



Los usuarios podrán en cualquier momento, obtener una reproducción para uso personal, ya sea cargando a su computadora o de manera impresa, este material bibliográfico proporcionado por UDG Virtual, siempre y cuando sea para fines educativos y de Investigación. No se permite la reproducción y distribución para la comercialización directa e indirecta del mismo.

Este material se considera un producto intelectual a favor de su autor; por tanto, la titularidad de sus derechos se encuentra protegida por la Ley Federal de Derechos de Autor. La violación a dichos derechos constituye un delito que será responsabilidad del usuario.

## Referencia bibliográfica

Cañas Delagodo, José Juan. (2004). *Personas y máquinas: El diseño de su interacción desde la ergonomía cognitiva*. Madrid: Ediciones Piramide. Pp. 15-41.

# **PERSONAS Y MÁQUINAS**

**El diseño de su interacción  
desde la ergonomía cognitiva**

José Juan Cañas Delgado

**JOSÉ JUAN CAÑAS DELGADO**

CATEDRÁTICO DE ERGONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

# **PERSONAS Y MÁQUINAS**

El diseño de su interacción  
desde la ergonomía cognitiva

**EDICIONES PIRÁMIDE**

## COLECCIÓN «PSICOLOGÍA»

Director:

Francisco J. Labrador

Catedrático de Modificación de Conducta  
de la Universidad Complutense de Madrid



Diseño de cubierta: C. Carabina

Fecha de adquisición: 12/12/2010  
Fecha: 02/12/2010  
Procedencia: FIR 2010  
Número de barras: SOV-013728

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeran, plagiaran, distribuyeran o comunicaren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier otro medio, sin la preceptiva autorización.

© José Juan Cañas Delgado

© Ediciones Pirámide (Grupo Anaya, S. A.), 2004

Juan Ignacio Luca de Tena, 15. 28027 Madrid

Teléfono: 91 393 89 89

[www.edicionespiramide.es](http://www.edicionespiramide.es)

Depósito legal: M. 30.358-2004

ISBN: 84-368-1893-8

Printed in Spain

Impreso en Lavel, S. A.

Polígono Industrial Los Llanos. Gran Canaria, 12

Humanes de Madrid (Madrid)

348050/1  
620.4

*A María de la Rosa Lara.*  
*In memóriam.*

-

# Índice

<b>Prefacio</b> .....	13
<b>1. Ergonomía cognitiva</b> .....	15
1.1. ¿Qué es la ergonomía? .....	15
1.2. La ciencia del diseño: la ergonomía cognitiva como ingeniería cognitiva .....	16
1.2.1. El objeto de la ciencia del diseño: el sistema cognitivo conjunto .....	21
1.2.2. El fenómeno ergonómico: la interacción .....	29
1.2.3. Análisis cognitivo del sistema cognitivo conjunto .....	32
1.3. El valor epistemológico del dato empírico en ergonomía cognitiva .....	41
1.3.1. Método etnográfico .....	41
1.3.2. Estudios de campo .....	42
1.3.3. Experimentos .....	42
1.3.4. Simulaciones del sistema cognitivo humano .....	46
1.3.5. Clasificación de los métodos .....	46
1.3.6. El problema de la complejidad del estímulo .....	47
1.3.7. El problema de la complejidad de la respuesta .....	53
1.3.8. La ergonomía cognitiva en el debate sobre la validez ecológica de las teorías psicológicas .....	56
1.4. Propuesta para el desarrollo conceptual de la ergonomía cognitiva .....	58
<b>2. La elaboración del cuerpo conceptual de la ergonomía cognitiva. Marco conceptual</b> .....	59
2.1. El concepto de diseño: evolución histórica .....	59
2.2. Diseñando para eliminar errores humanos .....	62
2.2.1. ¿Qué es un error humano para la ergonomía cognitiva? .....	63
2.2.2. Análisis de la fiabilidad humana .....	63
2.2.3. Modelos cognitivos del error humano .....	65
2.2.4. Los errores humanos en el sistema cognitivo conjunto .....	69
2.3. Distribución de funciones de memoria entre los seres humanos y los artefactos: automatización .....	79
2.3.1. Las listas de Fitts .....	80
2.3.2. Distribución de funciones en el sistema cognitivo conjunto .....	82

2.3.3.	Un modelo para evaluar la distribución de funciones .....	84
2.3.3.1.	Memoria de trabajo y memoria a largo plazo: navegación en Internet .....	86
2.3.3.2.	Adquisición y recuperación de conocimiento semántico ....	92
2.3.3.3.	Ayudas para el recuerdo episódico .....	98
2.3.3.4.	Ayudas para memoria prospectiva: sistemas automáticos de control de la salud .....	99
2.3.3.5.	Recuerdo con ayudas: señalética .....	101
2.3.4.	Conclusiones: la distribución de funciones dentro del sistema cognitivo conjunto .....	104
<b>3.</b>	<b>Elaboración del cuerpo conceptual de la ergonomía cognitiva. Cuestiones conceptuales .....</b>	<b>105</b>
3.1.	Carga mental .....	105
3.1.1.	El concepto de carga mental .....	107
3.1.2.	Contribución de la memoria a la carga mental global .....	110
3.1.3.	Instrumentos de medición de carga mental .....	111
3.1.4.	Propuestas para reducir carga mental .....	118
3.2.	Conocimiento de la situación .....	121
3.2.1.	El concepto de conocimiento de la situación .....	121
3.2.2.	Estructuras y procesos de memoria en el conocimiento de la situación .....	123
3.2.3.	¿Qué tipo de información se memoriza en el conocimiento de la situación? .....	125
3.2.4.	¿Cómo se mide el conocimiento de la situación? .....	128
3.2.5.	Las diferencias individuales en capacidad de memoria de trabajo como predictor de la adquisición del conocimiento de la situación .....	128
3.3.	Modelos mentales en la interacción con artefactos .....	129
3.3.1.	Los modelos mentales en el diseño de las interfaces .....	139
3.3.2.	Modelos mentales en el control de procesos .....	149
3.4.	Toma de decisiones en el control de incidentes críticos .....	151
3.4.1.	Cambio de paradigma en la investigación sobre toma de decisiones ....	153
3.4.2.	El modelo decisión facilitada por reconocimiento .....	156
3.4.3.	El papel de la memoria en el modelo de Klein .....	160
3.4.4.	Artefactos de apoyo a la toma de decisiones .....	162
3.5.	Aprendiendo con artefactos .....	165
3.5.1.	Qué es aprendizaje desde el punto de vista de la ciencia cognitiva ....	166
3.5.2.	Aprendizaje en las arquitecturas cognitivas .....	169
3.5.3.	Novatos y expertos .....	175
3.5.4.	Algunos efectos del aprendizaje a tener en cuenta en el diseño de tecnologías para el aprendizaje .....	177
3.5.4.1.	Transferencia .....	177
3.5.4.2.	El coste de la automatización: la inflexibilidad cognitiva .....	180
3.5.5.	Tecnologías educativas .....	181
3.5.5.1.	Aprendizaje a distancia .....	181
3.5.5.2.	Sistemas tutores inteligentes .....	182
3.6.	Memoria organizacional en la nueva sociedad del conocimiento .....	184
3.6.1.	El conocimiento en las organizaciones .....	185
3.6.2.	La gestión del conocimiento y la memoria organizacional .....	185

3.6.3.	Enfoque teórico de la memoria organizacional .....	187
3.6.4.	Artefactos de apoyo a la adquisición, mantenimiento y recuperación de la memoria organizacional .....	191
3.6.4.1.	Sistemas de apoyo al recuerdo en grupo .....	192
3.6.4.2.	Sistemas informáticos para entornos cooperativos .....	193
3.6.4.3.	Sistemas de gestión del conocimiento .....	196
<b>Epílogo .....</b>		<b>199</b>
<b>Bibliografía .....</b>		<b>201</b>
<b>Índice analítico .....</b>		<b>217</b>



los sistemas de trabajo, incluyendo las estructuras, las políticas y los procesos organizacionales. Los ergónomos sociales trabajan en el diseño de los sistemas de comunicación, los grupos de trabajo, los tiempos y turnos de trabajo en una empresa, etc.

La palabra ergonomía se ha utilizado históricamente en la tradición europea. Sin embargo, en la tradición se ha venido utilizando el término «factores humanos». Actualmente podemos considerarlos como sinónimos, y prueba de ello es que la que tradicionalmente se llamaba Human Factor Society, fundada en Tulsa (Oklahoma) en 1957, ahora se llama Human Factor and Ergonomics Society. En Europa los dos términos se usan intercambiándolos constantemente. En España, por ejemplo, la Sociedad Española de Ergonomía publica una revista electrónica que se llama *Boletín de Factores Humanos*.

En América, el nacimiento de la disciplina hay que fijarlo en la Primera Guerra Mundial, y tuvo sus antecedentes teóricos en los estudios de Taylor (1919) sobre dirección de empresas. El diseño de nuevas máquinas de guerra (por ejemplo, en esta guerra se diseñaron los primeros tanques) puso al descubierto la importancia de tener en cuenta las características de las personas que debían operar con ellas. Se descubrió, por ejemplo, que muchas personas tenían grandes dificultades para operar con las máquinas más complejas, sobre todo con los aviones de guerra. Esto llevó a que el ejército contratase a muchos psicólogos a los que se asignó la tarea de desarrollar y administrar tests para seleccionar a los soldados con objeto de asignarlos a las diferentes tareas militares. Estos psicólogos tuvieron la oportunidad de fundar los primeros laboratorios de factores humanos, que continuaron su labor después que terminase la guerra.

Pero es la Segunda Guerra Mundial la que va **dar el impulso definitivo para el establecimiento de la ergonomía como una disciplina con reconocimiento industrial y académico.** Además, esta **guerra implicó a una ingente cantidad de perso-**

nas y artefactos, muchos de ellos de nueva creación, como el radar, lo que hizo inviable la idea asentada durante la primera guerra de seleccionar unos pocos individuos especiales para que utilizaran unos artefactos previamente diseñados. La idea que surge ahora, y que tendrá una enorme repercusión en el desarrollo de la disciplina, es que los artefactos deben ser diseñados pensando en las características de los seres humanos que deben usarlos, y no adaptar a las personas a ellos una vez diseñados.

En Europa, el origen de la ergonomía hay que buscarlo en la industria y está ligado a un interés por mejorar la satisfacción de los trabajadores. El término ergonomía fue inventado en Inglaterra, y la disciplina comenzó poniendo énfasis en el diseño de los equipos y los lugares de trabajo, aunque los temas predominantes en un principio fueron los relacionados con los aspectos biológicos, en lugar de los psicológicos como en Estados Unidos. De esta manera comenzaron los estudios sobre antropometría, medicina del trabajo, arquitectura, iluminación, etc. Ya en la década de los ochenta los ergónomos europeos comenzaron a preocuparse ampliamente por los aspectos psicológicos, y surgieron asociaciones como la European Association of Cognitive Ergonomics con un interés especial en la ergonomía cognitiva que llevaría a una confluencia de intereses con los ergónomos del otro lado del Atlántico.

## 1.2. LA CIENCIA DEL DISEÑO: LA ERGONOMÍA COGNITIVA COMO INGENIERÍA COGNITIVA

La ergonomía cognitiva es llamada también «ingeniería cognitiva» o «ingeniería psicológica» siguiendo una propuesta de Simon (1969), quien escribió un libro, *The Sciences of the Artificial*, al final de la década de los años sesenta y que ha tenido una enorme influencia en el desarrollo de la disciplina. Aunque Simon no usó el término ingeniería en su libro, argumentó que la ciencia cognitiva debe tener su área de aplicación propia en el diseño de artefactos. Para ello,

propuso el establecimiento de una «ciencia de lo artificial», relacionada con la ciencia cognitiva en el sentido en que tradicionalmente se ha entendido la relación entre las ingenierías y las ciencias básicas.

En la perspectiva moderna que se abrió paso con la primera revolución industrial en el siglo XIX, las diferentes ingenierías tradicionales (por ejemplo, eléctrica, industrial, etc.) dejaron de ser las disciplinas artesanales donde se aplicaban reglas heurísticas basadas en la experiencia, y pasaron a considerar el diseño como una actividad que consiste en trasladar el conocimiento aportado por las teorías científicas a la solución de problemas particulares. De esta manera, se constituyeron como profesiones distintas de sus disciplinas científicas básicas (por ejemplo, física, química, etc.) pero relacionadas con ellas, y su existencia como profesiones independientes se basaba en la necesidad de solucionar problemas técnicos específicos que no se pueden solucionar por referencia a los modelos o teorías universales de la ciencia, sino más bien por la necesidad de construir modelos circunscritos al contexto particular impuesto por los requerimientos de diseño. Desde este punto de vista, la ergonomía cognitiva concebida como ingeniería cognitiva, en el sentido de Simon (1969), sería independiente de la ciencia cognitiva, su ciencia básica, aunque las dos estarían estrechamente relacionadas. La ciencia cognitiva aportaría los conocimientos sobre los procesos cognitivos humanos, y la ergonomía cognitiva aportaría los problemas concretos de diseño que deben ser solucionados en el contexto de la creación de artefactos.

