

Directores del capítulo
*Wolfgang Laurig y
 Joachim Vedder*

Sumario

Introducción <i>Wolfgang Laurig y Joachim Vedder</i>	29.2
OBJETIVOS, PRINCIPIOS Y METODOS	
Naturaleza y objetivos de la ergonomía <i>William T. Singleton</i>	29.2
Análisis de actividades, tareas y sistemas de trabajo <i>Véronique De Keyser</i>	29.6
Ergonomía y normalización <i>Friedhelm Nachreiner</i>	29.12
Listas de comprobación <i>Pranab Kumar Nag</i>	29.16
ASPECTOS FISICOS Y PSICOLOGICOS	
Antropometría <i>Melchiorre Masali</i>	29.26
Trabajo muscular <i>Juhani Smolander y Veikko Louhevaara</i>	29.29
Postura en el trabajo <i>Ilkka Kuorinka</i>	29.32
Biomecánica <i>Frank Darby</i>	29.35
Fatiga general <i>Étienne Grandjean</i>	29.39
Fatiga y recuperación <i>Rolf Helbig y Walter Rohmert</i>	29.40
ASPECTOS PSICOLOGICOS	
Carga mental de trabajo <i>Winfried Hacker</i>	29.44
Vigilancia <i>Herbert Heuer</i>	29.46
Fatiga mental <i>Peter Richter</i>	29.50

ASPECTOS ORGANIZATIVOS DEL TRABAJO	
Organización del trabajo <i>Eberhard Ulich y Gudela Grote</i>	29.52
Privación del sueño <i>Kazutaka Kogi</i>	29.56
DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE TRABAJO	
Puestos de trabajo <i>Roland Kadefors</i>	29.61
Herramientas <i>T.M. Fraser</i>	29.66
Controles, indicadores y paneles <i>Karl H. E. Kroemer</i>	29.69
Diseño y tratamiento de la información <i>Andries F. Sanders</i>	29.77
DISEÑO PARA TODOS	
Diseño para grupos específicos <i>Joke H. Grady-van den Nieuwboer</i>	29.82
Diferencias culturales <i>Houshang Shahnava</i>	29.86
Trabajadores de edad avanzada <i>Antoine Laville y Serge Volkoff</i>	29.91
Trabajadores con necesidades especiales <i>Joke H. Grady-van den Nieuwboer</i>	29.94
DIVERSIDAD E IMPORTANCIA DE LA ERGONOMIA: DOS EJEMPLOS	
Diseño de sistemas en la fabricación de diamantes <i>Issachar Gilad</i>	29.99
Violación de los principios del diseño ergonómico: Chernobil <i>Vladimir M. Munipov</i>	29.102

● INTRODUCCION

Wolfgang Laurig y Joachim Vedder

En la tercera edición de la *Enciclopedia* de la OIT, publicada en 1983, la ergonomía se resumió en un artículo de tan sólo cuatro páginas. Desde la publicación de la tercera edición, ha habido un cambio importante en el énfasis y en la comprensión de las interrelaciones entre salud y seguridad: el mundo ya no puede clasificarse tan fácilmente en medicina, seguridad y prevención de riesgos. Durante la última década, en casi todas las ramas del sector de producción y servicios se ha hecho un gran esfuerzo por mejorar la productividad y la calidad. Este proceso de reestructuración ha generado una experiencia práctica que demuestra claramente que la productividad y la calidad están directamente relacionadas con el diseño de las condiciones de trabajo. Una medida económica directa de la productividad, los costes del absentismo por enfermedad, está relacionada con las condiciones de trabajo. Así, debería ser posible aumentar la productividad y la calidad y evitar el absentismo prestando más atención a la concepción de las condiciones de trabajo.

En resumen, una hipótesis simple de la ergonomía moderna podría ser: el dolor y el agotamiento causan riesgos para la salud, pérdidas en la productividad y disminución de la calidad, que son las medidas de los costes y beneficios del trabajo humano.

Esta sencilla hipótesis puede ser contrastada con la medicina del trabajo, que generalmente se ocupa exclusivamente de establecer la etiología de las enfermedades profesionales. El objetivo de la medicina del trabajo es establecer las condiciones en las que se minimice la probabilidad de desarrollar dichas enfermedades. Empleando los principios de la ergonomía, estas condiciones pueden definirse más fácilmente en forma de demandas y limitaciones de carga. Puede decirse que la medicina del trabajo establece "limitaciones a través de estudios médico-científicos". La ergonomía tradicional considera que su papel consiste en definir los métodos que permiten poner en práctica las limitaciones que establece la medicina del trabajo, a través del diseño y la organización del trabajo. Así, la ergonomía tradicional podría definirse como aquella que desarrolla "correcciones a través de estudios científicos", donde "correcciones" son todas aquellas recomendaciones para la concepción del trabajo en las que se presta atención a los límites de carga sólo para evitar los riesgos para la salud. Una característica de estas recomendaciones correctivas es que quienes las practican se quedan finalmente solos en su tarea de aplicarlas, ya que no existe un trabajo de equipo multidisciplinario.

