

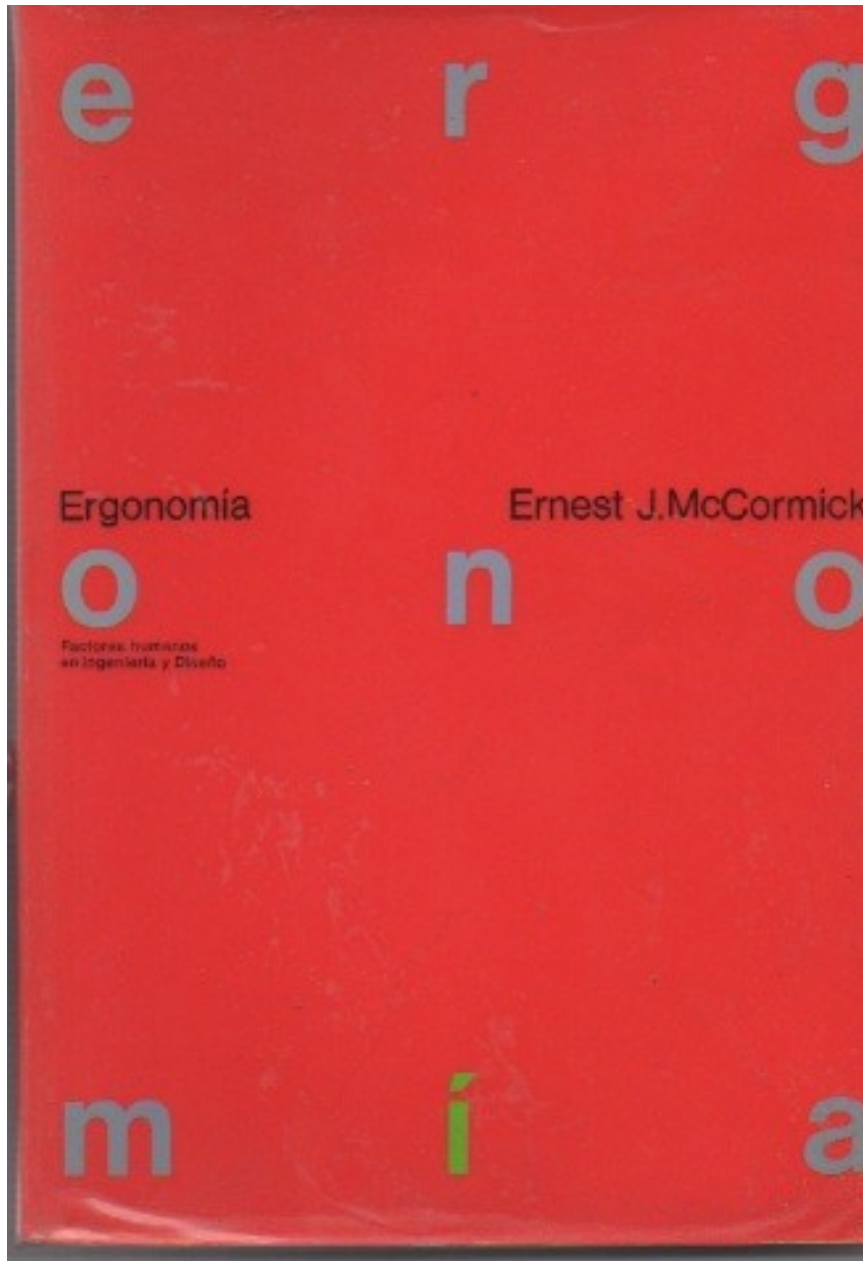
Universidad Autónoma del Estado de México

Secretaría de Docencia

Dirección de Estudios Profesionales

Coordinación de Desarrollo Curricular

UAEMex. FAD. DI. Utrilla, Santamaría, Victoria.



Índice

Prólogo	9	Referencias	416
Primera parte: Introducción	13	Apéndice A. Relación de siglas	441
1. Los seres humanos en el mundo	15	Apéndice B. Instrumentos de control	442
del hombre		Apéndice C. Bibliografía selecta	447
2. La base de datos en los factores	27	Índice onomástico	459
humanos		Índice de conceptos	465
Segunda parte: Input de información			
y proceso de mediación	39		
3. Input de información y procesos	41		
4. Displays visuales	65		
5. Displays auditivos y táctiles	107		
6. Comunicación verbal	131		
Tercera parte: El output humano			
y los procesos de control	147		
7. Las actividades humanas:			
su naturaleza y efectos	149		
8. Control humano de los sistemas	165		
9. Controles, herramientas			
e instrumentos afines	215		
Cuarta parte: Espacio de trabajo			
y distribución	237		
10. Ergonomía aplicada y espacio			
de trabajo	239		
11. Espacio físico y distribución	253		
Quinta parte: Entorno	279		
12. Iluminación	281		
13. Condiciones atmosféricas	293		
14. Ruido	322		
15. El hombre en movimiento	326		
16. El entorno vital: Las características			
físicas	359		
17. El entorno vital: Servicios y ayudas			
relacionados con él	361		
Sexta parte: Visión general	401		
18. Resumen de los datos			
de los factores humanos	403		

7

3. Input de información y procesos

A nosotros, los mortales, se nos bombardea continuamente con estímulos de nuestro propio medio ambiente, estímulos que consisten en varias formas de energía a las que nuestros órganos sensoriales son receptivos. La interpretación de tales estímulos (es decir, la información que nos transmiten) generalmente es una función de nuestros procesos perceptivos y de nuestras asociaciones selectivas (como aprender el alfabeto). Nuestra noción común de información se refleja en ejemplos diarios, como los que leemos en los periódicos o vemos en la TV, la factura de reparación del automóvil, el cobilleo tras la valla del estadio, y los señales de carretera. Sin embargo, podemos situar la «información» en un marco de referencia mucho más extenso, que comprende el traslado de energía con implicaciones significativas en cualquier situación dada (como puede ser un conductor que se «comunica» en su coche por medio de los mecanismos de control), notar la temperatura del aire por medio de la gente o de los termómetros, y las conexiones mecánicas o hidráulicas o servoconexiones de varios tipos de equipo. De este modo, podemos representar como información lo que fluye a lo largo de calles de doble sentido e implica al hombre, los diferentes componentes físicos con los que éste actúa recíprocamente, y el medio ambiente, de la siguiente manera:

- Hombre ↔ Hombre
- Hombre ↔ Componentes físicos
- Hombre ↔ Medio ambiente
- Componentes físicos ↔ Componentes físicos
- Componentes físicos ↔ Medio ambiente

Fuentes y caminos de los estímulos

Para la gente, el input de estas acciones recíprocas es, por supuesto, la «información» recibida a través de sus órganos sensoriales. En realidad, no recibimos la información como tal por los sentidos; son más bien nuestros mecanismos sensoriales los que son sensibles a ciertos estímulos que, a su vez, nos envían el significado. Los estímulos pueden ser diversas formas de energía, como la luz, el sonido, el calor o la presión mecánica. Sin embargo, al considerar el flujo de información humana y del proceso consiguiente, nos percatamos de los diferentes tipos de fuentes de información (estímulos), de los caminos de la información y de las variaciones en la forma de la información que puede fluir entre la fuente y el receptor. Quizá la fuente más típica (los estímulos vienen del centro, al queremos usar ese término intelectual) es algún objeto.

conocimiento o condición ambiental. La información de estas fuentes originales puede llegarnos directamente (como puede ser a través de la observación directa de un avión), o puede llegarnos indirectamente a través de algún mecanismo mediador o aparato (como puede ser un radar o un telescopio). En cualquier caso, los estímulos distantes del centro son percibidos por el individuo únicamente por medio de la energía que generan (directa o indirectamente) a través de los estímulos próximos (luz, sonido, energía mecánica, etc.). En el caso de la percepción indirecta, los nuevos estímulos distantes del centro pueden ser de dos tipos. En primer lugar, pueden ser estímulos codificados, como las representaciones visuales o auditivas. En segundo lugar, pueden ser estímulos reproducidos, como los presentados por la TV, radio o fotografías, o a través de aparatos tales como microscopios, visoradores de estereofilm, binoculares y aparatos para ciegos. En tales casos, la reproducción puede ser modificada de alguna forma intencionada o involuntaria, por ejemplo, por aumento, miniaturización, amplificación, filtración o realce. Tanto en los estímulos codificados como en los reproducidos, los nuevos o transformados se convierten en los estímulos reales, distantes del centro de los receptores sensoriales humanos. La figura 3-1 ilustra de una manera esquemática los diferentes caminos de la recepción de la información hasta el individuo, tanto directa como indirectamente.