En la misma línea de Simon, Norman (1986) fue el que inventó el término ingeniería cognitiva, y la concibió como una ciencia cognitiva aplicada donde se combinan los conocimientos de la ciencia cognitiva con los de las ingenierías para solucionar problemas de diseño. Sus objetivos serían:

1. Comprender los principios fundamentales de las acciones humanas que son relevantes para el desarrollo de principios de la ingeniería del diseño.

2. Construir sistemas que sean agradables en su uso.

El primer objetivo sugirió un cambio con respecto a la propuesta original de Simon y colocó a la disciplina en línea hacia la nueva visión que hoy se empieza a tener de las ingenierías (Vincenti, 1990). El análisis histórico muestra que las disciplinas tecnológicas adquieren y desarrollan su propio cuerpo de conocimientos que les permite solucionar sus problemas de diseño aplicando leyes y principios descubiertos dentro de ellas. No son sólo disciplinas donde se aplican los principios científicos descubiertos en las ciencias básicas. Una ingeniería, desde este nuevo punto de vista, no es, por supuesto, una disciplina artesanal, pero tampoco es una disciplina aplicada. Es una ciencia en sí misma. Por tanto, la propuesta de Norman se entendió como el establecimiento de la ingeniería cognitiva como una disciplina independiente, aunque relacionada con la ciencia cognitiva, que sería su disciplina básica.

Sin embargo, esta propuesta de Norman permaneció inatendida durante una década, mientras que se seguía en la línea, iniciada por Simon, de entender a la ingeniería cognitiva como una disciplina aplicada de la ciencia cognitiva. Un buen ejemplo de esta visión lo podemos encontrar en las dos primeras versiones del influyente libro de Wickens (1992), que ha marcado una época en la disciplina. En el prefacio del libro, el autor declara que su intención es organizar el libro de acuerdo al procesamiento de la información humano. De esta manera, el índice de capítulos es el mismo índice de capítulos que podemos encontrar en un libro de psicología cognitiva: teoría de detección de señales, percepción, atención, memoria, etc. En cada capítulo, después de una explicación de cada proceso, el autor va dando ejemplos de ergonomía donde los conocimientos adquiridos en psicología cognitiva sobre ese proceso se pueden aplicar.

El reconocimiento de la propuesta de Norman y el comienzo del cambio paradigmático que supone llegó cuando se hicieron evidentes las dificultades que se encuentran a la hora de aplicar los

resultados obtenidos por la psicología cognitiva a la explicación de los problemas de diseño de artefactos. Estas dificultades están provocando un cambio paradigmático que tendrá repercusiones más allá de la ergonomía cognitiva y que forzará incluso a los psicólogos cognitivos a replantearse muchas cuestiones fundamentales del paradigma cognitivo surgido de la revolución de los años cincuenta y sesenta.

Para explicar cómo surgen estas dificultades y la alternativa que se está proponiendo podemos utilizar como ejemplo un estudio que Huguenard, Lerch, Junker, Patz y Kass (1997) llevaron a cabo para determinar los errores que se cometen durante la interacción con los llamados sistemas basados en el teléfono. Encontramos hoy estos sistemas en muchas aplicaciones de la vida diaria, como por ejemplo en los contestadores automáticos de las compañías telefónicas o los sistemas de servicio a domicilio de los grandes supermercados.

En general, existen dos clases de estos sistemas. En la primera se asume que el usuario conoce las opciones y no se le presentan. En la segunda, más común, el usuario va oyendo las opciones y cada vez que elige una se abre otro menú. En este segundo caso el usuario de estos sistemas escucha por el teléfono una serie de opciones en forma de menús generadas por un sintetizador de voz o reproducidas por una cinta previamente grabada. Sus respuestas las tiene que dar a través del teclado del teléfono o emitiéndolas verbalmente para que sean reconocidas por un sistema de reconocimiento automático de voz.

El interés de Huguenard, Lerch, Junker, Patz y Kass (1997) por el diseño de estos sistemas de menús auditivos partía del hecho conocido de la gran cantidad de errores que los usuarios cometen durante la interacción con ellos. En una primera aproximación, los autores propusieron la hipótesis de que estos errores se deben a la fuerte carga de recursos de la memoria de trabajo que supone su uso. Por tanto, para encontrar explicaciones donde basar las recomendaciones en forma de guías de diseño recurrieron a los modelos de memoria de trabajo que han sido propuestos en la literatura en psicología cognitiva.

Ahora bien, si la ergonomía cognitiva fuese sólo la aplicación de la psicología cognitiva a un problema específico de diseño, tal como se entendía hasta hace algunos años (Wickens, 1992), deberíamos esperar que no fuese necesario llevar a cabo ningún experimento porque sería posible hacer predicciones directamente de alguno de esos modelos de memoria de trabajo. Es decir, asumiríamos que la memoria de trabajo funciona de igual manera independientemente del contexto, tarea, estímulos, etc., que se hayan utilizado para estudiarla. Las conclusiones que se deriven de los datos obtenidos en las tareas de laboratorio con material verbal, por ejemplo, serían extrapolables a la situación del diseño de menús auditivos.

Con esta perspectiva en mente, los autores revisaron los modelos cognitivos de memoria de trabajo que han sido propuestos y evaluaron su validez a la luz de los resultados experimentales ofrecidos por sus defensores. Asumiendo que la memoria de trabajo (su estructura y funcionamiento) es independiente del contexto, del material que tiene que ser recordado, de la tarea que la persona tiene que realizar y de sus objetivos, decidieron que el modelo de memoria de trabajo que era más adecuado para sus objetivos era el modelo CAPS propuesto por Just y Carpenter (1992), en el que la carga de información en memoria de trabajo y la probabilidad de un fallo en la recuperación de información almacenada en ella dependen de las demandas de almacenamiento y procesamiento de la tarea.

En CAPS, el procesamiento y almacenamiento de información en memoria de trabajo requiere unos recursos que en el modelo son llamados activación. Cada unidad de información tiene asociado un nivel de activación que puede ser concebido como la fuerza del trazo de memoria de esa unidad. Para que una unidad de información pueda ser recuperada o manipulada, su nivel de activación debe estar por encima de cierto umbral. Un sistema de reglas de producción (Newell y Simon, 1972) se encarga de alterar los niveles de activación de las unidades almacenadas, a través de un proceso llamado «activación directa» por el cual las producciones especifican los incrementos o los

decrementos de activación que deben ser aplicados a cada unidad. Este proceso de activación es diferente, por tanto, al propuesto por otras teorías (por ejemplo, Anderson, 1983) en las que la activación se expande automáticamente desde una unidad fuente hasta todas las unidades conectadas a ella.

Este proceso de activación es usado en CAPS para mantener los elementos en la memoria de trabajo de tal manera que no se olviden y puedan ser procesados. Una característica importante de este modelo es que la cantidad total de activación disponible puede estar limitada a una cantidad determinada llamada capacidad de la memoria de trabajo. Dada esta limitación, si las demandas de almacenamiento y procesamiento exceden la capacidad de la memoria de trabajo, toda la activación puede reducirse para que no se sobrepase el límite. Esta reducción tiene el efecto de enlentece el procesamiento y favorecer el olvido por desplazamiento. Puesto que hay menos activación disponible para el almacenamiento, algunas unidades pierden activación y son, en la práctica, olvidadas. Por tanto, según este modelo, lo que limita la capacidad de la memoria de trabajo es la combinación de las demandas de almacenamiento y procesamiento.

El modelo CAPS ha sido aplicado para explicar y predecir la conducta humana en una amplia cantidad de tareas con grandes demandas de capacidad de la memoria de trabajo (Thibadeau, Just y Carpenter, 1982; Just y Carpenter, 1985; Just y Carpenter, 1992). Por ello, los autores pensaron que, siendo la interacción con los menús telefónicos una tarea que también demanda una importante capacidad, el modelo tendría que servir para hacer predicciones sobre la conducta de los usuarios.

En términos de almacenamiento y procesamiento, en la interacción con los menús telefónicos se generan grandes demandas de memoria de trabajo por tres razones. En primer lugar, el usuario debe monitorizar el estado de un ambiente estimular en constante cambio (la presentación de las opciones de cada menú). El usuario debe notar los cambios en ese ambiente porque eso le permite la evaluación de las alternativas para la elección de las siguientes opciones y porque esos

cambios le dan un *feedback* sobre la eficacia de las opciones ya elegidas. En segundo lugar, el ritmo de presentación de las opciones es marcado por la interfaz y no por él. Este ritmo genera una presión temporal que incrementa las demandas de procesamiento en memoria de trabajo. En tercer lugar, no existen ayudas externas como ocurre en los menús visuales.

Basándose en el modelo CAPS, los autores generaron un conjunto de hipótesis sobre el impacto de tres factores determinantes de los errores observados con estos menús: la estructura de los menús, las diferencias individuales en capacidad de la memoria de trabajo y las características de las tareas de los usuarios. Sin embargo, mencionaremos aquí sólo una de sus hipótesis, la referente a la estructura de los menús, que nos servirá en nuestra argumentación.

En los sistemas informáticos los menús son diseñados para enfatizar la profundidad o la anchura. Cuando se enfatiza la profundidad, el número de opciones en cada menú se minimiza, pero el número de menús que el usuario tiene que atravesar incrementa. Por el contrario, cuando se enfatiza la anchura se minimiza el número de menús que hay que atravesar pero se incrementa el número de opciones por menú. La investigación ha demostrado que en los sistemas que usan los menús visuales los menús anchos y superficiales son superiores a los menús estrechos y profundos, tanto en la facilidad como en la rapidez para encontrar un ítem del menú (Kiger, 1984; Parkinson, Hill, Sisson y Viera, 1988).

Según los autores, los menús profundos y estrechos demandan más capacidad de procesamiento que los menús anchos y superficiales. En los menús profundos y estrechos una opción en el nivel superior de la estructura de menú está poco relacionada con la descripción de la tarea, y eso genera mayor demanda de procesamiento. Además, en estos menús profundos y estrechos el usuario necesita recorrer un mayor camino para encontrar la opción que necesita.

Para probar sus hipótesis diseñaron un experimento en el que los sujetos experimentales tenían que realizar una tarea muy común para los estu-

diantes universitarios, matricularse o hacer cambios en las asignaturas en las que ya se habían matriculado. En una pantalla que tenían delante veían un panel como el que se puede ver en la figura 1.1. En la parte inferior de la pantalla aparecía una descripción de la tarea que tenían que realizar en términos de acción-objeto-modificador. En el caso que se ve en la figura era «Añade-Clase-247». En la parte superior había un teclado del tipo telefónico común en el que los participantes tecleaban los números apropiados.

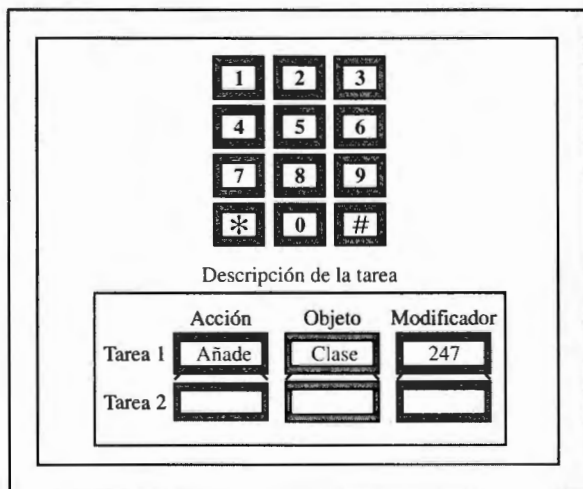


Figura 1.1.—Panel que veían los participantes en el experimento de Huguenard, Lerch, Junker, Patz y Kass (1997).

Por unos auriculares oían las opciones del menú y las acciones que debían teclear. Por ejemplo:

«Para trabajar con la información académica, presione 1.»

«Para trabajar con las actividades extracurriculares, presione 2.»

«Para trabajar con la información personal, presione 3.»

Los investigadores categorizaron los menús en una estructura de  $3 \times 3 \times 3 \times 3$  que constituía la condición de menús estrechos y profundos. A partir de esta estructura crearon otra, la de me-

nús anchos y superficiales, a partir de los niveles segundo y cuarto de la estructura original.

Aunque el experimento estaba bien diseñado y las hipótesis derivadas del modelo eran lógicas, los resultados sorprendieron a los autores. Los datos de su experimento indicaron que los participantes cometieron el mismo número de errores con los menús profundos que con los menús anchos. Por tanto, la hipótesis derivada del modelo de Just y Carpenter (1992) no se vio confirmada por los datos.

Llegados a este punto, cabe preguntarse cómo deben tomarse estos datos. Un modelo suficientemente probado en las tareas de laboratorio tradicionales de la psicología cognitiva no sirve para hacer una predicción en una situación donde sí debería hacerlo. Por tanto, si concibiéramos a la ergonomía cognitiva como Simon propuso, como una disciplina donde aplicar los conocimientos adquiridos por la investigación básica en psicología cognitiva, deberíamos encontrar una explicación de por qué no se confirman las hipótesis derivadas de los modelos cognitivos en las situaciones en las que se tienen que resolver problemas concretos de diseño de artefactos.