El objetivo original cuando se inventó la ergonomía, en 1857, contrasta con esta "ergonomía correctiva":

... un enfoque científico que nos permitirá cosechar, en beneficio propio y de los demás, los mejores frutos del

trabajo de toda la vida con el mínimo esfuerzo y la máxima satisfacción (Jastrzebowski 1857).

Etimológicamente, el término "ergonomía" proviene del griego "nomos", que significa norma, y "ergo", que significa trabajo. Podría proponerse que la ergonomía debería desarrollar "normas" para una concepción prospectiva del diseño más encaminada hacia el futuro. Al contrario de la "ergonomía correctiva", la idea de la *ergonomía prospectiva* se basa en aplicar recomendaciones ergonómicas que tienen en cuenta, simultáneamente, los márgenes de beneficios (Laurig 1992).

Las normas básicas para el desarrollo de este enfoque pueden deducirse de la experiencia práctica y fortalecerse con los resultados de la higiene del trabajo y las investigaciones ergonómicas. En otras palabras, el término *ergonomía prospectiva* significa buscar alternativas en el diseño del trabajo que eviten la fatiga y el agotamiento del trabajador, con el objeto de promover la productividad humana ("...en beneficio propio y de los demás"). Este enfoque global de la *ergonomía prospectiva* incluye el diseño del equipo y del lugar de trabajo, así como el diseño de las condiciones de trabajo determinadas por una cantidad cada vez mayor de procesamiento de la información y una organización del trabajo en continua evolución. La *ergonomía prospectiva* es, por lo tanto, un enfoque interdisciplinario de investigadores y médicos de muy diversos campos unidos por el mismo objetivo, y parte de una base general para una concepción moderna de la salud y la seguridad en el trabajo (UNESCO 1992).

Con este criterio, el capítulo de *Ergonomía* de la cuarta edición de la *Enciclopedia* de la OIT abarca los diferentes grupos de conocimientos y experiencias orientados hacia las características y capacidades del trabajador y que tienen como objetivo el uso óptimo del recurso "trabajo humano" haciendo el trabajo más "ergonómico", es decir, más humano.

La elección de los temas y de la estructura de los artículos de este capítulo sigue la estructura de las preguntas típicas del campo, tal como se practica en la industria. El capítulo comienza con los *objetivos, principios y métodos* de la ergonomía y los artículos siguientes abarcan los principios fundamentales de las ciencias básicas, como la fisiología y la psicología. Con esta base, los siguientes artículos tratan sobre los aspectos principales de la concepción ergonómica de las condiciones de trabajo, desde la organización del trabajo hasta el diseño de productos. "Diseño para todos" hace énfasis en un enfoque ergonómico basado en las características y capacidades del trabajador, un concepto que con frecuencia se olvida en la práctica. La importancia y la diversidad de la ergonomía se muestra en dos ejemplos al final del capítulo, y también se refleja en el hecho de que muchos otros capítulos de esta edición de la *Enciclopedia* de la OIT, como *Calor y frío, Ruido, Vibraciones y Pantallas de visualización de datos*, y prácticamente todos los capítulos de las secciones *Gestión de la Seguridad y Prevención, Gestión y Política*, están directamente relacionados con la ergonomía.

OBJETIVOS, PRINCIPIOS Y METODOS

● NATURALEZA Y OBJETIVOS DE LA ERGONOMIA

William T. Singleton

Definición y campo de actividad

Ergonomía significa literalmente el estudio o la medida del trabajo. En este contexto, el término trabajo significa una actividad humana con un propósito; va más allá del concepto más limitado del trabajo como una actividad para obtener un beneficio

económico, al incluir todas las actividades en las que el operador humano sistemáticamente persigue un objetivo. Así, abarca los deportes y otras actividades del tiempo libre, las labores domésticas, como el cuidado de los niños o las labores del hogar, la educación y la formación, los servicios sociales y de salud, el control de los sistemas de ingeniería o la adaptación de los mismos, como sucede, por ejemplo, con un pasajero en un vehículo.

El operador humano, que es el centro del estudio, puede ser un profesional cualificado que maneje una máquina compleja en

un entorno artificial, un cliente que haya comprado casualmente un aparato nuevo para su uso personal, un niño dentro del aula o una persona con una discapacidad, reclusa a una silla de ruedas. El ser humano es sumamente adaptable, pero su capacidad de adaptación no es infinita. Existen intervalos de condiciones óptimas para cualquier actividad. Una de las labores de la ergonomía consiste en definir cuáles son estos intervalos y explorar los efectos no deseados que se producirán en caso de superar los límites; por ejemplo, qué sucede si una persona desarrolla su trabajo en condiciones de calor, ruido o vibraciones excesivas, o si la carga física o mental de trabajo es demasiado elevada o demasiado reducida.

