

Tema 6. Ergonomía cognitiva y usabilidad.

(versión 2: 10-5-06)

-
1. Introducción: La ergonomía cognitiva y sus aplicaciones
 2. La interfaz como soporte de información en productos y entornos
 3. Principales componentes del sistema cognitivo y su implicación en el diseño de interfaces
 4. Ergonomía cognitiva y diseño centrado en el usuario.
 5. Técnicas de evaluación de la usabilidad de entornos, objetos y productos.
-

1. Introducción: La ergonomía cognitiva y sus aplicaciones

- Definición de ergonomía cognitiva

- . Es el estudio de todas las actividades humanas (capacidades y limitaciones) relacionadas con el conocimiento y el procesamiento de la información que influyen o están influidas por el diseño de máquinas y objetos que usan las personas, relacionados con procesos de trabajo y entornos con los que interactúan
- . Se centra en especificar y dar recomendaciones de adaptación del diseño de **soportes de información** a ciertas características del usuario tales como:
 - procesos de **input perceptivo** (detección, clasificación, reconocimiento de patrones, etc.)
 - procesamiento **cognitivo central** (memoria, razonamiento, resolución de problemas, etc.)
 - procesos **perceptivo-motores** (más relacionados con los sistemas de respuesta y ejecución)
- . Surge en ámbitos laborales que incluyen tecnologías de la información y la comunicación (ordenadores, etc.), aunque se extiende a otros entornos (de consumo, domésticos, de ocio, etc.)
- . Se centra en el diseño o rediseño de productos relacionados con esas tecnologías, aunque se extiende a la interacción de las personas con cualquier entorno que presente alta concentración de información:
 - consolas y paneles de control
 - pantallas de ordenador,
 - señalizaciones
- . Profundiza en la adaptación de productos y entornos a las características y limitaciones psicológicas de las personas, en concreto a las capacidades de procesamiento de información del cerebro.
- . Otras denominaciones similares de la ergonomía cognitiva:
 - Psicología en la ingeniería (*engineering psychology*)
 - Interacción persona – ordenador, IPO (*human – computer interaction, HCI*)

- Ejemplos de temas o contenidos que incluye la ergonomía cognitiva:

- Percepción visual y auditiva y diseño de soportes de información
- El color y su uso en la presentación de información
- Percepción y efectos del contexto en la codificación de estímulos
- Atención, ejecución en doble tarea y compatibilidad estímulo- respuesta
- Carga mental, vigilancia y asignación de funciones
- Aprendizaje, ejecución habilidosa
- Memoria y sus limitaciones en la ejecución de tareas complejas
- Lenguaje, lectura y comunicación hombre – ordenador
- Resolución de problemas, razonamiento y procesos de control

- Objetivo central de la ergonomía cognitiva:

Favorecer la usabilidad o facilidad de uso del producto o entorno, en términos de:

- . Reducir el esfuerzo cognitivo y los errores a la hora de usar el producto (menor aprendizaje, menos transformaciones representacionales, menos recuerdo de estados intermedios en la resolución del problemas o recuerdo de información para realizar la tarea)
- . Mejorar el rendimiento, la productividad y eficiencia con la tarea
- . Mejorar la seguridad
- . Mejorar el confort

La usabilidad es adaptación al producto o entorno. Tal y como se aprecia en la Figura 1, el problema o desajuste antes de la interacción óptima tiene dos soluciones posibles para la mayor usabilidad por parte del usuario:

- Solución 1 (directa):** Mediante cambios en las personas, con esfuerzo personal de aprendizaje
- Solución 2 (indirecta, ergonómica):** Cambios en el producto o entorno, mediante rediseño.

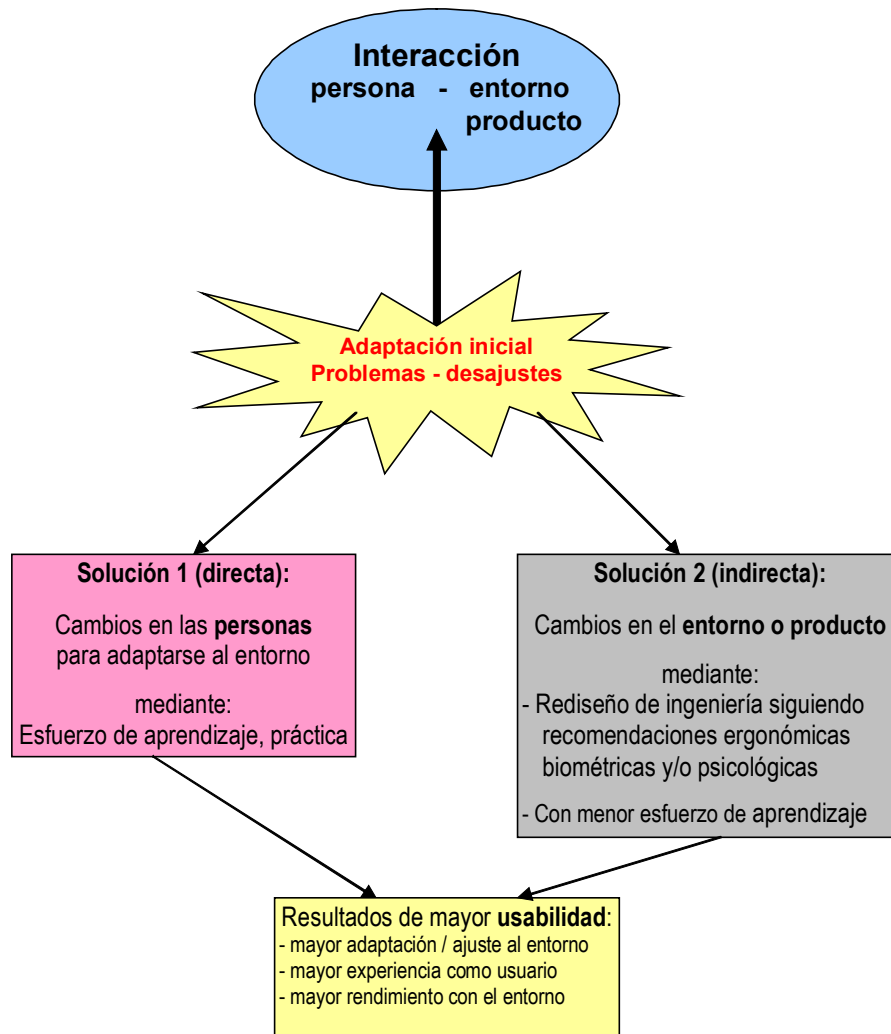


Figura 1: Las soluciones de adaptación y usabilidad en la interacción persona – entorno/producto

Tema 6. Ergonomía cognitiva y usabilidad.

1. Introducción: La ergonomía cognitiva y sus aplicaciones
2. La interfaz como soporte de información en productos y entornos
3. Principales componentes del sistema cognitivo y su implicación en el diseño de interfaces
4. Ergonomía cognitiva y diseño centrado en el usuario.
5. Técnicas de evaluación de la usabilidad de entornos, objetos y productos.

2. Soportes de información en productos y entornos

- 2.1. La interfaz o punto de interacción persona – soporte de información
- 2.2. Principales soportes de información
 - 2.2.1. Dispositivos de presentación de información (DPI) o *displays*
 - 2.2.2. Controles o dispositivos para respuesta o interacción con la información

2.1. La interfaz o punto de interacción persona – soporte de información

- Definición de interfaz:

- . Aspectos del sistema con los que el usuario entra en contacto física y cognitivamente
- . Todo lo que el usuario experimenta, ve y hace con el sistema
- . En ordenadores:
 - . Lenguaje de entrada para el usuario
 - . Lenguaje de salida para el ordenador
 - . Protocolo (software) para la interacción
- . En una pantalla: tareas del usuario, metáforas (iconos, ventanas, etc.), controles, navegación, integración entre aplicaciones, diseño visual de pantalla, etc.- **Características de la interfaz:**
- . Permite las *affordances* o captación intuitiva de la información del sistema, producto, entorno
- . Hace visible la información
- . Proporciona indicaciones de cómo se puede usar algo
- . Proporciona indicación del para qué, el objetivo de una tarea y esto se hace evidente simplemente mirándolo, con o sin instrucciones

- La interfaz en la interacción hombre - máquina:

Esta interacción es un sistema que forma un bucle cerrado (véase la Figura 2):

- . La entrada de información desde el hombre a la máquina (o al proceso) se realiza mediante **controles** o mandos
- . El hombre recibe información sobre las variables del proceso, a través de los **indicadores**, que transforman estas variables en un tipo de información que pueda ser asimilada por el operador humano.
- . La información es interpretada y puede dar lugar a una **decisión**, que se comunica a la máquina (o al proceso), mediante la operación sobre los **controles**.