Por lo que concierne al aspecto del diseño en los factores humanos, entra en el proceso cuando las circunstancias de la estimación indirecta lo requieren, ya que es en estas circunstancias cuando el diseñador puede concebir representaciones con las que presentar información a la gente. Display es un término que se aplica virtualmente a cualquier método debido al hombre para presentar información: una señal de tráfico en una autopista, una radio familiar, o una página con signos Braille. El input de información humana y las operaciones del proceso, dependen, por supuesto, de la recepción sensorial de los estímulos pertinentes (como la de las representaciones), pero también de los procesos perceptivos y de aprendizaje. En otras palabras, es necesario que los estímulos sensoriales sean reconocidos correctamente por el receptor, y que su significado sea entendido. Si el estímulo es algún tipo de símbolo codificado (como una luz roja), es necesario que su significado sea entendido (en este caso, detenerse).

En el diseño de algunos sistemas, las circunstancias pueden requerir la determinación de si el input de información dado o la función del proceso lo puede realizar mejor un individuo o algún componente físico de un sistema.

En este capítulo se tratará de ciertos factores humanos que pueden ser relevantes para las consideraciones de diseño relacionadas con la recepción

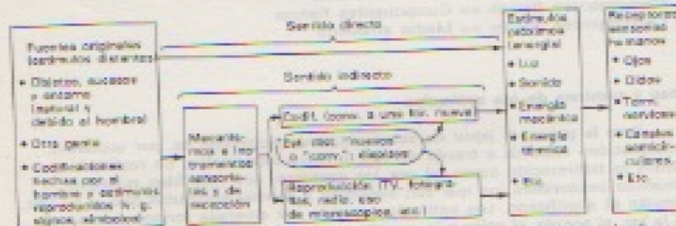
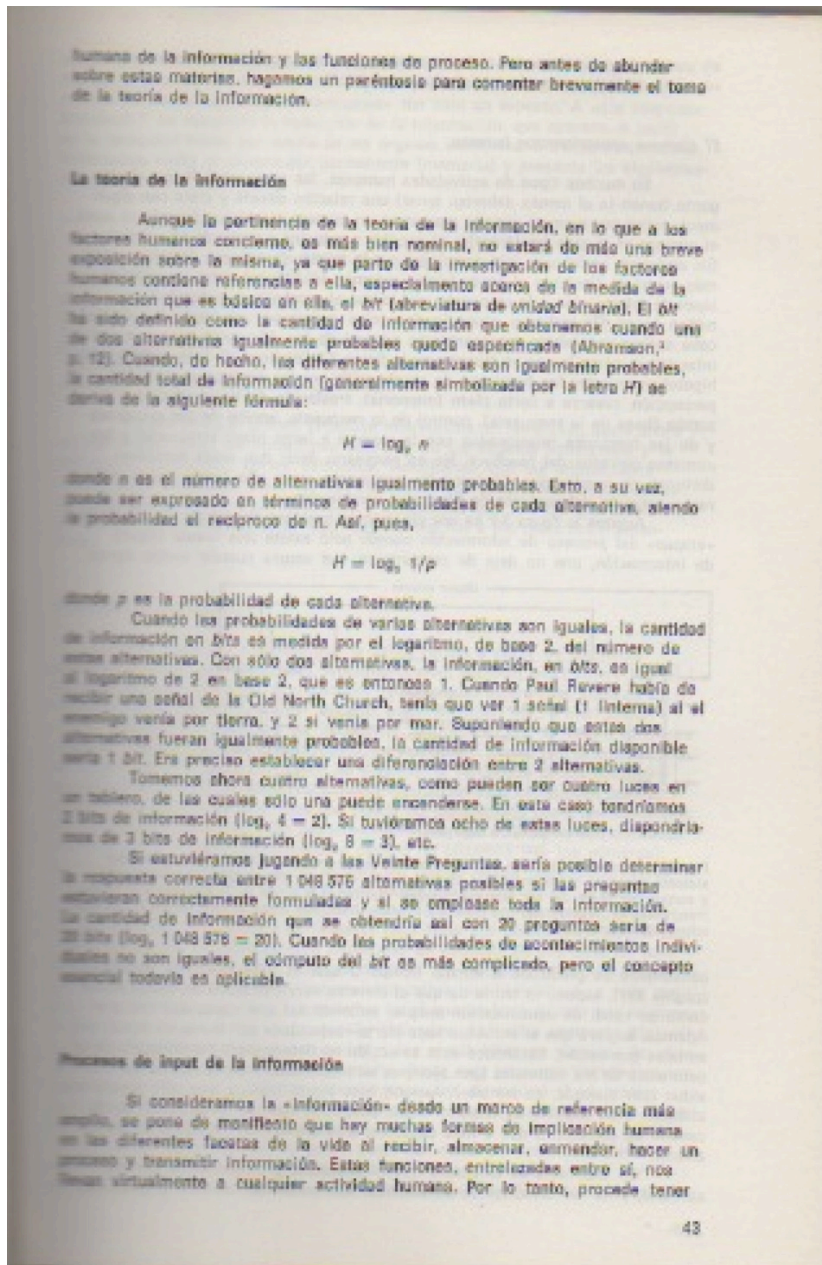


Fig. 3-1. Ilustración esquemática de los caminos que sigue la información desde sus orígenes hasta los receptores sensoriales. (Aunque, por lo general, la fuente física original, es un objeto, suceso, condición, el entorno, etc., en algunas situaciones la fuente original efectiva para el individuo consiste en algún tipo de codificación hecha por el hombre o en estímulos reproducidos: el personal de tránsito, por ejemplo, utiliza comúnmente símbolos registrados que, con finalidad puramente práctica, son sus estímulos «originales» distantes.)



en cuenta la naturaleza del sistema sensoriomotor humano para ver cómo el «caudal» de la información se relaciona con aquél.

El sistema sensoriomotor humano

En muchos tipos de actividades humanas, las respuestas físicas de la gente tienen (o al menos deberían tener) una relación directa y clara con algún input, como por ejemplo cuando marcamos un número telefónico (siendo el input el número en la pesta telefónica) o al escribir a máquina a partir de un original. Sin embargo, en labores más complejas puede existir un proceso de información más completa (incluido el hacer juicios y tomar decisiones) entre la etapa de input de información y la respuesta real, como al conducir un automóvil con tráfico denso. Sin embargo, concibiendo a tales variaciones una cierta complejidad, cabe aplicar una misma representación general de los diferentes procesos que intervienen, como la que se muestra en la figura 3-2 (Welford¹³). Este organigrama hipodélico muestra las funciones de aprehensión por los órganos sensoriales, percepción, reserva a corto plazo (memoria), traslación de la percepción a la acción (base de la respuesta), control de la respuesta, acción de los cuádriceps y de las funciones relacionadas con la reserva a largo plazo (memoria) y los circuitos cerrados del Hebbcock. No es necesario decir que estas funciones distintas no pueden ser diferenciadas netamente, pero sí puede servir como representación del conjunto de funciones combinadas.