La ergonomía examina no sólo la situación pasiva del ambiente, sino también las ventajas para el operador humano y las aportaciones que éste/ésta pueda hacer si la situación de trabajo está concebida para permitir y fomentar el mejor uso de sus habilidades. Las habilidades humanas pueden caracterizarse no sólo en relación al operador humano genético, sino también en relación a habilidades más específicas, necesarias en situaciones determinadas, en las que resulta crucial un alto rendimiento. Por ejemplo, un fabricante de automóviles deberá tener en cuenta el tamaño y la fuerza física de los posibles conductores de un determinado modelo para garantizar que los asientos sean cómodos; que los controles se identifiquen con facilidad y estén accesibles; que la visibilidad, tanto delantera como trasera, sea buena y que los indicadores interiores sean fáciles de leer. También deberá considerar la facilidad para entrar y salir del coche. En cambio, el diseñador de un coche de carreras considerará que el conductor tiene una constitución atlética, por lo que la facilidad para entrar o salir del vehículo, por ejemplo, no será tan importante e intentará ajustar todo el diseño del vehículo al tamaño y preferencias de un conductor determinado, para asegurar que éste pueda desarrollar todo su potencial y habilidad como conductor o conductora.

En cualquier situación, actividad o tarea, lo más importante es la persona o personas implicadas. Se supone que la estructura, la ingeniería y otros aspectos tecnológicos están ahí para servir al operador, y no al contrario.

Historia y estado

Hace aproximadamente un siglo, se reconoció que las jornadas y condiciones de trabajo en algunas minas y fábricas eran intolerables, en términos de salud y seguridad, y que era indispensable aprobar leyes que establecieran límites admisibles en estos aspectos. El establecimiento y determinación de esos límites puede considerarse como el comienzo de la ergonomía. Este fue, además, el principio de todas las actividades que ahora encuentran un medio de expresión a través del trabajo de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

El proceso de investigación, desarrollo y aplicación de estas leyes fue lento hasta la segunda Guerra Mundial. Este acontecimiento aceleró enormemente el desarrollo de máquinas e instrumentos tales como vehículos, aviones, tanques y armas, y mejoró sensiblemente los dispositivos de navegación y detección. Los avances tecnológicos proporcionaron una mayor flexibilidad para permitir la adaptación al operador, una adaptación que se hizo cada vez más necesaria, porque el rendimiento humano limitaba el rendimiento del sistema. Si un vehículo motorizado sólo puede alcanzar una velocidad de algunos kilómetros por hora, no hay por qué preocuparse del rendimiento del conductor, pero si la velocidad máxima del vehículo se multiplica por diez o por cien, entonces el conductor tiene que reaccionar con más rapidez y no tiene tiempo para corregir errores y evitar desastres. De forma parecida, a medida que mejora la tecnología disminuye la necesidad de preocuparse por los fallos

mecánicos o eléctricos, por ejemplo, y se puede centrar la atención en las necesidades del conductor.

De este modo, la ergonomía, como adaptación de la tecnología de la ingeniería a las necesidades del trabajador, es cada vez más necesaria y más factible, gracias a los avances tecnológicos.

El término ergonomía empezó a utilizarse alrededor de 1950, cuando las prioridades de la industria en desarrollo comenzaron a anteponerse a las prioridades de la industria militar. Singleton (1982) describe detalladamente el desarrollo de la investigación y sus aplicaciones, a lo largo de los 30 años siguientes. Algunas organizaciones de las Naciones Unidas, en especial la OIT y la OMS, comenzaron su actividad en este campo en el decenio de 1960.

El principal objetivo de la industria inmediatamente después de la posguerra, al igual que el de la ergonomía, era el aumento de la productividad. Este era un objetivo viable para la ergonomía, ya que gran parte de la productividad industrial estaba determinada directamente por el esfuerzo físico de los trabajadores: la velocidad del montaje y la proporción de movimientos y levantamientos de pesos determinaban la magnitud de la producción. Gradualmente, la energía mecánica sustituyó al esfuerzo muscular humano. Sin embargo, el aumento de la energía también produce más accidentes, por el sencillo principio de que los accidentes son la consecuencia directa de la aplicación de la energía en el momento erróneo y en el lugar equivocado. Cuando las cosas se producen con mayor rapidez, las posibilidades de accidentes aumentan. Así, la preocupación de la industria y el objetivo de la ergonomía comenzó a cambiar, poco a poco, de la productividad a la seguridad; esto ocurrió entre los años 60 y principios de los 70. Durante este tiempo, gran parte del sector de fabricación cambió de la producción por lotes a la producción en cadena y en proceso y, como consecuencia, la función del operador también cambió de la participación directa a las labores de control e inspección. Esto disminuyó la frecuencia de los accidentes, al alejar al operador de la escena de acción, pero en ocasiones, aumentó la gravedad de los accidentes debido a la velocidad y energía inherentes al proceso.

Cuando la producción está determinada por la velocidad de funcionamiento de las máquinas, la actividad se reduce a mantener el sistema en marcha; es decir, el objetivo es la fiabilidad. El operador se convierte en un controlador, un mecánico y un encargado de mantenimiento, en lugar de ser un manipulador directo.