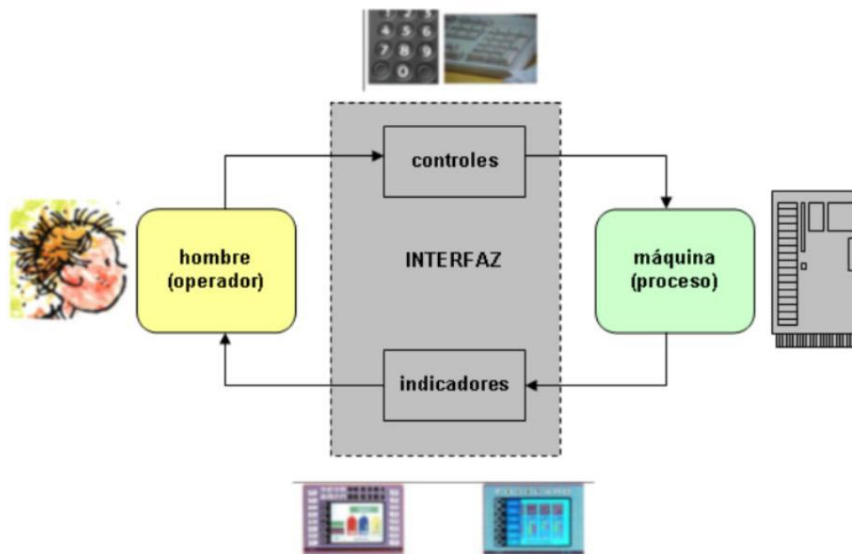


Figura 2: La interfaz en la interacción hombre-máquina.

2.2. Principales soportes de información

2.2.1. Dispositivos de presentación de información (DPI), indicadores o displays

- Definición:

La definición más sencilla nos dice que se trata de **dispositivos que presentan información al usuario**. Tienen diversos nombres: Dispositivos de presentación de información (DPI) o indicadores. La denominación inglesa más habitual es *display*.

Según Wickens, Gordon y Liu (p. 224, 1998), son típicamente artefactos hechos por el hombre diseñados para apoyar la percepción de variables relevantes del sistema y facilitar el ulterior procesamiento de la información.

Por ejemplo, el velocímetro en el coche, el tono de aviso en el altímetro del avión, el mensaje en el sistema de menús del teléfono digital, el panel de instrucciones en el cajero automático. Son ejemplos de displays en varias modalidades y con diversos tipos de información.

Los indicadores transmiten información de la máquina o proceso al operador humano de forma que sea fácilmente asimilada e interpretada por éste. En función de la información recibida, el operador puede tomar la decisión de actuar sobre el proceso a través de los controles.

- Información que proporcionan:

Cuatro tipos de información, según Sanders y McCormick (1992):

- **Cuantitativa** (valor de una variable, por ejemplo, velocidad en kilómetros por hora)
- **Cualitativa** (estado de un sistema, por ejemplo, motor frío, alerta, etc.)
- **De chequeo** o comprobación del estado del sistema
- **De conocimiento de la situación**, para dar sentido global del sistema y poder predecir situaciones futuras

- Tipos:

Los indicadores más comúnmente utilizados son visuales y auditivos. El tacto no se utiliza de forma habitual, tan sólo como medio de codificar información, como en el caso del reconocimiento de controles por medio de sus diferentes formas, texturas, etc.




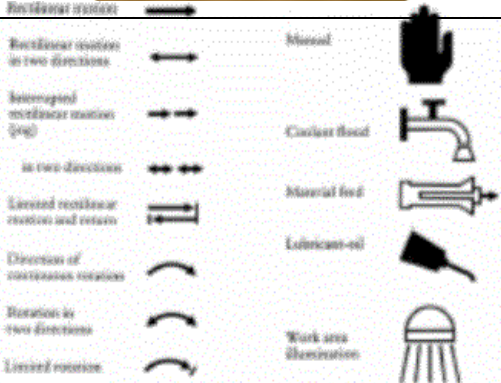

- Los indicadores **auditivos** pueden ser:

- . señales tonales o
- . voz hablada

- Los indicadores **visuales** también se denominan *Dispositivos de información visuales* (DIVs), según la traducción de Lillo (2000, p. 265), o *dispositivos de presentación de información* (DPIs), según Llana (2003), traducción en cualquier caso de la expresión inglesa *visual display*. Pueden ser (ver ejemplos en Tabla 1; adaptada de Comín, 2003):

- . digitales
- . analógicos
- . señales o anuncios luminosos
- . representativos
- . pantallas de visualización

Tabla 1: Tipos de indicadores visuales

<p>Digitales Se utilizan para lectura directa de información cuantitativa. Son adecuados para realizar lecturas precisas de valores numéricos con rapidez y exactitud</p>	
<p>Analógicos Se utilizan para lectura de información cuantitativa. La precisión y la velocidad de lectura son menores que en el caso anterior debido a la necesidad de interpolar, sin embargo son adecuados para lectura rápida de valores aproximados</p>	
<p>Anuncios luminosos Utilizan luces de diferentes colores como indicador de estado, aviso, alarma o codificación</p>	
<p>Indicadores representativos Agrupa etiquetas en forma de textos y pictogramas, también codificación por colores, formas o distribución espacial. Es una información que está presente de manera permanente, cuyo propósito es identificar elementos, distinguirlos o suministrar instrucciones de uso.</p>	
<p>Pantallas de visualización Dispositivos de presentación visual de varios grados de complejidad que puede combinar textos, números, pictogramas o gráficos.</p>	

2.2.2. Controles o dispositivos para respuesta o interacción con la información

- Definición de controles:

- Se trata de dispositivos para respuesta o interacción con la información. Permiten introducir información en una máquina o proceso. Esta entrada de información comprende:

- . La selección de estados.
- . La regulación de variables continuas o su ajuste.
- . La entrada de datos.

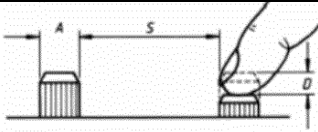

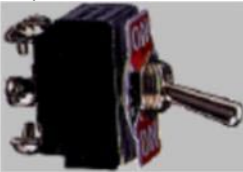
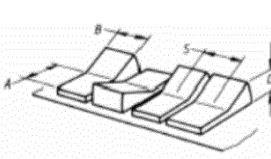
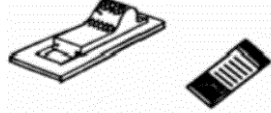


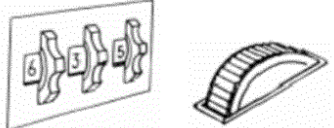



- Criterios para seleccionar un tipo de control:

- . Según el tipo de tarea y el tipo de variable que se va a controlar.
- . Forma de operar el control (dedos, manos, brazos, pies)

- Tipos de controles:

Véase Tabla 2 (adaptada de Comín, 2003)

Tabla 2: Tipos de controles

<p>Pulsadores</p> <p>Tienen dos posiciones y son adecuados para las funciones de paro/marcha o para alternar entre encendido o apagado. Permiten un accionamiento rápido y ocupan un espacio Reducido.</p>			
<p>Teclados</p> <p>Los teclados son agrupaciones de teclas o pulsadores que permiten la entrada de información de tipo alfanumérica, la selección de opciones o la regulación continua de variables en pasos discretos.</p>			
<p>Interruptores</p> <p>Pueden tener dos o tres posiciones. Un ejemplo son los interruptores de palanca, los basculantes o los deslizantes</p>	<p>De palanca</p> 	<p>Basculantes</p> 	<p>Deslizantes</p> 
<p>Rotativos</p> <p>Pueden ser de posiciones o de ajuste rotativo continuo. Permiten ajustes rápidos y de posición.</p>	<p>Conmutadores rotativos</p> 	<p>Conmutadores rotativos</p> 	<p>Conmutadores rotativos</p> 
<p>Lineales deslizantes</p> <p>Permiten el ajuste continuo con un cursor lineal. Buena identificación visual de la posición del control.</p>			
<p>Palancas</p> <p>Palancas miniatura (joystick): Palancas de regulación continua, para realizar ajustes finos en una o dos dimensiones.</p> <p>Palancas de retención: Son palancas que se enclavan en varias posiciones.</p>	<p>Joystick</p> 		

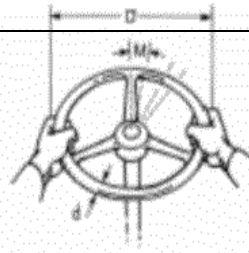
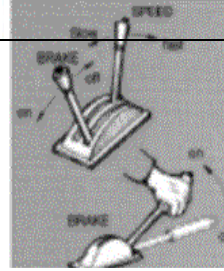
Manivelas

Permiten un ajuste continuo y de muy amplio rango sin necesidad de soltar el control.