Aunque la figura 3-2 es una plasmación bastante directa de las diferentes «etapas» del proceso de información cuando sólo existe una fuente (input) de información, uno no deja de preguntarse qué ocurre cuando varían inputs

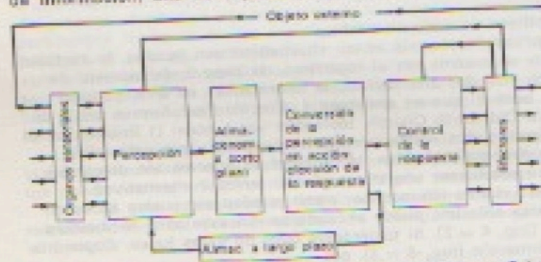


Fig. 3.2. Representación del sistema sensoriomotor humano. Cabe contemplar este sistema como si representase la secuencia de input de información, procesamiento y output por parte del ser humano. [Según Welford,¹³ p. 8, en A. T. Welford y J. E. Blinn, *Behavior, Ageing and the Nervous System*, 1985. Por cortesía de Charles C. Thomas, editor, Springfield, Illinois.]

sensoriales se producen al mismo tiempo o casi. A esto respecto, Broadbent⁴ (página 297), expone la teoría de que el sistema nervioso actúa en cierto modo como un canal de comunicación simple, teniendo así una capacidad limitada. Además, quiere que el individuo hace cierta «selección» con todos los inputs sensoriales que recibe, basándose esta selección en determinada combinación de la naturaleza de los estímulos (por ejemplo, su intensidad) y en el estado del individuo (por ejemplo, su instinto). Aunque esta teoría implica que sólo prestamos atención a un aspecto de nuestro medio ambiente, esto no excluye un rápido cambio de atención a dos o más aspectos, a la alternancia de atención entre ambos.

En todo esto se evidencia que el obstáculo principal es la corteza cerebral, y no los mecanismos sensoriales. Aún podemos «sentir» la tremenda

variedad de estímulos de nuestro medio ambiente, como son los códigos de tráfico, el paisaje, las escenas de TV y los partidos de fútbol aunque en determinado momento especial, «sintonizamos» tan sólo un aspecto. A esto respecto, Steinbuch¹¹ ha resumido la reducción de la información, que aparece, a partir de la recepción inicial por medio de los órganos sensitivos, a través de procesos intermedios hasta el almacenamiento permanente (memoria) y presenta las siguientes consideraciones:

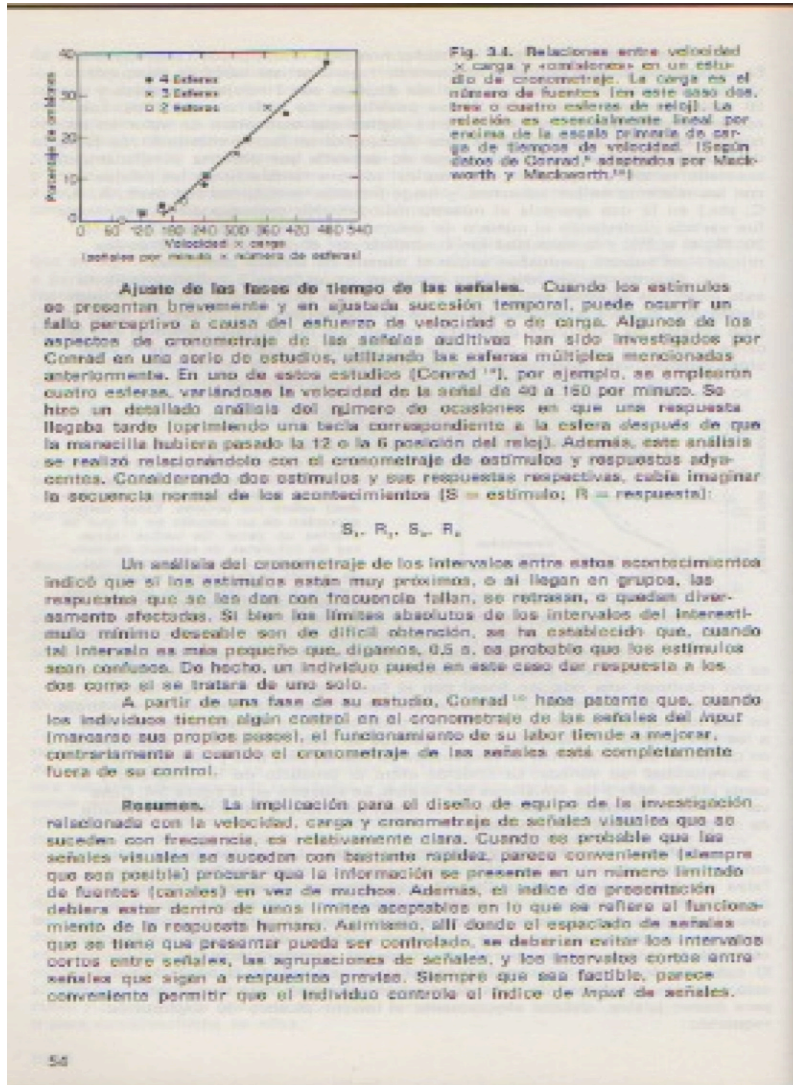
Proceso	Fluencia (bits/seg de información, bits/s)
Recepción sensorial	1 000 000 000
Condiciones nerviosas	3 000 000
Conciencia	10
Almacenamiento permanente	0.7

Da por sentado ciertos procesos intermedios de reducción, hasta ahora no explicados, entre las conexiones neurales de los órganos sensoriales y la percepción consciente de los estímulos. Admitiendo que las afirmaciones citadas son hipotéticas, podemos ver realmente que los procesos del sistema nervioso central de toma de conciencia y almacenaje sólo son capaces de manejar sólo una fracción del tremendo input de información a los receptores sensoriales.

Dimensiones del estímulo

Los inputs del estímulo que la gente recibe a partir de su medio ambiente por cualquier modalidad sensorial (visión, audición, etc.) difiere en los términos de sus características. Por ejemplo, establecamos diferencias visuales en términos de forma, configuración, tamaño, posición, color, etc., o bien distinciones auditivas en términos de frecuencia, intensidad, etc. El medio ambiente «natural» que nos llega es, por supuesto, muy complejo, pero como la información es presentada a la gente por medio de displays, la naturaleza de los estímulos generalmente usados es simple, y consiste típicamente en variaciones en una determinada «clase» de estímulos que puede ser considerada como una dimensión del estímulo. De este modo, las posiciones de las agujas de un reloj son utilizadas para marcar el tiempo (especialmente cuando no podemos leer los números); el número y los intervalos de las señales del código Morse representan letras, y las formas y señales de carretera tienen significados diferentes. La utilidad de cualquier dimensión de un estímulo dado para enviar información, depende, sin embargo, de la capacidad de la gente para hacer las distinciones sensoriales y perceptivas que se precisan para diferenciar un estímulo de una clase de otro (como puede ser el diferenciar un color de otro). Sin embargo, tales discriminaciones tienen que ser hechas, generalmente, sobre una base absoluta, más que sobre una base relativa. Un juicio relativo es el que se hace cuando hay la oportunidad de comparar entre sí dos o más estímulos. Así, cabe comparar dos o más sonidos en términos de intensidad o dos o más luces en términos de luminosidad. En los juicios absolutos, no hay lugar para hacer comparaciones, como al identificar una nota del piano (digamos, un do medio) si no somos capaces de compararla con otra. O identificar un color determinado entre otros colores posibles cuando se presenta solo.

Como cabe esperar, la gente suele ser capaz de establecer menos discriminaciones sobre una base absoluta que sobre una base relativa. Por ejemplo, se ha estimado que la mayoría de la gente puede diferenciar un promedio



Inputs sensoriales múltiples

La anterior digresión sobre carga, velocidad y variables relacionadas quedó restringida a señales visuales de alguna clase general y que se suceden con frecuencia. Sin embargo, hay veces en que los trabajadores están expeditados a varios inputs a través del mismo canal sensorial y a inputs recibidos por varios sentidos, especialmente la vista y el oído. Las relaciones de inputs múltiples pueden ser de varios tipos, entre ellos los siguientes: 1) tiempo compartido (información potencialmente significativa y pertinente que puede venir de diferentes fuentes a través del mismo canal sensorial o a través de dos, o incluso más, canales sensoriales); 2) uso de canales sensoriales redundantes (dos o más sentidos pueden ser usados para transmitir información idéntica o de apoyo, en general simultáneamente o, al menos, en una secuencia temporal muy ajustada); y 3) ruido [-ruido] generalmente se refiere a algún estímulo no pertinente, normalmente no deseado; aunque en general pensamos en el ruido como lo auditivo en la naturaleza, el término también es aplicable a otros estímulos no pertinentes, como el ruido visual, o estorbo).