Aunque esta descripción histórica de los cambios en las industrias de fabricación durante la posguerra podría sugerir que el ergónomo ha ignorado sistemáticamente una serie de problemas y ha intentado solucionar otros, esto no ha sido así, por distintos motivos. Como ya se ha dicho, el campo de la ergonomía abarca mucho más que el de las industrias de fabricación. Además de la ergonomía de la producción está la ergonomía del producto o del diseño, es decir, la adaptación de la máquina o el producto al usuario. En la industria automovilística, por ejemplo, la ergonomía es importante no sólo en la fabricación de piezas y en las líneas de producción, sino también en relación con el futuro conductor, pasajero y encargado de mantenimiento. Actualmente, la revisión de la calidad de la ergonomía de los vehículos: la conducción, la comodidad de los asientos, el manejo, los niveles de ruido y vibración, la facilidad de acceso a los controles, la visibilidad interior y exterior, etc., es algo frecuente en el marketing de los coches y en la valoración crítica de los mismos por terceros.

Como se indicó anteriormente, el rendimiento humano generalmente se optimizó dentro de un intervalo de tolerancias de una variable relevante. La mayoría de los primeros ergónomos

intentaban reducir el esfuerzo muscular realizado y la amplitud y diversidad de los movimientos al objeto de que no se superaran los límites tolerables. Los grandes cambios en el mundo laboral y la llegada del ordenador, han ocasionado el problema contrario. El espacio de trabajo con un ordenador, a menos que esté bien diseñado desde el punto de vista ergonómico, puede ocasionar una postura demasiado fija, falta de movimientos del cuerpo y una repetición excesiva de ciertos movimientos articulares.

Esta breve revisión histórica pretende mostrar que, aunque el desarrollo de la ergonomía ha sido continuo, los problemas han ido aumentando cada día más antes de que se lograra solucionar los existentes. Sin embargo, los conocimientos aumentan y cada vez son más fiables y válidos; los principios del consumo energético no dependen de cómo o porqué se consume la energía; las consecuencias de las posturas son las mismas para los asientos en un avión que frente a un ordenador; una parte importante de la actividad humana se realiza en la actualidad, frente a pantallas de visualización y existen principios bien establecidos, basados en pruebas de laboratorio y estudios de campo.

Ergonomía y disciplinas afines

El desarrollo de una técnica con bases científicas, que está en un punto intermedio entre las bien consolidadas tecnologías de la ingeniería y la medicina, se superpone inevitablemente con otras disciplinas. En términos de su base científica, gran parte del conocimiento ergonómico deriva de las ciencias humanas: anatomía, fisiología y psicología. Las ciencias físicas también han contribuido, por ejemplo, la solución de problemas de la iluminación, de la temperatura, del ruido o de las vibraciones.

La mayor parte de los pioneros de la ergonomía en Europa trabajaron en las ciencias humanas, motivo por el que la ergonomía está en un punto de equilibrio entre la fisiología y la psicología. Un enfoque fisiológico es necesario para abordar problemas tales como el consumo de energía, las posturas y aplicación de fuerzas, como en el levantamiento de pesos. Un enfoque psicológico permite estudiar problemas tales como la presentación de la información y el grado de satisfacción en el trabajo. Naturalmente, existen muchos problemas, como el estrés, la fatiga y el trabajo por turnos, que requieren un enfoque mixto de las ciencias humanas.

Muchos de los pioneros de este campo en EE.UU. trabajaban en el terreno de la psicología experimental o de la ingeniería y por esta razón sus denominaciones *ingeniería humana* o *factores humanos*, reflejan una diferencia en el enfoque, aunque no en los contenidos de interés, con los ergónomos europeos. Esto explica también por qué la higiene industrial, debido a su estrecha relación con la medicina, principalmente con la medicina del trabajo, se considera en Estados Unidos como algo distinto de los factores humanos o la ergonomía. Esta diferencia es menos evidente en otras partes del mundo. La ergonomía se centra en el operador humano en acción; la higiene industrial se centra en el riesgo de un determinado ambiente para el operador humano. Así, el interés central de un higienista industrial es el riesgo tóxico, algo que está fuera del ámbito del ergónomo. El higienista industrial se preocupa por los efectos sobre la salud, a corto o a largo plazo; el ergónomo, naturalmente, se preocupa por la salud, pero también por otras consecuencias, como la productividad, el diseño del trabajo o del espacio de trabajo. La seguridad y la higiene son aspectos generales que atañen tanto a la ergonomía como a la higiene industrial, a la salud laboral y a la medicina del trabajo. Por tanto, no es sorprendente que en las grandes instituciones de investigación, diseño o producción, estos temas aparezcan agrupados. Ello permite que un grupo de expertos en cada uno de estos temas contribuyan de forma

especializada al problema general de la salud, no sólo de los trabajadores de la institución, sino también de aquellos que resultan afectados por sus actividades y productos. En instituciones dedicadas al diseño o a la prestación de servicios, el ergónomo deberá estar más estrechamente relacionado con los ingenieros y otros técnicos.

Por lo anterior, es evidente que la naturaleza interdisciplinaria de la ergonomía y el hecho de que se trate de una disciplina relativamente reciente dificulta su inclusión en la organización existente. Al ser una actividad relacionada con las personas, se superpone con muchos otros campos de actividad, ya que las personas son el recurso básico y más generalizado de cualquier organización. La forma de incluirla dependerá de la historia y de los objetivos de cada organización en particular. El criterio principal es que los objetivos de la ergonomía se comprendan y se valoren adecuadamente y que los mecanismos necesarios para la implementación de las recomendaciones se elaboren dentro de la organización.