La clave para encontrar esta explicación está en reconocer que no es posible pedir que una teoría sea «siempre» válida independientemente del contexto, tarea o tipo de estímulo que se utilice, porque el sistema cognitivo humano no tiene un funcionamiento independiente del ambiente en el que está inmerso. Si las características de este ambiente cambian, el funcionamiento del sistema cognitivo puede cambiar también. Por ello, no es posible pensar que una investigación en psicología cognitiva llevada a cabo con un tipo de material (por ejemplo, listas de palabras), en un contexto particular (por ejemplo, laboratorio) y donde los sujetos realicen tareas particulares (por ejemplo, *priming*), nos lleve a esperar unos resultados que necesariamente tengan aplicación universal.

Por tanto, en la corriente de pensamiento actual en la ergonomía cognitiva se considera que para encontrar una explicación completa a la conducta humana es necesario que se tenga en cuenta la interacción entre el ser humano y el ambiente dentro del que está inmerso. En nuestro caso este ambien-

te es lo que ha empezado a llamarse un «sistema cognitivo conjunto» dentro de un contexto socio-técnico determinado. Esta propuesta está siendo defendida por un grupo de autores que se agrupan en torno a lo que se ha venido en llamar la «ingeniería de los sistemas cognitivos» (Hollnagel y Woods, 1983; Woods, Johannesen, Cook y Sater, 1994; Woods y Roth, 1988; Rasmussen, Pejtersen y Goodstein, 1994).

En los apartados siguientes describiremos esta propuesta siguiendo un esquema en el que partiremos del hecho de que toda ciencia debe descubrir las leyes que rigen los fenómenos observados en su objeto de estudio. Para los ergónomos cognitivos actuales el objeto de la ergonomía cognitiva es el sistema cognitivo conjunto, y el fenómeno central que debe ser explicado es la interacción entre los componentes de este sistema cognitivo. Para descubrir las leyes que gobiernan la interacción se lleva a cabo un análisis cognitivo que, aplicando un conjunto de métodos de investigación, permite encontrar explicaciones cognitivas de dicho fenómeno.

### 1.2.1. El objeto de la ciencia del diseño: el sistema cognitivo conjunto

El cambio paradigmático (Kuhn, 1962) que está detrás del concepto de sistema cognitivo conjunto supone un replanteamiento de la definición de la ergonomía cognitiva entendida como la ciencia del diseño. En este sentido, Dowell y Long (1989) han propuesto que el núcleo central de este nuevo paradigma debe ser el concepto de «problema de diseño cognitivo».

El diseño cognitivo trata de los problemas relacionados con diseñar un trabajo cognitivo efectivo y las herramientas con las que se realiza ese trabajo. Por tanto, el objeto de la ergonomía cognitiva se formula en torno a los conceptos de «trabajo cognitivo» y «herramienta (artefacto) cognitiva». El objetivo de todo ergónomo cognitivo es el de prescribir soluciones efectivas a los problemas de diseño cognitivo.

El trabajo cognitivo es llevado a cabo por los sistemas cognitivos que utilizan conocimiento para

producir cambios en el ambiente o «dominios de trabajo». Los dominios están organizados en torno a objetivos específicos e incluyen posibilidades y limitaciones. Tomando el ejemplo que describen los autores, el dominio de trabajo que conocemos como «control de tráfico aéreo» se define por el objetivo de conducir a los aviones a sus destinos sin riesgo de accidentes, en su horario previsto y gastando la menor cantidad de fuel posible. El dominio tiene posibles líneas de acción, como las habilidades de un avión para alcanzar diferentes alturas. Sin embargo, también tiene limitaciones, como son las reglas legales sobre las distancias de separación entre aviones.

Un artefacto es cualquier objeto manufacturado por el hombre con la finalidad de aumentar cualquier aspecto de la conducta u operación mental humanas. Un hacha es un artefacto y también lo es una calculadora. Un artefacto puede ser un objeto físico (un ratón de ordenador o un lápiz) o un ente abstracto (un programa de ordenador) o un objeto que representa a un objeto físico (un dibujo de una fábrica). Los artefactos han sido creados para actuar sobre el ambiente, para modificar algún aspecto de éste y para obtener la información que nos permita conocer sus características y cómo nuestras acciones lo modifican.

Norman (1991) ha señalado que es necesario distinguir entre «artefactos cognitivos» y «artefactos no cognitivos». El ser humano ha creado a lo largo de la historia muchos artefactos, sin embargo llamamos cognitivos a aquellos artefactos que mantienen, presentan y operan sobre la información para cumplir una función representacional y que afectan a la actividad cognitiva humana (Norman, 1991). Un coche es un artefacto no cognitivo que nos permite movernos más rápidamente de lo que lo haríamos con nuestros pies. Por el contrario, una calculadora es un artefacto cognitivo que nos permite procesar información (por ejemplo, calcular logaritmos) como no lo podríamos hacer con nuestras capacidades mentales. Muchos artefactos que nos interesan en ergonomía cognitiva son representaciones del ambiente y de los objetos sobre los que nuestra conducta tiene efecto. Por ejemplo, una pantalla de ordenador en un pa-



nel de control en una planta industrial presenta una imagen de lo que está ocurriendo en algún componente de la cadena de producción sobre el que las acciones del operador pueden tener efecto.

Los artefactos cognitivos proveen con representaciones del dominio de trabajo, con procesos para transformar estas representaciones y con medios para expresar estas transformaciones (Simon, 1969; Dowell y Long, 1998). Por ejemplo, un radar en el dominio del control del tráfico aéreo provee representaciones que permiten al controlador razonar sobre el estado del dominio (por ejemplo, altura y distancia entre aviones) y transformar estas representaciones transmitiendo órdenes a los pilotos.

Como ya hemos mencionado, en la concepción clásica de la ergonomía el artefacto y el ser humano se consideraban como unidades independientes que debían ser modeladas por separado y aisladas del contexto donde tenía lugar la interacción entre ellas. El objetivo del ergónomo era proporcionar al diseñador del artefacto las características del procesamiento de la información humano para que las tuviese en cuenta cuando las necesitase para tomar decisiones sobre el diseño del artefacto (Wickens, 1992). Sin embargo, esta conceptualización es la que se pone en duda actualmente por dos razones, además de por las razones expuestas más arriba.

En primer lugar, el desarrollo tecnológico, sobre todo de la informática, ha hecho que los artefactos que se diseñan hoy tengan un nivel de automatismo que les hace candidatos a ser considerados como sistemas cognitivos por sí mismos, casi al mismo nivel que los seres humanos, en el sentido de que tienen una dinámica propia que es independiente muchas veces de la actuación que los seres humanos tienen sobre ellos. La diferencia fundamental entre el ser humano y el artefacto, considerados ambos como sistemas cognitivos, es que el artefacto es diseñado por el ser humano, mientras que éste no se diseña y se modifica por un proceso que llamamos aprendizaje. En segundo lugar, se considera que la conducta humana está modelada por el contexto sociotécnico en el que ocurre y no sólo por las peculiaridades del sistema interno de procesamiento de la información humano.

Esta idea ha sido desarrollada fundamentalmente en una de las áreas de aplicación más activas de la ergonomía moderna, el diseño de los sistemas de control de supervisión. Por ejemplo, en una sala de control de una central nuclear hay artefactos y personas interactuando para supervisar un proceso físico, la generación de energía eléctrica a partir de la energía nuclear. Los artefactos que encontramos en esta sala están diseñados para que sean «asistentes inteligentes», y su principal papel es ayudar al operador humano en el control del proceso físico. Por tanto, debemos pensar en estos artefactos como agentes cognitivos autónomos con la habilidad para monitorizar y cambiar los parámetros del proceso. Además, la interacción entre los operarios (seres humanos) y estos artefactos semiautomáticos ocurre en una organización que tiene su estructura y funcionamiento regido por reglas y principios internos y externos. Las reglas externas vienen impuestas por la sociedad a través de la legislación que establece qué es lo que se debe hacer en una situación determinada, como cuando ocurre un accidente.

Dicho de una manera más concreta, un enfoque en el que no se tenga en cuenta la interacción entre dos sistemas cognitivos, el humano y el que constituye el artefacto semiautomático, será insuficiente para explicar el funcionamiento de un sistema de control de supervisión, como es una sala de control de una central nuclear. Por ejemplo, en el análisis de los errores humanos en estos sistemas de control de supervisión un modelo cognitivo tradicional considerará la conducta humana como el resultado de la secuencia percepción-decisión-acción, porque para él el procesamiento de la información humano es esencialmente reactivo. De esta manera, se considerará que una determinada conducta es correcta o errónea dependiendo del resultado del funcionamiento de esta secuencia. Sin embargo, en una situación real, la conducta puede ser correcta o errónea dependiendo del contexto donde ocurra. Cognición es un proceso activo porque significa el uso de conocimiento para adaptarse a las condiciones cambiantes del ambiente. El análisis de los accidentes que ocurren en un sistema de control (por ejemplo, en una planta

nuclear) demuestra que las acciones erróneas son el resultado de una secuencia de fallos en la interacción entre un grupo de seres humanos y un conjunto de artefactos, condicionados todos ellos por el contexto organizacional donde ocurre la interacción.

La inoperancia de este enfoque tradicional puede verse cuando se aborda el tema de la automatización de la conducta humana dentro de los sistemas de supervisión. Los modelos pensados para diseñar los artefactos desde este enfoque sólo requieren una descripción de las funciones del sistema cognitivo humano que son propensas al fallo y deben ser sustituidas por los artefactos. Sin embargo, como ocurre con los principios de la psicología de la Gestalt, la experiencia demuestra que el funcionamiento de un sistema cognitivo no puede ser considerado como el resultado de la suma de sus componentes (Hollnagel y Woods, 1983). El output del sistema depende del funcionamiento conjunto de sus componentes.

La automatización constituye uno de los objetivos fundamentales a los que debe enfrentarse un diseñador. Siempre que se diseña un sistema, hay que decidir qué funciones se dejan al operador humano y qué funciones deben asignarse a los artefactos. Tomemos por ejemplo un caso en el que haya que decidir si se automatiza el 95 por 100 de las funciones en contra del 80 por 100 que venía siendo normal en anteriores versiones del sistema. Un enfoque clásico de la ergonomía cognitiva partiría de un análisis de los procesos cognitivos humanos para identificar aquellos procesos que pueden funcionar de una forma errónea y deben ser sustituidos por los artefactos automáticos. Sin embargo, en ese enfoque no se tiene en cuenta que el cambiar la distribución de funciones implica que el propio funcionamiento de los procesos cognitivos cambia. Si la distribución es tal que el artefacto es responsable del 95 por 100 de las funciones, el operador humano sólo tiene que supervisar el proceso y casi no toma parte en él. Por el contrario, cuando el artefacto sólo tiene que llevar a cabo el 80 por 100 de las funciones, el operador participará más activamente en el funcionamiento del sistema. Sin embargo, como

se ha demostrado, tanto los procesos cognitivos como motivacionales (aburrimiento) y el estrés actúan diferentemente cuando al ser humano se le quitan funciones para asignárselas a los artefactos. En la tarea de detección y reparación de averías, el ser humano funciona mejor cuando participa más activamente en el funcionamiento del sistema (Epithrath y Young, 1981).

Por tanto, lo que implica el sistema cognitivo conjunto en el contexto del problema de diseño cognitivo es que la conducta humana debe ser modelada en su interacción con el ambiente, más concretamente en su interacción con los demás sistemas cognitivos, humanos y artificiales que hay en el ambiente.

Esta propuesta de la importancia crucial que tiene el contexto o ambiente en la explicación de la conducta y el sistema cognitivo humano está siendo desarrollada también en trabajos de psicología cognitiva como el de Vicente y Wang (1998), quienes han propuesto una «Teoría Ecológica de la Pericia» para explicar cómo los expertos en un dominio adquieren sus habilidades, y dentro de esta teoría sugieren lo que ellos llaman la «Hipótesis de la Armonización de los Límites» (*Constraint Attunement Hypothesis* o CAH). Esta teoría y la hipótesis derivada de ella pueden ayudarnos a entender la postura de los ergónomos cognitivos actuales sobre el papel del sistema cognitivo humano y el ambiente dentro del sistema cognitivo conjunto, y la influencia que ésta puede tener para un replanteamiento de la misma psicología cognitiva.

La teoría ecológica de la pericia ha sido desarrollada por estos autores para resolver la controversia que ha existido entre dos teorías contrapuestas que han sido ofrecidas para explicar por qué y cuándo los expertos en un dominio de conocimiento son mejores que los novatos. Como ha sido demostrado numerosas veces, los expertos en un dominio muestran un mejor recuerdo que los novatos en tareas en las que tienen que recordar material relacionado con ese dominio. Comenzando con los experimentos clásicos de De Groot (1965) sabemos, por ejemplo, que los grandes maestros de ajedrez son capaces de recordar las piezas de



un tablero que les ha sido presentado durante un intervalo muy corto de tiempo. Sin embargo, los jugadores novatos muestran, en comparación, un peor recuerdo.

A lo largo de estos treinta años se han propuesto varias teorías para explicar esta ventaja de los expertos sobre los novatos en las tareas de recuerdo. Sin embargo, de todas ellas destacan dos que proponen mecanismos diferentes para explicar el efecto y que han recibido suficiente apoyo experimental para haberse convertido en oponentes difíciles de descartar. Por ello se ha hecho necesaria una explicación que sea capaz de integrar las dos teorías.