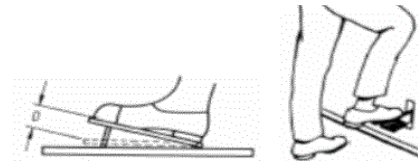


Volantes, palancas y manivelas de ajuste continuo y fuerza intensa

La capacidad de realizar fuerza aumenta al hacerlo el radio de los volantes y manivelas o la longitud de las palancas. Los volantes permiten un rango de giro de 120 grados sin cambio de agarre.



Pedales



Tema 6. Ergonomía cognitiva y usabilidad.

1. Introducción: La ergonomía cognitiva y sus aplicaciones
 2. La interfaz como soporte de información en productos y entornos
 3. Principales componentes del sistema cognitivo y su implicación en el diseño de interfaces
 4. Ergonomía cognitiva y diseño centrado en el usuario.
 5. Técnicas de evaluación de la usabilidad de entornos, objetos y productos.
-

3. Principales componentes del sistema cognitivo y su implicación en el diseño de interfaces

3.1. Principios generales

Las principales especificaciones o recomendaciones de diseño de la interfaz de productos y entornos provienen del estudio de las capacidades y limitaciones cognitivas de las personas.

Se pueden mencionar **tres principios** o dimensiones principales del sistema cognitivo (Romero, Jara y Campoy, 2001, pp. 34-35; basado en Crowder, 1985):

- Principios de procesamiento:

- . Percibir, retener y recuperar la información
- . gracias a un conjunto de **estructuras** (perceptivas, de memoria, etc.) y **procesos** que reelaboran la información.

- Principios de representación:

- . Lo percibido se representa (se almacena organizadamente) en la MLP
- . sirve como experiencia y recuerdos para actividad cognitiva futura

- Principios de limitación de capacidad de procesamiento:

- . El sistema cognitivo tiene capacidad limitada para procesar información y necesita distribuir los recursos simultáneamente.
- . Habrá eficacia o sobre carga mental (*mental workload*) según sea: La dificultad de la tarea y el nivel de conocimientos, experiencia y/o práctica.

3.1.1. Principios de procesamiento

- Percibir, retener y recuperar la información
- gracias a un conjunto de **estructuras** (perceptivas, de memoria, etc.) y **procesos** que reelaboran la información

a) Principales modelos de P.I. en su aplicación a la interacción con interfaces

El enfoque cognitivo, sobre todo el vinculado a los modelos de procesamiento de información, ha aportado la terminología básica acerca de la organización, estructura y funcionamiento de los procesos mentales, y no sólo de los tradicionalmente conocidos como procesos mentales "superiores" (pensamiento, etc.). Los procesos mentales intervienen a mayor o menor nivel en toda la conducta y son los producidos por el **sistema cognitivo** del organismo, de modo que si éste es capaz de *adquirir, retener y recuperar* la información es gracias a que posee una serie de *estructuras* (por ejemplo, perceptivas -que intervienen sobre todo en la adquisición de información-, de memoria -sensorial, a corto plazo, a largo plazo- etc.) a través de las cuales operan una serie de *procesos* o elementos activos encargados de:

- *Adquirir o percibir información* (que entra por los sentidos o que es activada a partir de la memoria permanente o a largo plazo) mediante su reelaboración a través de una serie de transformaciones y estrategias tales como los procesos de codificación.
- *Retener la información mediante estrategias de retención*, tales como la repetición o repaso en la memoria a corto plazo, selección de información mediante procesos atencionales que también "administran" la capacidad limitada de procesamiento del sistema, etc.
- Por último, la información será *recuperada* para su uso mediante otros procesos.

El siguiente modelo, adaptado de Wickens y Hollands (2000, p. 10) nos ilustra el procesamiento de información que, por ejemplo realiza el sistema cognitivo ante un indicador visual o *display* (ver Figura 3).

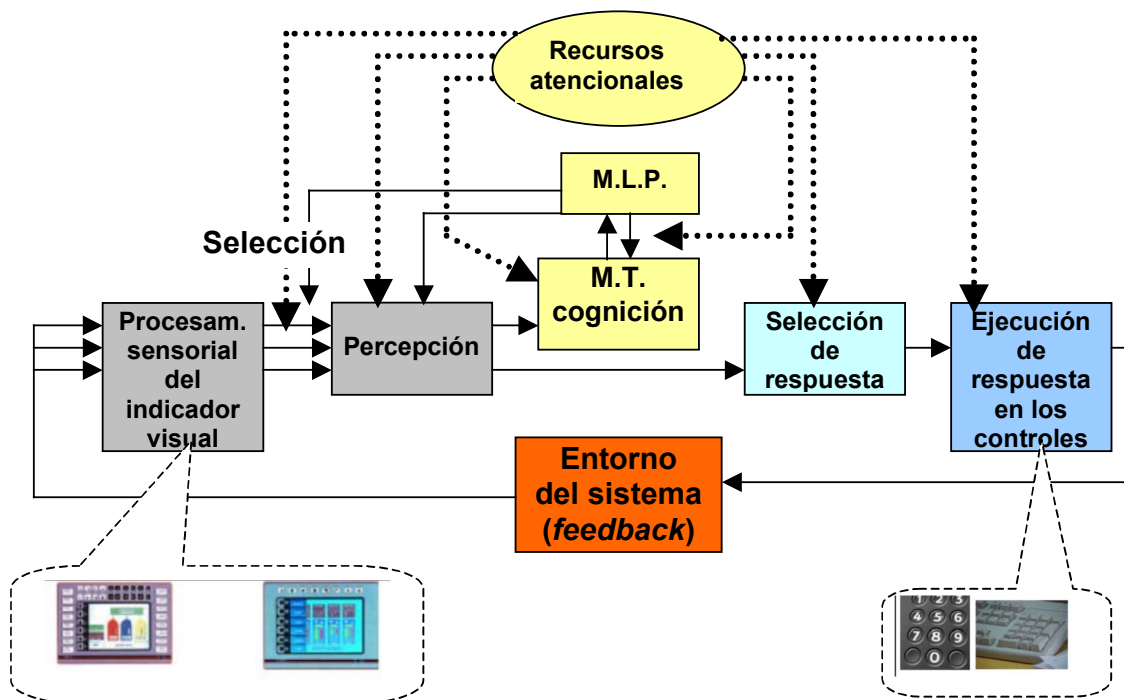


Figura 3: Diagrama de procesamiento de información de la interfaz en el sistema cognitivo

En este proceso, según Cañas, Salmerón y Gómez (2001), hacen falta recursos mentales que son controlados y distribuidos entre los demás procesos por los procesos atencionales. Finalmente, existen unos procesos de decisión que seleccionan la respuesta apropiada y que dan ordenes a los procesos motores.

La interacción con una interfaz es física y también mental. La interacción mental, con los procesos cognitivos antes mencionados, pone en juego las siguientes siete variables propuestas por Norman (1983) y representadas gráficamente en interacción con una interfaz de ordenador en la Figura 4:

- 1) Establecer un objetivo.
- 2) Formar una intención.
- 3) Especificar las secuencias de acciones.
- 4) Ejecutar la acción.
- 5) Percibir el estado del sistema.
- 6) Interpretar el estado.
- 7) Evaluar el estado del sistema con respecto a los Objetivos y a las Intenciones.