Han sido muchos los estudios sobre los efectos de los diferentes inputs en un mismo canal sensorial y de inputs a partir de una modalidad sensorial sobre inputs de otra. No es posible discutir aquí, extensamente, estos efectos, aunque se pueda hacer referencia a algunos puntos.*

Tiempo compartido

El «tiempo compartido» se refiere a aquellas situaciones en las que el ser humano tiene dos o más ocupaciones entre las que ha de distribuir su atención. En un sentido muy estricto, un individuo no puede prestar atención simultánea a dos o más aspectos de una situación. Al realizar varias funciones simultáneamente, como llevar el volante de un coche, controlar el acelerador y mantener la atención puesta en el tráfico, lo que realmente hacemos es cambiar nuestra atención de una cosa a otra, algunas veces muy rápidamente. El tiempo compartido puede ser de muchas clases, como recibir dos o más inputs sensoriales, o bien ejecutar varias acciones físicas o combinaciones de éstas. Cuando estas demandas llevan al límite al individuo, puede darse el esfuerzo de carga o el de velocidad, o ambas a la vez, y de hecho, el tiempo compartido puede inducir a una forma de stress de carga y velocidad.

Tiempo compartido en inputs visuales. Las investigaciones sobre velocidad y carga, de las que acabamos de hablar, han tratado de labores relativamente homogéneas y por lo tanto no implicaban el tiempo compartido. Sin embargo, muchas actividades del mundo real no se ajustan a las pautas primitivas de muchos trabajos de laboratorio. Esta discrepancia llevó a Weick y McElroy²² al estudio de los efectos del esfuerzo inducido de labor (en realidad esfuerzo de velocidad) en trabajos de tiempo compartido que serían mucho más representativos en las actividades del operador humano en los sistemas, incluyendo las tareas que requiriesen almacenaje e integración de la información en el tiempo (lo que los detalles de procedimientos experimentales podrían ser una carga para el lector, trataremos de reducir aquel estudio a sus características principales). El experimento suponía cinco labores de respuesta diferentes para que correspondiesen a diferentes estímulos presentados simultáneamente por medio de imágenes con un CRT. La escala de estímulos constaba de variaciones en cada una de las cuatro formas geométricas (rectángulo, trapecio, triángulo

* Para un comentario más extenso sobre este tema, véase Mowbray

y periclograma); los estímulos eran generados en un CRT por uso de un ordenador y aparecían en los cuadrantes del CRT. Cada forma tenía siete variaciones, tales como rectángulos muy altos y estrechos que disminuían hasta rectángulos bajos y anchos. Los cinco tipos de labores (acontecimientos) a los que debía responderse, eran:

- **Medio:** Estimación de la media de población de los rectángulos en cuadrante recto superior, con las siete variaciones de rectángulos que se consideraran que forman una escala. Todas las imágenes.
- **Forma:** Identificación del valor de la forma (variación específica) de un trapecio en el cuadrante inferior derecho. Todas las imágenes.
- **Par:** Detección de pares (y triples) de formas idénticas en las imágenes.
- **Recorrido:** Recordando la ubicación de los pares de estímulo y buscando la aparición de un par similar en la siguiente imagen situado en el mismo cuadrante (se necesita memoria a corto plazo).
- **Línea:** Buscando los dos cuadrantes inferiores para variaciones extremas de un trapecio o un triángulo en forma de líneas de puntos (más que en una línea continua).

Estas labores eran de tiempo compartido y, después de un periodo de preparación, los sujetos realizaban labores computadas en una serie de 18 pruebas (9 en cada uno de dos días), variando datos en proporción de tres, es decir, 10 s por imagen, 7 s por imagen y 4 o 5 s por imagen. Los sujetos grababan sus respuestas utilizando pulsadores especiales. El funcionamiento se medía por errores, incluyendo un compuesto [total] de errores en todas las labores. Veamos ahora qué consecuencias se derivan a partir de este estudio. La figura 3-5 muestra el tanto por ciento de todos los errores (a) y el tanto por ciento de las omisiones (b) para cada una de las labores. Ciertos puntos sobresalen en estas figuras. Obviamente, el nivel más alto de esfuerzo en la velocidad, era acompañado

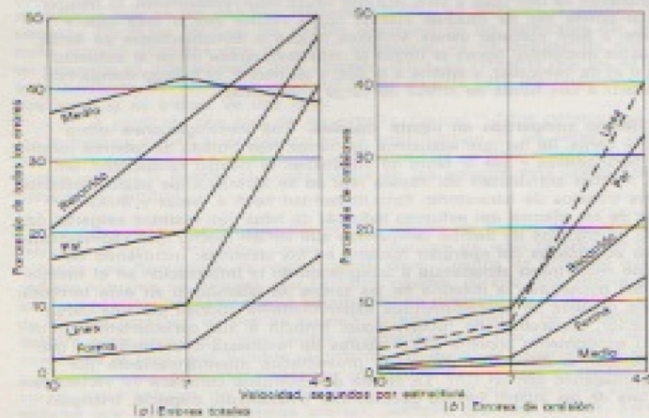


Fig. 3.5. Porcentaje de todos los errores (a) y omisiones (b) en tareas como función de velocidad (en segundos por estructura). Véase el texto para la descripción de las tareas. (Según Warr y McElroy.²²)

de un incremento en el error total. (Aunque no se muestra en la figura, el índice de error total compuesto, cuando era computado, aumentaba desde el 18,4 hasta el 32,2 por ciento.) Pero lo interesante del caso es que el tanto por ciento de todos los errores (α) en la labor media, a pesar de la dificultad de la labor, no aumentaba como en las otras, y la labor de forma tampoco aumentaba tanto. Estas dos labores también tenían el tanto por ciento más bajo un índice de omisión (β), especialmente la labor media, con el grado de omisión virtualmente inalterado por el esfuerzo.

Algunas especulaciones sobre los resultados de los investigadores pueden proporcionar alguna luz respecto a los efectos del esfuerzo de velocidad en las labores de áusut visual de tiempo compartido. Para empezar, debería tomarse nota de que las labores medias y de *low* necesitan una respuesta para cada imagen, pero las otras no; estas otras suponen una inseguridad temporal y espacial que requiere la búsqueda de una representación para identificar los acontecimientos significativos. Eran más «probabilísticas» en el sentido de que un acontecimiento que exigiera respuesta no ocurría en todas las estructuras. Además, la labor de recuerdo (la que sufría más el esfuerzo de velocidad) también dependía de la memoria a corto plazo de una imagen a la siguiente. Así, parece ser que en las labores de tiempo compartido como estas, el esfuerzo de velocidad no afecta de igual modo a todas ellas, sino que más bien afecta en particular a las labores con mayor seguridad y a las que dependen de la memoria a corto plazo.

Otro estudio relevante es el que fue llevado a cabo por Olson.²⁴ El experimento consistía en la división de la atención visual entre dos labores. Una de ellas era la de seguimiento, que consistía de una «carretera» móvil y una rueda que controla un indicador en aquélla; el objetivo estribaba en mantener el indicador en el centro de la carretera. La otra labor era identificar el indicador (en cualquier punto, desde 0 hasta 18 dígitos) que se desviaban lentamente a partir de una posición neutral. Mientras que el interés principal se volcaba más en las otras variables (distribución del dial, carga, velocidad, etc.), un aspecto del estudio se relacionaba con el presente tema del tiempo compartido. El funcionamiento en las dos labores era altamente correlativo hasta el punto de 0.2, que sugiere la hipótesis de que los individuos tendían a adoptar sus propias estrategias de prioridad para dar especial atención a una labor u otra. Tanto si las estrategias de prioridad son bastante comunes en los sujetos a causa de la naturaleza intrínseca de la labor (como en el caso del estudio de *Wickens* y *McElroy*), como si son seleccionadas por ellas mismas (como, probablemente, en el caso de *Olson*), parece evidente que, cuando las presiones del esfuerzo de velocidad agotan las posibilidades del operante, algo tiene que ceder, específicamente el funcionamiento en algunas de las labores de tiempo compartido.