Objetivos de la ergonomía

Es evidente que las ventajas de la ergonomía pueden reflejarse de muchas formas distintas: en la productividad y en la calidad, en la seguridad y la salud, en la fiabilidad, en la satisfacción con el trabajo y en el desarrollo personal.

Este amplio campo de acción se debe a que el objetivo básico de la ergonomía es conseguir la eficiencia en cualquier actividad realizada con un propósito, eficiencia en el sentido más amplio, de lograr el resultado deseado sin desperdiciar recursos, sin errores y sin daños en la persona involucrada o en los demás. No es eficaz desperdiciar energía o tiempo debido a un mal diseño del trabajo, del espacio de trabajo, del ambiente o de las condiciones de trabajo. Tampoco lo es obtener los resultados deseados a pesar del mal diseño del puesto, en lugar de obtenerlos con el apoyo de un buen diseño.

El objetivo de la ergonomía es garantizar que el entorno de trabajo esté en armonía con las actividades que realiza el trabajador. Este objetivo es válido en sí mismo, pero su consecución no es fácil por una serie de razones. El operador humano es flexible y adaptable y aprende continuamente, pero las diferencias individuales pueden ser muy grandes. Algunas diferencias, tales como las de constitución física y fuerza, son evidentes, pero hay otras, como las diferencias culturales, de estilo o de habilidades que son más difíciles de identificar.

En vista de lo complejo de la situación, podría parecer que la solución es proporcionar un entorno flexible, en el que el operador humano pueda optimizar una forma específicamente adecuada de hacer las cosas. Desgraciadamente, este enfoque no siempre se puede llevar a la práctica, ya que la forma más eficiente no siempre resulta obvia y, en consecuencia, el trabajador puede seguir haciendo una cosa durante años de forma inadecuada o en condiciones inaceptables.

Así, es necesario adoptar un enfoque sistemático: partir de una teoría bien fundamentada, establecer objetivos cuantificables y contrastar los resultados con los objetivos. Los distintos objetivos posibles se detallan a continuación.

Salud y seguridad

No cabe duda de que existen objetivos relacionados con la salud y la seguridad, pero la dificultad surge del hecho de que ninguno de estos conceptos se puede medir directamente: sus logros se valoran por su ausencia más que por su presencia. Los datos en cuestión siempre están relacionados con aspectos derivados de la salud y la seguridad.

En el caso de la salud, la mayor parte de las evidencias se basan en estudios a largo plazo, en poblaciones y no en casos individuales. Por lo tanto, es necesario mantener registros

detallados durante largos períodos de tiempo para poder adoptar un enfoque epidemiológico a través del cual puedan identificarse y cuantificarse los factores de riesgo. Por ejemplo, ¿cuál debería ser el máximo de horas al día o al año que debe permanecer un trabajador en un puesto con un ordenador? Dependerá del diseño del puesto, del tipo de trabajo y del tipo de persona (edad, capacidad visual, habilidades, etc.). Los efectos sobre la salud pueden ser muy diversos, desde problemas en las muñecas hasta fatiga mental, por ello es necesario realizar estudios globales que cubran poblaciones amplias y estudiar, al mismo tiempo, las diferencias entre unas poblaciones y otras.

La seguridad es más directamente medible en sentido negativo, en términos de tipos y frecuencias de los accidentes y lesiones. Resulta complicado definir los distintos tipos de accidentes e identificar los múltiples factores causales y, con frecuencia, no hay una buena correlación entre el tipo de accidente y el grado de daño producido, de ninguno a fatal.

Sin embargo, durante los últimos cincuenta años se ha acumulado una gran cantidad de datos relacionados con la salud y la seguridad, y se han descubierto consecuencias que pueden ser relacionadas con teorías, leyes y normas y con principios operativos en determinados tipos de situaciones.

Productividad y eficacia

La productividad suele definirse en términos de producción por unidad de tiempo, mientras que la eficacia incorpora otras variables, en particular la relación resultado-inversión. La eficacia incorpora el coste de lo que se ha hecho en relación con los logros, y en términos humanos, esto implica la consideración de los costes para el operador humano.

En la industria, la productividad es relativamente fácil de medir: la cantidad producida puede contarse y el tiempo invertido en producir es fácil de determinar. Los datos sobre productividad suelen utilizarse en comparaciones del tipo antes/después de la modificación de métodos, situaciones o condiciones de trabajo. Esto implica asumir una serie de suposiciones, como la equivalencia entre el esfuerzo y otros costes, porque se basa en el principio de que el operador humano rendirá tanto como lo permitan las circunstancias. Si la productividad aumenta, esto significa que las circunstancias son mejores. Hay muchas razones para recomendar este sencillo enfoque, a condición de que se utilice teniendo en cuenta los posibles factores de confusión que pueden enmascarar lo que está ocurriendo realmente. La mejor garantía de ello es intentar asegurarse de que nada ha cambiado entre la situación anterior y la posterior, con excepción de los aspectos que se están estudiando.