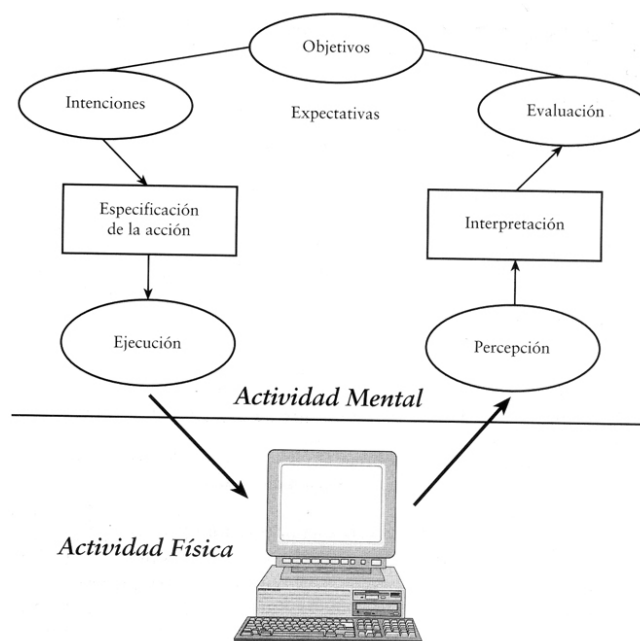


Figura 4: Interacción actividad mental – actividad física con una interfaz de usuario según Norman (1983; adapt. por Cañas et al., 2001)

b) Las primeras etapas de procesamiento: Procesos y principios perceptivos

Las primeras etapas en el procesamiento son las que marcan los sistemas sensoriales y perceptivos. La organización perceptual consiste en una representación interna a partir de la información proporcionada por los sentidos y sigue una serie de principios sólidamente determinados por los psicólogos de la percepción. Es muy importante para la usabilidad de la interfaz que la distribución de objetos y estímulos por ella sigan estos principios. Siguen una serie:

- **Detección de bordes:** Se perciben como regiones conectadas aquellas áreas uniformes con respecto a una propiedad de la imagen (luminancia, color, textura, movimiento y disparidad).
- **Diferenciación figura-fondo:** Las personas tienden a percibir tan sólo uno de los lados como un objeto con significado. El otro (fondo) ni tan siquiera es recordado. La figura se distingue del fondo porque: (1) tiene significado, (2) está más próxima al observador, (3) está limitada por un contorno y (4) posee una forma definida por el contorno.
- Por su parte, los **principios de agrupación** (Figura 5) dan como resultado el que varios elementos de la escena se perciban conjuntamente:
 - 1) **Proximidad:** si dos objetos están cerca el uno del otro y alejados de los otros, tienden a ser percibidos conjuntamente.
 - 2) **Similitud:** los objetos que comparten alguna característica perceptual (color, tamaño, orientación, textura...) tienden a ser percibidos conjuntamente.
 - 3) **Destino común:** los elementos que se mueven en la misma dirección se percibirán agrupados.
 - 4) **Buena continuación:** los elementos que pueden ser vistos como buenas continuaciones del otro tienden a ser percibidos como conjuntamente.
 - 5) **Cierre:** los elementos formando una figura cerrada tienden a ser percibidos como agrupados.
 - 6) **Sincronía:** los elementos visuales que ocurren al mismo tiempo tienden a ser vistos como un conjunto.
 - 7) **Región común:** los objetos colocados dentro de una misma región cerrada se percibirán agrupados.
 - 8) **Conexión entre elementos:** objetos que están conectados por otros elementos tienden a ser agrupados conjuntamente.

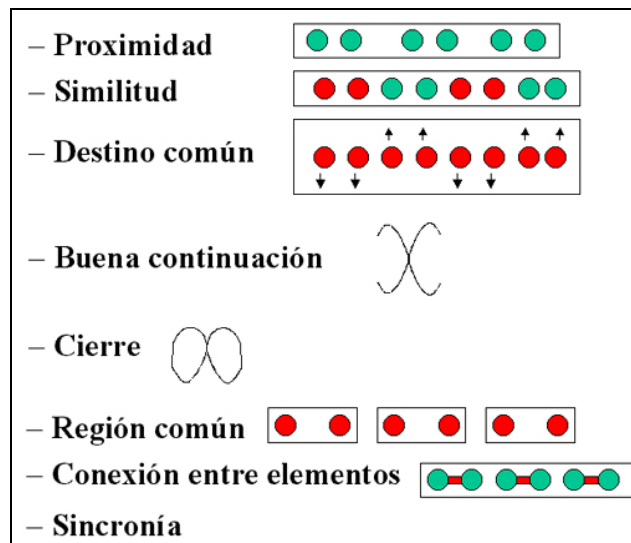


Figura 5: Principios de agrupación perceptual

Los principios de agrupación son el punto del proceso de la organización perceptual que más y mejor puede ser utilizado para el diseño de interfaces.

Una idea principal para un buen diseño propuesta por Wickens y Andre (1990) es que la organización perceptual de la información debe estar supeditada a cómo el usuario lleve a cabo la tarea sobre la misma. Por ejemplo, para encontrar información a través de un buscador, el usuario utilizará al menos un cuadro de texto y un botón que inicie la búsqueda. Siguiendo la idea de hacer compatibles la organización perceptual y la de la tarea, ambos elementos deberían estar juntos y acorde con la operación mental que el usuario desarrolle sobre las mismas: si se escribe de izquierda a derecha, el botón de inicio debería aparecer a la derecha (ver Figura 6).

Figura 6: Ejemplo de compatibilidad e incompatibilidad de la organización perceptual y la tarea del usuario

En esta interfaz, la búsqueda de un libro a partir de un único apartado (autor, nombre...) sí cumpliría la idea de compatibilidad, puesto que el botón de búsqueda (p.e. “Indice de autores”) se encuentra a la derecha del cuadro de texto, siguiendo la dirección por donde el usuario dirigirá los ojos después de haber escrito el nombre de izquierda a derecha. Sin embargo, la búsqueda por varios campos (mediante el botón “Buscar”) es incompatible con la disposición del botón correspondiente, que se encuentra en el margen inferior izquierdo de la interfaz.

3.1.2. Principios de representación. Los modelos mentales

- Lo percibido y/o aprendido se representa (se almacena organizadamente) en la MLP y
- sirve como experiencia y recuerdos para la actividad cognitiva futura

La cuestión de la representación se refiere a la organización de la información en la memoria. Es una propiedad esencial del sistema cognitivo, por la cual se puede recuperar la información e incluso construir o crear conocimiento.

Los modelos y teorías sobre la representación del conocimiento nos ilustran acerca del modo en que la información es almacenada de forma estable en la memoria a largo plazo y sobre los mecanismos de recuperación de la misma. La información se almacena en la memoria mediante procesos de codificación y así se convierte en conocimiento o contenido de la memoria a largo plazo.

Uno de los sistemas de representación más eficaces para el procesamiento cognitivo de las interfaces y soportes de información es el modelo mental.

Modelos mentales

- Los usuarios desarrollan conocimiento y comprensión de un sistema aprendiendo, experimentando y usándolo.
- Este conocimiento se refiere a:
 - 1) cómo usar el sistema en cada momento
 - 2) qué hacer con sistemas no familiares o situaciones inesperadas
- Las personas usan estas construcciones internas o “teorías” implícitas de algún aspecto del mundo exterior que les permite hacer inferencias o predicciones para cada tarea o interacción con cada interfaz o producto.

Ejemplos de utilización de modelos mentales:

- Usted llega a casa en una fría noche de invierno y se encuentra una fría casa.
 - ¿Cómo calentar la casa lo antes posible?
 - ¿Colocando el termostato de la calefacción en el punto más caliente o en la temperatura deseada?
- Mucha gente tiene modelos mentales erróneos o parciales o inexactos del funcionamiento de un sistema

Los modelos mentales son pues una representación (del sistema o tarea):

- Es incompleta
- Es ejecutable mentalmente, el usuario puede mentalmente simular su funcionamiento
- Es inestable, el usuario olvida los detalles
- No tiene unos límites claros, se confunde con los modelos mentales de sistemas físicos similares
- Es acientífica e incluye supersticiones y creencias erróneas sobre la conducta del sistema
- Es parsimoniosa porque los usuarios prefieren reducir su complejidad

Un ejemplo de desajustes entre modelos mentales lo tenemos en el diseño de productos. Se produce habitualmente un desajuste entre dos modelos mentales, el del diseñador del producto y el que tiene el usuario (ver Figura 7).

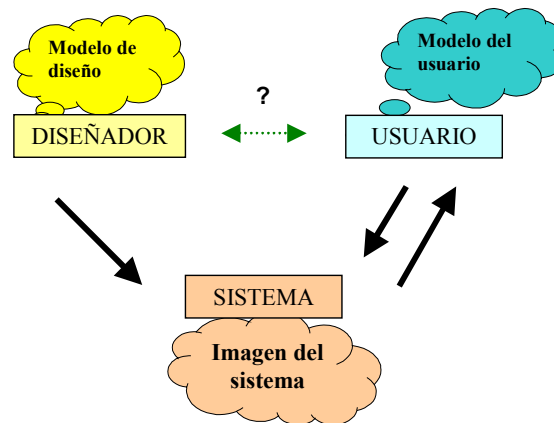


Figura 7: Modelo de desajuste entre los modelos mentales del sistema que tienen el diseñador y el usuario

3.1.3. Principios de limitación de capacidad de procesamiento

- El sistema cognitivo tiene capacidad limitada para procesar información y necesita distribuir los recursos simultáneamente.
- Habrá eficacia o sobre carga mental (*mental workload*) según sea:
 - . La dificultad de la tarea
 - . El nivel de conocimientos, experiencia y/o práctica.