Tiempo compartido en los inputs auditivos. Esencialmente, el mismo efecto contrario de tiempo compartido (de algo que tiene que ceder) es aparente en el caso de inputs auditivos, como ocurre cuando dos o más inputs ocurren simultáneamente, coinciden parcialmente uno con otro hasta cierto punto, o se suceden muy cercanos en el tiempo. Si por ejemplo un individuo está atento a mensajes verbales y dos mensajes se suceden al mismo tiempo, sólo uno de ellos, generalmente, pasará. Sin embargo, si hay un ligero intervalo en uno, el primero es típicamente identificado con más precisión que el segundo (*Wickens* y *Thompson*²⁵). Pero si hay una diferencia de intensidad bien determinada, siendo el segundo más intenso, tenderá a tener prioridad sobre la atención del receptor, aunque pueda retrasarse después del primero tanto como 2 s.

El efecto contrario de mensajes simultáneos ocurre incluso cuando sólo uno es pertinente y necesita ser atendido (*Broadbent*²⁶). También hay alguna evidencia de que cuando un mensaje competitivo (y no pertinente) es relativa-

mente similar en contenido y palabras a un mensaje pertinente, los efectos de interferencia sobre este último son mayores que si el mensaje es pertinente es muy diferente (Peterson¹⁰).

Tiempo compartido de los canales sensoriales auditivos y visuales. Ya que la visión y la audición son los sentidos más importantes para recibir información de las representaciones, no estaría fuera de lugar comparar estos dos sentidos y comprobar hasta qué punto están influidos por su mutua interferencia o por otras posibles actividades de trabajo. Los indicios detectados hasta ahora sugieren que, cuando los inputs visuales y los auditivos están compartidos en el tiempo, el canal auditivo es más resistente a los efectos de interferencia que el canal visual (Mowbray¹¹).

Resumen. Es bastante evidente que hay límites más allá de los cuales el tiempo compartido de los inputs sensoriales da típicamente como resultado alguna degradación en el funcionamiento. Cuando las circunstancias lo permiten (y algunas veces no lo hacen), los esfuerzos deberían conducir a poder manipular aquella situación en que la degradación sea reducida al mínimo, cuando no eliminada. Como en otros contextos, conviene tomar las generalizaciones con precaución. A partir de este punto de vista, la evidencia de la investigación —citada anteriormente en parte— parece sugerir unas cuantas directrices generales, aunque estas no puedan ser aplicables a través del cuadro:

1. Siempre que sea posible, debería reducirse al mínimo el número de fuentes potencialmente competitivas.
2. Cuando sea probable que el tiempo compartido imponga un esfuerzo de velocidad o de carga, el receptor debería estar provisto de indicios acerca de las prioridades, de modo que su estrategia de prestar atención lo primero a lo primero pueda tomarlas en consideración.
3. Siempre que sea posible, los requisitos para el uso de memoria a corto plazo y para tratar con acontecimientos de baja probabilidad, tendrían que ser reducidos al mínimo.
4. Siempre que sea posible, los estímulos de input que requieren respuestas individuales, deberían ser separados temporalmente y presentados en una proporción tal que se pueda responder a ellos individualmente. Los intervalos extremadamente cortos (de menos de 0,5 o 0,25 s) deberían eliminarse cuando no eliminarse del todo. Debería permitirse al receptor controlar la proporción de input.
5. Allí donde es factible una selección de las modalidades sensoriales en una situación donde el input perceptivo tenga competición, el sentido auditivo es generalmente más duradero y está menos influenciado por otros inputs.
6. Algunos medios de dirigir la atención a fuentes pertinentes y más importantes incrementarían la posibilidad prioritaria en el receptor; por ejemplo, en algunas situaciones los estímulos visuales (como las luces) pueden ser usados como indicaciones avanzadas para la localización de fuentes auditivas pertinentes, o viceversa.
7. Cuando dos o más inputs auditivos tengan que ser compartidos en el tiempo, sería conveniente programar los mensajes pertinentes o señales de modo que no ocurran simultáneamente, para separar físicamente las fuentes (tales como altavoces) entre mensajes pertinentes frente a los impertinentes, para poder llegar a filtrar (si es posible) cualquier mensaje impertinente y, donde no pueden ser filtrados, hacerlos lo más diferentes posible de los que son pertinentes, por ejemplo, dando mayor intensidad a los pertinentes más intencionales, o utilizando claramente características espectrales distintas.
8. Especialmente cuando las labores manuales repetitivas están divididas por tiempos con inputs sensoriales no relacionados, cuanto mayor sea el aporrazaje en la labor manual, menor será su posible efecto sobre la recepción del input sensorial.

Uso de canales redundantes sensoriales

Doa o más canales sensoriales, como la visión o la audición, pueden ser usados de modo redundante para presentar la misma información. En tanto que la evidencia respecto a algunos aspectos del comportamiento humano es algo inconclusiva, no queda prácticamente duda de que el uso de codificación redundante visual y auditiva (presentación simultánea de información idéntica a ambos sentidos) incrementa las posibilidades de recepción de la información. Cabría recurrir a diferentes estudios específicos para ilustrar este punto. Recurriríamos a un estudio de vigilancia para ello (Buckner y McGrath¹).

En este estudio, fueron tres las condiciones:

- Labor visual: Los sujetos detectaban un incremento en la intensidad de una luz intermitente que se encendía durante 1 segundo y se apagaba durante 2.
- Labor auditiva: Los sujetos detectaban un incremento en la intensidad de un tono intermitente de 750 Hz que se abrió 1 segundo y se apagaba durante 2.
- Labor combinada visual y auditiva: Las labores visuales y auditivas se combinaron, y tanto las señales visuales como auditivas funcionaban simultáneamente.

En esta tarea, los sujetos tenían que detectar 24 señales durante 60 minutos de vigilancia; cualquiera que fuese la guardia, sólo se usaban señales visuales o auditivas o combinadas. La figura 3-6 muestra el tanto por ciento de señales de cada tipo que se detectaron. La consiguiente ventaja de la señal combinada queda evidente a través del horario de vigilancia.

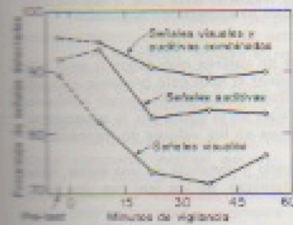


Fig. 3-6. Ilustración de una tarea de vigilancia visual, auditiva y visual-auditiva combinada. La escala vertical muestra el porcentaje de señales detectadas durante períodos de una hora. (Según Buckner y McGrath.¹)

En otro estudio que refuerza esta punto, los sujetos tenían que oprimir una de tres teclas (izquierda, centro, derecha) en respuesta a una señal visual (rojo, naranja o verde, respectivamente), a una señal auditiva (100, 700 o 5000 Hz), o a una señal combinada (Klemmer¹¹). Los porcentajes de respuestas correctas fueron los siguientes: señal visual, 89 %; señal auditiva, 91 %; y una señal visual y auditiva combinada, 95 %.

Estado y teoría de la detección de señales (TDS)

En ciertas circunstancias, los estímulos significativos pueden ocurrir en presencia de «ruido» capaz de interferir la recepción de los estímulos, tales como que sean, como timbres de alarma, sirenas de niebla, señales Morse o de radar, luminosas contra un fondo, o para detectar defectos en los productos que se están inspeccionando. Los posibles efectos del ruido (auditivo, visual

o cualquier otro) en la detección de estímulos ha dado lugar a la formulación de la teoría de la detección de señal (TDS) (Swets et al.²¹ Swets²²).

