenadores, tabletas y otros dispositivos móviles, así como los programas informáticos y las aplicaciones que éstos ejecutan. De manera cada vez más evidente, las aplicaciones que hacen uso de Internet se han convertido en soporte de las representaciones mentales y procesos cognitivos que desarrollan las personas en su trabajo y en cualquier otra faceta de su vida diaria.

Un ejemplo de esto puede apreciarse en el *tweet* que se muestra en la Figura 1, cuya traducción sería ‘El principal principio de diseño de una nueva tecnología debería ser la Ergonomía Cognitiva: hacer productos que se ajusten perfectamente a cómo los seres humanos piensan realmente’. El autor de la cita es Phil Libin, director ejecutivo de *Evernote*, una aplicación que ayuda a organizar las tareas y ser más eficiente. *Evernote* es una aplicación que trata de revolucionar las tareas cognitivas en el trabajo, ya que actúa directamente para facilitar el procesamiento de información humano (se anuncia como “Un espacio de

244 | trabajo para todo lo que vayas a hacer. No importa cómo sea tu trabajo, *Evernote* te ayuda a transformar tus ideas desde el momento en que las concibes hasta que las finalizas.”). El mismo medio que ha elegido el autor para comunicar su mensaje (*Twitter*) es un ejemplo de tecnología diseñada desde los principios de la Ergonomía Cognitiva: es un artefacto cognitivo que da soporte a cómo las personas adquirimos, transformamos y comunicamos la información a otros agentes del sistema (sean personas o máquinas).



Figura 1. Mensaje en Twitter sobre el papel de la Ergonomía Cognitiva (Libin, 2015)

En este capítulo se realizará una síntesis de los principales temas que ocupan a la Ergonomía Cognitiva en la actualidad, partiendo de los fundamentos teóricos básicos para realizar a continuación una revisión de sus implicaciones en el diseño de máquinas, ordenadores y sistemas de información y aprendizaje.

2. Fundamentos teóricos de la interacción en el sistema cognitivo conjunto

2.1. Procesamiento de la información

El procesamiento de la información es un requisito del desempeño de las personas en cualquier actividad: los seres humanos percibimos la información, la procesamos y almacenamos, se realizan acciones en función de esta información y se procesa el *feedback* recibido por el sistema, valorando su efecto en el medio.

La Ergonomía Cognitiva, como ciencia que toma gran parte de su cuerpo teórico de la Psicología Cognitiva, se nutre de diferentes teorías y modelos sobre percepción, atención, comprensión, memoria o control motor. La mayoría de modelos cognitivos clásicos de procesamiento de la información han surgido de un contexto de investigación en laboratorios de Psicología Experimental, donde el contexto y las tareas a realizar han sido simplificadas al máximo (por ejemplo, estudiar una lista de palabras para recordarlas más tarde). Por ello, estos modelos han sido criticados por su escasa validez ecológica, ya que

las teorías clásicas fallan al predecir el comportamiento humano en situaciones complejas y dinámicas. Definir las teorías y modelos que sustentan cada uno de los procesos cognitivos excede el objetivo de este capítulo, pero puede consultarse la revisión realizada por otros autores (Cañas, 2004).

Como reacción a las teorías y modelos clásicos de procesamiento de la información, la aproximación de la Ergonomía Cognitiva enfatiza comprender las limitaciones que imponen el contexto y las tareas en la actividad de procesamiento de información. Dentro de este enfoque se encuentra el modelo que se expone a continuación (Wickens, 2012) (Figura 2).

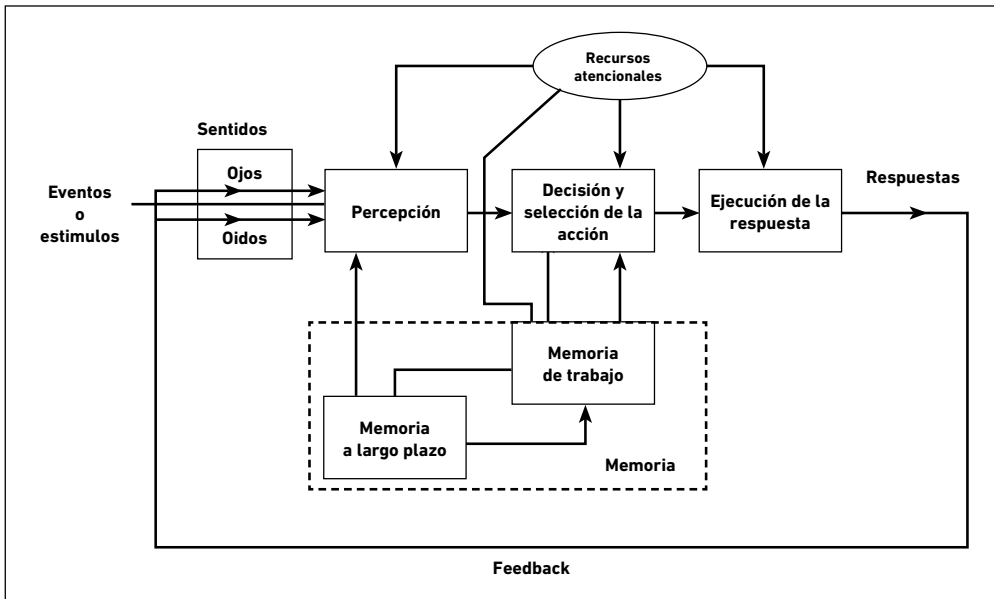


Figura 2. Modelo de procesamiento de información. Adaptado de Wickens (2012)

El procesamiento se inicia cuando los estímulos o eventos que suceden en el entorno son atendidos y captados por los órganos sensoriales, de forma que esta información es percibida (lo cual implica que a estos estímulos se les da un significado en función de las experiencias pasadas que la persona tiene almacenadas en su memoria). Ante esto, el proceso puede seguir dos caminos. Por una parte, la persona puede tomar una decisión sobre qué acción realizar a continuación, y ejecutar una respuesta en consecuencia. Por otra, la información puede almacenarse temporalmente en la memoria a corto plazo, de forma que se pueden hacer operaciones cognitivas sobre ella para transformarla. Esto requiere bastantes recursos atencionales, y normalmente hay una transferencia entre la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo donde se almacena la información que tenemos sobre el mundo, sobre la tarea y/o sobre los equipos que estamos operando.

Como se aprecia en la figura, las respuestas suelen conllevar un *feedback* como resultado de la reacción del medio a nuestras acciones, y éste se incorpora de nuevo como entrada en el siguiente ciclo de procesamiento de información

246 | El papel de la atención en este modelo es doble: por una parte decide qué información va a ser percibida, y por otra, determina qué tareas se realizan al mismo tiempo. En una tarea de la vida diaria como puede ser conducir un vehículo, la persona puede al mismo tiempo estar percibiendo una información (p.ej. señales de tráfico), realizar transformaciones en la memoria de trabajo (p.ej. planificar una ruta) y ejecutar respuestas (p.ej. activar el intermitente). Pero en muchas otras ocasiones, las tareas causan interferencia entre sí al requerir una cantidad de recursos mentales que supera las capacidades de la persona, no siendo posible realizar dos actividades de manera simultánea sin que la ejecución en una de ellas o en ambas se vea afectada. Éste es un problema que se refiere al concepto de carga mental que se describe a continuación.

2.2. La carga mental en el sistema cognitivo conjunto

El concepto de carga mental es central en la Ergonomía Cognitiva. Cualquier actividad humana requiere una cierta cantidad de recursos mentales (además de los recursos físicos necesarios para el movimiento y el mantenimiento de la postura del cuerpo). Cuando la cantidad de recursos mentales exigidos por una tarea supera la cantidad de recursos mentales disponibles habrá un problema de carga mental que se traducirá en fatiga mental, bajo rendimiento, errores, disminución de la vigilancia, etc.

Las implicaciones del estudio de la carga mental en el trabajo es muy amplia, y se tratarán en otro capítulo. Pero en esta sección es importante hacer referencia a las implicaciones de la carga mental para aquellas tareas en las que participan otros agentes del sistema como máquinas u ordenadores.

A la hora de diseñar la interfaz de una máquina o un ordenador es necesario no sobrecargar el sistema cognitivo del operador, y esto es muy fácil en un contexto de multitarea. La cantidad de información que puede mostrarse y las tareas a realizar suelen ser enormes, de manera que es necesario decidir qué tipo de información se muestra en cada momento. En este sentido es de utilidad el marco de análisis que propone Wickens (2012), que explica que los recursos mentales requeridos cuando varias tareas se realizan de manera concurrente dependen en gran medida de su estructura. La estructura de una tarea puede estar definida a lo largo de cuatro dimensiones:

- *Etapas de procesamiento* (operaciones perceptivas-cognitivas vs. operaciones de respuesta).
- *Modalidades perceptivas* (auditivo vs. visual) *y de respuesta* (manual vs. vocal)
- *Códigos de procesamiento* (espacial vs. verbal-lingüístico).
- *Subsistemas visuales* (visión focal vs. visión ambiental).

Según este modelo, se pueden realizar dos tareas al mismo tiempo sin sobrecargar el sistema cognitivo si su complejidad se refiere a dimensiones estructurales distintas. Por ejemplo, en una tarea de conducción se puede atender al estado de las luces de un semáforo al mismo tiempo que se maneja el volante y los pedales del vehículo, ya que hay recursos disponibles independientes para estas dos etapas de procesamiento. De la misma forma, un trabajador podría revisar planos (tarea de complejidad visual y espacial) mientras escucha canciones (tarea de complejidad auditiva y verbal), porque emplean códigos de

procesamiento diferentes y utilizan recursos destinados a modalidades perceptivas distintas. Sin embargo, cuando dos tareas compiten por los mismos recursos, la complejidad es mucho mayor. Por ejemplo, es mucho más demandante escuchar canciones mientras mantenemos una conversación telefónica porque ambas requieren recursos en la modalidad auditiva.