El sistema cognitivo tiene una capacidad limitada para procesar información debido a limitaciones estructurales (por ejemplo, de los almacenes de memoria o de los sistemas sensoriales, etc.) que impiden o dificultan el procesamiento de estimulación excesiva. Todas estas cuestiones han sido tratadas dentro de los estudios sobre procesos atencionales y en la línea de teorías tales como las de Kahneman (1973), Norman y Bobrow (1975), Navon y Gopher (1979), etc.

La percepción, como decíamos antes, es un proceso cognitivo de interpretación o análisis mental de la información (Cañas y Waerns, 2001). Para procesar la información el sistema cognitivo utiliza una serie de recursos simultáneamente y dependiendo de la complejidad de la tarea y/o del nivel de aprendizaje o experiencia previa, el sujeto los podrá utilizar con eficacia o se producirá un exceso de carga mental que producirá deficiencias en la ejecución.

Wickens (1992) ha propuesto un modelo de distribución de recursos que se reproduce en la Figura 8.

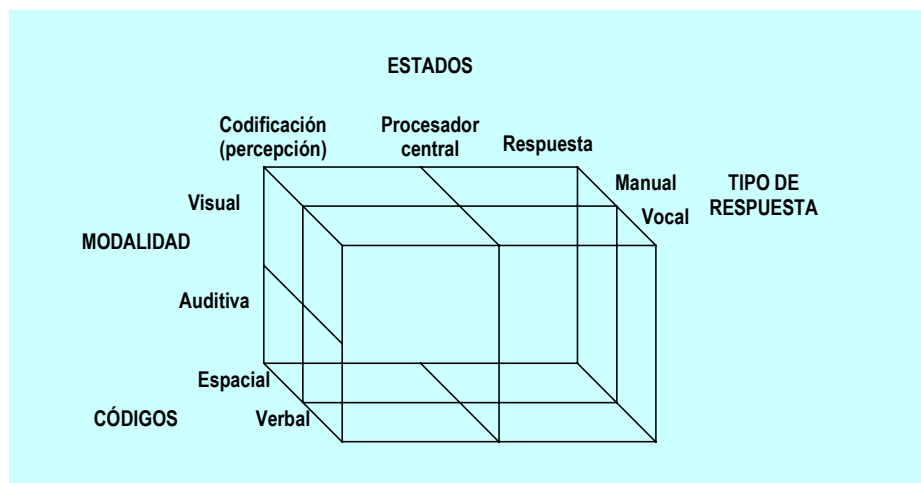


Figura 8: Modelo de Wickens (1992) referente a la asignación de recursos cognitivos.

Los recursos mentales se asignan según las características de la tarea. Con arreglo a eso, se asignarán más recursos al sistema perceptivo (por ejemplo, en indicadores), al procesador central o al sistema de respuesta (por ejemplo, en controles), requerirán códigos espaciales (por ejemplo, iconos) o verbales (por ejemplo, señales verbales de aviso, Stop, ¡fuego!, etc.) en modalidad visual o auditiva y requerirán tipos de respuesta manual, de pie (en pedales) o verbal.

3.2. Principios psicológicos generales en el diseño

3.2.1. Principios de Norman (1988)

- **Visibilidad:** "Con solo mirar, el usuario puede decir cuál es el estado del dispositivo y las opciones de la acción".
- **Un buen modelo conceptual:** El diseñador proporciona al usuario un buen modelo conceptual, coherente en la exposición de las operaciones y los resultados y con una imagen del sistema coherente y pertinente.
- **Buena topografía:** Que sea "posible determinar las relaciones entre los actos y los resultados, entre los mandos y sus efectos, y entre el estado del sistema y lo que es visible".
- **Retroalimentación:** El usuario recibe una retroalimentación completa y constante acerca de los resultados de sus actos

Una **guía** ofrecida por Norman (1992) es la siguiente:

- Simplificar la estructura de las tareas
- Hacer que las cosas estén visibles, incluyendo el modelo conceptual del sistema, las acciones alternativas y los resultados de las acciones.
- Hacer que sea fácil determinar qué acciones son posibles en cada momento
- Hacer que sea fácil evaluar el estado actual del sistema
- Explotar el poder de los límites (por ejemplo, Vd. sólo puede hacerlo en una forma -la forma correcta-)
- Diseñar para permitir que sea fácil recuperar el error
- Cuando todo falle, estandarizar

Según Norman (1992), para conseguir que un sistema sea fácil de usar, en general:

- El diseñador debe emparejar el número de controles con el número de funciones
- Organizar los paneles de control / displays de acuerdo con la función
- Los controles o displays que no se necesiten para la tarea deben ocultarse para reducir la apariencia de complejidad del sistema.

3.2.2. En el diseño de controles

Los controles hacen énfasis en los sistemas de respuesta. Se ha estudiado ampliamente la ergonomía cognitiva de los controles. Wickens, Gordon y Liu (1998) destacan cinco variables:

- Complejidad de la decisión de respuesta: posibles acciones alternativas.
- Expectativa de respuesta
- Compatibilidad entre estímulo y respuesta, o entre la localización del control o el movimiento de la respuesta de un control y la localización o movimiento del indicador con el que se relaciona.
- Balance velocidad- precisión: correlación positiva entre tiempo o velocidad de respuesta y tasa de error.
- Retroalimentación o *feedback* que indica la respuesta del sistema al input del control (por ejemplo, en un coche el velocímetro ofrece *feedback* visual para el control del acelerador.

Tema 6. Ergonomía cognitiva y usabilidad.

1. Introducción: La ergonomía cognitiva y sus aplicaciones
 2. La interfaz como soporte de información en productos y entornos
 3. Principales componentes del sistema cognitivo y su implicación en el diseño de interfaces
 4. Ergonomía cognitiva y diseño centrado en el usuario.
 5. Técnicas de evaluación de la usabilidad de entornos, objetos y productos.
-

4. Ergonomía cognitiva y diseño centrado en el usuario

4.1. Aspectos generales

a) Consecuencias negativas del uso de un producto diseñado sin tener en cuenta al usuario:

Un mal diseño de un objeto conduce a:

- Dificultad en el **aprendizaje**
- Incremento en la comisión de **errores**, erróneas atribuciones causales
- Posible impotencia / **indefensión** aprendida- **Evaluación errónea de situaciones** (que pueden llevar a catástrofes, tales como el accidente de la central nuclear de *The Three Mile Island* en USA o catástrofes aéreas)
- Interpretar mal las señales.

Un ejemplo de mal diseño es el teléfono:

- No tiene una estructura visible
- La topografía es arbitraria- La relación entre los actos del usuario y los resultados (causalidad) no tiene sentido
- Los mandos tienen funciones múltiples. El número de actos posibles es mayor que el nº de mandos del dispositivo. El teléfono tiene o puede tener 24 funciones y 15 mandos (12 más teclas R,rell., memo, etc.)
- El *feedback* no es bueno
- El sistema en general no es comprensible
- La relación entre intenciones del usuario, los actos necesarios y los resultados son totalmente arbitrarios

Los mandos con más de una función son más difíciles de recordar y de utilizar. Si un mando tiene una sola función, entonces podrá llevar una señal o indicación visible. Si hay varias funciones para un solo mando eso es difícil o imposible.

b) Muchos agentes e intereses divergentes en el diseño

- **Fabricante** (producir barato)
- **Tienda** (que el producto sea atractivo para que lo *compre* el cliente)
- **Comprador:**
 - en la tienda: precio y estética
 - en casa: funcionalidad y capacidad de uso
- **Servicio de reparaciones:** Facilidad de reparación (montar, desmontar, diagnosticar, reparar)

c) Diseñador vs. usuario

- **Diseñador:** El *modelo del diseño* surge del *modelo conceptual del diseñador*.
- **Usuario:** El modelo conceptual del usuario relativo al objeto es elaborado durante la interacción con el objeto. El usuario va construyendo su propio modelo mental a partir de la **imagen del sistema**, que se encuentra en:
 - . la interfaz (estructura física visible, etiquetas, indicadores, mandos)
 - . Los documentos e instrucciones
- **Problema:** El diseñador espera que el modelo del usuario sea idéntico al modelo del diseño. **Pero**, el diseñador no suele hablar con el usuario. Al usuario sólo se le presenta el sistema y por tanto puede que forme el modelo mental equivocado.