La eficacia es la medida más global, pero también la más difícil de determinar. Por lo general, debe definirse específicamente para cada situación particular, y en la valoración de los resultados de cualquier estudio deberá comprobarse que la definición es relevante y válida para las conclusiones obtenidas. Por ejemplo, ¿montar en bicicleta, es más eficaz que andar? Montar en bicicleta es más productivo en términos de la distancia que es posible recorrer en un tiempo determinado, y más eficaz en términos de la energía consumida por unidad de distancia o, si se trata de un ejercicio realizado dentro de casa, porque la bicicleta es más sencilla y económica que otro tipo de aparatos. Por otra parte, la finalidad del ejercicio podría ser el consumo de energía por motivos de salud, o la subida de una montaña en un terreno difícil; en estas circunstancias, caminar será más eficaz. Así, la medida de la eficacia sólo tiene sentido en un contexto bien definido.

Fiabilidad y calidad

Como se indicó anteriormente, en los sistemas de alta tecnología (por ejemplo, transporte aéreo de pasajeros, refinerías de crudo o

plantas de generación de energía), la medida clave es la fiabilidad, más que la productividad. Los controladores de dichos sistemas vigilan el rendimiento y contribuyen a la productividad y a la seguridad haciendo los ajustes precisos para garantizar que las máquinas automáticas están conectadas y funcionan dentro de sus límites. Todos estos sistemas se encuentran en un estado de máxima seguridad cuando están inactivos, o cuando funcionan dentro de las condiciones de funcionamiento proyectadas; son más peligrosos cuando se mueven entre estados de equilibrio, por ejemplo, durante el despegue de un avión o cuando se está deteniendo un sistema de proceso. Una alta fiabilidad es una característica clave no sólo por motivos de seguridad, sino también porque una interrupción o parada no planificada resulta extremadamente costosa. La fiabilidad es fácil de medir después de obtenido el resultado, pero es muy difícil de predecir, a menos que se haga por referencia a resultados anteriores de sistemas similares. Cuando algo va mal, el error humano es invariablemente una causa que contribuye, pero no siempre significa que se trate de un error del controlador. Los errores humanos pueden originarse en la fase de diseño y durante la puesta en marcha y el mantenimiento. Actualmente se acepta que estos sistemas de alta tecnología, tan complejos, requieren un estudio ergonómico considerable y continuo desde el diseño hasta la valoración de cualquiera de los fallos que puedan producirse.

La calidad está en relación con la fiabilidad, pero es muy difícil, si no imposible, de medir. Tradicionalmente, en los sistemas de producción en cadena y por lotes, la calidad se controlaba inspeccionando el producto terminado, pero en la actualidad se combinan la producción y el mantenimiento de la calidad. Así, cada operador tiene una responsabilidad paralela, como inspector. Esto suele resultar más efectivo, pero puede significar el abandono de la política de incentivos basada simplemente en las tasas de producción. En términos ergonómicos, lo normal es tratar al operador como una persona responsable y no como un robot programado para una actividad repetitiva.

Satisfacción en el trabajo y desarrollo personal

Si se parte del principio de que el trabajador u operador humano debe ser tratado como una persona y no como un robot, se desprende que deberían valorarse sus responsabilidades, actitudes, creencias y valores. Esto no es nada fácil, ya que hay muchas variables en juego, en su mayoría detectables pero no cuantificables, y enormes diferencias individuales y culturales. Sin embargo, gran parte del esfuerzo se concentra actualmente en el diseño y la organización del trabajo, con el fin de asegurar que la situación sea lo más satisfactoria posible, desde el punto de vista del operador. Es posible realizar algunas mediciones utilizando técnicas de encuesta y se dispone de algunos criterios basados en ciertas características del trabajo, como la autonomía y el grado de responsabilidad. Estos esfuerzos requieren tiempo y dinero, pero pueden obtenerse considerables beneficios si se escuchan las sugerencias, opiniones y actitudes de las personas que están realizando el trabajo. Su enfoque puede no ser el mismo que el del "diseñador" externo del trabajo, y puede no coincidir con los supuestos del organizador o planificador del trabajo. Estas diferencias de opinión son importantes y pueden llegar a producir un cambio positivo en la estrategia, por parte de todos los implicados.

No hay duda de que el ser humano aprende continuamente si está rodeado de las condiciones adecuadas. La clave es proporcionarle información sobre la actuación pasada y presente, que podrá utilizar para mejorar la actuación futura. Más aún, tal información actuará como un incentivo del rendimiento. De esta forma todo el mundo gana: la persona que ejecuta el trabajo y los responsables, en un sentido más amplio, de esta ejecución. De esto puede concluirse que hay mucho que ganar

con una mejora en la ejecución del trabajo, inclusive para el desarrollo personal. El principio de que el desarrollo personal debe ser un aspecto en la aplicación de la ergonomía, requiere mayores habilidades por parte del diseñador y del organizador, pero si se logran aplicar adecuadamente, mejorarán todos los aspectos de la actuación humana antes mencionados.

Con frecuencia, aplicar con éxito la ergonomía sólo consiste en desarrollar la actitud o el punto de vista idóneos. Las personas son, inevitablemente, el factor central de cualquier esfuerzo humano, y por tanto, es inherentemente importante considerar sistemáticamente sus méritos, limitaciones, necesidades y aspiraciones.