Por todo lo anterior, sería importante conocer la carga mental requerida por una tarea, con el objetivo de hacer una asignación adecuada de los recursos dentro de un sistema cognitivo conjunto. Sin embargo, esto muchas veces no es fácil, ya que la cantidad de carga mental en una determinada tarea no suele ser estable y cambia continuamente a lo largo del tiempo.

Un apoyo novedoso para el estudio de la carga mental en situaciones de trabajo real proviene de la nueva disciplina llamada *Neuroergonomía*. Ésta trata de llevar los conocimientos obtenidos en las últimas décadas sobre el funcionamiento del cerebro al estudio del comportamiento humano en situaciones complejas (Parasuraman y Rizzo, 2006). Para ello, se vale de técnicas como la neuroimagen o el análisis de movimientos oculares, que permiten obtener datos en tiempo real sobre el funcionamiento del cerebro en una tarea de trabajo. Un ejemplo de aplicación de la Neuroergonomía son algunos estudios recientes que han descubierto un vínculo entre ciertos parámetros de movimientos oculares y la fatiga mental en tareas de control del tráfico aéreo (DiStasi et al. 2013). Un desarrollo de esta metodología podría permitir en el futuro medir en tiempo real y de forma no invasiva los recursos mentales de los controladores aéreos, adaptando de manera dinámica los requerimientos de la tarea y mejorando con ello la seguridad y eficiencia de estas tareas.

2.3. Modelos mentales y conciencia de la situación

El concepto de modelos mentales tiene una larga tradición en Psicología Cognitiva, habitualmente conceptualizados como esquemas de representación interna del mundo real que permiten superar las limitaciones propias de la memoria a largo plazo (p.ej. Teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird, 1983). En el ámbito de la Ergonomía Cognitiva, los modelos mentales se emplean para explicar cómo una persona desarrolla un modelo interno del sistema que maneja y de las relaciones entre sus partes (por ejemplo, una máquina o un programa informático).

Por definición, los modelos mentales son representaciones incompletas que se construyen a partir del conocimiento previo necesario para desarrollar una tarea, el cual se combina con la información externa. En las situaciones complejas y dinámicas el modelo mental ofrece una imagen muy simplificada, en la que se destacan los aspectos esenciales de un problema mientras que se difuminan los aspectos accesorios.

En el caso de los sistemas físicos, el tener un buen modelo mental puede facilitar la adquisición de las habilidades manuales necesarias para su manejo. Por ejemplo, el saber cómo funciona una grúa y conocer los diferentes componentes de su estructura va a permitir un entrenamiento más efectivo de las operaciones manuales con los órganos de control de la maquinaria.

Podría diferenciarse entre las representaciones mentales estáticas de los sistemas y las representaciones mentales dinámicas, las cuales son actualizadas a medida que los sistemas cambian de estado (Cañas, Antolí y Quesada, 2001). Éstas sirven para dirigir la atención de manera eficiente, evitar la sobrecarga cognitiva y facilitar anticiparse a los estados futuros de un sistema. En este punto es necesario introducir el concepto de conciencia de la situación.

En el contexto actual, las tareas de diseño de sistemas de trabajo cobran gran relevancia, sobre todo cuando hablamos de *sistemas complejos y dinámicos*. Un sistema complejo y dinámico es aquel donde hay mucha interactividad entre sus elementos, los cuales cambian a lo largo del tiempo y por ello su dinámica no es totalmente transparente a las personas que los supervisan. Un ejemplo prototípico de estos sistemas que se ha utilizado en la investigación es la tarea que desempeña un jefe de bomberos para controlar un incendio en un bosque (Cañas, 2004). En esta situación hay ciertas variables ambientales (viento, lluvia, características del terreno y distribución de los árboles, etc.) y se disponen de un número de recursos (hidroaviones, camiones, bombas de agua, cortafuegos, etc.). No hay una estrategia única de abordar estas situaciones, ya que todos los elementos interactúan entre sí (por ejemplo, no se pueden usar helicópteros si hay mucho viento o los camiones no pueden usarse en terreno escabroso). La estrategia más efectiva para resolver el problema (apagar el fuego) va a ir cambiando continuamente, y depende de que el supervisor mantenga una adecuada conciencia de la situación.

El concepto de conciencia de la situación se originó en el ámbito de la aviación, aunque hoy en día es aplicable a multitud de dominios. Una definición aceptada sería la siguiente: “la conciencia de la situación es la percepción de los elementos que intervienen en un contexto en un determinado tiempo y lugar, la comprensión de su significado y la proyección de su estado en un futuro cercano” (Endsley y Garland, 2000). Siguiendo esta definición, la conciencia de la situación tendría tres niveles (ver Figura 3):

1. *Nivel 1. Percepción.* Un primer paso implica percibir los elementos correctamente para formarse una impresión de la situación actual.
2. *Nivel 2. Comprensión.* En la conciencia de la situación no solo es necesario acceder a la información sensorial, sino organizarla, interpretarla, almacenarla y retener esa información en la memoria. Estamos hablando por tanto de procesos cognitivos complejos, en los que la información atendida debe procesarse para determinar su relevancia para las metas de la tarea.
3. *Nivel 3. Proyección.* El nivel superior de conciencia de la situación requiere que la persona sea capaz de predecir la situación futura en función de la dinámica de los acontecimientos.

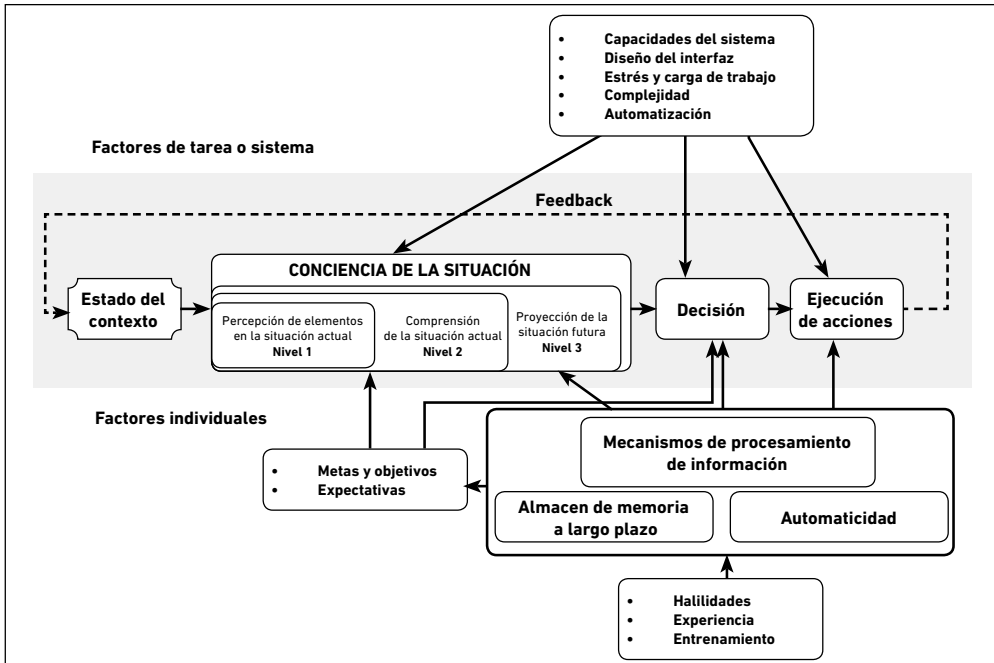


Figura 3. Modelo de conciencia de la situación. Adaptado de Endsley y Garland (2000)

Como puede apreciarse en la Figura 3, la conciencia de la situación es un paso previo y distintivo de la toma de decisiones y posterior ejecución de acciones. Sin embargo, no es la única variable en el proceso, ya que hay gran cantidad de factores individuales (p.ej. capacidades cognitivas o expectativas), así como de factores de la tarea o del sistema (p.ej. diseño de la interfaz o carga de trabajo del operador).

Un caso típico que ilustra la importancia de la conciencia de la situación es el control del tráfico aéreo. El controlador aéreo tiene una serie de representaciones mentales sobre cómo funciona un avión, sus características y componentes, los radares, el espacio aéreo, el efecto de las condiciones de vuelo, los procedimientos y protocolos de aviación, etc. Simplificando, puede decirse que en su puesto de trabajo vigila la posición de los aviones en el radar (*nivel 1, percepción*) y debe tener una comprensión adecuada de la situación de cada aeronave en función de multitud de variables (*nivel 2, comprensión*). Además, el controlador debe en todo momento hacer una predicción de cuál será la situación de los aviones en un futuro para evitar colisiones (*nivel 3, proyección*). En función de toda esta información puede ya tomar una *decisión*, como establecer prioridades en los aterrizajes y despegues, y *ejecutar acciones*, como solicitar cambios de rumbo de los pilotos.

Conocer la multitud de factores individuales o de la tarea que participan en este modelo de conciencia de la situación tiene implicaciones prácticas importantes para el diseño de sistemas de interacción. Por ejemplo, un aspecto crítico es el balance entre carga de trabajo y conciencia de la situación. Una situación ideal podría ser aquella en la que la carga de trabajo fuese baja, y al mismo tiempo se incrementase la conciencia de la situación. Sin embargo existen evidencias de que a medida que se reduce la carga de trabajo se reduce también la conciencia de la situación.