Ambas teorías parten del mecanismo básico del agrupamiento (*chunking*) que ha dominado el pensamiento de los científicos cognitivos desde que comenzaron sus trabajos Newell y Simon (1972). El agrupamiento o *chunking* es un mecanismo por el cual el sistema cognitivo humano construye unidades significativas superiores a partir de la combinación de unidades más pequeñas. Con un ejemplo simple podemos decir que el sistema cognitivo hace agrupamiento cuando convierte las cuatro cifras 2 0 0 2 en el año 2002, de tal manera que puede almacenarlas en la memoria como sólo una unidad en lugar de cuatro.

Las dos teorías opuestas son la «Teoría del Agrupamiento Perceptual» (Chase y Simon, 1973) y la «Teoría del Agrupamiento Conceptual» (Egan y Schwartz, 1979). Según la primera de ellas, los jugadores expertos tienen una gran cantidad de grupos de piezas almacenados en su memoria a largo plazo. Estos grupos son estructuras perceptuales que contienen información sobre patrones de piezas del tablero. La superioridad de los expertos se debe a que éstos tienen una gran habilidad para reconocer y codificar agrupamientos de piezas familiares. Estos agrupamientos pueden ser percibidos fácil y rápidamente porque están asociados a formas perceptuales familiares. Los novatos no tienen almacenados esos agrupamientos en su memoria a largo plazo y, por tanto, tienen que codificar las piezas como unidades independientes.

La segunda teoría considera que el fenómeno del agrupamiento de material que debe ser recor-

dado es el resultado de su significatividad, no de su forma perceptual. La habilidad de los expertos se basa en la capacidad que tiene la Memoria para organizar conceptualmente lo que se percibe. Su conocimiento conceptual les permite codificar el material que deben recordar. Por ejemplo, ellos saben todo sobre el desarrollo del Gambito de Reina y pueden codificar las posiciones de un tablero basándose en él para después rellenar los huecos de las piezas que no recuerdan. Los novatos no tienen ese conocimiento y, por tanto, no pueden codificar conceptualmente las piezas del tablero. Por tanto, para esta teoría, la superioridad de los expertos no se debe a que tienen almacenada una gran cantidad de patrones perceptuales que comparan con el tablero que tienen que recordar, sino a que pueden codificar las posiciones de las piezas de una forma que tenga significado.

Según Vicente y Wang, estas dos teorías pueden ser complementarias si tenemos en cuenta el ambiente y cómo éste interactúa con los niveles de control cognitivo humano. Para justificar teóricamente su propuesta, que ellos plantean como una teoría ecológica sobre los procesos cognitivos de los expertos, Vicente y Wang (1998) comienzan por distinguir entre lo que es una «teoría de procesos» y una «teoría del producto». Una teoría de procesos se propone para explicar cómo funcionan los mecanismos cognitivos responsables de la conducta. De esta manera, una teoría de procesos ofrece explicaciones de por qué los expertos son mejores que los novatos basándose sólo en los procesos cognitivos implicados en el dominio de conocimiento particular. Las teorías cognitivas tales como las que hemos visto y otras que se han propuesto posteriormente en la misma línea, por ejemplo la «Teoría de la Memoria de Trabajo a Largo Plazo» (LTWN) de Ericsson y Kintsch (1995) o el «Percibidor y Memorizador Elemental» (Elementary Perciver and Memorizer o EPAM) (Feigenbaum y Simon, 1984), son teorías de procesos porque intentan explicar la superioridad de los expertos basándose solamente en los procesos cognitivos (perceptuales o conceptuales).

Una teoría del producto describe la conducta del sistema sin referencia a los procesos o meca-

nismos por los cuales la conducta es generada. Es una teoría de la conducta más que una teoría de la estructura cognitiva. Por tanto, una teoría del producto intentará explicar la conducta en función de las características del ambiente.

Una teoría del producto propuesta para explicar la superioridad de los expertos se plantearía las siguientes preguntas: 1) cómo pueden representarse las condiciones limitadoras que el ambiente impone a los expertos; 2) bajo qué condiciones observaremos la ventaja de los expertos sobre los novatos, y 3) qué determina la magnitud de esta ventaja. Por tanto, una hipótesis que corresponde a una teoría del producto y no a una teoría de procesos no plantearía preguntas sobre procesos responsables de la conducta, sino sobre qué condiciones del ambiente son necesarias para que observemos una determinada conducta de una determinada magnitud.

La forma más simple y elegante de presentar esta idea es considerando la famosa «parábola de la hormiga en la playa» de Simon (1969). En la figura 1.2 se puede ver el camino que sigue una hormiga en la playa hasta el punto donde hay comida. Según Simon, si intentamos explicar la trayectoria de la hormiga basándonos únicamente en los «procesos internos» de la hormiga nos equivocáramos completamente. La trayectoria también depende de las irregularidades de la playa.

Según Vicente y Wang (1998), lo que necesitamos para explicar completamente la conducta es

la contribución conjunta de teorías de procesos y teorías de productos. La conducta humana debe ser explicada tanto por las características de los procesos cognitivos humanos como por las características del ambiente.

En esta línea, y dentro del marco explicativo de su Teoría Ecológica, Vicente y Wang (1998) proponen la llamada «Hipótesis de la Armonización de los Límites» (CAH o Constraint Attunement Hypothesis), según la cual la adquisición de habilidades podría ser entendida como la adaptación a las restricciones impuestas por el medio. Las personas desarrollan estrategias para adaptarse al medio y, según esta teoría, los procesos cognitivos implicados en cada estrategia dependerán de las diferentes características del ambiente. Así, la ventaja de los expertos sobre los novatos se observará sólo cuando las condiciones del ambiente sean favorables a las habilidades de procesamiento adquiridas por unos y no por otros.

Para explicar su propuesta en más detalle, tenemos que partir, como los autores hacen, en primer lugar de la taxonomía propuesta por Rasmussen (1983) para distinguir las categorías de conductas humanas de acuerdo a las diferentes formas de representar las condiciones del ambiente y que representan diferentes tipos de control cognitivo. Según Rasmussen podemos distinguir tres niveles de conducta humana en la interacción con el ambiente:

1. **Nivel basado en el conocimiento.** Cuando nos encontramos con una situación nueva es necesario planificar una secuencia de acciones para alcanzar el objetivo que nos permita realizar la tarea con éxito.
2. **Nivel basado en reglas.** Cuando la situación no es nueva, las acciones que se llevan a cabo dependen de la aplicación de un conjunto de reglas del tipo SI (condición)-ENTONCES (acción). Las condiciones de las reglas dependen de la correcta interpretación de las situaciones ambientales.
3. **Nivel basado en habilidades.** Cuando una persona está muy familiarizada con la ta-

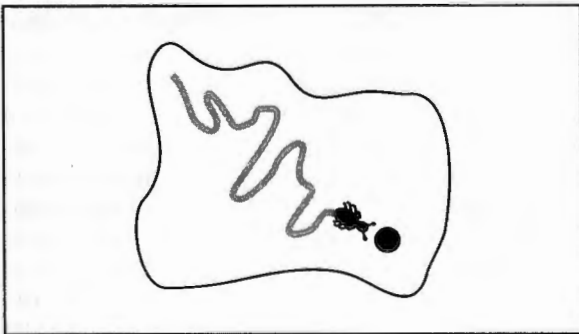


Figura 1.2.—La parábola de la hormiga en la playa (Simon, 1969).

rea, sus acciones forman una secuencia bien aprendida que se encuentra preprogramada y no requiere recursos atencionales. Si una de estas acciones es mal ejecutada o la secuencia es aplicada en un orden distinto al programado, ocurre un error.

En el nivel de conocimiento, la conducta requiere razonamiento porque hay que inferir, tomar decisiones y solucionar problemas nuevos. En los niveles de reglas y de habilidades se actúa en fun-

ción de claves perceptuales. Esto es evidente sobre todo en el nivel de reglas porque las condiciones son aspectos del ambiente que disparan las reglas. En el nivel de habilidades existe un modelo dinámico del mundo que depende totalmente del ambiente. Sería un modelo implícito donde estaría, por ejemplo, el conocimiento «implícito» de la gravedad que nos permite mantenernos de pie. La relación entre los niveles de conducta, la representación del conocimiento y los procesos y reglas puede verse en la tabla 1.1.

TABLA 1.1

*Relación entre niveles de conducta, representación y procesos y reglas, según Rasmussen (1983)*

Conducta	Representación del espacio del problema	Procesos y reglas
<b>Basada en conocimiento</b>	Modelos mentales, representaciones explícitas de las relaciones estructurales; relaciones parte-todo, medios-fines, causales, genéricas, episódicas, etc.	Heurísticos y reglas para la creación y transformación de modelos; <i>mapping</i> entre niveles de abstracción; heurísticos de experimentos de pensamiento.
<b>Basada en reglas</b>	Implícita en términos de <i>mapping</i> señal-acción; modelos de caja negra (conductistas).	Reglas relacionadas con la situación para la operación en el ambiente de la tarea (en sus objetos físicos o simbólicos).
<b>Basada en habilidades</b>	Modelos del mundo interno y dinámico, representando la conducta del ambiente y del cuerpo en tiempo real.	No es relevante. La simulación activa del modelo es controlada por las leyes de la naturaleza y no por reglas.

Lo importante de la taxonomía de Rasmussen es que diferencia entre:

1. Conductas para las que se requiere razonar. Por ejemplo, cuando nos encontramos con una situación nueva o con un artefacto nuevo, o con un artefacto conocido pero del que no conocemos todo. Estas conductas habría que describirlas en el nivel basado en conocimiento.
2. Conductas para las que no se requiere razonar, que serían las que estarían en los niveles basados en reglas y en habilidades.

Estos tres niveles pueden distinguirse también por la forma como una persona interpreta la información del ambiente. Para ello es interesante considerar la distinción que Rasmussen (1983) hace entre «señales», «signos» y «símbolos». Las señales tienen una buena base perceptual porque son indicadores cuantitativos continuos de las condiciones espacio-temporales del ambiente. Por ejemplo, la distancia entre un coche y otro es una señal espacio-temporal cuando conducimos. Por su parte, los signos son también señales perceptuales del ambiente pero que son familiares y sobre todo arbitrarias. Nos indican el estado del ambiente, pero

por convención o por experiencia previa. Por ejemplo, la palabra «stop» escrita en un octógono rojo es un signo para un conductor. Finalmente, un símbolo es una estructura formal con significado que representa las propiedades funcionales del ambiente. Por ejemplo, cuando vamos conduciendo tenemos un conocimiento causal de las relaciones entre los componentes del coche que nos permite hacer un diagnóstico de una avería cuando oímos un ruido extraño. Este conocimiento está almacenado en nuestra memoria en una representación simbólica que llamamos modelo mental.

Esta distinción entre señales, signos y símbolos hace referencia a cómo la información es interpretada por un observador, no a cómo la infor-

mación es presentada. La misma información puede ser al mismo tiempo las tres cosas dependiendo de las expectativas, las intenciones o la experiencia del observador. Pero más importante que esto es resaltar que mientras que las señales y los signos tienen una base perceptual, los símbolos están basados en el significado de la información, no en su forma.

Consideremos ahora cómo se relacionan las señales, los signos y los símbolos con los tres niveles de control cognitivo. Para ello utilizaremos el ejemplo que se puede ver en la figura 1.3. En la imagen aparecen tres indicadores de flujo exactamente iguales. Pensemos en tres trabajadores que estén observando el indicador con diferentes ob-

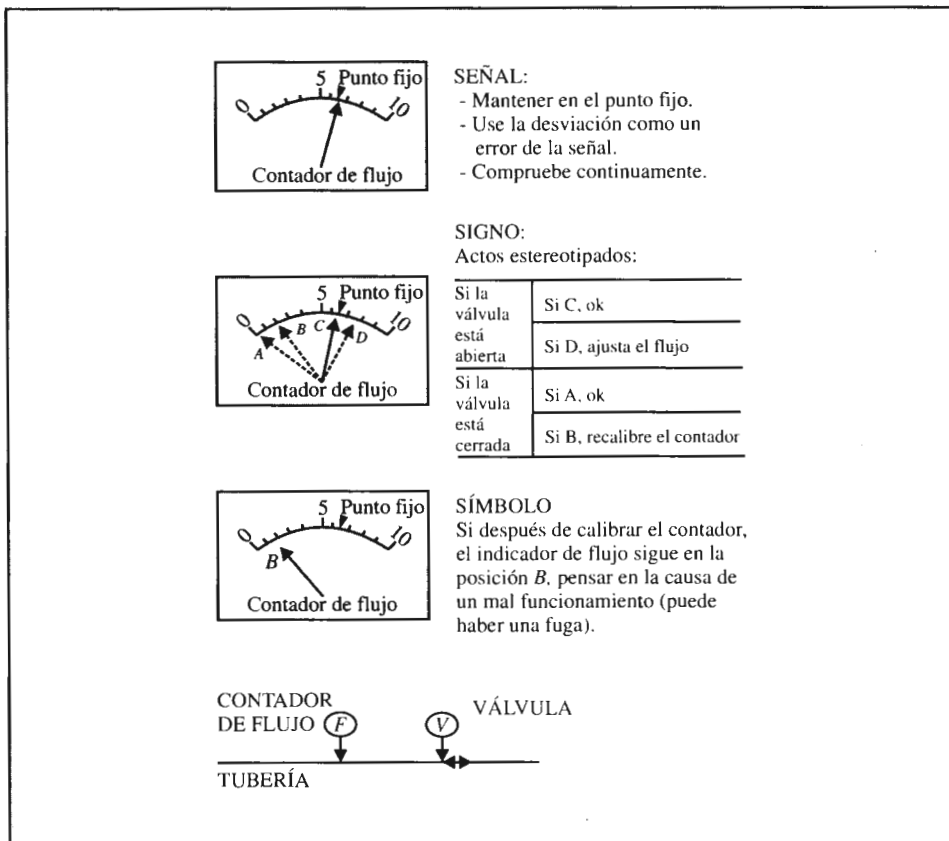


Figura 1.3.—Ejemplo utilizado por Rasmussen para distinguir entre señales, signos y símbolos.

jetivos. En el caso presentado en la parte superior de la figura el trabajador tiene que mantener la flecha en una posición que indica un determinado valor de flujo. Por tanto, la desviación entre el valor de flujo deseado y el que realmente hay es interpretada como una señal de error continua y cuantitativa, y el trabajador, basándose en una conducta al nivel de habilidad, tiene que ajustar el flujo.