Bases de la TDS. Para ilustrar esta teoría, supongamos el caso de un ruido ambiental en una fábrica, cuya intensidad varía fortuitamente en el tiempo pero con la impresión eventual de una señal de aviso de una grúa que lo incrementa. Las probabilidades del ruido (para momentos concretos) podrían ser como las de la izquierda de la figura 3-7, y la distribución de la intensidad combinada (ruido

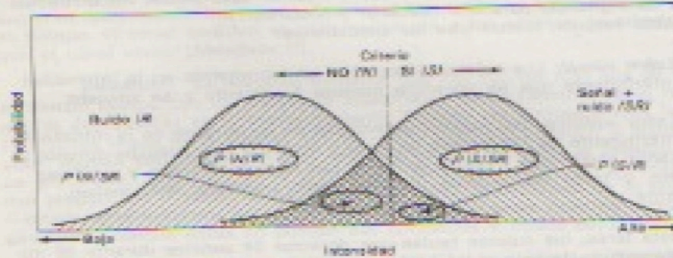


Fig. 3-7. Ilustración de algunos de los conceptos de la teoría de la detección de señales (TDS), utilizando como parámetro la intensidad del sonido. Las dos distribuciones reflejan las probabilidades (para momentos concretos) en las que la intensidad del ruido (R) o de la señal más ruido (SR) pueden aparecer. La figura ilustra un punto del criterio que puede seleccionarse para tomar una decisión «sí». Los restantes parámetros también pueden tomarse de la misma manera. Véase el texto para la explicación, en la que se incluyen los significados de los símbolos de probabilidad empleados.

más señal) como la de la derecha. En el caso de valores muy bajos o muy altos no hay ningún problema apreciable para determinar si sólo está presente el ruido o si lo está la señal. Es en áreas de superposición donde puede existir confusión. Las probabilidades reales de una u otra se reflejan en la figura por la proporción relativa de superposición de ambas distribuciones en los valores de intensidad coincidentes.

Cuando se quiere determinar la presencia o ausencia de una señal, caben cuatro alternativas de respuesta, como las siguientes, en las que hay una probabilidad (P) asociada a cada una:

Respuesta	Estímulo	
	Ruido (R)	Señal + Ruido (SR)
SI (S)	P (S/R)	P (S/SR)
NO (N)	P (N/R)	P (N/SR)

En el ejemplo de la figura 3-7 se ve que ningún observador sería capaz de detectar señales el 100% del tiempo [P(S/SR)] sin tener ninguna «falsa alarma» [P(S/R)]. Sin embargo, el «criterio» elegido por el sujeto al tomar su decisión sí/no, tiene obviamente un efecto en la frecuencia del tipo de error que ocasionaría. Si es «indulgente» en la identificación de las señales, situaría el nivel de su criterio a la izquierda, con un consiguiente incremento en el número de «falsas alarmas»: en tanto que si operara bajo una «serie» para estar completamente «seguro» de una señal, trasladaría su nivel de criterio a la derecha, con una reducción en la proporción de «aciertos» (el número de detecciones de señales reales).

Generalidad de la TDS. Aunque esta explicación se ha basado en la ilustración de una señal auditiva contra un fondo de ruido (siendo el continuo sensorial la intensidad), los mismos conceptos se pueden aplicar en el caso de otros tipos de «señales» y «ruidos», como pueden ser la forma ondulatoria de sonidos auditivos, luces y otras clases de señales visuales.

Implicaciones de la TDS. En la teoría de la detección de señales, existen implicaciones importantes que incluyen por lo menos las siguientes factores: siempre que sea posible, la señal debiera ser tal que, cuando se combinase con el ruido, los valores mezclados formaran una distribución que resaltase claramente de la del ruido. Y cuando no pueda evitarse una superposición, hay que tomar una decisión en la que se considere el tipo de error que sea más tolerable («falsas alarmas» o fracasos en la detección de señales) ya que ello incide en el nivel de criterio que el observador debe establecer.

Procesamiento humano de la información

En su disertación sobre la ergonomía de la presentación de información, Singleton¹⁴ indica acertadamente la necesidad de ofrecer la información a la gente por medio de la representación, de tal modo que pueda potenciarse su uso en situaciones operativas. El «uso» de tal información en el contexto de los factores humanos implica la participación de cualquiera de los muchos tipos de procesos de mediación o de percepción, incluidos los siguientes:

Almacenaje de la información

— Memoria a largo plazo.

— Memoria a corto plazo: Recordar la información pertinente para períodos cortos de tiempo, como al tener que dar un mensaje a alguien.

Recuperación de la información y procesamiento

— Reconocimiento: Un proceso perceptivo implica esencialmente el reconocimiento o detección de estímulos pertinentes o de señales.

— Recordar: Incluye el recuerdo de la información objetiva aprendida, procedimientos, procesos, secuencias y otras clases, así como el almacenaje de información en memoria a corto plazo mencionado anteriormente.

— Procesamiento de la información: Categorizar, calcular, codificación, evaluación, interpolación, especificación, tabulación, traducción, etc.*

— Resolución de problemas y toma de decisión: Analizar, calcular, elegir, comparar, evaluar, estimar, planificar, etc.*

— Control de las respuestas físicas: Ejercicio de control sobre una amplia gama de respuestas físicas, incluidas las condicionadas, la selección de respuestas apropiadas a estímulos concretos, secuencias de respuesta y respuestas de control continuo.

Prácticamente, todos estos procesos de mediación (y quizás otros) sirven como motivo propio para un mayor campo de conocimiento e investigación y no es posible en este texto tratar la función de cada uno en su relación con el resto de los factores humanos. Sin embargo, a causa del papel central del almacenaje dentro de este contexto, haremos un resumen de los procesos de adquisición de conocimientos y destreza, y del aspecto relacionado con la transferencia de los mismos.

Adquisición de destreza y conocimiento

Aprender consiste en un cambio relativamente permanente en un individuo, tal como se manifiesta en su comportamiento. Lo que un individuo haya

* Estas enumeraciones de conductas fueron desarrolladas por Berliner, McGill y Shanon,¹⁵ y reflejan el consenso de diversas personas en cuanto representen procesos de mediación razonablemente concretos.

aprendido, no puede ser determinado directamente, sino a través de su realización posterior. El espectro de las capacidades de funcionamiento humano está, por supuesto, enriquecido en el mismo conocimiento y capacidad que el ser humano ha ido adquiriendo. Aunque extraordinariamente variadas en su naturaleza específica, las capacidades del hombre pueden ser probablemente clasificadas en clases tales como: capacidad corporal bruta (caminar, mantener el equilibrio, etcétera), habilidades de manipulación (incluidas las de tipo continuo, secuencial y discontinuo), destreza perceptiva y destreza de lenguaje (incluidas las comunicaciones convencionales, matemáticas, metáforas y otras representaciones que usa la gente al pensar y solucionar un problema, y al codificar un lenguaje de ordenador, por ejemplo).

Tipos de aprendizaje. La naturaleza de la acción o del material que tienen que ser aprendidos (trabajo, operación, actividad, contenido, etc.) prácticamente predetermina el tipo de aprendizaje implicado. Gagné¹² ha postulado ciertos tipos de aprendizaje que constituyen lo que él llama secuencia constructiva del aprendizaje, en la que cada nivel depende de otros inferiores y forma una especie de edificio, tal como se muestra en la figura 3.8. Aunque Gagné da por sentado este esquema jerárquico para el desarrollo humano, podemos ver probablemente alguna pertinencia de cada uno de estos niveles con ciertos tipos de actividades o las operaciones de sistemas. Por ejemplo, el nivel de estímulo-respuesta es aplicable a los trabajos sencillos como son girar un botón de mando cuando se haya oído una señal; las relaciones en cadena a seguir ciertos movimientos específicos; las múltiples discriminaciones a elegir la respuesta adecuada a cada uno de los diferentes estímulos (como las luces de tráfico); y la aplicación de principios a ciertos problemas de mantenimiento.

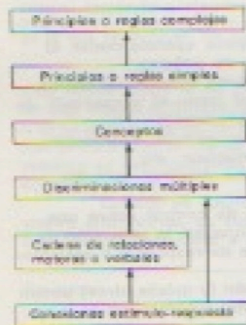


Fig. 3.8. Ilustración generalizada de la secuencia de aprendizaje constructivo propuesta por Gagné¹² (p. 182). En este modelo, el aprendizaje, a cualquier nivel dado, depende de un aprendizaje importante en los niveles más bajos.

Condiciones que contribuyen al aprendizaje. Las condiciones y métodos que contribuyen más beneficiosamente al aprendizaje no serán discutidos aquí con detalle. Sin embargo, mencionaremos brevemente unas cuantas de ellas: motivación por parte del que aprende; conocimiento de los resultados (es decir, feedback en el que el individuo puede considerar lo aprendido); distribución de los períodos de entrenamiento (generalmente, es conveniente algún espaciamiento entre los períodos del aprendizaje, aunque la duración óptima y el intervalo entre períodos de éste es válida solamente para el conocimiento o la técnica que están siendo aprendidos); y los tipos de incentivos usados (generalmente, los positivos son más efectivos que los negativos, y generalmente los intrínsecos, es decir, aquellos asociados con la actividad, son más efectivos que los incentivos externos).