250 | 2.4. Toma de decisiones y resolución de problemas

Tomar decisiones y resolver problemas son procesos cognitivos superiores de gran importancia en las tareas de control y de gestión de incidentes críticos. Puede pensarse, por ejemplo, en las decisiones que deben tomar un médico en la mesa de operaciones o el personal de coordinación de emergencias ante un terremoto o un ataque terrorista.

La toma de decisiones se ve frecuentemente como una fase en el procesamiento de información. Sin embargo, otros autores lo conceptualizan de forma inversa, ya que en situaciones complejas y dinámicas el procesamiento de la información es solo una parte de la toma de decisiones. Por otra parte, la toma de decisiones está íntimamente relacionada con la resolución de problemas: para tomar decisiones es necesario resolver problemas, y para resolver problemas es necesario tomar decisiones.

Esta interrelación queda reflejada en el tipo de problemas a los que se enfrenta una persona en una situación de trabajo, que pueden clasificarse en tres categorías (Darses, Falzon y Munduteguy, 2009):

1. *Problemas de diagnóstico:* En este tipo de problemas se presentan una serie de datos a los que el operador debe dar una estructura, un significado. Puede pensarse en el caso de un médico que trata de identificar una enfermedad a partir de un conjunto de síntomas, o en un programador informático que debe identificar la causa de un error en el software. En ese proceso, la persona puede necesitar obtener más información siguiendo un protocolo determinado. El objetivo de este tipo de problemas es tomar una decisión.
2. *Problemas de transformación:* Una vez que se tiene un diagnóstico, es necesario determinar el mejor procedimiento para devolver el sistema a la situación idónea (es decir se busca transformar el estado inicial en un estado deseado ya conocido), utilizando una serie de recursos puestos a su disposición. Puede haber diferentes vías para realizar la transformación de estado, y una función del operador será seleccionar la más adecuada y definir la mejor secuencia para llevarla a cabo.
3. *Problemas de diseño:* Los problemas de diseño se encuentran en gran cantidad de situaciones de creación, en las que el estado inicial no es del todo conocido y el estado final se construye a medida que se avanza hacia la solución. Puede pensarse en un arquitecto que debe diseñar un edificio de viviendas, o un redactor que debe escribir un artículo. En ambos casos hay una información difusa (requerimientos de construcción en el caso del arquitecto, o un tema general sobre el que escribir en el caso del redactor), y no existe un procedimiento fijo y preestablecido que pueda ponerse en marcha para llegar al resultado, sino que se ponen en práctica diferentes soluciones y se van evaluando sobre la marcha.

La Psicología Cognitiva tiene diferentes modelos y teorías sobre la toma de decisiones que son comúnmente aceptadas. Por ejemplo, pueden citarse los trabajos de Kahneman y Tversky (1973) en los que se describen los heurísticos, estrategias que utilizan las personas para facilitar la toma de decisiones. Por ejemplo, el *heurístico de representatividad* consiste en la tendencia a calcular la probabilidad de ocurrencia de un evento basándose en la

similitud de este evento con la representación de eventos similares almacenados en la memoria a largo plazo. La problemática asociada a los heurísticos es que estos no contemplan todas las alternativas posibles, y se ha comprobado que frecuentemente llevan a errores y desviaciones de la decisión óptima.

En un incidente crítico real se producen ciertas circunstancias como la limitación temporal que impiden explorar todas las opciones disponibles antes de tomar una decisión. Por otra parte, los incidentes críticos suelen tener una baja ocurrencia (afortunadamente) y por ello es difícil que la persona tenga almacenadas en su memoria todas las opciones disponibles para hacerle frente.

En este contexto surgen los modelos llamados de *toma de decisiones naturalistas*. Estos modelos se basan en que la mayoría de decisiones se toman de manera rutinaria y no analítica, y que este proceso depende en gran medida del conocimiento que la persona tiene almacenado en la memoria sobre sucesos similares. La persona puede adoptar diferentes estrategias de decisión, y elige una de ellas en función del balance entre su efectividad y el esfuerzo requerido para llevarla a cabo.

Por otra parte, los procesos de toma de decisiones difieren en cierta medida cuando la decisión debe ser tomada por un grupo frente a las decisiones tomadas por una persona de manera individual. En el caso de los grupos o los equipos de personas, las normas éticas y sociales juegan un papel importante, y es necesario analizar las dinámicas intra e intergrupales. En muchas ocasiones, la estrategia de decisión se basa más en evitar el conflicto o en lograr la aceptación del grupo que en conseguir el resultado más óptimo.

Para finalizar esta sección, haremos referencia al concepto de *sistemas expertos*. Se trata de software que actúa como agente de conocimiento dentro del sistema cognitivo conjunto, ayudando en la toma de decisiones y la resolución de problemas. Estos sistemas tienen almacenada una cantidad ingente de información sobre problemas concretos (espacio del problema) que gestionan a través de un motor de inferencia (conocimiento sobre formas de resolver esos problemas). Por ejemplo, estos sistemas expertos se han usado para representar la planificación de tratamientos oncológicos y dar apoyo a las decisiones clínicas en oncología pediátrica (Fdez-Olivares, Castillo, Cozar y García-Pérez, 2011).

3. El diseño de la interacción persona - máquina desde la Ergonomía Cognitiva

3.1. Concepción y diseño de puestos de trabajo que incluyen máquinas

Las máquinas son un componente fundamental del sistema de trabajo. Puede decirse que la mayoría de los trabajadores en cualquier sistema industrial realizan sus tareas interactuando con máquinas. La maquinaria utilizada en las industrias textiles o gráficas, las herramientas de construcción y bricolaje, así como los vehículos profesionales o agrícolas son ejemplos clásicos de maquinaria utilizadas en el ámbito de trabajo. En la actualidad las máquinas están evolucionando para incorporar componentes informatizados, por lo que la interacción persona-máquina y persona-ordenador es muchas veces equivalente.

Por otra parte, la idea clásica de una persona individual operando una máquina individual a través de una interfaz está dejando de ser relevante, imponiéndose la visión del sistema cognitivo conjunto en el que cooperan diferentes agentes humanos y artefactos. Por ello, la máquina ha dejado de ser vista como un asistente a la tarea de la persona y se concibe como un agente con el que la persona debe cooperar (Cañas, 2011; Hoc, 2008).

El objetivo del análisis de esta interacción es la optimización de la calidad de la interacción persona-máquina, en cuanto a su facilidad de comprensión y aprendizaje, la adaptación de las características físicas y cognitivas del operador y la prevención de la ocurrencia de errores (Cañas, 2011). Esto último adquiere gran relevancia en el entorno laboral, ya que las máquinas son reconocidas como una de las causas principales de los accidentes laborales en las legislaciones nacionales e internacionales, las cuales establecen disposiciones mínimas que deben cumplirse para su comercialización y uso seguro.

Un principio clave en el diseño ergonómico de las máquinas es que éste no puede hacerse de manera independiente al del resto de elementos que conforman el puesto de trabajo. Así, las normas UNE-EN 614 (AENOR, 2006a) establecen entre las tareas a desarrollar para incrementar la seguridad:

- Realizar una distribución de tareas adecuada entre el operador y la máquina.
- Establecer los criterios ergonómicos para el diseño de la máquina.
- Evaluar la implementación de los requisitos y el uso de la máquina.

En el resto de este apartado se analizan estas tareas de manera individualizada.

3.2. Distribución de tareas entre la persona y la máquina

Un problema clásico en Ergonomía Cognitiva es el de la automatización, la distribución de tareas entre los diferentes agentes del sistema cognitivo conjunto. La automatización en los procesos de trabajo puede tener como objetivo reducir la carga mental de la persona dentro del sistema, reducir sus errores y por lo tanto los accidentes relacionados y, por último, reducir los costes y mejorar la eficiencia.

Desde un enfoque clásico, un procedimiento lógico sería identificar aquellas funciones que una máquina puede realizar mejor que una persona, para así asignarlas a procesos automatizados. Sin embargo, la automatización puede llevar a descomponer tareas en funciones que carecen de sentido en sí mismas, lo cual puede tener efectos indeseados en el desempeño del operador de la máquina. Por ello, desde el enfoque de los sistemas cognitivos conjuntos se insiste en que la persona funciona mejor y comete menos errores si participa activamente y de forma coordinada en la tarea junto a los demás agentes del sistema.

Puede ilustrarse esto con el fenómeno conocido como *out of the loop* (estar fuera del bucle), que se caracteriza por una incapacidad de la persona de detectar un fallo en el sistema e intervenir de manera ágil en un sistema automatizado para asumir el control manual del mismo. Por ejemplo, existen multitud de accidentes de aviación documentados donde el piloto no fue capaz de detectar o tomar a tiempo el control de procesos de vuelo automatizados. El bucle de procesamiento de información en la supervisión de un sistema requiere que el operador tiene una comprensión de la situación actual del proceso sobre el que tiene un control directo, realizando acciones dirigidas a objetivos para mantener el sistema en los niveles

deseados. Cuando se automatiza un proceso se producen cambios en los requisitos de supervisión de la tarea, se pasa de una vigilancia activa a una pasiva, y se modifica el *feedback* que el sistema le ofrece a la persona. Todo ello puede llevar que la persona vea reducida su capacidad de resolver problemas de manera eficiente en una situación crítica.