En el caso que se muestra en el indicador central podemos ver la relación entre los signos y el nivel de conducta basado en reglas. Aquí el trabajador tiene que aplicar una serie de reglas dependiendo de los valores de flujo en cada momento. Por ejemplo, si la válvula está abierta, el valor C (*set point*) significa que todo está bien. Sin embargo, si el flujo está en el valor D hay que ajustar el flujo. Por tanto, el trabajador tendrá que interpretar el valor indicado como una clave perceptual que controla su conducta.

Finalmente, en el caso del indicador de la parte inferior de la figura, podemos observar la relación entre los símbolos y el nivel basado en conocimiento. Imaginemos que el trabajador ha intentado calibrar el indicador de flujo, pero éste está aún en la posición B. Interpretando el indicador como un símbolo, el trabajador aplica sus conocimientos sobre el área (modelo mental) para interpretar que es posible que exista una fuga en el circuito.

Volviendo al caso del mejor recuerdo mostrado por los expertos y utilizando la taxonomía de conductas de Rasmussen podemos integrar las dos teorías sobre expertos que hemos mencionado más arriba. Los modelos perceptuales y conceptuales son dos visiones alternativas de cómo ocurre el agrupamiento. Los modelos perceptuales se basan en el nivel basado en reglas. Los estímulos del ambiente (por ejemplo, las piezas del tablero que tienen que ser recordadas) son interpretados como signos porque corresponden a grupos de piezas que han sido encontradas frecuentemente en el pasado y que se han convertido en patrones perceptuales que permiten el agrupamiento realizado por procesos de reconocimiento. Por el contrario, los modelos conceptuales hacen referencia al nivel de control cognitivo basado en conocimiento. En este caso, las piezas en el tablero son interpretadas como

símbolos (estructuras de conocimiento) que corresponden a relaciones con significado entre ellas. Por tanto, el agrupamiento es posible gracias a un proceso de inferencia. Ahora bien, puesto que los dos niveles de control cognitivo pueden interactuar, es posible que la ventaja de los expertos pueda deberse a un agrupamiento llevado a cabo por procesos perceptuales y procesos conceptuales trabajando en combinación.

Consideremos ahora la interpretación de los resultados de un experimento acerca de la ventaja de los expertos sobre los novatos a la luz de este marco teórico. Ericsson y Harris (1990) llevaron a cabo un experimento donde novatos y expertos jugadores de ajedrez realizaron la tarea tradicional de estos experimentos en la que se les presentaba tableros con posiciones legales de las piezas que después tenían que recordar. Las posiciones, aunque legales, no correspondían a partidas con mucho significado. Después de realizar la tarea durante 50 horas, los novatos eran capaces de alcanzar niveles de recuerdo similares a los de los expertos. Este resultado ponía en duda la tantas veces replicada superioridad de los expertos sobre los novatos. Sin embargo, según Vicente y Wang (1998), no son resultados sorprendentes si consideramos que lo que había ocurrido era que los novatos habían llevado a cabo un extenso entrenamiento que les llevó a adquirir un buen nivel de control cognitivo basado en reglas y que les permitió ejecutar la tarea al mismo nivel que los expertos, quienes mantenían su buen recuerdo gracias a su mejor funcionamiento en los dos niveles, basado en reglas y basado en conocimiento.

Esta explicación haría suponer que si se diseñase un experimento en el que el material a recordar fuese nuevo tanto para expertos como para novatos y, sin embargo, tuviese significado sólo para los primeros, encontraríamos la superioridad de los expertos porque, entonces, la tarea tendría que realizarse desde un nivel de control cognitivo basado en conocimiento. Esto fue lo que hizo Vicente (1992) cuando llevó a cabo un experimento de memoria donde los sujetos tenían que recordar los detalles de una interfaz de una simulación de una central termo-hidráulica (DURESS II). Nin-

gún sujeto en el experimento había visto antes la interfaz. Pero la mitad de ellos eran expertos en la teoría termo-hidráulica, mientras que la otra mitad de ellos eran novatos en ese dominio. Los resultados mostraron, como el autor esperaba, que los expertos fueron mejores en el recuerdo que los novatos. La interpretación, consistente con la teoría ecológica, sería que la tarea tuvo que hacerse desde el nivel basado en conocimiento porque no era posible hacerlo desde el nivel basado en reglas, ya que no existían patrones perceptuales que pudiesen activarse.

En conclusión, con este ejemplo hemos querido mostrar la importancia que tiene el contexto y el material que tiene que ser procesado para evaluar la validez de una teoría cognitiva. Esta importancia es reconocida en la propuesta del sistema cognitivo conjunto. Por ello, los ergónomos cognitivos actuales defienden que las teorías deben ser validadas en el contexto del sistema cognitivo conjunto.

Ahora nos queda por entender cuál es el tipo de análisis que es necesario hacer de este sistema cognitivo conjunto. Pero antes de adentrarnos en ese tema debemos considerar cuál es el fenómeno que a la ergonomía cognitiva le interesa analizar.

### 1.2.2. El fenómeno ergonómico: la interacción

Al considerar al artefacto como un agente cognitivo que debe ser modelado al mismo nivel que el ser humano dentro del sistema cognitivo conjunto, la interacción entre los seres humanos y los artefactos se convierte en el fenómeno de estudio propiamente dicho de la ergonomía cognitiva. Según Venda, Trybus y Venda (2000), la interacción es un proceso que incluye los siguientes componentes y estados:

1. Un conjunto de estímulos pertenecientes al ambiente son presentados a la persona de una forma objetiva. Estos estímulos constituyen el input externo a los procesos cognitivos de la persona.

2. Los procesos perceptuales convierten este input externo en una representación interna para ser usada por otros procesos cognitivos.
3. El resultado del procesamiento cognitivo es un output externo que actúa sobre el ambiente.
4. El output externo de la persona (su conducta) modifica el ambiente, el cual tiene su propia dinámica interna que lo hace cambiar por sí mismo.

En esta descripción de lo que es interacción, los tres primeros componentes serían comunes a cualquier modelo de la psicología cognitiva. Sin embargo, como señalan Venda, Trybus y Venda (2000), lo que es especial de la ergonomía cognitiva es la insistencia en el cuarto componente y en el carácter cíclico del proceso. En cualquier modelo teórico de la psicología cognitiva, el interés termina en el output del sistema humano, es decir, en su conducta. Sin embargo, el resultado de la conducta sobre el ambiente es el inicio de otro ciclo. La conducta humana modifica el ambiente, el cual también puede cambiar autónomamente. Este cambio en el ambiente es a su vez el input de los procesos cognitivos humanos. Por tanto, el fenómeno que nos interesa es la interacción del ser humano con los demás elementos del sistema de trabajo y no el funcionamiento de los procesos cognitivos humanos aislados.

Esta interacción se realiza entre una persona y un artefacto, o entre una persona y otras personas a través de artefactos, y puede describirse a varios niveles. Cañas y Waern (2001) han propuesto un marco de referencia que permite describir la interacción en esos niveles haciendo hincapié en la relación entre procesos cognitivos y aspectos del ambiente (artefactos), y que podemos ver en la tabla 1.2. Las tres columnas de la tabla representan los tres aspectos a considerar por la ergonomía cognitiva. En la columna central tenemos los niveles de análisis. A cada nivel le corresponde un tipo de artefacto, presentado en la columna de la izquierda, y un tema dentro del nivel en que es estudiado, que podemos ver en la columna de la derecha.

TABLA 1.2

*Marco de referencia propuesto por Cañas y Waern (2001) para explicar los niveles de la interacción*

Artefactos	Niveles	Temas de interés para la ergonomía cognitiva
CMC, tal como e-mail, e-conferencias, MUD.	Sociocultural.	Organización, historia, cultura, trabajo a distancia, comunidades virtuales.
CSCW, <i>workflow</i> .	Cooperación.	Comunicación y coordinación.
Sistemas basados en conocimiento, sistemas de apoyo en la toma de decisiones individuales.	Procesamiento de la información compleja de un individuo.	Representación del conocimiento, interpretación, búsqueda, modelos mentales, toma de decisiones, solución de problemas.
Sistemas de presentación de datos (visuales, auditivos, táctiles, etc.), sistemas de output, manipulación directa.	Percepción individual.	Leyes de la Gestalt, atención, afrontamiento, lectura, comprensión auditiva.
Interacción motora, realidad virtual.	Sensorio-motor.	Diseño de instrumentos de input, <i>feedback</i> relacionado con el input, problemas físicos, náusea, interacción con el mundo real.

Comenzando de abajo arriba, el primer nivel con el que nos encontramos es el sensorio-motor. En este nivel la interacción es descrita desde el punto de vista de las características de los sistemas sensoriales y motores del ser humano. Para que pueda haber interacción es necesario que el output del artefacto, sea éste visual, auditivo o de cualquier otro tipo físico, sea captado por los receptores sensoriales humanos. De la misma manera, la respuesta humana se dará a través del sistema motor, y es necesario que el artefacto disponga de los sistemas de input necesarios para recogerla de la forma apropiada.

Los temas que a la ergonomía le interesan en este nivel son muy diversos e interesantes, algunos de ellos fáciles de adivinar. Por ejemplo, este es el nivel donde se consideran cuestiones como el uso del color en las pantallas de los ordenadores o el diseño de ratones y teclados. Sin embargo, hay otras aplicaciones actualmente que son de un enorme interés y que pertenecen a este nivel de

análisis. Por ejemplo, nos podemos interesar aquí por cómo las personas aprenden a adaptarse y usar cognitivamente un implante neuronal. Cuando una persona recibe un implante de un órgano motor artificial, una mano por ejemplo, sus acciones no vuelven a ser las mismas que antes, fundamentalmente porque no dispone de retroalimentación sensorial directa. Puesto que muchas funciones motoras son dependientes de la retroalimentación sensitiva, cualquier artefacto que compensa la pérdida de un órgano motor tendrá que ser diseñado teniendo esto en cuenta. Por ello, es un desafío para la ergonomía cognitiva considerar cómo podría diseñarse un tipo compensatorio de retroalimentación, cómo la gente puede aprender a manejar el artefacto así como su retroalimentación compensatoria, y los posibles efectos secundarios de tal retroalimentación. Otro posible ejemplo y que es de una enorme actualidad en este nivel es la «realidad virtual», donde a las personas se les proporciona una experiencia tridimensional del mundo y



donde al menos algunas acciones motoras son permitidas para cambiar la experiencia del mundo. Temas de interés para la ergonomía cognitiva son, por ejemplo, las sensaciones reales en el mundo virtual y las interacciones entre la realidad virtual y la realidad natural.

Subiendo un peldaño en la tabla nos encontramos con el nivel perceptual. Éste puede distinguirse del nivel sensorio-motor por el resultado de los procesos humanos, ya que en este último el resultado es una acción, mientras que en el nivel de percepción el resultado puede ser simplemente una experiencia de un objeto sin la manipulación del mismo. En este nivel podemos comenzar hablando de procesamiento de información simbólico. Los aspectos de los artefactos que son importantes en este nivel se relacionan con su rendimiento. Los aspectos cognitivos en ergonomía hacen referencia a cómo los objetos presentados por el artefacto (sobre la pantalla por ejemplo) son percibidos por el usuario. Por ejemplo, es importante saber si los objetos indican la acción pertinente de una manera unívoca, y cuáles son las interpretaciones que los objetos «afrontan». El concepto de *affordance* lo tomamos de Gibson (1979), y es útil para analizar la dificultad que un usuario tiene para comprender qué sucederá cuando ciertas acciones se desempeñan sobre ciertos objetos (véase también Norman, 1986).

Gran parte del trabajo en ergonomía cognitiva ha sido desarrollado en el nivel perceptual de la cognición. Por ejemplo, cuando estamos estudiando cómo la gente comprende los ítems en un menú, sean verbales, representados como iconos o contestando preguntas con respecto a cuánta información puede ponerse en la pantalla nos encontramos en este nivel. La atención necesaria para realizar una tarea, así como la sobrecarga de información, son aspectos que también son considerados en este nivel.