Conclusión

La ergonomía es el estudio sistemático de las personas en su entorno de trabajo con el fin de mejorar su situación laboral, sus condiciones de trabajo y las tareas que realizan. El objetivo es adquirir datos relevantes y fiables que sirvan de base para recomendar cambios en situaciones específicas y para desarrollar teorías, conceptos, directrices y procedimientos más generales que contribuyan a un continuo desarrollo de los conocimientos en el campo de la ergonomía.

● ANALISIS DE ACTIVIDADES, TAREAS Y SISTEMAS DE TRABAJO

Véronique De Keyser

Es difícil hablar de análisis del trabajo fuera de la perspectiva de los recientes cambios del mundo industrializado, ya que la naturaleza de las actividades y las condiciones en las que se desarrollan han evolucionado notablemente durante estos últimos años. Los factores que han dado lugar a estos cambios han sido numerosos, pero hay dos cuyo impacto puede considerarse crucial. Por un lado, los avances tecnológicos, con su marcha vertiginosa, y los tremendos cambios producidos por las tecnologías de la información, han revolucionado muchos trabajos (De Keyser 1986). Por otra parte, la incertidumbre del mercado económico ha exigido una mayor flexibilidad en la gestión del personal y la organización del trabajo. Si bien los trabajadores tienen ahora una visión más amplia del proceso de producción, como un proceso menos rutinario e indudablemente más sistemático, también es verdad que han perdido los vínculos exclusivos con un entorno, un equipo o una herramienta de producción. No es fácil contemplar estos cambios con serenidad, pero tenemos que enfrentarnos al hecho de que se ha creado un nuevo panorama industrial, en ocasiones más enriquecedor para aquellos trabajadores que pueden encontrar su lugar en él, pero también lleno de trampas y dificultades para aquellos que resultan marginados o excluidos. No obstante, en las empresas está surgiendo una idea que ha confirmado los experimentos piloto realizados en muchos países: es posible dirigir los cambios y amortiguar sus efectos adversos utilizando análisis adecuados y aplicando todos los recursos de negociación entre las distintas partes. Y es dentro de este contexto en el que deben realizarse los análisis actuales del trabajo, como herramientas que nos permitirán describir mejor las tareas y actividades para así poder dirigir intervenciones de distinta índole, como la formación, el establecimiento de nuevos sistemas de organización o el diseño de herramientas y sistemas de trabajo. Hablamos de análisis en plural porque existen muchos tipos de análisis, en función de los contextos teóricos y culturales en los que se han desarrollado, de los objetivos concretos que persiguen, de la evidencia que recogen o del interés de sus autores por lo

específico o por lo general. Aquí nos limitaremos a presentar algunas características de los análisis del trabajo y haremos hincapié en la importancia del trabajo colectivo. Nuestras conclusiones mostrarán otros caminos, que los límites de este texto no nos permiten analizar en profundidad.

Algunas características de los análisis del trabajo

El contexto

Si el objetivo primordial de cualquier análisis del trabajo es describir lo que el trabajador *hace*, o lo que *debería hacer*, ubicarlo de forma más precisa en su contexto parece, a menudo, indispensable a los investigadores. Todos mencionan, cada uno según sus propios puntos de vista, pero de forma similar, los conceptos *contexto*, *situación*, *entorno*, *esfera de trabajo*, *mundo laboral* o *medio ambiente de trabajo*. El problema no está tanto en los distintos matices que tienen estos términos, como en la selección de las variables que es necesario determinar para poder darles un sentido útil. En realidad, el mundo es enorme y la industria, compleja, y las características a las que podríamos hacer referencia son innumerables. Entre los autores que han escrito sobre este campo pueden distinguirse dos tendencias. La primera contempla la descripción del contexto como un medio para captar el interés del lector y proporcionarle un marco semántico adecuado. La segunda tiene una perspectiva teórica diferente: pretende aunar contexto y actividad, y describe únicamente aquellos elementos que son capaces de influir en el comportamiento de los trabajadores.

El marco semántico

El contexto tiene un poder evocador. Para un lector informado, es suficiente leer algo sobre un operador en una sala de control, inmerso en un proceso continuo, para formarse una imagen de su trabajo mediante mandos y vigilancia a distancia, en el que predominarán las tareas de detección, diagnóstico y ajuste. ¿Qué variables son necesarias determinar para crear un contexto suficientemente claro? Todo depende del lector. Sin embargo, en las publicaciones sobre este tema destacan algunas variables clave. La *naturaleza* del sector económico, el tipo de producción o de servicio, o el tamaño y emplazamiento geográfico del lugar analizado, resultan muy útiles. Los procesos de producción, las *herramientas o máquinas* y su *nivel de automatización* permiten proponer ciertas restricciones o determinadas cualificaciones necesarias. La *estructura del personal*, junto con la edad y el nivel de cualificación y experiencia, son datos cruciales cuando el análisis se refiere al campo formativo o de flexibilidad organizativa. La *organización del trabajo* que se establezca dependerá más de la filosofía de la empresa que de su tecnología. Su descripción incluye los planes de trabajo, el grado de centralización de la toma de decisiones y los tipos de control que se ejercen sobre los trabajadores. En determinados casos pueden añadirse otros elementos relacionados con la historia y cultura de la empresa, su situación económica, las condiciones de trabajo y las reestructuraciones, fusiones e inversiones. Existen tantos sistemas de clasificación como autores, y hay numerosas listas descriptivas en circulación. En Francia se ha hecho un esfuerzo especial para generalizar métodos descriptivos simples, que contemplan la valoración de determinados factores en función de si son o no satisfactorios para el trabajador (RNUR 1976; Guelaud y cols. 1977).