Frecuentemente, los diseñadores de cualquier maquinaria o tecnología fallan al predecir cómo las personas se adaptarán a la automatización, lo cual puede llegar a consecuencias negativas que afecten a la satisfacción, rendimiento o seguridad. Algunos de los problemas clásicos de la automatización pueden categorizarse de la siguiente manera (Parasuraman y Riley, 1997):

- *Problemas de uso*: A menudo, la automatización no reemplaza tareas difíciles y demandantes, sino que simplifica aún más las tareas fáciles y hace más complejas las tareas difíciles. Además, debido a que unas tareas se automatizan y otras no, puede incrementarse la carga mental asociada al proceso de involucrarse y abstraerse continuamente de las tareas de automatización.
- *Problemas de mal uso*: Ocurre en situaciones en las que el trabajador confía demasiado en la automatización, cuando en realidad la ejecución de ésta es pobre. Puede pensarse, por ejemplo, en el caso de los sistemas de asistencia a la navegación (GPS), que en muchas ocasiones hacen a los conductores extraviarse porque confían demasiado en sus indicaciones y dejan de atender a otras señales de la carretera o el tráfico.
- *Problemas de desuso*: En este caso, los trabajadores fallan en aplicar la automatización cuando en realidad sí que mejoraría su ejecución. En muchas ocasiones existe una resistencia de los trabajadores a adoptar tecnologías o sistemas porque éstas van en contra de los procedimientos desempeñados durante años.
- *Problemas de abuso*: Por último, el abuso ocurre cuando la automatización se implementa sin haber analizado con detalle sus efectos sobre los trabajadores. No basta con reemplazar la parte humana del sistema para eliminar el riesgo: irónicamente, al reemplazar al trabajador en parte de las tareas, éste puede perder el control sobre otro tipo de tareas que realiza manualmente.

Por lo tanto, la automatización de funciones en el trabajo no es un asunto trivial. Aunque la automatización libera a los trabajadores de algunas tareas, requiere dirigir más recursos al entrenamiento de trabajadores, el diseño de interfaces, y el diseño de la interacción persona - máquina.

Para la Ergonomía Cognitiva la automatización completa es imposible, ya que siempre habrá un ser humano en algún momento junto a la máquina, aunque sólo sea al final del proceso para comprobar que ésta ha hecho correctamente su trabajo o para comprobar que no tiene fallos en su funcionamiento. Esto es así porque nadie puede decir con total seguridad que la máquina nunca fallará debido a problemas técnicos. Pero, además, las máquinas estarán programadas para responder a una serie de condiciones conocidas. Sin embargo, esto no es suficiente ya que también es necesario adaptarse a las situaciones nuevas e imprevistas que puedan darse. Por el contrario, la automatización parcial es deseable y posible y, por lo tanto, la cuestión que se plantea desde la Ergonomía es la de saber cómo llevarla a cabo. En este sentido, la pregunta central que se hacen los ergónomos es: ¿qué tareas se van a automatizar?

254 | o, dicho de otro modo, ¿qué tareas va a realizar el ser humano y qué tareas se asignan a la máquina? (Cañas, 2004).

La distribución de funciones que implica la automatización no solo tiene consecuencias en el tipo y la cantidad de información que una persona recibe, sino también en el control que ejerce sobre la situación de trabajo. Si recibe menos información, su conciencia de la situación se verá afectada, aunque reduzca su carga mental. A menudo se conocen accidentes donde hay un fallo en la máquina o procedimiento, y el diagnóstico de la situación es pobre y las acciones se llevan a cabo de forma incorrecta y tardía. Antes de que se plantee la posibilidad de automatizar parte de un proceso hay que preguntarse si esto coloca al ser humano fuera del bucle de control de ese proceso. Si, por cualquier razón, se decide automatizar el proceso colocando a la persona fuera del bucle de control, se deben disponer los medios necesarios para que ésta sepa cuando está ocurriendo un incidente y, sobre todo, para que pueda volver al control (al bucle) lo más rápidamente posible para evitarlo (Cañas, 2011).

3.3. Criterios ergonómicos en el diseño de las máquinas

La interfaz es el medio de interacción entre una persona y una máquina, a través del que se comunican mutuamente informaciones, ideas y acciones. En él se pueden identificar claramente dos tipos de elementos (Fraser, 2010):

- *Los órganos de accionamiento.* Son la parte externa del sistema de mandos sobre el que el operador de maquinaria aplica su esfuerzo. Los órganos de accionamiento más comunes en maquinaria industrial siguen siendo los de tipo manual (palancas, botones, pulsadores, cursores, interruptores, asas, etc.). Estos órganos de accionamiento tienen que ser diseñados desde un punto de vista ergonómico, determinando su adecuación a la tarea y a las características psicológicas y fisiológicas de ser humano, para que su uso sea eficaz y seguro en las condiciones particulares en las que se realiza el trabajo.
- *Los sistemas y dispositivos de información y advertencia.* Son los componentes de la interfaz que transmiten la información al trabajador, como indicadores, dispositivos de información analógicos o digitales, pantallas de visualización, etc. En este tipo de componentes, es importante asegurarse de que el operador puede percibir la información a tres niveles, siguiendo el esquema de procesamiento de información humana:
 1. *Detección:* El trabajador debe poder detectar fácilmente el dispositivo, bien porque lo busca activamente o porque la señal que emite capta su atención. Por ejemplo, un indicador de alerta debe ser rojo, parpadear y situarse a la altura de los ojos para ser visto de forma directa.
 2. *Identificación:* La información ofrecida debe poder identificarse adecuadamente, utilizando escalas conocidas y caracteres perceptibles de manera inequívoca. Por ejemplo, en un indicador analógico de temperatura la aguja y el número al que apunta debe percibirse claramente.
 3. *Interpretación:* Para que la información se interprete adecuadamente es necesario tener en cuenta el contexto de la tarea, así como las características de

formación y experiencia que se esperan en los operadores de maquinaria. Por ejemplo, un determinado sonido puede interpretarse como una señal de precaución o de error, dependiendo de la tarea que se esté realizando.

El establecer los requisitos ergonómicos de una máquina es una tarea dependiente de la distribución de tareas, y debe hacerse de forma conjunta.

3.4. Evaluar la implementación de los requisitos y el uso de la máquina

En la práctica, los ergónomos deben evaluar la calidad de la interacción persona-máquina en diferentes momentos (Cañas, 2011), utilizando herramientas apropiadas para analizar los diferentes requisitos ergonómicos. En este proceso, podemos diferenciar dos fases.

- FASE 1. Diseño esquemático y detallado de la máquina. Una primera evaluación o valoración se produce antes de ser comercializada e introducida en una industria determinada.
- FASE 2. Puesta en práctica del diseño. La evaluación final se realiza cuando la máquina se encuentra en una industria concreta y es necesario hacer ensayos con operarios particulares, que usan la máquina para trabajar en unas condiciones determinadas.

Una manera de realizar esta evaluación durante las fases de diseño esquemático y detallado son las listas de comprobación ergonómica (Niu y Kogi, 2010). Estas listas evalúan no solo los aspectos ergonómicos relacionados con la seguridad de las máquinas, sino también otros como el diseño del puesto de trabajo o el uso de herramientas manuales.

En cuanto a la evaluación del uso de la maquinaria, la ergonomía cuenta con gran cantidad de métodos que pueden asegurar el cumplimiento de los requisitos ergonómicos en un contexto de uso. Estos incluyen la observación libre, la entrevista contextual, el estudio etnográfico, el uso de cuestionarios y escalas de satisfacción, etc. Teniendo en cuenta estos aspectos se cumplirán las normas y directrices nacionales e internacionales sobre el diseño y uso de maquinaria. Pero, más importante que eso, se contribuirá a que disminuyan los accidentes debidos a una mala calidad en la interacción entre un trabajador y la máquina con la que tiene que realizar su trabajo.

4. Aplicaciones de la Ergonomía Cognitiva a la Interacción Persona-Ordenador

4.1. La interacción persona-ordenador en los puestos de trabajo con PVD

La Ergonomía Cognitiva comparte teorías, modelos y prácticas con la disciplina de Interacción Persona-Ordenador (del inglés *Human-computer interaction*, *HCI*), aunque esta última también integra conocimientos provenientes de otras ciencias como la Ingeniería Informática o las Ciencias de la Información. La Interacción Persona-Ordenador puede definirse como la disciplina que se ocupa del diseño, implementación, utilización y evaluación de sistemas informáticos interactivos para el uso humano. Más en concreto, trata

256 | de desarrollar o mejorar la seguridad, utilidad, efectividad, eficiencia y usabilidad de sistemas que incluyan ordenadores, y para ello se centra sobre todo en el diseño de interfaces de usuario. Su desarrollo es paralelo a la popularización de los ordenadores desde los años 80 del pasado siglo (Jacko, 2012). Hasta ese momento la Ergonomía Cognitiva se había centrado sobre todo en el uso experto de los sistemas informáticos, pero a partir de entonces se hizo evidente que el hardware y software debían ser más fáciles de usar para que cualquier persona fuese un potencial usuario.

La Ergonomía Cognitiva y la Interacción Persona Ordenador han tenido en España un campo de aplicación importante en el diseño de puestos de trabajo que incluyen pantallas de visualización de datos (PVD). En cierta medida, el uso de PVD es un elemento diferenciador respecto al uso de otro tipo de máquinas en el contexto industrial, en cuanto que se emplean como interfaz de comunicación entre el sistema cognitivo humano y otros agentes cognitivos. Es decir, su principal uso no es transmitir fuerza o movimiento o realizar transformaciones de tipo físico sobre otros agentes, sino que en la mayoría de las ocasiones la tarea consiste en exclusiva en percibir, transformar y comunicar representaciones mentales.