Los temas tratados en ambos niveles, el perceptual y sensorio-motor, son importantes cuando los usuarios trabajan con interfaces de gráficos (GUIS o Interfaces Gráficas de Usuario). Cuando se trabaja con una interfaz gráfica se deberían usar idealmente acciones «naturales», en el nivel sensorio-

motor, sin requerir la percepción consciente de los objetos que son manejados. Sin embargo, un nivel único raramente es suficiente para tratar un artefacto complejo, como los GUIS, que requieren también búsquedas perceptuales (busque un ítem del menú), o búsquedas conceptuales (ítems ocultos o de menú que presentan sólo un subconjunto de ítems).

En el siguiente nivel nos encontramos los temas que conciernen al procesamiento de información compleja individual. Los artefactos que son relevantes en este nivel son, por ejemplo, los sistemas de gestión del conocimiento, y los de apoyo para la toma de decisiones y la solución de problemas.

Los nuevos temas que son de interés en este nivel hacen referencia al conocimiento consciente de una persona, sus modelos mentales, del problema, el artefacto o la situación. Por ejemplo, es importante saber cómo se debe presentar el modelo conceptual de un sistema de ordenador para que el usuario pueda formar un modelo mental correspondiente que le permita trabajar correctamente con él (Cañas, Bajo y Gonzalvo, 1994). Para tomar decisiones y solucionar problemas las personas desarrollan «heurísticos», es decir, estrategias de procesamiento de información que les permitan solucionar problemas eficientemente (Newell y Simon, 1972).

La ergonomía cognitiva estudia cómo la gente puede comprender los conceptos y los principios usados en los sistemas de apoyos, resolver un problema o elaborar una decisión. Por ejemplo, los heurísticos de búsqueda usados por el ordenador pueden ser diferentes de los usados por el usuario humano. Es posible preguntarse entonces si será necesario que el artefacto sea transparente, es decir, que el usuario humano sea capaz de comprender los heurísticos de búsqueda que utiliza, o bien que sea suficiente que desempeñe correctamente algunos algoritmos no transparentes (Waern y Hägglund, 1997).

A continuación, nos encontramos con temas de mayor alcance cuando la gente coopera para desempeñar una tarea. Muchas tareas requieren la cooperación por razones de eficacia. Por ejemplo, en algunas ocasiones, a una persona le llevaría



demasiado tiempo tomar todas las decisiones sobre el diseño de un artefacto mecánico. Muchas tareas requieren la cooperación porque se necesitan los conocimientos de varias personas. Por ejemplo, el trabajo médico en un hospital utiliza las competencias de personal de laboratorio, la medicina, cirugía y la psiquiatría, algunas veces aplicadas a un único paciente.

En el nivel de equipos o grupos, el procesamiento de información individual tratado en los niveles inferiores debe considerarse desde el punto de vista de la comunicación y la coordinación que tienen lugar entre los participantes en una tarea. Por supuesto, el procesamiento del individuo es todavía importante, pero el resultado del procesamiento del equipo será diferente y dependerá de las interacciones dentro del equipo.

Los artefactos que sirven para la comunicación y la coordinación entran dentro de la categoría llamada, con sus iniciales inglesas, «CSCW» (apoyo por ordenador al trabajo en equipo), y pueden variar ampliamente, desde el apoyo simple de comunicación, tal como e-mail, a los sistemas complejos de apoyo a la coordinación, tal como sistemas de flujo de trabajo (*workflows*).

En este nivel, los temas de interés para la ergonomía cognitiva son, por ejemplo, estudiar cómo los sistemas CSCW afectan a los hábitos, estrategias o estilos de comunicación de las personas, cómo adaptar tales sistemas a la manera de trabajar que han desarrollado en un lugar de trabajo, y cómo permitirles organizar tareas flexiblemente y distribuir las tareas eficientemente.

Finalmente, el nivel con un alcance más amplio es el que se preocupa de los aspectos socioculturales de la cognición. En este nivel se reconoce que las acciones de las personas, así como sus expectativas, se construyen sobre una tradición histórica, donde las influencias sociales mutuas así como los artefactos que son usados conjuntamente juegan un papel importante. Los artefactos en este nivel pueden ayudar a construir una comunidad y a guardar la memoria histórica de ella. Por ejemplo, se discute actualmente cómo las personas que usan Internet de forma extensiva forman una «comunidad virtual» con efectos similares a

una comunidad en «la vida real», desde el punto de vista de tradiciones y expectativas, pero donde las reglas para interacciones y las acciones pueden ser distintas de ella.

En este nivel tan alto es discutible si podemos realmente afectar al diseño. Una comunidad no es «diseñada», se crea y desarrolla en un período largo de tiempo. Sus miembros pueden experimentar problemas y cometer errores, y ellos pueden por sí mismos intentar encontrar las maneras diferentes de superarlos. Las soluciones se dan basándose en acuerdos mutuos sin atender a consejos externos, contruidos sobre principios generales cognitivos o sociales.

Los temas de interés para la ergonomía cognitiva en este nivel tienen entonces más que ver con el análisis que con el diseño. Los métodos y los conceptos de la ergonomía cognitiva podrían ayudar a los participantes a reflexionar sobre sus prácticas y permitirles escoger las soluciones que favorecen sus metas y valores propios. Por ejemplo, algunos problemas pueden resolverse con una acción social pura, mientras que otros problemas podrían ser solucionados técnicamente (O'Day, Bobrow y Shirley, 1996).

Este marco de referencia, por tanto, nos ofrece tres o cuatro niveles donde la ergonomía cognitiva puede ofrecer explicaciones muy pertinentes. Aunque los niveles se solapan, algunos artefactos pueden ser considerados en un solo nivel. Un análisis en un nivel más alto no excluye problemas en otro diferente. Es obvio que las soluciones al nivel organizacional no sirven para resolver los problemas perceptuales y viceversa. Así, un alcance más amplio requerirá considerar también otros niveles.

### **1.2.3. Análisis cognitivo del sistema cognitivo conjunto**

La propuesta que hacemos desde la ergonomía cognitiva como estudio del sistema cognitivo conjunto consiste básicamente en ampliar el análisis cognitivo que se hace en psicología cognitiva para analizar cómo la información es procesada por todo el sistema formado por los seres humanos y los

artefactos dentro de un contexto socio-técnico determinado.

En psicología cognitiva la unidad de análisis ha sido tradicionalmente el individuo. El psicólogo cognitivo se ha hecho preguntas sobre los procesos que son responsables de la conducta individual de una persona. Por ello, en su investigación ha intentado explicar cómo la información es representada dentro del sistema cognitivo de una persona y la forma en que esta representación es transformada, combinada y procesada dentro del sistema (Simon, 1969). Sin embargo, es posible ampliar este esquema para estudiar unidades de análisis mayores que una persona individual, donde varias personas con varios artefactos tienen que interactuar dentro de un contexto social y técnico que crea unas determinadas condiciones para el procesamiento de la información e impone unas restricciones que deben ser respetadas por todos los miembros del grupo. Para ilustrar este punto utilizaremos un estudio realizado por Hutchins (1996) donde se puede ver cómo el esquema cognitivo puede aplicarse para analizar la forma en que los miembros de la tripulación de un avión comercial llevan a cabo tareas de memoria con la ayuda de un conjunto de artefactos. Tomando como unidad de análisis la cabina con todos los artefactos junto con los dos pilotos, Hutchins analiza cómo se memoriza la velocidad del avión antes de aterrizar, que es una tarea que tienen que realizar obligatoriamente los pilotos.

Las alas de los aviones están diseñadas pensando en la situación en la que se está volando a una velocidad grande. Sin embargo, cuando el avión está despegando o aterrizando, la velocidad del avión es pequeña, y entonces las alas son inapropiadas. A grandes velocidades las alas generan un **alzamiento** suficiente, pero a velocidades bajas el **diseño** de las alas no permite un **alzamiento** suficiente para mantener el avión volando. Para **corregir** esta situación los aviones disponen de unos **artefactos** llamados «tablillas» y «alas flexibles» que modifican la forma y el área de las alas.

Estas tablillas y alas flexibles están retraídas durante el vuelo y tienen que ser extendidas y **configuradas** cada vez que el avión va a aterrizar. La

configuración depende de la velocidad a la que el avión aterrizará y ésta, a su vez, dependerá de una serie de factores como la longitud de la pista, la velocidad del viento, etc. Por tanto, una tarea absolutamente necesaria que los pilotos tienen que realizar cada vez que se aproximan a un aeropuerto para aterrizar es calcular la configuración de las tablillas y las alas flexibles. Para realizar esta tarea los pilotos tienen que mantener en memoria la velocidad a la que va el avión y a la que debe aterrizar.

En estas condiciones, Hutchins se pregunta si esta tarea de recordar compete sólo a los pilotos o más bien es toda la cabina, los pilotos y todos los instrumentos a su disposición, la que tiene que «recordar». ¿Sería posible hacer un análisis cognitivo de un sistema cognitivo que llamaríamos «cabina del piloto»? Para contestar a esta pregunta Hutchins sugiere que pensemos en lo que define a un sistema cognitivo. Según la tradición de la ciencia cognitiva, un sistema cognitivo es un sistema en el que se representa y procesa información. Desde este punto de vista, Hutchins propone que es toda la cabina la que representa y procesa información y, por tanto, toda la cabina toma parte en la tarea de memorizar.

Para ver en más detalle esta propuesta de análisis consideremos, en primer lugar, que en la cabina hay dos personas. Una de ellas, el piloto, es la que tiene el control sobre los mandos del avión, y la otra, el copiloto, es la que controla la información que dan los indicadores, se comunica con la torre de control y tiene a su disposición unas tablas con los datos y las reglas para calcular las velocidades. La tarea que debe realizar es controlar la configuración del avión y así calcular los cambios en la velocidad requerida para maniobrar la aproximación y el aterrizaje. Las aletas flexibles y las tablillas son controladas posicionando los mandos de ambas. Estos mandos son controlados alineándolos con los indicadores escritos de las posiciones de las aletas y las tablillas que corresponden con las posiciones que comunica verbalmente al piloto que controla los mandos de vuelo. Los indicadores verbales son producidos en los momentos oportunos diciendo el nombre de la re-

gión en el indicador de velocidad donde se han colocado unas marcas (véase figura 1.4).

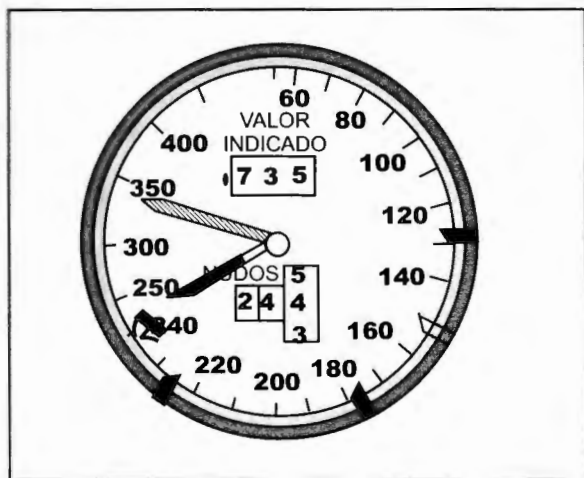


Figura 1.4.—Indicador de velocidad con las marcas señalando las velocidades a las que se deben configurar las alas y tablillas.

La preparación para el aterrizaje se hace calculando los datos necesarios y siguiendo los siguientes pasos en un período que dura de 25 a 30 minutos antes del aterrizaje:

1. Determinar el peso del avión y seleccionar la tarjeta apropiada en el libro de tarjetas de velocidades. El peso de un avión MD-80 se computa continuamente y se muestra en una parte del indicador de fuel (véase figura 1.5).
2. Colocar la tarjeta de velocidad en un lugar visible de la cabina.
3. Poner marcas de velocidad en el indicador de velocidad. Las marcas corresponden a lo que señalan las tarjetas.

En el primer paso, el copiloto necesita utilizar unos datos que relacionan las condiciones atmosféricas, el peso del avión y la velocidad de aterrizaje. Estos datos se encuentran disponibles de una forma permanente bien en unas tarjetas de plástico en forma de matriz como la que se puede ver

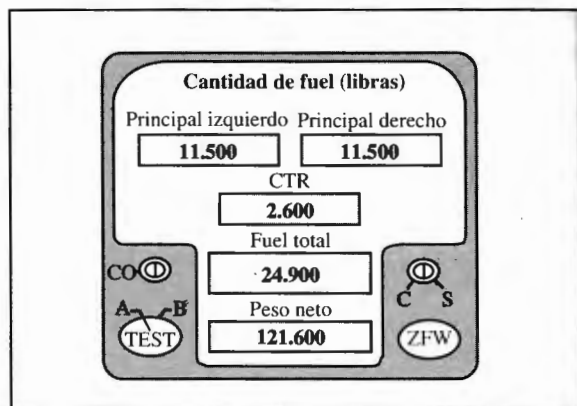


Figura 1.5.—Indicador de fuel en el que se presenta también el peso del avión en un momento determinado.

en la figura 1.6 o, en los aviones más modernos, en tarjetas individuales para cada peso, como se puede ver en la figura 1.7.