Transferencia del saber. Gran parte de lo que aprendamos en una situación es transferido a otra. Esta, por supuesto, es la premisa en que se funda toda la educación: lo que se aprende en la escuela será transferido a contextos pertinentes del mundo real. En nuestro estudio de los factores humanos, estamos interesados, por supuesto, en el proceso de la transferencia del aprendizaje tal como se desarrolla al transferir el conocimiento y las destrezas previamente adquiridos a los tipos de circunstancias de la vida para las que la transferencia es pertinente, como al realizar un trabajo o al conducir un coche.

Han sido enunciadas varias teorías sobre la transferencia: la primera formulación importante fue el principio de los elementos idénticos propuesta por Thorndike,¹² es decir, la transferencia de una situación a otra ocurrida en el sentido que había idénticos elementos en ambas situaciones. Otra teoría general es la transferencia a través de principios (Bass y Waughn,¹³ p. 40). Esta teoría postula que la transferencia positiva resulta cuando un individuo aplica a nuevas situaciones los principios aprendidos en circunstancias específicas previas, y cuando aquellas tienen suficiente generalidad para cubrir la clase de estímulos que las circunstancias previas y las situaciones nuevas tienen en común. Sin embargo, otras teorías están basadas en el grado de similitud o diferencia entre la naturaleza de los estímulos y la de las respuestas, de la base en la que el saber inicial tiene lugar, y de aquella a la que el aprendizaje tiene que ser transferido (Deese y Hulse,¹⁴ p. 349; Muckler et al.¹⁵). Estas teorías afirman que la transferencia sería tanto mayor cuando coinciden el estímulo y la respuesta de esta con las de la tarea inicial de aprendizaje, y que la transferencia sería negativa si una nueva respuesta tuviera que ser asociada con un estímulo para el que ya hubiera sido aprendida una respuesta diferente (como el aprender a caminar en una luz verde). Aunque tales teorías tienen una atracción intuitiva, se debería añadir que no hay ninguna base operacional para medir el grado de similitud entre estímulos o respuestas diferentes, o para calcular «cuánta» transferencia ocurrirá en una situación dada. En este momento, probablemente necesitamos reconocer el hecho de que, en general, no hay una teoría confirmada relacionada con la transferencia del aprendizaje que lleve por sí misma a una aplicación práctica.

Compatibilidad

No se debería dejar al tema del input de información y procesamiento sin antes adentrarse algo más en el tópico de la compatibilidad. Aunque hay muchas formas diferentes de compatibilidad, en la mayoría de los casos puede considerarse que caen dentro de uno de los tres grupos: 1) compatibilidad espacial, que concierne a las características físicas, o disposición en el espacio, especialmente de representaciones y controles; 2) compatibilidad de movimiento, es decir la dirección del movimiento de las representaciones, controles y respuestas del sistema, y 3) compatibilidad conceptual, es decir, las asociaciones conceptuales de la gente, como la de que el verde representa «vía libre» en ciertos contextos. En lo referente a actividades de motor perceptual hay cierta presunción acerca de la compatibilidad del estímulo y de la respuesta combinados. El término compatibilidad de estímulo/respuesta (compatibilidad E-R) fue usado por primera vez por Fitts y Seeger,¹⁶ siguiendo el uso anterior del término compatibilidad por A. M. Small. Fitts y Seeger caracterizaron a la compatibilidad E-R del siguiente modo: «una tarea implica relaciones E-R hasta el punto de que el conjunto de combinaciones estímulo y respuesta que están incluidas en ella da como resultado un alto grado de transferencia de información». En este contexto de la teoría de la información, el concepto de compatibilidad implica un proceso hipotético de transformación de la información, o de recodificación de la actividad, y está basado en la suposición de que el grado de compatibilidad se halla en su punto máximo cuando los procesos de recodificación se hallan en el mínimo.

Orígenes de las relaciones de compatibilidad. Las relaciones de compatibilidad tienen dos posibles orígenes. En primer lugar, ciertas relaciones de compatibilidad son intrínsecas a la situación, por ejemplo girar un volante a la derecha para poder girar a la derecha. En ciertas combinaciones de displays y controles, por ejemplo, el grado de compatibilidad está asociado en la medida en que son isométricos o tienen relaciones espaciales similares. Otras relaciones compatibles son adquiridas culturalmente, partiendo de hábitos o asociaciones que son característicos de la cultura en cuestión. En Estados Unidos, por ejemplo, para encender la luz generalmente se pulsa el interruptor hacia arriba, pero en otros países se hace hacia abajo. Como se desarrollan estas pautas culturalmente adquiridas es quizá consecuencia de circunstancias fortuitas.

La identificación de las relaciones de compatibilidad. Si se desea sacar partido de las relaciones compatibles para diseñar un equipo u otras cosas, es, por supuesto, necesario saber qué relaciones son compatibles. Hay generalmente dos maneras de que éstas puedan ser comprobadas o deducidas. En primer lugar, algunas de estas relaciones son obvias o manifiestas, particularmente en muchas relaciones que son intrínsecas a la situación, por ejemplo la manera de estar repartidos representaciones y controles yuxtapuestos. Además, ciertas relaciones culturalmente adquiridas son también tan incisivas que también son patentes, como los símbolos rojo, amarillo y verde de los semáforos de tráfico. Pero cuando las relaciones más compatibles no son obvias, es necesario identificarlas a base de experimentos empíricos. Se citarán ciertos ejemplos en capítulos posteriores.

Comentario sobre la compatibilidad. Aunque las diferentes versiones de compatibilidad implican procesos de asociación y percepción, y también de respuesta, la relación entre ellas —el punto entre ellas— es un verdadero proceso de mediación. Allí donde se pueden utilizar relaciones compatibles hay una gran probabilidad de un mejor funcionamiento. Sin embargo, en muchos aspectos del funcionamiento humano hay ciertas obligaciones o limitaciones que necesitan ser consideradas con respecto a las relaciones de compatibilidad. Por ejemplo, algunas de estas relaciones no son evidentes por sí mismas y necesitan ser comprobadas empíricamente. Cuando esto se hace, a veces resulta que una relación dada no es percibida universalmente por toda la gente, y en tales casos puede ser necesario «evaluar las posibilidades», o sea determinar la proporción de gente propensa a una determinado «asociación» o tendencia a una respuesta y establecer una determinación de diseño sobre esta base. Además, hay algunas circunstancias en que las consideraciones de cambio pueden exigir que se renuncie al uso de una relación compatible dada para algún otro beneficio.

Resumen

En cualquier situación operacional (como es el realizar alguna función en un trabajo), el flujo de información a partir del medio ambiente (sea contenido directo o indirectamente por medio de displays) sirve, en combinación con la información almacenada en la memoria, como género para cualquiera de los numerosos tipos de procesos de mediación como base para decisiones acerca de las acciones a tomar. A este respecto, se han hecho esfuerzos para simplificar las presentaciones de displays con el fin de reducir las exigencias necesarias impuestas a un personal operante, incluidos los requisitos de entrenamiento. Siguiendo esta propuesta, la estrategia definitiva conduciría, como indica Singleton,²² a la eliminación de los seres humanos para tales operaciones, y a desarrollar un sistema automatizado para lograr el objetivo deseado. Cuando sea factible y práctica una completa automatización, esta automatización puede parecer conveniente. Sin embargo, cuando no es éste el caso, queda la pregunta de cuán «simplificada» debería estar destinada a ser una operación.

4. Displays visuales

Puesto que el uso de los displays depende de la capacidad visual del ser humano, comentaremos primero el proceso de la visión y ciertos tipos de capacidad visual.