La legislación y normativa española fue formulada en un contexto en el que el uso de ordenadores se encuadraba en el ámbito de trabajos administrativos bastante especializados, y en el que los elementos físicos del ordenador (hardware, teclado, ratón, pantalla, etc.) aun carecían de requisitos básicos de ergonomía. En los últimos años las características de los equipos, aplicaciones y tareas han evolucionado enormemente. Por una parte, el número de puestos de trabajo en los que se usan pantallas ya no es minoritario: muchas actividades artesanales, comerciales o industriales están hoy día (al menos parcialmente) mediadas por el uso de dispositivos y programas informáticos. Por otra parte, el foco de análisis de la relación entre la persona y el ordenador ha cambiado de los elementos físicos del sistema (p.ej. ergonomía de la pantalla) a los elementos cognitivos (p.ej. facilidad de uso de los programas informáticos).

La evolución del trabajo con ordenadores y pantallas no solo ha afectado a los aspectos tecnológicos del puesto, sino también a la organización del trabajo. Por ejemplo, el teletrabajo, el trabajo nómada o el trabajo flexible son cada vez más frecuentes, lo que crea dificultades para controlar aspectos ambientales así como la influencia del uso de diferentes equipos de trabajo en diferentes contextos físicos. Es por ello que el análisis ergonómico de los puestos con PVD debería realizarse desde una perspectiva flexible que, partiendo de los requisitos mínimos que se plantean en la legislación, preste una mayor atención a los aspectos cognitivos y pueda ampliarse a la realidad de las diferentes tareas que se desempeñan y de los programas informáticos que se usan.

4.2. Requisitos de diseño ergonómico de la interfaz persona-ordenador

El diseño de la interfaz es un tema principal en la Interacción Persona-Ordenador (Granollers, Lorés y Cañas, 2005). En las interfaces persona-ordenador los procesos internos del sistema se comunican por medio de información gráfica, textual, sonora, táctil, etc. y la persona transmite sus ideas, órdenes y acciones a través del teclado, el ratón, el micrófono, etc. Aunque comúnmente estemos acostumbrado a imaginar la interfaz persona-ordenador en el contexto de un sistema operativo ejecutado en un ordenador personal, es necesario reconocer que las interfaces están hoy día incrustados en innumerables dispositivos y entornos: los teléfonos móviles, los cajeros automáticos, televisiones digitales, paneles de información pública, videoconsolas, etc. tienen sus propias interfaces de interacción persona-ordenador.

La interfaz persona-ordenador clásica tiene un componente *hardware* y un componente *software*. El *hardware* lo constituyen los elementos físicos del ordenador, como la pantalla, el teclado, el ratón, así como otros dispositivos periféricos. Existen requisitos de ergonomía de tipo físico (por ejemplo, la altura del teclado o el tamaño y resolución de la pantalla) y de tipo cognitivo (por ejemplo, la consideración adecuada de los modelos mentales de los usuarios o la coordinación visoespacial ofrecida por periféricos).

Pero es el componente *software* el que ha despertado más interés desde el punto de vista de la Ergonomía Cognitiva. A día de hoy, el *software* de oficina más común, como pueden ser los procesadores de textos, hojas de cálculo, gestores de correo electrónico, etc., sigue criterios ergonómicos que reducen su complejidad y mejoran el rendimiento de los usuarios. Pero esto no siempre ha sido así, y en los momentos iniciales de la informática tuvo que dedicarse gran esfuerzo en adaptar los sistemas a los modelos mentales de los usuarios y en crear interfaces intuitivas. En cualquier caso, aun hoy día existen gran cantidad de programas que se crean específicamente para tareas muy concretas e industrias específicas, y que a menudo generan frustración y carga mental innecesaria a los usuarios.

En España, la normativa ya hace referencia a algunos requisitos que debe cumplir el *software* usado en el lugar de trabajo. Así, el RD 488/1997 señala entre sus disposiciones mínimas una serie de requisitos referidos a la interfaz persona - ordenador, que debe:

- Estar adaptada a la tarea.
- Ser fácil de usar, adaptable a los conocimientos del usuario.
- Proporcionar indicaciones sobre su desarrollo.
- Proporcionar la información en formato y ritmo adaptado a los usuarios.
- Adoptar los principios de ergonomía al tratamiento de la información.

Estas indicaciones son, a priori, bastante subjetivas, por lo que es necesario acudir a la normativa técnica especializada, la cual es abundante en el campo de la Interacción Persona-Ordenador. Un ejemplo son las normas técnicas incluidas en la serie ISO 9241 “Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PDV)”, que actualmente están siendo conceptualizadas como “Ergonomía de la interacción persona-sistema”, o las de la serie ISO 14915 “Ergonomía del software para interfaces

258 | de usuario multimedia”. Así, la norma UNE-EN ISO 9241-110 (AENOR, 2006b) establece siete principios que pueden aplicarse en el diseño ergonómico del *software*:

1. *Adecuación de la tarea*. Un *software* será adecuado cuando ayuda al trabajador a conseguir los objetivos de la tarea. Aspectos que ayudan a esto son evitar presentar información que no es relevante para la tarea actual o mostrar de manera predeterminada los valores más frecuentes en un formulario.
2. *Carácter autodescriptivo*. Un *software* será autodescriptivo cuando el usuario pueda saber de manera inmediata en qué parte del proceso está, qué acciones puede realizar y cómo realizarlas. Para ello, se debe reducir la necesidad de consultar manuales de usuario, y el sistema debe especificar qué tipo de información se espera del usuario.
3. *Conformidad con las expectativas del usuario*. El funcionamiento del *software* y el lenguaje utilizado deben ser predecibles y ajustados a las convenciones comunes en el puesto de trabajo. Se espera que haya una consistencia en el nombre asignado a los diferentes procesos. Por ejemplo, para almacenar un archivo se usa siempre el término “Guardar”, y no otros alternativos como “Salvar” o “Almacenar” que pueden inducir a error.
4. *Adecuación del aprendizaje*. El sistema debe guiar y ayudar al usuario a aprender cuál es su funcionamiento. Por ejemplo, pueden ofrecerse explicaciones sobre los procesos que ha realizado el sistema y sobre los errores que se han producido.
5. *Controlable por el usuario*. El usuario debe ser capaz de controlar la interacción desde el inicio hasta la consecución del objetivo de la tarea. Así, el *software* debería permitir utilizar diferentes dispositivos de salida o entrada (los preferidos por el usuario) y seleccionar la estrategia preferida para alcanzar una meta.
6. *Tolerancia a los errores*. Se refiere a que el *software* debe permitir alcanzar los objetivos de la tarea aunque haya algún error, sin que el usuario tenga que ejecutar acciones correctivas o mediante modificaciones mínimas. En primer lugar se deben prevenir los errores del usuario, pero cuando éstos se producen deben ser detectados y ofrecerse apoyo al usuario para solucionarlos.
7. *Personalizable*. Se refiere a la capacidad del *software* de adaptarse a las capacidades y necesidades de cada usuario. Por ejemplo, debería permitirse al usuario elegir el idioma, elegir los métodos de interacción u organizar los elementos de un menú.

El cumplimiento de estos requisitos ergonómicos contribuye a mejorar la calidad del *software*. Existen diferentes atributos de calidad que pueden aplicarse al software y las interfaces de usuario, los cuales sirven no solo para guiar el diseño, sino también para realizar evaluaciones que contribuyan a los procesos de diagnóstico y mejora continua de los sistemas de trabajo.

4.3. Usabilidad, accesibilidad y experiencia de usuario en las interfaces de usuario

4.3.1. Usabilidad

La norma ISO 9241-210 (ISO, 2010) define *usabilidad* como ‘el grado en el que un sistema, producto o servicio puede ser usado por usuarios específicos para conseguir objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico’.

En primer lugar, es importante destacar tres dimensiones diferentes que hacen que algo sea usable:

- *Eficacia*: Grado en el que los objetivos de la tarea se consiguen de forma precisa y completa. La eficacia es un continuo que puede ir desde el fracaso al ejecutar la tarea a la realización óptima, pasando por estados parciales de finalización.
- *Eficiencia*: Son los recursos necesarios para realizar la tarea, en relación con su eficacia para la consecución de los objetivos. Aunque una interfaz sea efectiva para realizar una tarea, ésta puede requerir más o menos recursos por parte del usuario (en cuanto a tiempo o esfuerzo mental). En la mayoría de las ocasiones un interfaz es más usable en la medida que requiere menos recursos por parte del usuario para conseguir sus objetivos.
- *Satisfacción*: Este atributo hace referencia al confort y las actitudes positivas de los usuarios hacia el uso del sistema. A pesar de que un interfaz nos permita realizar una tarea de manera eficaz y eficiente, puede aun así no satisfacer al usuario. Por ejemplo, un procesador de textos puede permitir escribir de forma rápida y sin errores, pero no satisfacer al usuario por tener un diseño poco estético.

Aunque estas dimensiones se traten por separado, es necesario entender que no son independientes. Es difícil que una persona esté satisfecha si el interfaz que utiliza no le permite desarrollar su trabajo de manera eficaz o eficiente, y del mismo modo la persona no trabajará de manera eficiente con una interfaz con la que no está satisfecho.

Otra cuestión importante para entender el concepto de usabilidad es que no es un atributo del interfaz en sí mismo, sino que va a depender de su contexto de uso. Es decir, la usabilidad es consecuencia de la interacción entre el usuario, la tarea, los equipos (*software* y *hardware*) y el entorno físico y social en el que se desarrolla:

- *Usuarios*: Existe gran diversidad en los usuarios de una tecnología en cuanto a variables como la edad, los conocimientos y formación, preferencias, etc. Por ello, una interfaz determinada puede ser usable para unos usuarios con unas características determinadas pero no para otros.
- *Tareas*: Las interfaces son solo un medio para comunicarse con otros agentes del sistema en la realización de una tarea, la cual puede variar enormemente en cuanto a complejidad. Por otra parte, pueden existir diferentes vías para conseguir un mismo objetivo, de forma que una interfaz puede ser usable para realizar unas tareas pero no para otras.