Por ejemplo, en el indicador de fuel que se muestra en la figura 1.5 podemos ver un peso de 121.600 libras. Según las tarjetas de las figuras 1.6 y 1.7 las marcas deben colocarse en el indicador de velocidad de la figura 1.4 de tal manera que cuando el avión llegue a 227 nudos, el piloto y el copiloto deben interpretar lo siguiente: a) 227 nudos es la velocidad mínima de maniobra sin las aletas y tablillas extendidas; b) 177 nudos es la velocidad mínima con tablillas, pero no con alas extendidas; c) 152 nudos es la velocidad mínima con alas a 15° y tablillas extendidas; d) 128 nudos es la velocidad de aterrizaje con las alas a 40° y tablillas extendidas. Cuando el avión se encuentra a unos 7.000 pies de altitud, el piloto debe reducir la velocidad hasta alcanzar la que se ha calculado para comenzar toda esta secuencia.

Por tanto, como podemos ver, el cálculo de la configuración de las alas y de las tablillas requiere el procesamiento de información sobre la velocidad del avión. Lo que necesitamos ahora es preguntarnos cómo ocurre este procesamiento considerando la cabina, los pilotos y los instrumentos mencionados como haríamos en la psicología cognitiva. Por ejemplo, podríamos preguntarnos sobre cómo las velocidades están re-

PESO NETO $\times$ 1.000 LIBRAS																					
	86	90	94	98	102	106	110	114	118	122	126	130	134	138	142	146	150	154	158	160	
0/RET Min Man	190	194	199	203	207	211	215	219	223	227	230	234	237	241	244	248	251	255	258	260	
0/EXT Min Man	148	152	155	159	162	165	168	171	174	177	180	183	186	188	191	194	197	199	202	203	
11/EXT Min Man	130	133	136	139	142	145	147	150	153	155	158	160	163	165	167	169	172	174	176	177	
15/EXT Min Man	128	131	134	136	139	142	144	147	149	152	154	157	159	162	164	166	169	171	173	174	
28/EXT Min Man	119	122	124	127	130	132	135	137	139	142	144	146	149	151	153	155	157	159	161	162	
40/EXT Min Man	115	118	120	123	125	128	130	132	135	137	139	141	144	146	148	150	152	154	156	157	
28/EXT Vref	111	114	116	118	121	123	125	128	130	132	134	136	138	140	142	144	146	148	150	151	
40/EXT Vref	107	110	112	114	117	119	121	123	126	128	130	132	134	136	138	139	141	143	145	146	

Figura 1.6.—Tarjeta con tabla de correspondencia entre pesos y velocidades para la extensión de las tablillas y alas durante el aterrizaje.

presentadas en la cabina, o la forma en que estas velocidades son transformadas, procesadas y coordinadas con otras representaciones en la operación de descenso y aterrizaje. En otras palabras, podríamos preguntarnos sobre cómo las velocidades son memorizadas cuando es necesario para configurar las alas de tal manera que mantengan

el avión en vuelo con todas las garantías de seguridad.

Podemos distinguir dos tipos de representaciones en la cabina. En primer lugar, tenemos las representaciones observables, que son: el indicador del peso del avión (figura 1.5), la tarjeta con las correspondencias entre peso, condiciones atmosféricas y velocidades (figuras 1.6 y 1.7), las marcas en el indicador de velocidad (figura 1.4) y las comunicaciones verbales entre el piloto y el copiloto. Estas comunicaciones se dan durante todo el tiempo, desde que comienzan a calcularse las velocidades hasta que ya están puestas las marcas y el copiloto tiene que ir dando los valores a medida que empieza el descenso. En segundo lugar, tenemos las representaciones no observables, que se encuentran en las mentes del piloto y del copiloto. Estas representaciones mentales humanas pueden considerarse como almacenamientos al mismo nivel que las representaciones que almacenan los demás instrumentos de vuelo.

¿Cuál es la memoria a largo plazo en la cabina? Evidentemente, la memoria a largo plazo en la cabina es el libro con las tarjetas con las correspondencias entre pesos, velocidades y las condiciones atmosféricas. Estas tarjetas son físicamente duraderas y no pueden ser destruidas. Si por alguna razón se pierden, existe otro juego de re-

### MANIOBRANDO

Tablillas/  
Alas    Velocidad  
0/RET - 227  
0/EXT - 177  
11 - 155  
15 - 152  
28 - 142  
40 - 137

### VREF

28/EXT - 132  
40/EXT - 128

122.000 libras

Figura 1.7.—Tarjeta con tabla correspondiente a 122.000 libras de peso con las velocidades para la extensión de las tablillas y alas durante el aterrizaje.

**puesto. Además, las normas de aviación no permiten que la tripulación las altere de ninguna forma.**

**¿Cómo se recupera la información de estas tarjetas? Para recuperar la información de estas tarjetas se utiliza como clave de recuerdo la información sobre el peso del avión que se encuentra en el indicador de fuel. Con esta clave se selecciona cuál es la velocidad que debe ser recuperada. La tarjeta apropiada para el peso que se está indicando se coloca en la cabina de una forma visible para que los dos miembros de la tripulación puedan usarla, tal como podríamos esperar que se recuperara y se pusiese la información en la memoria de trabajo individual de una persona en el análisis de la psicología cognitiva tradicional. La posición de la tarjeta en la cabina es tal que ambos, el piloto y el copiloto, pueden verla y comprobar que es la correcta. Además está colocada cerca del indicador de fuel, con lo que el piloto puede comprobar que el copiloto ha seleccionado la tarjeta correcta. Por tanto, se crea una memoria de trabajo compartida entre los dos miembros de la tripulación y las tarjetas.**

Las marcas en el indicador de velocidad son puestas por el piloto con los valores que le da el copiloto. Estas marcas tienen la función de servir de almacenamiento de información. Sin ellas, el piloto debe recordar la velocidad de aproximación durante el aterrizaje, leer la velocidad del aire y hacer todos los cálculos para conocer cuál es la velocidad de aproximación adecuada. Con las marcas ya no tendrá que leer el indicador de la velocidad del aire, calcular las velocidades de aproximación y recordarlas. Por tanto, lo que sería una tarea que requeriría memoria, lectura y razonamiento se convierte en una tarea de juicios espaciales porque el piloto sólo tiene que juzgar si la aguja ha sobrepasado una marca o no. Por tanto, las marcas, como ayudas de memoria, han modificado la tarea cognitiva, lo que muestra hasta qué punto no es posible analizar la situación solamente desde el punto de vista de los procesos cognitivos del piloto.

**¿Cuáles son las actividades cognitivas de los pilotos? La primera tarea que tienen que realizar es la de calcular las velocidades que corresponden a los pesos. Usando las tarjetas no tienen que re-**

**cordar estos datos, sólo tienen que seleccionar la tarjeta apropiada. Evidentemente, después de haberlo hecho muchas veces aprenden implícitamente los intervalos de pesos de tal manera que esta selección de tarjetas se hace cada vez más rápida.**

Una vez que la tarjeta apropiada ha sido seleccionada, los valores que se muestran en ella deben ser leídos. La lectura de estos valores se facilita en el diseño de las tarjetas poniendo las letras en mayúsculas y señalando los valores más importantes con una señal. Por ejemplo, el valor  $V_{ref}$  es importante, y podemos ver cómo en las tarjetas de las figuras 1.5 y 1.6 se pone con señales que lo diferencian de los demás valores. Evidentemente, la memoria de trabajo individual del piloto está implicada en esta tarea, como se ha demostrado en la frecuencia de errores de transposición (Norman, 1988; Wickens y Flash, 1988).

Cuando el piloto tiene que poner las marcas en el indicador de velocidad, debe llevar a cabo las siguientes actividades cognitivas: mantener el valor de velocidad en memoria, leer la escala de velocidades, localizar el valor en la escala (una tarea similar a la de localizar el peso en las tarjetas) y finalmente colocar manualmente las marcas. Como tienen que ponerse varias marcas que corresponden a varias velocidades, el piloto tiene varias estrategias posibles. Puede leer una velocidad y poner su marca, pero también puede leer varias velocidades y, manteniéndolas en su memoria de trabajo, poner las marcas sin tener que mirar cada vez a la tarjeta. La estrategia elegida dependerá de la carga en memoria de trabajo que tenga el piloto en ese momento, especialmente si está realizando otras tareas simultáneamente o no y puede repetir mentalmente los valores.

Indudablemente, las marcas en el indicador de velocidad implican que el piloto y el copiloto representan la información en un formato permanente de tal manera que no tienen que mantenerla en su memoria de trabajo. Además, cuando se comunican los valores verbalmente, tienen la posibilidad de verlos también en el indicador de velocidad y reducir de esa manera la posibilidad de un error debido a una mala audición por el ruido de la cabina.

Cuando se comienzan a utilizar las marcas de velocidades podemos observar lo siguiente: las marcas muestran espacios en el indicador que corresponden a las velocidades a las que se deben configurar las alas flexibles y las tablillas. Por tanto, el piloto no sólo tiene que percibir las marcas, también tiene que interpretarlas y darle significado en términos de configuraciones de las alas y las tablillas. Es decir, aunque con las marcas no es necesario que el piloto recuerde las velocidades, sí debe recordar las configuraciones que corresponden a cada velocidad.

Hutchins señala cómo estas marcas forman lo que Luria (1979) llamaba un «sistema funcional». Un sistema funcional es una constelación de estructuras, algunas internas del ser humano y otras que son externas a él, que están implicadas en algunas tareas que se realizan frecuentemente. Estas señales son también llamadas por algunos «ayudas de memoria» (Norman, 1991). Sin embargo, Hutchins señala que no son realmente ayudas de memoria porque no sirven realmente para mejorar la memoria del piloto. La función de estas marcas es la de mejorar la memoria de la cabina. En una cabina sin las marcas, la función de recordar las velocidades corresponde a la memoria del piloto. En una cabina con las marcas, la función de memorizar las velocidades ya no corresponde al piloto, quien tiene sin embargo que realizar otra tarea cognitiva que no tendría que hacer sin las marcas, leerlas e interpretarlas en términos de configuraciones de las alas y tablillas. Por tanto, lo que ocurre al introducir las marcas en el diseño de la cabina es que redistribuyen las funciones cognitivas entre las personas y los artefactos. Puesto que la memoria de trabajo de las personas está sujeta a errores, las marcas, que pueden ser consideradas como memoria a largo plazo porque son permanentes, mejoran la memoria de cabina, no la memoria del piloto, ya que las marcas eliminan la necesidad de memorizar las velocidades. El piloto sin marcas debe memorizar las velocidades y leer la escala en el indicador de velocidades. Con las marcas no necesita ni siquiera leer las velocidades en el indicador. Con las marcas, la tarea se con-

vierte en una tarea de juicios de proximidad espacial.

Este punto es esencial para comprender por qué Hutchins está proponiendo que consideremos como unidad de análisis la cabina, el sistema sociotécnico, y no el sistema cognitivo humano, en ergonomía cognitiva. La memoria en la psicología cognitiva se considera una función interna del individuo. Sin embargo, las tareas de memoria que se realizan en la cabina del avión tienen que ser consideradas desde el punto de vista de un sistema funcional que en ergonomía cognitiva se llama un sistema cognitivo conjunto, que trasciende al individuo. Esas tareas son llevadas a cabo tanto por los individuos como por los artefactos que componen el sistema. Las velocidades son recordadas sólo parcialmente por los individuos que están en la cabina. También son representadas y recordadas por los artefactos. Cuando se tiene que decidir si la velocidad a la que va el avión en un momento determinado es rápida o lenta, el juicio se puede hacer comparando la velocidad con los datos que hay en la memoria del piloto o con las marcas que hay en el indicador. Por tanto, no podemos considerar que la tarea de memorizar del piloto sea sólo la recuperación de información de su memoria a largo plazo. Un análisis cognitivo correcto de esta tarea de memorizar debe hacerse considerando que la información está almacenada tanto en la memoria del piloto como en la del copiloto y, sobre todo, en los artefactos que utilizan. Por ello, en ergonomía cognitiva se considera que una tarea cognitiva como ésta se lleva a cabo por todo el sistema, pudiendo observar una continua interacción entre personas y artefactos.

El hecho de considerar que la unidad de análisis apropiada de la ergonomía cognitiva es el sistema cognitivo conjunto ha abierto el camino a un conjunto de corrientes de pensamiento que han sido ignoradas por la psicología cognitiva tradicional. Entre ellas destaca por su importancia la Teoría de la Actividad, que tiene sus raíces en la tradición de la psicología soviética, caracterizada por su focalización en los efectos socioculturales sobre el pensamiento humano y la acción, así como por su fundamentación en el pensamiento mate-



rialista en lugar de idealista (véase Leontev, 1978). La Teoría de la Actividad es considerada hoy en día seriamente como un punto de partida prometedora para los investigadores en HCI y CSCW (véase Nardi, 1996). Los conceptos introducidos por la Teoría de la Actividad requieren un cambio de perspectiva de lo individual a lo colectivo y son útiles para estructurar una situación de trabajo compleja donde las personas cooperan unas con otras y utilizan herramientas. Según esta teoría, no es posible dar una explicación significativa de tales situaciones de trabajo tomando a la persona individual como punto de partida.