4.2. Diseño centrado en el usuario

a) Objetivos de la Ergonomía cognitiva en el diseño de productos y sistemas

Los objetivos de los especialistas de Ergonomía Cognitiva generalmente son hacer tareas:

- Más fáciles
- más efectivas
- más satisfactorias en su ejecución
- más seguras

Se aplican principios, métodos y datos de la Ergonomía Cognitiva al diseño de nuevos productos y sistemas o al rediseño de productos ya existentes, especialmente su interfaz.

La Ergonomía Cognitiva **proporciona recomendaciones** para resolver problemas:

- De **usabilidad**:
 - . en el diseño de nuevos productos o sistemas, especialmente su interfaz.
 - . para modificar el diseño de productos existentes
- Para la **seguridad** en la interacción con productos y sistemas:
 - . análisis de accidentes
 - . implementar programas de seguridad industrial
 - . diseñar etiquetas de señalización
 - . dar instrucciones sobre seguridad
- En el diseño de programas y métodos de **adaptación / aprendizaje** mediante:
 - . entrenamiento (trabajo individual o de grupos y equipos)
 - . materiales de apoyo a la ejecución tales como *checklists* o manuales de instrucciones
- Ejemplos de productos y entornos:
 - . estaciones de trabajo individuales
 - . entornos grandes y complejos
 - . entornos organizacionales
 - . entornos domésticos para discapacitados

b) La “filosofía” del diseño centrado en el usuario procede de la Ergonomía Cognitiva

- La mayor parte de productos y sistemas todavía se diseñan sin adecuada consideración de la Ergonomía Cognitiva. Los diseñadores tienden a centrarse en el producto y sus funciones técnicas sin tener en cuenta el uso del producto desde el punto de vista del ser humano.
- El diseño centrado en el usuario es una parte de la *ingeniería de la usabilidad* (Gould y Lewis, 1985; Nielsen, 1993; *usability testing* en Rubin, 1994), muy desarrollada para el *software*.
- Supone cuatro características peculiares de este enfoque general del diseño:
 - . Focalizado inicialmente en el **usuario y las tareas**
 - . **Medición empírica** con cuestionarios, estudios de usabilidad con datos cuanti y cualitativos
 - . **Diseño iterativo**, usando prototipos, donde se pueden hacer cambios rápidos en el diseño de la interfaz.
 - . **Diseño participativo**, donde los usuarios son parte del equipo de diseño.

4.3. Actividades de la Ergonomía Cognitiva en el Diseño centrado en el usuario

Tareas generales de la Ergonomía Cognitiva en el diseño centrado en el usuario:

- **Involucrar al usuario** en todas las etapas del proceso de diseño (esto no significa que el usuario diseña el producto).
- **Conocer al usuario** en relación con el producto:
 - . Quiénes son los usuarios del producto / sistema (quién usa, dispensa, mantiene, monitoriza, repara y dispone el sistema)
 - . Determinar sus necesidades, preferencias y requerimientos del usuario para el producto
 - . Estudiar el trabajo del usuario o el rendimiento en la tarea
 - . Preguntar por sus intuiciones (*insights*) e ideas sobre el diseño
 - . Indagar en su respuesta a las soluciones del diseño
- Cuáles son las principales funciones que realizará el sistema, qué **tareas** deben realizarse.
- **Condiciones ambientales** en las que se usará el sistema
- **Limitaciones de diseño** del sistema

Fases del diseño en las que interviene la Ergonomía Cognitiva: Los métodos y principios de la Ergonomía Cognitiva se aplican virtualmente en todas las fases de diseño de productos:

- análisis preliminar o de prediseño
- diseño conceptual y técnico iterativo (maquetas, bocetos)
- test y evaluación final

4.3.1. Intervención en el análisis preliminar o prediseño

- 1) Análisis del usuario** Es el "operador" del producto, los usuarios potenciales. Hay que tener en cuenta:
- edad
 - nivel cultural, de estudios
 - limitaciones físicas, capacidades

- familiaridad con el tipo de producto
- destrezas relevantes para la tarea

2) Análisis de funciones y tarea

Analizar las funciones que cumplirá el sistema humano / máquina / entorno y las tareas realizadas por los humanos para servir esas funciones

- **Análisis de las funciones:** Funciones básicas realizadas por el "sistema":

- . humano - máquina
- . humano - software
- . humano - equipo - entorno, etc.

Es una simple lista de categorías generales

- **Análisis de tareas:** El análisis de tareas preliminar, llamado "Análisis de actividad" específica: trabajos, tareas y acciones. Cuanto más complejo sea el sistema, más detallado será el análisis. Puede durar varios meses este tipo de análisis. Incluye:

- . objetivos del usuario
- . principales tareas para lograr esos objetivos
- . información requerida
- . output, etc.

Por ejemplo, el análisis preliminar para el diseño de una **cámara fotográfica**:

- Varios tipos de usuarios (incluso excluyendo a profesionales):

- . con distintos niveles de habilidad lectora
- . características físicas (tamaño de mano y dedos)
- . conocimientos previos

- Variedad de tareas:

- . diferentes tipos de fotos (grupo, retrato, paisajes, deportes)
- . comprar película y cargar la cámara
- . distancia desde el sujeto
- . localizar cámara y sujetos con respecto al sol
- . usar flash

- Este análisis preliminar puede ser complejo y aun así no especificar las tareas exactas (botones que debe pulsar en la cámara).

3) Análisis del ambiente

4) Identificar preferencias y requerimientos de los usuarios Se pregunta a los usuarios mediante entrevista o encuesta.

5) Proporcionar input a las especificaciones del sistema Debe incluir:

- Objetivos
- Requerimientos de ejecución del sistema
- Limitaciones de diseño del sistema
 - En nuestro ejemplo, los objetivos serían:
 - tomar fotos con carretes comunes de 35 mm
 - que tenga flash
 - que pueda hacer fotos en interiores y exteriores
 - con varios objetivos
 - que pueda llevar trípode

Métodos en el análisis preliminar [Wickens *et al.*, 1998]

- 1) Hay que entrevistar a usuarios diversos del sistema
- 2) Hacer un *focus group*, con 6-10 usuarios llevados por un "facilitador" familiarizado con la tarea y el sistema. Este debe ser neutral con respecto a la discusión.
- 3) Observar a los usuarios con video para posterior análisis. Hay que analizar no sólo lo que hacen sino sus preferencias y estrategias.
- 4) Obtener información con encuestas y cuestionarios

4.3.2. Intervención en el diseño (conceptual y técnico) iterativo

a) Análisis funcional

- Es la decisión de diseño relativa a qué parte de la función es de la máquina o del humano. Depende esa decisión de las capacidades y limitaciones relativas de los humanos vs. máquinas en términos de:

- . Fiabilidad
- . Velocidad
- . Precisión
- . fuerza y flexibilidad de respuesta

- . Costo
- . Importancia del éxito y temporalidad de la tarea
- . Cumplimiento de la función para operaciones exitosas y seguras
- El análisis funcional corre paralelo al análisis de costos.
- En nuestro ejemplo de la cámara, los usuarios prefieren que la cámara determine la mejor apertura y velocidad de exposición al enfocar.

b) Análisis de tareas

El propósito es identificar:

- los principales objetivos del usuario y sus actividades asociadas
- las tareas y subtareas requeridas para llevar a cabo los objetivos con éxito
- las condiciones bajo las cuales se realizan las tareas (cuándo / dónde las hacen)
- los resultados o consecuencias de realizar las tareas y subtareas
- información o conocimiento necesario para realizar las tareas
- comunicaciones con otros para realizar las tareas
- equipamiento necesario para realizar las tareas

Otros factores secundarios asociados con cada tarea son:

- frecuencia
- importancia
- dificultad
- tiempo tardado
- severidad tras realizar incorrectamente la tarea
- si se pueden hacer más tareas concurrentemente
- expectativas mínimas para la ejecución de la tarea

Las tareas pueden ser:

- tareas **físicas** (poner la velocidad de obturador en la cámara)
- tareas **cognitivas** (decidir qué velocidad de obturador pongo. El análisis de actividades cognitivas requeridas para realizar las tareas se centra en:
 - . procesos mentales
 - . habilidades
 - . estrategias
 - . uso de información

Los principales componentes cognitivos de este análisis son (Gordon, 1994):

- **Toma de decisiones** complejas, resolución de problemas, diagnóstico, razonamiento o inferir a partir de datos incompletos.
- Grandes cantidades de **conocimiento conceptual** que puede usarse para realizar subtareas
- Grandes y complejas estructuras de **reglas** que son muy dependientes de características situacionales.