- *Equipos*: Las tecnologías empleadas hoy día son un complejo conjunto de piezas *hardware* y *software*, de forma que ningún componente es independiente del resto. Por ejemplo, la interfaz de un procesador de textos puede ser muy usable en un equipo nuevo con la última versión del sistema operativo, pero muy poco usable cuando se instala en equipos más antiguos.
- *Entorno físico y social*: Diferentes condiciones del entorno pueden afectar a la usabilidad de las tecnologías. Algunas restricciones pueden tener que ver con el tiempo, la privacidad y seguridad, las condiciones ambientales como son la temperatura, la iluminación y el ruido, la calidad del resultado requerida, etc. Por poner solo un ejemplo, la interfaz de un cajero automático que esté situado en el exterior de un edificio puede ver afectada su usabilidad debido a la iluminación (porque se produzcan reflejos y deslumbramientos a cierta hora del día), debido a cuestiones de privacidad o seguridad (porque esté situado en una zona muy concurrida o poco confiable) o por el tiempo disponible para realizar las operaciones (porque haya gente esperando su turno y debamos ser rápidos).

Por tanto, un primer paso en el desarrollo de una interfaz usable es identificar y definir el contexto de uso al que va destinada.

4.3.2. Accesibilidad y productos de apoyo

Las TIC son una gran oportunidad para la adaptación de los puestos de trabajo y por lo tanto para la integración de las personas con discapacidad en el mundo laboral. La versatilidad de los equipos informáticos también ofrece oportunidades de adaptación a los trabajadores mayores, que deberían poder seguir desempeñando sus funciones el mayor tiempo posible, a pesar del deterioro sensorial y cognitivo relacionado con la edad. Sin embargo, cuando una tecnología se diseña sin tener en cuenta las capacidades de los diferentes colectivos, muchos usuarios pueden quedar excluidos.

El término *accesibilidad* en el contexto de la Interacción Persona-Ordenador hace referencia al grado en que los productos y servicios tecnológicos pueden ser utilizados por el rango más amplio de usuarios con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso determinado. La accesibilidad a la tecnología puede analizarse desde el punto de vista de las capacidades humanas implicadas en la interacción, estableciéndose los siguientes requisitos (Stephanidis, 2014):

- *Compatibilidad con las funciones motoras*: Los dispositivos de entrada y técnicas de interacción relacionadas deben posibilitar su manipulación por los usuarios. Esto implica que las personas con problemas de movilidad o destreza manual deben poder interactuar por medios alternativos al teclado o el ratón, como por ejemplo a través de la voz o mediante periféricos adaptados.
- *Compatibilidad con las funciones sensoriales*: Los estilos de interacción adoptados (y las interfaces de usuario resultantes) deben poder ser percibidos por los usuarios. Las personas con discapacidad visual deben tener una alternativa de información por vía auditiva, y las personas con discapacidad auditiva deben poder acceder a una descripción gráfica o textual de las narraciones y sonidos.

- *Compatibilidad con las funciones cognitivas:* Los estilos de interacción adoptados (y las interfaces de usuario resultantes) deben poder ser comprendidos por los usuarios. Esto implica que la información debe poder ser comprendida, evitando la complejidad en el texto y las funciones de la interfaz.

Dado el grado de diversidad humana en relación a estas funciones, la accesibilidad tecnológica requerirá en muchos casos la introducción de dispositivos y estilos de interacción alternativos para acomodar las diferentes necesidades. Este es el caso de los *productos y tecnologías de apoyo* como pueden ser los lectores de pantalla (que traducen el texto electrónico en voz o Braille), los magnificadores (que aumentan el tamaños de los elementos de la interfaz), los reconocedores de voz (que permiten manejar el ordenador sin el uso de las manos) u otras tecnologías específicas.

4.3.3. *Experiencia de usuario*

El origen del término *experiencia de usuario* puede encontrarse en un intento de destacar la importancia de otros atributos de calidad más allá de los relacionados con el rendimiento de los usuarios. En concreto, se pone el foco en que los objetivos del uso de la tecnología no son solo instrumentales (dirigidos a conseguir las metas de una tarea), sino que tiene también otros atributos afectivos, emotivos y experienciales, como son la diversión o la satisfacción de necesidades humanas (Hassenzahl y Tractinsky, 2006). Podría decirse que en la experiencia de usuario se pone el foco y se expande la importancia de la dimensión de satisfacción que ya incluye el concepto de usabilidad.

En la actualidad, la experiencia de usuario (conocida en el mundo profesional con las siglas UX) se ha convertido en un área de gran expansión, apareciendo las figuras del *Diseñador UX* y del *Investigador UX*, cuya función es definir y crear una experiencia óptima en el uso de los productos y servicios interactivos centrados en las necesidades y preferencias humanas. Las innovaciones de mayor éxito en el campo de las tecnologías móviles o Internet (por empresas como *Apple*, *Facebook* o *Google*) han surgido tras una decidida apuesta por mejorar la experiencia de usuario en sus interfaces.

Podría pensarse que este enfoque es muy interesante para mejorar la calidad de aquellos productos dirigidos al consumo de masas, pero no es muy aplicable a los contextos laborales donde se desempeña la Ergonomía Cognitiva. Sin embargo, muchas de los atributos experienciales del uso de la tecnología tienen un importante impacto en el desempeño de los trabajadores. Por ejemplo, la competencia en el manejo de un programa informático no solo depende de que el rendimiento objetivo del trabajador sea bueno, sino que implica un sentimiento de ser capaz y efectivo en las acciones en lugar de sentirse irrelevante para la tarea. Como se verá en la siguiente sección, estos aspectos subjetivos influyen de manera importante en la adopción de las tecnologías dentro de un sistema de trabajo.

4.4. La aceptación de la tecnología en el contexto organizacional

La presencia de la tecnología en las organizaciones se ha ido incrementando de manera exponencial en las últimas décadas. Como se ha visto en apartados anteriores, la

262 | introducción de cualquier artefacto (máquinas, ordenadores, programas informáticos, etc.) en un sistema produce cambios en la forma en la que la persona desempeña la tarea. Muy frecuentemente, la introducción una nueva tecnología no es aceptada por los trabajadores, que se resisten a colaborar con este nuevo agente y tienden a seguir desempeñando los antiguos procedimientos a pesar de las mejoras en la eficiencia que estas tecnologías pueden traer.

¿Qué determina que las personas dentro de una organización acepten la tecnología como un agente colaborador en su trabajo? Uno de los modelos explicativos más completos lo ofrece la llamada *Teoría unificada de aceptación y uso de la tecnología* (Venkatesh, Morris, Davis y Davis, 2003), que surge de una revisión y actualización de modelos anteriores. Esta teoría propone la siguiente secuencia causal: 1) ante una determinada tecnología el potencial usuario tiene una serie de reacciones y expectativas; 2) éstas causan la intención de usarlo; y 3) finalmente se produce el uso real de la tecnología.

Los autores proponen cuatro constructos como determinantes de la aceptación de una tecnología por los usuarios (Figura 4):

- *Expectativa de ejecución*: Es el grado en que la persona piensa que usar el sistema le ayudará a mejorar su rendimiento (por ejemplo, si piensa que usando el sistema terminará antes el trabajo).
- *Expectativa de esfuerzo*: Es el grado de facilidad de uso asociada a un sistema (por ejemplo, si un sistema parece a primera vista muy difícil de usar tiene mayor probabilidad de no ser aceptado).
- *Influencia social*: Se define como el grado en el que un individuo percibe que otras personas relevantes para él creen que debe usar esta nueva tecnología (por ejemplo, si su jefe, compañero de trabajo, médico o sus familiares cercanos refuerzan o le animan a usar una tecnología).
- *Condiciones facilitadoras*: Es el grado en que el individuo piensa que existe una estructura organizativa o técnica que da soporte al uso del sistema. Es decir, hasta qué punto existen vías para que se eliminen las barreras de uso en el caso de que existan (por ejemplo, cursos en línea para principiantes o foros de ayuda entre usuarios).

Igualmente, existen una serie de variables moderadoras (género, edad, experiencia y voluntariedad de uso) que van a influir en el modo en que los diferentes constructos afectan al uso de la tecnología.

Uno de los fenómenos que explica este modelo es que una persona puede tener buenas expectativas ante la introducción de tecnología, pero eso no tiene por qué traducirse en una intención, ya que hay otras variables como la influencia social que pueden producir un efecto negativo. De igual manera, una persona puede tener la intención de usar una tecnología pero no llegar a hacerlo si no se dan las condiciones facilitadoras adecuadas (p. ej. no recibe entrenamiento en su uso, no dispone de tiempo o la tecnología no es compatible con otros sistemas que ya utiliza).