Una de las ideas centrales de esta teoría, tal como fue elaborada por Leontev (1978), es que la unidad de análisis apropiada para estudiar la conducta y la cognición humanas es la actividad. Una actividad es la unidad significativa más fundamental de las acciones humanas. Usando el concepto de actividad es posible evitar la distinción entre conciencia y conducta y, por tanto, entre acciones internas y externas, una distinción que es común en la ciencia cognitiva y la ergonomía cognitiva tradicionales. Dentro de la Teoría de la Actividad, un pensamiento es a una acción lo que el pensamiento de las manos es al pensamiento de abrir un libro. Los pensamientos sin acciones externas son considerados acciones interiorizadas, similares pero diferentes de las correspondientes acciones externas. Los pensamientos internos son considerados habla interiorizada (Vygotsky, 1978). Los procesos van de externos a internos, más que en la dirección contraria. Por tanto no podemos asumir que existe pensamiento antes de las acciones, ni pensamientos dirigiendo las acciones. Se niega toda concepción idealista.

Si atendemos simultáneamente al contexto de las acciones y al contenido de la conciencia nos tendremos que replantear el alcance que tiene el contexto. Según la Teoría de la Actividad, este alcance puede ser más amplio que el que se considera tradicionalmente en la ciencia cognitiva. Un contexto importante es el social, incluyendo la comunicación con otras personas y el contexto cultural en el cual la persona está situada. El con-

texto cultural también incluye la historia de los artefactos, las acciones y las personas.

Consideremos ahora el análisis del sistema cognitivo desde el punto de vista de cuál es la actividad que realizan los seres humanos y los artefactos conjuntamente. Desde este punto de vista podemos comprobar que la introducción de un nuevo artefacto modifica la actividad, y la modificación de la actividad cambia la forma como el sistema cognitivo conjunto procesa la información. Un ejemplo de este proceso lo podemos ver en una investigación llevada a cabo por Lanzi y Marti (2002) sobre un problema que está siendo considerado recientemente en el ámbito del control del tráfico aéreo, la sustitución de las tiras de papel por otras herramientas automatizadas para facilitar el trabajo de los controladores.

La idea que se propone desde la Teoría de la Actividad es que debemos considerar que la forma como una persona manipula el material de trabajo (artefacto) no es incidental con respecto a su cognición, sino que es parte de sus procesos de pensamiento, parte de su sistema cognitivo. Los recursos externos e internos de una persona están tan profundamente relacionados que el material de trabajo no es solamente un estímulo para los procesos cognitivos, es también parte del sistema cognitivo conjunto. El material de trabajo está integrado en la forma como una persona percibe el mundo, controla las actividades y desarrolla su conocimiento de la situación. Por tanto, la introducción de un nuevo artefacto en la situación de trabajo modifica la forma en que una actividad se lleva a cabo.

Durante décadas la actividad de los controladores ha estado basada en un ambiente de trabajo muy consolidado y seguro, donde la relación entre los trabajadores está mediada por unas tiras de papel donde se escriben los datos sobre un avión que se está controlando (véanse figuras 1.8 y 1.9). Las tiras están insertadas en unos soportes y éstos a su vez están colocados horizontalmente en un tablero.

Estas tiras de papel son el centro de todo el sistema cognitivo conjunto porque los controladores las están moviendo continuamente hacia arriba y



Figura 1.8.—Sistema con tiras de papel utilizadas por los controladores aéreos.

hacia abajo en el tablero para representar visualmente los estatus de los aviones y las relaciones entre ellos. Los estudios de campo (Fields, Wright, Marti y Palmonari, 1998) han demostrado que los controladores perciben la representación bidimensional y estática de las tiras en el tablero como una representación tridimensional y dinámica de las progresiones de los aviones hacia un área definida del espacio aéreo. Además, la forma como se manipulan estas tiras de papel define los diferentes roles de los controladores y la distribución de las tareas entre ellos. Los roles están definidos por el tipo de tira de papel usado, la acción que se hace con él y lo que se escribe en él. Por ejemplo, el controlador asistente es el que hace marcas en las tiras y se las pasa al controlador, que es quien las ordena.

Desde unos años a esta parte, este sistema basado en las tiras de papel se quiere sustituir por otro debido a dos de sus características que com-

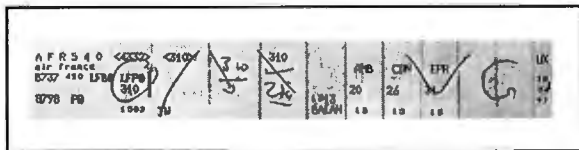


Figura 1.9.—Ejemplo de tira de papel utilizada por los controladores aéreos.

plican su mantenimiento. Estas limitaciones son que la información está basada en el papel y que la coordinación tiene que llevarse a cabo a través del teléfono o manualmente. Esto hace que los factores temporales se conviertan en importantes cuando aumenta el tráfico aéreo. Lleva tiempo rellenar las tiras y manejarlas en el tablero. Además, la información que hay en las tiras tiene que ser combinada con la que los controladores están viendo en el radar. Esta combinación de información, por ejemplo para proyectar la trayectoria futura de un avión, tiene que hacerla el propio controlador, quien tiene que estar cambiando su atención continuamente de las tiras al radar y al contrario (véase figura 1.10).

Por esta razón, actualmente se está llevando una intensa actividad investigadora, tanto en Europa como en Estados Unidos para encontrar un sistema que sustituya a las tiras de papel. De esta manera se están comparando las ventajas e inconvenientes de los siguientes sistemas alternativos: 1) sistemas con tiras electrónicas, que contienen la misma información que las tiras de papel pero tienen la ventaja de poder comunicarse directamente con los radares; 2) sistemas sin tiras donde los controladores tienen ordenadores que reciben la información directamente y con los que interactúan con los sistemas de input estándares (teclado y ratón), y 3) sistemas con tiras semi-electrónicas. Sin embargo, después de años de investigación



Figura 1.10.—Controladores aéreos trabajando con un sistema basado en tiras de papel.



tanto en Europa como en América, no existe una alternativa universalmente aceptada, y nos encontramos con una situación donde casi cada aeropuerto tiene un sistema distinto, sobre todo en Europa. Los resultados de estas investigaciones no han sido capaces de mostrar cuál es el mejor sistema.

Según Lanzi y Marti (2002), la razón de esta situación hay que buscarla en la imposibilidad de comparar sistemas sin tener en cuenta que la actividad de los controladores es diferente con cada sistema. La cuestión no es cuál de los sistemas propuestos es mejor desde el punto de vista de la eficiencia del software. La cuestión es saber cómo cada alternativa propuesta necesita ir acompañada por un cambio en la forma como los controladores realizan su trabajo.

Los estudios de campo han demostrado que los controladores que trabajan con las tiras de papel tienen un mapa mental del tráfico aéreo. Esta representación es dinámica y tridimensional, se construye con la información combinada de las tiras y de radar respectivamente, contiene todo el tráfico aéreo tanto presente como futuro, y es compartida por todos los controladores. Por ejemplo, el controlador que planea y el controlador que ejecuta las acciones tienen la misma representación porque ambos usan los mismos artefactos, las tiras y los radares. Además se ayudan mutuamente para estructurar correctamente esta representación mental. Por ejemplo, cuando el controlador que está haciendo la planificación retira una tira del tablero, la pone delante de los ojos del controlador ejecutor para hacerle saber que lo está haciendo, algunas veces diciendo en voz alta al mismo tiempo algo así como «estoy retirando la tira del avión tal».

En los sistemas sin tiras cada controlador tiene su propia pantalla y se reduce esa colaboración y la posibilidad de crear una representación mental común. Cada controlador tiene su propio mapa mental que puede no coincidir con el de los demás. Los autores citan un ejemplo de una situación crítica que analizaron en la que dos aviones corrían el riesgo de chocar y que muestra cómo la actividad de los controladores cambia cuando se introduce un nuevo artefacto, cambiando el sistema cognitivo conjunto en su totalidad. Con el sis-

tema de tiras los dos aviones estaban en la misma región del mapa mental de los controladores, mientras que en el sistema sin tiras los aviones estaban en diferentes regiones del mapa mental de cada uno de los controladores.

La misma idea puede ser ejemplificada con una situación que es común a muchos investigadores que en la actualidad utilizan programas estadísticos con gráficos para analizar sus datos. Es normal en esta situación que los datos sean sometidos a muchos tipos de análisis hasta encontrar una interpretación que vaya en consonancia con las hipótesis de partida. Después de cada análisis, el investigador suele representar los datos en un gráfico utilizando un formato de entre los muchos que el programa ofrece como opciones. Cada gráfico es almacenado en la memoria del investigador mientras evalúa la validez de la interpretación. De esta manera, podemos decir que la representación cognitiva de los datos está simultáneamente en la mente del investigador y en la interfaz del ordenador. Si el investigador cambia el formato del gráfico cambiará simultáneamente la representación en su memoria y, lo que es más importante, la interpretación que hace de esos mismos datos. Por tanto, no podemos analizar la representación mental desde el punto de vista del sistema cognitivo humano sin considerar la representación mental desde el punto de vista del artefacto, porque ambos forman parte de un sistema cognitivo conjunto. Visto de esta forma, tendremos que decir que la interpretación de los datos, que es el objeto del procesamiento cognitivo que se lleva a cabo, es realizado por todo el sistema cognitivo conjunto y no sólo por el sistema cognitivo humano.

El concepto de sistema cognitivo conjunto no es ajeno a un intenso debate que se está dando actualmente dentro de la propia psicología cognitiva. Algunos autores están proponiendo desde hace algunos años que debemos considerar el ambiente como parte del sistema cognitivo (Beer, 1995, 2000). Aunque la idea no es compartida por todos los autores, es innegable que está recibiendo una importante atención. En palabras de uno de sus oponentes, Wilson (2002), la propuesta parte de considerar que existen dos tipos de sistemas, los «facultativos» y los «obli-

gados». Un sistema facultativo sería aquel que cambia cuando las condiciones cambian, mientras que un sistema obligado sería más o menos independiente de los cambios en el ambiente que le rodea. Aunque ningún psicólogo cognitivo defendería una versión fuerte de sistema obligado para describir el sistema cognitivo humano, lo que algunos están defendiendo, y que estaría en línea con la propuesta de sistema cognitivo conjunto, es la postura que Wilson (2002) llama la «mente-más-la situación». Es decir, se consideraría que el sistema cognitivo humano tiene unas características más o menos permanentes, pero que para explicar su conducta completamente es necesario tener en cuenta el ambiente. Sobre todo si queremos hacer predicciones sobre cómo el sistema se comportará en una situación determinada es totalmente necesario considerar las características de esa situación. Tomando un ejemplo usado por la propia Wilson (2002) podemos pensar en el hidrógeno. Evidentemente, el conocimiento científico sobre el hidrógeno se basa en lo que hemos descubierto sobre su estructura atómica, pero para conocer cómo se comporta ante otros elementos químicos este conocimiento no es suficiente.

### 1.3. EL VALOR EPISTEMOLÓGICO DEL DATO EMPÍRICO EN ERGONOMÍA COGNITIVA

La investigación que realizan los ergónomos cognitivos debe hacerse en condiciones en las cuales es muy difícil, y en muchos casos imposible, usar los métodos tradicionales de investigación en laboratorios. Por esta razón están forzados a adaptar sus métodos y técnicas de investigación y a desarrollar nuevos métodos en función de las condiciones en las que trabajan. Esto, que puede considerarse un inconveniente, puede ser una oportunidad maravillosa para incorporar a la psicología métodos nuevos que permitan llegar a situaciones más reales y ecológicas.

El objetivo de la ergonomía es establecer principios de diseño que permitan diseñar sistemas cognitivos conjuntos. Un principio de diseño en ergonomía cognitiva es una teoría que prescribe

una forma de ejecución humana a través de una o varias intervenciones en el diseño (Vicente, 1999). Para establecer los principios de diseño se utilizan un conjunto de métodos de investigación, todos ellos comunes a otras disciplinas científicas, pero que en ergonomía cognitiva adquieren un carácter o formato específico debido a las características especiales de esta disciplina.

En este apartado revisaremos los cuatro métodos que han sido propuestos, haciendo un análisis comparativo entre ellos para establecer cuándo y para qué problema es apropiado cada uno. También trataremos en este apartado un problema especial con el que nos encontramos en la investigación en ergonomía cognitiva, el problema de la complejidad del estímulo y de la respuesta. Finalmente, consideraremos un problema que ha sido discutido ampliamente en la psicología cognitiva en los años recientes y que tiene relación con los planteamientos epistemológicos de la ergonomía cognitiva actual. El problema al que nos referimos es el de la validez ecológica de la investigación en psicología cognitiva.

#### 1.3.1. Método etnográfico

El método etnográfico es usado en sociología y consiste en una inmersión del investigador en la situación estudiada con el objeto de describir y explicar los fenómenos observados. Se hace hincapié en la observación relativamente libre de teoría y en no necesitar métodos «cuantitativos» para describir lo observado. Es una adaptación de los llamados «etnométodos» (Garfinkel, 1967) que surgen para reemplazar a los métodos basados en entrevistas y cuestionarios. Estos últimos pierden aspectos importantes de la tarea, los relacionados con el conocimiento implícito de los trabajadores (usuarios) que está ligado a las rutinas, los juicios intuitivos y las adaptaciones de las personas a las situaciones. Puesto que este conocimiento es inconsciente y está detrás de respuestas rápidas en tareas reales, las personas tienen dificultades para hacerlo explícito en cuestionarios y entrevistas. Además, los cuestionarios y entrevistas sue-