El proceso de la visión

El ojo se parece mucho a una cámara fotográfica con lentes ajustables a través de las cuales los rayos de luz son transmitidos y enfocados, y con una zona sensible (la retina) sobre la que incide la luz. La figura 4-1 ilustra las características principales del ojo, en un corte transversal. La lente del ojo es normalmente flexible, para que pueda ajustarse y así enfocar debidamente la retina. La imagen del objeto en la retina es invertida, lo mismo que ocurre en

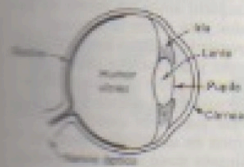


Fig. 4.1. Características principales del ojo humano en una sección longitudinal. La luz pasa a través de la pupila, es refractada por la lente y llega hasta el foco en la retina. La retina recibe el estímulo lumínico y transmite un impulso al cerebro, a través del nervio óptico.

una cámara fotográfica, como se ilustra en la figura 4-2. La retina está compuesta de dos áreas sensibles, los llamados bastones y conos. Los conos son principalmente sensibles a las variaciones de la longitud de onda de la luz, la cual da lugar a la sensación subjetiva del color. Hay aproximadamente 5 o 7 millones de conos en el ojo, y generalmente predominan en la sección central de la retina. Los bastones son esencialmente sensibles a la cantidad de luz y no lo son

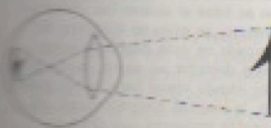


Fig. 4.2. Ilustración de cómo la imagen de un objeto se reproduce invertida en la retina del ojo.

particularmente a las diferencias de la longitud de onda. Hay aproximadamente 130 millones de bastones en el ojo, y tienden a predominar hacia las zonas exteriores de la retina, alrededor de los lados del globo ocular. Los bastones y los conos, al recibir luz a través de las lentes, envían impulsos a través del nervio óptico hasta el cerebro, donde tiene lugar la traducción.

Acuidad visual

Hay varios tipos de acuidad visual, pero todos se refieren a la determinación o distinción de los detalles en blanco y negro. Los diferentes tipos de acuidad visual dependen en gran parte de la acomodación de los ojos, la cual no es otra cosa que el ajuste de las lentes del ojo para producir un enfoque adecuado de los rayos de luz en la retina. En la acomodación normal, si se está mirando un objeto lejano, las lentes se aplanan, y si uno contempla un objeto cercano las lentes tienden a curvarse para proporcionar un enfoque correcto de la imagen en la retina. Esto queda ilustrado en la figura 4-3 a para los objetos distantes, y en la 4-3 b para los objetos cercanos.

En algunas personas, la acomodación de los ojos es deficiente. Esto origina lo que llamamos miopía o hipermetropía. Cuando una persona es miopa, sus lentes tienden a permanecer en un estado de convexidad y, si bien puede lograr un enfoque adecuado de los objetos cercanos, no lo consigue con los objetos distantes, como se muestra en la figura 4-3 c. La hipermetropía, a su vez, es una deficiencia en que las lentes tienden a permanecer demasiado planas. La persona puede ver claramente a larga distancia, pero tiene dificultades para ver a una distancia corta, como se muestra en la figura 4-3 d. Estas deficiencias pueden ser corregidas a veces con lentes adecuadas que cambien la dirección de los rayos de luz antes de llegar a las lentes del ojo, y por lo tanto produzcan un enfoque correcto en la retina.

Tipos de acuidad visual

La medida de acuidad más comúnmente usada, la acuidad mínima operable, se refiere al menor detalle, o al menor espacio entre las partes de un objeto, que el ojo puede detectar. Los signos usados para medir la acuidad mínima operable incluyen letras y varias formas geométricas, como las ilustradas en la figura 4-4. Estos signos pueden variar en tamaño y diseño, y la acuidad visual del sujeto viene determinada por el objeto más pequeño que puede identificar. Esta acuidad generalmente se mide en reciprocidad del ángulo visual subtendido del ojo en función del menor detalle que pueda ser distinguido (o sea la subtensión angular del detalle). El recíproco de un ángulo visual de 1 minuto de subtensión de arco, se emplea generalmente como unidad de medida y proporciona una base gracias a la cual cabe comparar los niveles de acuidad visual. Si, por ejemplo, un individuo puede identificar solamente un detalle que subtende un arco de 1.5 minutos, el resultado de acuidad será un recíproco de 1.5 minutos, o de 0.67. Por otro lado, si un individuo puede identificar un detalle que subtende un arco de 0.8 minutos, su resultado, el recíproco de 0.8 minutos, sería 1.25.

La acuidad Vernier se refiere a la capacidad para diferenciar un desplazamiento lateral, o una ligera desviación de una línea a partir de otra que, si no lo fuera, formarían una sola línea continua (como se hace al ajustar los «fines» de líneas en ciertos aparatos ópticos). Generalmente, se mide en términos del ángulo visual más pequeño que puede ser detectado en este desplazamiento. Acuidad mínima perceptible es la capacidad para detectar un signo (como un punto) sobre su fondo, y se mide en función del ángulo visual bajo el que puede ser detectado el punto más pequeño. A su vez, la acuidad estereoscópica se refiere a la capacidad para diferenciar las diferentes imágenes —o dibujos—

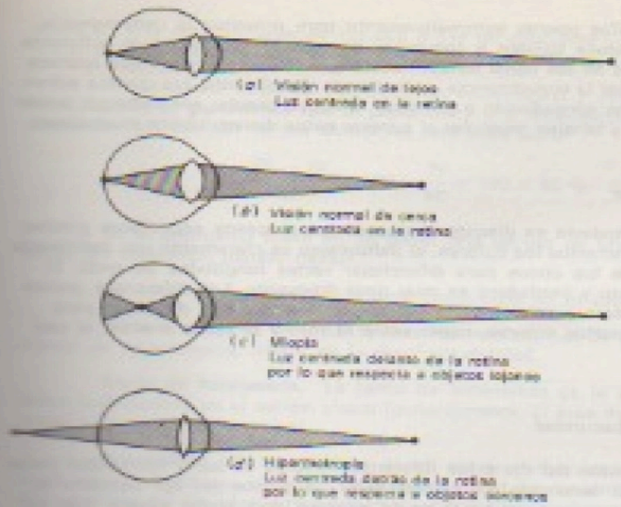


Fig. 4.3. Ilustración de la acomodación normal para distancias lejanas y cercas a y b, y de la miopía c y de la hipermetropía d.

recibidas por ambas retinas de un objeto que tenga profundidad. (Estas dos imágenes difieren más cuando el objeto está cerca de los ojos, y menos cuando los objetos están lejos.) La medida estereoscópica suele medirse por la diferencia entre ángulos paralácticos (o los ojos) de objetos similares que se hallan a distancias poco diferenciadas entre sí.

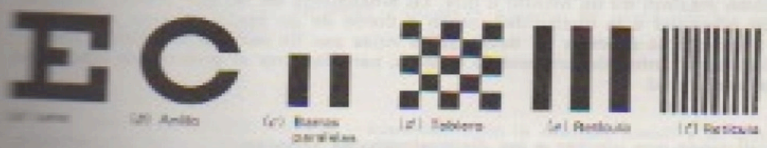


Fig. 4.4. Ilustraciones de diversos tipos de tarjetas empleadas en tests y experimentos de agudeza visual. Las características diferenciadoras en los cartones a, b, c, d y e son solo del mismo tamaño y, por lo tanto, abarcan el mismo ángulo visual en el ojo. Con el cartón a el sujeto debe identificar cada letra; con los c, d y e debe identificar la orientación (vertical u horizontal); y con el b debe identificar cualquiera de las cuatro orientaciones. Con el cartón d debe identificarse un tablero entre otros dos cuartos más pequeños.

Convergencia (foria)

Cuando dirigiera nuestra atención visual a un objeto en concreto, es necesario que los dos ojos converjan en él para que las imágenes del mismo en las dos retinas estén en posiciones correspondientes y de esta manera se obtenga la impresión de un solo objeto. Se dice que las dos imágenes se han fusionado si realmente se superponen. La convergencia está controlada por los músculos que rodean al globo del ojo, y normalmente, cuando un individuo mira un objeto

Universidad Autónoma del Estado de México

Secretaría de Docencia

Dirección de Estudios Profesionales

Coordinación de Desarrollo Curricular

UAEMex. FAD. DI. Utrilla, Santamaría, Victoria.