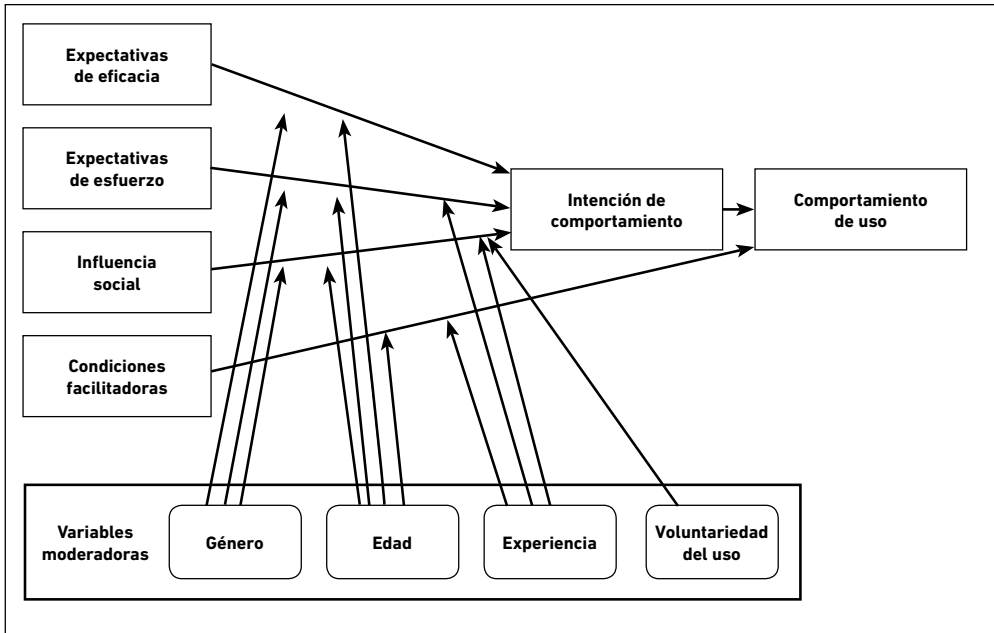


Figura 4. Teoría unificada de aceptación y uso de la tecnología. Adaptado de Venkatesh et al. (2003)

5. Recuperación de información, comprensión y aprendizaje en Internet

5.1. La adquisición de conocimiento en la era digital

La evolución de las TIC en los últimos 30 años, sobre todo con la popularización de Internet, ha provocado que cobren importancia aspectos como la recuperación de la información o la calidad del aprendizaje en línea. La adquisición de nuevos conocimientos y competencias se ha convertido en un requisito necesario para el desempeño de cualquier trabajo en las organizaciones del siglo XXI. Continuamente surgen nuevos problemas a resolver y se introducen nuevos procedimientos y tecnologías en las empresas, lo que requiere un reciclaje continuo de los trabajadores y la reconfiguración de las relaciones entre los agentes de un sistema.

Actualmente se está produciendo un interesante debate en la sociedad sobre si Internet está modificando la forma en que procesamos la información. Una de las posturas apunta a que Internet reduce nuestras capacidades cognitivas, haciéndonos más propensos a la multitarea, las distracciones y la lectura superficial, mientras que reduce nuestra capacidad de concentración y de pensamiento crítico (Carr, 2011). En el extremo opuesto, otros autores señalan las ventajas que la tecnología tiene para mejorar no solo las capacidades individuales, sino también la inteligencia colectiva (Thompson, 2013).

En lo que parece haber consenso es en que han cambiado las formas tradicionales de aprendizaje. De un modo de aprendizaje planificado, formal y colectivo se ha pasado a un

264 | aprendizaje más informal, incidental e individual. Los trabajadores adquieren nuevos conocimientos continuamente, buscando la información que necesitan en Internet, leyendo libros electrónicos o atendiendo a cursos en línea que hacen un uso extensivo del material multimedia.

En este contexto se han propuesto nuevas teorías del aprendizaje que tratan de explicar cómo se produce el aprendizaje en esta nueva realidad. Es el caso del *conectivismo* (Siemens, 2005), que surge por las limitaciones de las teorías de aprendizaje tradicionales (es decir, conductismo, cognitivismo y constructivismo) para dar respuesta al fenómeno del aprendizaje en línea (*e-learning*). Algunos de los principios del conectivismo son los siguientes:

- El aprendizaje se apoya en la diversidad de opiniones más que en una verdad única.
- El aprendizaje es un proceso de conectar nodos y fuentes de información especializada.
- El aprendizaje puede residir en artefactos no humanos.
- La capacidad de saber más es más importante que lo que realmente se sabe.
- La capacidad de ver conexiones entre campos, ideas y conceptos es una habilidad clave.
- El objetivo del aprendizaje es tener conocimiento preciso y actualizado.

Esta teoría sintoniza con la forma en que funcionan los sistemas cognitivos conjuntos y la idea de una cognición distribuida. Para desempeñar tareas en un contexto laboral se necesita información y formación, pero ésta no tiene por qué residir en una persona concreta, sino que puede encontrarse en una base de datos, en *Wikipedia* o en otra persona dentro de la organización. Lo importante aquí no es que la persona tenga esos conocimientos, sino que sepa cómo acceder a ellos de manera eficiente, comprender la información y determinar su fiabilidad y relevancia para la tarea que desempeña.

Este nuevo enfoque refleja las características de las actividades de aprendizaje en línea, que tienen implicaciones para el diseño instruccional, el desarrollo de estrategias de enseñanza y aprendizaje y la forma en que las organizaciones deben integrar éstas dentro del desarrollo organizacional. El entrenamiento y aprendizaje en Internet no debería ser abordado de la misma forma que el aprendizaje presencial o el basado en el estudio de textos impresos, para lo cual es imprescindible comprender las restricciones que presenta el nuevo medio relacionadas con la recuperación de la información y su procesamiento.

5.2. Procesos de recuperación de información en Internet

Una de las características del uso de Internet para la adquisición de conocimiento es que requiere una distribución diferente de los recursos cognitivos dedicados a la comprensión y el aprendizaje. Diferentes estudios han señalado que leer un texto en Internet incrementan la carga mental respecto a la lectura de un texto lineal, y que esto podría llevar a problemas de comprensión (Madrid, van Oostendorp y Puerta-Melguizo, 2009). Esta afirmación se basa en que el lector de una página web tiene que dedicar cierta cantidad de recursos cognitivos a las tareas de recuperación de información que por tanto no estarán

disponibles para la tarea de lectura, lo cual puede dañar la realización de procesos de inferencia y afectar a la comprensión.

En cualquier caso, la recuperación de información en Internet se ha convertido en una competencia totalmente necesaria en cualquier tarea cotidiana (p.ej. localizar información para una tarea escolar, comparar precios de hoteles o leer un periódico online). Conocer cómo las personas realizan estas tareas es importante para diseñar mejores sistemas de información, y también para entrenar a las personas en estrategias más efectivas.

Una de las teorías que mejor explica los procesos de recuperación de información en Internet es la *Teoría del rastreo de información (Information foraging theory)* (Pirolli, 2007). La teoría usa la metáfora de la actividad que realizan los animales para buscar alimentos (el rastreo), donde en este caso el alimento son los objetivos informativos. Al igual que los animales, las personas se van guiando por estímulos proximales (siguen el rastro de información) para tratar de llegar al objetivo final. Por ejemplo, si buscamos información sobre la Alhambra puede ser útil seguir el rastro de una página que habla sobre la ciudad de Granada.

Las personas usamos dos mecanismos principales para rastrear información de Internet: la búsqueda (*searching*) y la navegación (*browsing*). Lo más habitual es que se realicen las dos tareas de manera combinada, aunque una pueda ser más efectiva que otra. Ambas son parte de un proceso de solución de problemas, en el que el primer paso es definir la información que se debe buscar, para luego iniciar el proceso de rastreo. De esta forma se escanean los diferentes enlaces de una página, o los resultados de un buscador, para determinar si la información que trata de localizarse está presente.

En definitiva, la recuperación de información implica un proceso de toma de decisiones. En la navegación, la persona debe revisar los contenidos de cada página y decidir qué enlaces pulsar, partiendo del rastro de información y el modelo mental que tiene de la estructura de la información en el sitio web. Si la estructura del sitio web está bien diseñada y la persona tiene los conocimientos y habilidades adecuadas, no habrá dificultad en elegir el enlace correcto. Pero en caso contrario, aparecerán problemas en la recuperación efectiva de información, llevando a la desorientación y la carga mental excesiva.

5.3. Relevancia y credibilidad de la información

En un mundo ideal, la tarea de recuperación de información finalizaría al encontrar un contenido que se asemeje mínimamente al tema que se busca. Sin embargo, no toda la información es igualmente válida, ya que los contenidos de Internet no suelen estar sujetos a un control de calidad, y a menudo carecen de estructura, siendo posible encontrar varias referencias al mismo tema que pueden ser inexactas, incompletas y/o contradictorias. Siguiendo la metáfora del rastreo de información, un animal que busca alimento puede encontrar comida que esté demasiado madura, que no sea muy nutritiva o que directamente sea venenosa, en cuyo caso es mejor seguir rastreando antes de decidir qué comer.

En el ámbito laboral, los errores al juzgar la calidad de la información pueden tener resultados nefastos. Por ejemplo, puede pensarse en un médico que busca información en Internet sobre una enfermedad rara, o un electricista que trata de averiguar cómo reparar

266 | un horno industrial. Si se parte de información errónea, toda la cadena de toma de decisiones se verá afectada negativamente.

Rieh y Danielson (2007) clasificaron el tipo de juicios que realizan los usuarios sobre la calidad de la información en seis categorías:

1. Características de los elementos informacionales (título, contenidos, organización, presentación, uso de gráficos, etc.)
2. Características de las fuentes (dominio web, tipo de documento, reputación de la fuente, credenciales profesionales del autor, etc.)
3. Conocimiento del usuario sobre el tema
4. Contexto en el que se realiza la búsqueda
5. Ranking de la página en la lista de resultados del buscador
6. Supuestos generales de los usuarios

Puede verse que algunas estrategias de recuperación de información son muy superficiales (por ejemplo, entender que el enlace que aparece en primer lugar en una página de resultados es el más relevante), mientras que en otros casos los contenidos son evaluados de forma más crítica (por ejemplo, juzgando la relevancia de los contenidos en función de los conocimientos previos de la persona o el contexto de la búsqueda).