Los principales **métodos de análisis de tareas** son:

- 1º, entrevistas más o menos estructuradas
- 2º, observación. Se registra en video, en un entorno natural o simulado en laboratorio con los productos o prototipos
- 3º, protocolo verbal de pensar en voz alta
- 4º, ejecución de la tarea preguntando al sujeto cómo lo hace (*questioning*)

Con esos datos recogidos, hay que representarlos de varias formas:

- 1º, con listas, esquemas y matrices
- 2º, jerarquías y redes. Por ejemplo, un análisis jerárquico para una investigación de accidente industrial. Un tipo de análisis jerárquico es el modelo GOMS, *goals, operators, methods, selection rules*. Normalmente se utilizan con interfaz de software.
- 3º, diagrama de flujo

c) Análisis del diseño de la interfaz

Se utilizan recopilaciones publicadas de estándares y guías de diseño (*guidelines*) y recomendaciones basadas en principios de ergonomía cognitiva (por ej. los de Norman, 1988; etc.)

Una **guía** ofrecida por Norman (1992) es la siguiente:

- Simplificar la estructura de las tareas
- Hacer que las cosas estén visibles, incluyendo el modelo conceptual del sistema, las acciones alternativas y los resultados de las acciones.
- Hacer que sea fácil determinar qué acciones son posibles en cada momento

- Hacer que sea fácil evaluar el estado actual del sistema
- Explotar el poder de los límites (por ejemplo, Vd. sólo puede hacerlo en una forma -la forma correcta-)
- Diseñar para permitir que sea fácil recuperarse del error
- Cuando todo falle, estandarizar

Según Norman (1992), para conseguir que un sistema sea fácil de usar, en general:

- El diseñador debe emparejar el número de controles con el número de funciones
- Organizar los paneles de control / indicadores (*displays*) de acuerdo con la función
- Los controles e indicadores que no se necesiten para la tarea deben ocultarse para reducir la apariencia de complejidad del sistema.

d) Primera evaluación de usabilidad

Llevada a cabo al principio del ciclo de diseño, la evaluación de usabilidad puede consistir en evaluar a un pequeño número de usuarios evaluando bocetos o maquetas [*mock-up*] del producto.

Conforme evoluciona el diseño, a un número mayor de usuarios se les pide que usen un prototipo más desarrollado para realizar diversas tareas. Si los usuarios exhiben un tiempo excesivo en la tarea o un número mayor de errores, los diseñadores revisan el diseño y continúan con evaluaciones de uso adicionales (tests de uso).

4.3.3. Intervención en la fase de test y evaluación final

Para el ingeniero, el test final consiste en que el sistema físico funcione. Para el especialista en Ergonomía Cognitiva, cualquier aspecto del sistema que afecte a:

- el rendimiento
- la seguridad
- la actitud (satisfacción de uso, aceptabilidad)
- el rendimiento del sistema completo hombre - máquina

Los datos se obtienen de los usuarios a partir de esas u otras variables similares.

Diseño de evaluación.- Se compara el nuevo producto con el viejo y debe mejorar en:

- precisión
- reducir tiempo de tarea
- reducir tasa de error
- incrementar satisfacción del usuario.

Para ello con diseños inter sujetos o intra

Participantes en el test.- Que sean representativos en:

- edad
- características físicas
- nivel educativo
- conocimientos y destrezas
- habilidad relacionada con el trabajo

Medidas o VD.- Pueden ser de dos tipos:

- Medidas **proximales** (directamente asociadas a la ejecución o pensamiento):
 - . satisfacción del usuario
 - . usabilidad
 - . niveles de ejecución con la tarea (precisión, tiempo de tarea, etc.)
 - . Número de errores en ejecución relacionados con cuestiones de seguridad
- Medidas **distales** (que capturan el impacto del producto o factores empresariales):
 - . Costos de manufactura, eficiencia
 - . Costos de personal
 - . Número de accidentes y lesiones
 - . Número de reclamaciones por roturas
 - . Bajas por enfermedad u otros indicadores de salud

Tema 6. Ergonomía cognitiva y usabilidad.

1. Introducción: La ergonomía cognitiva y sus aplicaciones
 2. La interfaz como soporte de información en productos y entornos
 3. Principales componentes del sistema cognitivo y su implicación en el diseño de interfaces
 4. Ergonomía cognitiva y diseño centrado en el usuario.
 5. Técnicas de evaluación de la usabilidad de entornos, objetos y productos.
-

5. Técnicas de evaluación de la usabilidad de entornos, objetos y productos

5.1. Concepto de usabilidad

La usabilidad es primariamente el grado con el que es fácil de usar un producto o sistema.

La evaluación de usabilidad es el proceso de tener a los usuarios interactuando con el sistema para identificar defectos de ergonomía cognitiva en el diseño pasados por alto por los diseñadores.

Bevan, Kirakowski y Maissel (1991; cit. en Leighton y García, 2003), plantean que existen tres visiones sobre la usabilidad, a saber:

- orientación al **producto**, como una forma de medir términos de atributos ergonómicos del producto,
- orientación al **usuario**, como una medida en términos del esfuerzo mental y de actitud del usuario frente al producto; y,
- el **rendimiento del usuario**, que establece relación con la medida de cómo el usuario interactúa con el producto, poniendo el énfasis en cómo de fácil es el producto de usar y cuál es su aceptabilidad en el sentido de ser usado en el mundo real.

Esto se mide a través de seis variables:

- *Facilidad de aprendizaje (learnability)*: El sistema debe ser fácil de aprender de modo que el usuario pueda rápidamente empezar a funcionar con él.
- *Efectividad*. Que se logren los objetivos finales del sistema con la máxima precisión posible.
- *Eficiencia*. Utilizar la menor cantidad de recursos/esfuerzo por parte del usuario para conseguir dichos objetivos desde que ha aprendido el sistema.
- *Facilidad de recuerdo (memorabilidad)*: El sistema debe ser fácil de recordar de forma que un usuario casual sea capaz de volver al sistema después de algún periodo de no usarlo sin tener que aprender algo otra vez.
- *Errores*: El sistema debe tener una baja tasa de error y si se cometen errores, los usuarios los deben poder rectificar. Errores catastróficos no deben ocurrir.
- *Satisfacción*: El sistema debe ser agradable de usar, de modo que los usuarios estén subjetivamente satisfechos de usarlos, que les guste.

Ventajas de evaluar la usabilidad:

- Ahorra costes en la producción y mantenimiento de la interfaz
- Aumenta la productividad y satisfacción del usuario
- Amplía el número de potenciales usuarios

5.2. Técnicas principales de usabilidad

5.2.1. Métodos de inspección

Consisten, básicamente, en el análisis que varios expertos realizan sobre aspectos formales, características, consistencia y estándares de la interfaz. Podríamos decir, en términos coloquiales, que es “un peritaje de usabilidad”. Dos técnicas concretas:

a) Análisis de Heurísticos

Varios expertos (entre dos y cinco) evalúan, primero por separado y luego conjuntamente, cada uno de los elementos que conforman la interfaz atendiendo a una serie de estándares y normativas preestablecidas. Este método detecta los errores generales del sistema (alrededor del 80% de los problemas) y puede ser aplicado en cualquier momento del proceso de desarrollo de la interfaz. Es una técnica de bajo coste.