Conocer la forma en que las personas juzgan las fuentes de información tiene varias aplicaciones prácticas desde el punto de vista de la Ergonomía Cognitiva:

- Los trabajadores pueden entrenarse en estrategias de pensamiento crítico, para que puedan evaluar la información y obtenerla de fuentes creíbles.
- Pueden añadirse marcadores de credibilidad a las guías y principios de diseño ergonómico, de forma que los sistemas comuniquen mejor la relevancia de la información.
- Los sistemas de recuperación de información pueden usar estos marcadores de credibilidad como un criterio para mejorar y ordenar los resultados de búsqueda.

En definitiva, el objetivo de cualquier intervención ergonómica sobre la información será permitir al usuario de los sistemas informacionales evaluar de manera efectiva la credibilidad de sus fuentes y contenidos (¿es esta información relevante, válida y precisa para la tarea que estoy realizando?).

Resumen y conclusiones

A lo largo de este capítulo se han revisado los fundamentos teóricos y la contribución de la Ergonomía Cognitiva al diseño de sistemas de trabajo, con especial atención a aquellos en los que las máquinas, los ordenadores y los sistemas de información son agentes necesarios para realizar una tarea.

Se ha mostrado la gran relevancia del concepto de sistema cognitivo conjunto: el procesamiento de la información que requiere cualquier tarea ya no se realiza por una persona individual, sino que todo individuo debe cooperar con otros agentes (ya sean humanos o artefactos) para conseguir sus metas. Por ello, aspectos como la carga mental, el desarrollo de modelos mentales y la conciencia de la situación o los procesos de toma de

decisiones y de solución de problemas deben explicarse desde el punto de vista de la cognición distribuida.

Una de las principales funciones del ergónomo cognitivo es incidir en el diseño de la interacción entre la persona y los artefactos (las máquinas, ordenadores u otros agentes). Por ejemplo, la distribución adecuada de funciones entre personas y máquinas tiene una importancia mayor que la que se le suele otorgar. Ciertamente la automatización de tareas en el puesto de trabajo no elimina los riesgos, sino que por el contrario puede llevar a numerosos problemas como muestra la ocurrencia de accidentes en diferentes industrias o sistemas de transporte con un alto grado de automatización.

Actualmente, las TIC están reemplazando a otras máquinas más simples como elementos necesarios en cualquier puesto de trabajo. La disciplina de la Interacción Persona-Ordenador ha desarrollado una serie de técnicas y cuerpo de conocimientos con el objetivo de que la complejidad inherente a los procesos de cómputo no se transmita necesariamente a los medios de interacción con el usuario. De esta forma, cualquier tipo de dispositivo, aplicación o interfaz de usuario se diseña teniendo en cuenta una serie de requisitos ergonómicos para adaptar los dispositivos y aplicaciones a las capacidades cognitivas humanas. El objetivo es alcanzar unos niveles óptimos de usabilidad, accesibilidad y experiencia de usuario, así como asegurar que estas nuevas tecnologías van a ser aceptadas y adoptadas en los contextos para los que fueron diseñadas.

Finalmente, en este capítulo se ha abordado la importancia que tiene Internet para la recuperación de la información, la comprensión y el aprendizaje en el contexto de las organizaciones. Nuevos paradigmas como el conectivismo claman por una nueva forma de entender lo que es la adquisición de conocimientos, que desde el punto de vista de un sistema cognitivo conjunto ya no residen en exclusiva en agentes humanos (el conocimiento puede estar almacenado en un dispositivo electrónico, en Internet o en otras personas que se encuentran a muchos kilómetros de distancia). En este contexto, lo importante son las competencias que tiene la persona para recuperar la información y extraer el conocimiento de ella.

Preguntas para el repaso

1.- ¿Qué es un sistema cognitivo conjunto?

2.- ¿Cuál es el doble papel de la atención en los modelo de procesamiento de la información expuesto por Wickens (2008)?

3.- Describe los tres niveles de conciencia de la situación según el modelo de Endsley (2000)

4.- ¿En qué consisten los modelos de toma de decisiones naturalistas?

5.- ¿Qué es la automatización? Describe sus relación con el fenómeno conocido como *out of the loop*.

6.- Cita los siete principios que pueden aplicarse en el diseño ergonómico del *software*.

7.- ¿Qué es la accesibilidad en el ámbito de la tecnología?

8.- Identifica los cuatro principales constructos que influyen en la adopción de una nueva tecnología.

9.- ¿Cuáles son alguno de los principios del conectivismo?

10.- ¿Cuál es la forma en la que las personas buscamos información según la Teoría de rastreo de la información?

Enlaces a páginas web de interés

Grupo de investigación en Ergonomía Cognitiva – Universidad de Granada

<http://www.ergonomia-cognitiva.com>

Asociación Española de Interacción Persona Ordenador <http://www.aipo.es>

NoSoloUsabilidad: Revista electrónica sobre Usabilidad, Arquitectura de la Información, Experiencia del Usuario, Accesibilidad y Diseño Centrado en el Usuario <http://www.nosolousabilidad.com/>

Referencias

- AENOR (2006a). *UNE-EN 614. Seguridad de las máquinas. Principios de diseño ergonómico. Parte 1: Terminología y principios generales*. Madrid: AENOR.
- AENOR (2006b). *UNE-EN ISO 9241-110. Ergonomía de interacción persona-sistema. Parte 110: Principios de diálogo*. Madrid: AENOR.
- Cañas, J. J. (2004). *Personas y máquinas. El diseño de su interacción desde la ergonomía cognitiva*. Madrid: Ed. Pirámide.
- Cañas, J.J. (2011). *Ergonomía en los sistemas de trabajo*. Jaén: UGT-CEC.
- Cañas, J.J., Antolí, A. y Quesada, J.F. (2001). The role of working memory on measuring mental models of physical systems. *Psicologica*, 22, 25-42.
- Carr, N. (2011). *Superficiales: Qué esta haciendo internet con nuestras mentes*. Madrid: Taurus.
- Darses, F., Falzon, P. y Munduteguy, C. (2009). Paradigmas y modelos para el análisis de las actividades finalizadas. En P. Falzon (Dir.), *Manual de Ergonomía*, pp. 183-205. Madrid: Modus Laborandis.
- Di Stasi, L. L., McCamy, M. B., Catena, A., Macknik, S. L., Cañas, J. J., y Martínez-Conde, S. (2013). Microsaccade and drift dynamics reflect mental fatigue. *European Journal of Neuroscience*, 38 (3), 2389-2398.
- Endsley, M. R. y Garland, D. J. (Eds.) (2000). *Situation awareness analysis and measurement*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Fdez-Olivares, J., Castillo, L., Cózar, J. A., y García Pérez, O. (2011). Supporting clinical processes and decisions by hierarchical planning and scheduling. *Computational Intelligence*, 27 (1), 103-122.
- Fraser, I. (2010). *Guía para la aplicación de la Directiva 2006/42/CE relativa a las máquinas. (2ª Ed.)*. Luxemburgo: Union Europea Empresa e Industria.
- Granollers, T., Lorés, J. y Cañas, J. J. (2005). *Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario*. Barcelona: UOC.
- Hassenzahl, M. y Tractinsky, N. (2006). User experience - a research agenda. *Behaviour & information technology*, 25 (2), 91-97.
- Hoc, J.-M. (2008). Cognitive ergonomics: a multidisciplinary venture. *Ergonomics*, 51 (1), 71-75.
- ISO (2010). EN ISO 9241-210. *Ergonomics of human-system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems*. Ginebra: ISO.
- Jacko, J. A. (Ed.). (2012). *Human Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications*. Boca Ratón, FL: CRC press.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental Models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kahneman, D., y Tversky, A. (1973). On the psychology of prediction. *Psychological Review*, 80, 251-273.

- 270 | Libin, P. [plibin]. (19 de mayo de 2015). The main design principle of new technology should be cognitive ergonomics: making products that fit neatly into how humans actually think. [Tweet]. Recuperado de <https://twitter.com/plibin/status/600697493270069249>
- Madrid, R.I. y Cañas, J.J. (2015). Ergonomía. En J.L. Monereo Pérez y C. Molina Navarrete (Dirs.), *Tratado de prevención de riesgos laborales. Teoría y práctica*. Madrid:Tecnos.
- Madrid, R.I., Van Oostendorp, H., & Puerta Melguizo, M.C. (2009). The effects of the number of links and navigation support on cognitive load and learning with hypertext: The mediating role of reading order. *Computers in Human Behavior*, 25 (1), 66-75.
- Niu, S. y Kogi, K. (2010). *Ergonomic checkpoints: Practical and easy-to-implement solutions for improving safety, health and working conditions (2nd Ed.)*. Ginebra: ILO.
- Parasuraman, R. y Riley, V. (1997). Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 39 (2), 230-253.
- Parasuraman, R. y Rizzo, M. (Eds) (2006). *Neuroergonomics: The Brain at Work*. Cary, NC: Oxford University Press.
- Pirolli, P. L. (2007). *Information foraging theory: Adaptive interaction with information*. Oxford University Press.
- Rieh, S.Y. y Danielson, D.R. (2008). Credibility: A multidisciplinary framework. *Annual Review of Information Science and Technology*, 41 (1), 307-364.
- Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International journal of instructional technology and distance learning*, 2 (1), 3-10.
- Stephanidis, C. (Ed.). (2014). *The universal access handbook*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Thompson, C. (2013). *Smarter than you think: How technology is changing our minds for the better*. New York: The Penguin Press.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. y Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27 (3), 425-478.
- Wickens, C. D. y Carswell, C.M. (2012). Information processing. En G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics (Third Edition)*, pp. 117-161. Hoboken, NJ: Wiley & Sons.