Un ejemplo de análisis heurístico relativo a la usabilidad de páginas web fue propuesto Nielsen (inicialmente por Nielsen y Molich -Molich y Nielsen, 1990; Nielsen y Molich, 1990- y refinado por Nielsen en 1994) propusieron la siguiente lista de 10 heurísticos de usabilidad de páginas web:

- 1) *Visibilidad del estado del sistema*, que plantea la necesidad de que el sistema mantenga informado al usuario del estado en que se encuentra el sistema por medio de una realimentación adecuada en tiempos razonables. En el caso de la Web, el sistema debiera siempre decir al usuario lo que está haciendo el sistema y dónde se encuentra el usuario, esto se puede realizar a través de subtítulos o diversa funcionalidad que despliegue pequeñas ventanas de ayuda en este sentido.
- 2) *Similitud entre el sistema y la realidad*, donde se considera que el sistema “hable” el mismo lenguaje del usuario, con palabras, frases y conceptos familiares para él, entregando también la información en un orden natural y lógico para el usuario, es decir, con convenciones del mundo real. Esto es importante en aquellos sitios con más de un idioma, donde el idioma inicial debe ser el del usuario que lo visita o de la audiencia primaria. Por otro lado, la utilización de términos familiares para el usuario se refiere a que es común ver en sitios Web muchos términos técnicos que pierden al usuario.
- 3) *Control por parte del usuario y libertad*, a menudo los usuarios cometen errores y necesitarán claramente una salida de emergencia, por tanto se requiere de la opción de deshacer aunque no exista o no esté a la vista la barra de herramientas, de esta forma el usuario podrá volver al estado anterior a cometer el error.
- 4) *Consistencia y estándares*, los usuarios no tienen por qué preguntarse si palabras distintas o situaciones distintas o acciones diferentes significan lo mismo. Para ello, se deben utilizar las convenciones admitidas como norma en las demás aplicaciones. Además, implica la conveniencia de hojas de estilo para mantener la consistencia, lo que lleva consigo la definición previa de los elementos y su distribución.
- 5) *Prevención de errores*, la idea que aquí se plantea es que es mejor llevar a cabo un diseño cuidadoso, que evite la ocurrencia de errores, a desarrollar buenos sistemas de mensajes de error. Para ello se plantea que la aplicación debe asegurar que el usuario conoce exactamente lo que se requiere.
- 6) *Preferencia al reconocimiento más que a la memorización*, para ello se requiere que los objetos, acciones y opciones sean visibles. El usuario no debería estar recordando para qué es cada una de las opciones, ni a dónde lo puede llevar.
- 7) *Flexibilidad y eficiencia en el uso*, aquí se recomienda el uso de aceleradores para los usuarios expertos. Además, el sistema debe tratar eficientemente tanto a los usuarios inexpertos como expertos, recomendando la personalización de ciertas acciones frecuentes, y hacer que el sitio pueda cargarse rápidamente.
- 8) *Estética y diseño minimalista*, si se van a utilizar diálogos, éstos no deben contener información irrelevante o que se use en muy pocas oportunidades, esto es debido a que cada información extra entra en competencia con la información importante de la aplicación Web, y lo importante para el usuario es esa información.
- 9) *Ayuda para que el usuario reconozca, diagnostique y se recupere de los errores*, esto implica que los mensajes de error deben ser sumamente claros, indicando claramente cuál es el problema y cuál es la solución. Esto es debido a que un buen mensaje de error puede devolver o mejorar la confianza del usuario al sistema, por ejemplo, que no aparezca “mensaje de error 404”.
- 10) *Ayuda y documentación*, aunque lo ideal es que una aplicación Web no requiera de documentación alguna, provea de ésta, así como también de ayuda en línea. Esta información debe ser fácil de buscar y estar orientada a las acciones del usuario, de tal forma de entregar una ayuda relevante al usuario cuando éste la requiera.

b) Listas de comprobación o guías de diseño

Son protocolos publicados que evalúan si el diseño de la interfaz cumple con las normas de usabilidad. Con esta técnica se detectan fallos concretos en los distintos estados de la interfaz. No existe una lista única para todas las interfaces sino que cada lista deberá estar diseñada para una interfaz en concreto.

5.2.2. Métodos de test empírico

Un test empírico de usabilidad:

- prueba a los usuarios realizando tareas concretas con la interfaz. Se trata de una muestra de un mínimo de 10-15 sujetos reales, a los que se registra en video su comportamiento y todas las acciones que realiza sobre la interfaz.
- registra una serie de medidas y
- mediante análisis estadístico saca unas conclusiones objetivas sobre el comportamiento del sujeto.
- De forma complementaria, se pasan cuestionarios de opinión, satisfacción, aprendizaje, etc.
- Finalmente, se realiza un informe final detallando objetivamente la relación entre rendimiento (número de errores, tiempo de ejecución de la tarea, número de clics de ratón, etc.) y las características de la interfaz que son susceptibles de mejora (tipos de letra, *frames*, colores, mensajes de texto, etc.).

Esta técnica es capaz de detectar la mayoría de fallos de la interfaz, a la vez que ofrece gran información sobre el comportamiento y necesidades de los usuarios. El Test de Usabilidad se suele utilizar cuando la aplicación ya está avanzada en su diseño (prototipo), antes de ser lanzada al mercado o una vez terminada.

Referencias

- Cañas, J.J. (2004). *Personas y máquinas. El diseño de su interacción desde la ergonomía cognitiva*. Madrid: Pirámide.
- Cañas, J.J. y Waerns, Y. (2001). *Ergonomía cognitiva. Aspectos psicológicos de la interacción de las personas con la tecnología de la información*. Madrid: Médica Panamericana.
- Cañas, J.J., Salmerón, L. y Gómez, P. (2001). El factor humano. En J. Lorés (Ed.), *Curso introducción a la interacción persona-ordenador*. En <http://griho.udl.es/ipo/libro.html>
- Comín, M. (Ed.) (2003). *Desarrollo de un sistema de análisis de la interacción hombre (operador) – máquina (proceso) para la generación de criterios de diseño de controles e indicadores*. Instituto de Biomecánica de Valencia / Universidad de Murcia: Memoria científico-técnica de proyecto coordinado (no publicada) presentado a la Convocatoria de Ayudas de Proyectos de Investigación 2004 - Programa Nacional de Diseño y Producción Industrial. Dirección General de Investigación, Ministerio de Ciencia y Tecnología
- Crowder, R.G. (1985). Basic Theoretical Concepts in Human Learning and Memory. En L.-G. Nilsson y T. Archer (Eds.), *Perspectives on Learning and Memory* (pp. 19-65). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gordon, S.E. (1994). *Systematic training program design: Maximizing effectiveness and minimizing liability*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Gould, J.D. y Lewis, C. (1985). Designing for usability: Key principles and what designers think. *Communications of the ACM*, 28(3), 360-411. [En Wickens *et al.*, 1998]
- Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Leighton Álvarez, H. y García Peñalvo, F.J. (2003). *Calidad en los sitios web educativos*. Salamanca: Departamento de Informática y Automática, Universidad de Salamanca. Informe Técnico DPTOIA-IT-2003-002 (no publicado). Noviembre. En <http://tejo.usal.es/inftec/2003/DPTOIA-IT-2003-002.pdf> (consultado 17-5-04)
- Lillo, J. (2000). *Ergonomía y evaluación y diseño del entorno visual*. Madrid: Alianza.
- Llaneza, F.J. (2003). *Ergonomía y psicología aplicada. Manual para la formación del especialista* (3ª ed.). Valladolid: Lex Nova.
- Molich, R., and Nielsen, J. (1990). Improving a human-computer dialogue, *Communications of the ACM* 33, 3 (March), 338-348.
- Navon, D. y Gopher, D. (1979). On the Economy of the Human-Processing System. *Psychological Review*, 86, 214-255.
- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. San Diego, CA: Academic Press.
- Nielsen, J. (1994b). Heuristic evaluation. In Nielsen, J., and Mack, R.L. (Eds.), *Usability Inspection Methods*, John Wiley & Sons, New York, NY.
- Nielsen, J., and Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces, *Proc. ACM CHI'90 Conf.* (Seattle, WA, 1-5 April), 249-256
- Norman D. A. (1983). Some observations on mental models. En D. Gentner y A. Stevens (Eds.), *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum,
- Norman, D.A. (1992). *Turn signals are the facial expressions of automobiles*. Reading, MA: Addison-Wesley. [En Wickens *et al.*, 1998]
- Norman, D.A. y Bobrow, D.G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44-64.
- Romero Medina, A., Jara Vera, P. y Campoy Menéndez, G. (2001). *Manual de aprendizaje y condicionamiento*. Murcia: Diego Marín.
- Rubin, J. (1994). *Handbook of usability testing: How to plan, design and conduct effective tests*. New York: Wiley
- Sanders, M.S. y McCormick, E.J. (1992). *Human factors in engineering and design* (7ª ed.). Nueva York: McGraw-Hill.
- Wickens, C.D. (1992). *Engineering psychology and human-computer performance*. Nueva York: Harper Collins.
- Wickens, C.D. y Andre A.D. (1990). Proximity compatibility and information display: effects of color, space, and objectness on information integration. *Human Factors*, 32
- Wickens, C.D. y Hollands, J.G. (2000). *Engineering psychology and human performance* (3ª ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall
- Wickens, C.D., Gordon, S.E. y Liu, Y. (1998). *An introduction to human factors engineering*. Nueva York: Longman
- Estandarización
- ISO (1993). *Guidelines for specifying and measuring usability*. ISO CDS 9241.
- Serco Ltd. (2001). User Centred Design Standards. Estándares ISO e ISO/IEEE. En línea: <http://www.usability.serco.com/trump/resources/standards.htm>. [última vez consultado: 17-mayo-2004]