La descripción de los factores relevantes en función de la actividad

La taxonomía de los sistemas complejos descritos por Rasmussen, Pejtersen y Schmidts (1990) representa uno de los intentos más ambiciosos de abarcar al mismo tiempo el contexto y su influencia sobre el operador. La idea básica es integrar

sistemáticamente los distintos elementos que los componen y sacar a relucir los grados de libertad o las limitaciones con las que pueden desarrollarse las estrategias individuales. Su ambicioso objetivo la convierte en algo difícil de manejar, pero el uso de diversas formas de representación, entre ellas los gráficos, para ilustrar las limitaciones, tiene un valor heurístico que seguramente resultará atractivo a muchos lectores. Hay otros enfoques con un objetivo más definido. Lo que buscan los autores es una selección de aquellos factores que pueden influir sobre una actividad determinada. Por ello Brehmer, interesado en el control de procesos en un entorno cambiante, propone una serie de características temporales propias del contexto que afectan al control y a la anticipación del operador (véase Figura 29.1). La tipología de este autor se ha desarrollado a partir de "micromundos", simulaciones por ordenador de situaciones dinámicas, pero el propio autor, como otros posteriormente, lo utilizó para la industria de procesos continuos (Van Daele 1992). En algunas actividades, la influencia del entorno es bien conocida y la selección de los factores no resulta demasiado difícil. Así, si nos interesa la frecuencia cardíaca en el entorno laboral, generalmente nos limitaremos a describir la temperatura del aire, los esfuerzos físicos que imponen la tarea o la edad y el entrenamiento del sujeto, incluso aunque sepamos que procediendo así estamos excluyendo factores importantes. Para otros, la elección es más difícil. Algunos estudios sobre el error humano, por ejemplo, muestran que los factores capaces de producirlos son numerosos (Reason 1989). Algunas veces, cuando el conocimiento teórico no basta, el proceso estadístico que conjuga contexto y análisis de la actividad será el único que nos permita desentrañar los factores contextuales importantes (Fadier 1990).

¿La tarea o la actividad?

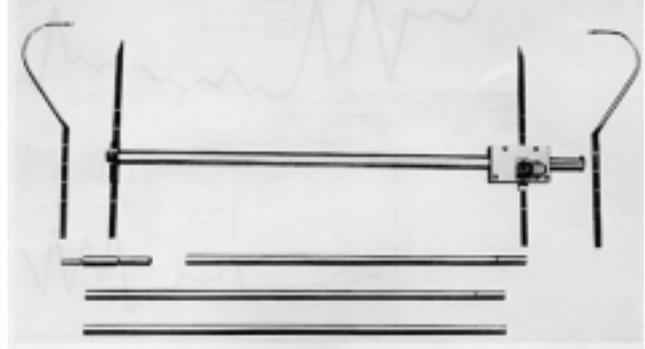
La tarea

La tarea se define por sus objetivos, sus exigencias y los medios necesarios para realizarla con éxito. Una función que se desempeña en el seno de una empresa suele estar representada por una serie de tareas. La tarea realizada se diferencia de la tarea encomendada, programada por la firma por diversas razones: las estrategias de los operadores varían en y entre los individuos, el entorno fluctúa y los acontecimientos que se producen al azar requieren respuestas que suelen estar fuera de la estructura del trabajo programado. Por último, la *tarea* no siempre se programa con un conocimiento adecuado de sus condiciones de ejecución. De ahí que sean necesarias adaptaciones en tiempo real. Pero incluso si la tarea se actualiza durante la actividad hasta el punto de ser modificada, sigue siendo el punto de referencia central.

Los cuestionarios, inventarios y taxonomías de las tareas son abundantes, sobre todo en las publicaciones anglosajonas: el lector puede encontrar excelentes revisiones en Fleishman y Quaintance (1984) y en Greuter y Algera (1987). Algunos de estos instrumentos no son más que meras listas de elementos, (por ejemplo, los verbos de acción para ilustrar las tareas) que se van comprobando de acuerdo a la función estudiada. Otros han adoptado un principio jerárquico, caracterizando una tarea como una serie de elementos relacionados entre sí, ordenados de lo general a lo particular. Estos métodos están normalizados y pueden aplicarse a un gran número de funciones; son sencillos de utilizar y reducen significativamente la fase analítica. Pero cuando se trata de definir un trabajo específico, son demasiado estáticos y generales para resultar útiles.

A continuación están aquellos instrumentos que requieren una mayor habilidad por parte del investigador, ya que los elementos de análisis no están predeterminados y es el investigador quien tiene que caracterizarlos. A este grupo pertenece la

Figura 29.1 • Criterios y subcriterios de la taxonomía de micromundos propuesta por Brehmer (1990).

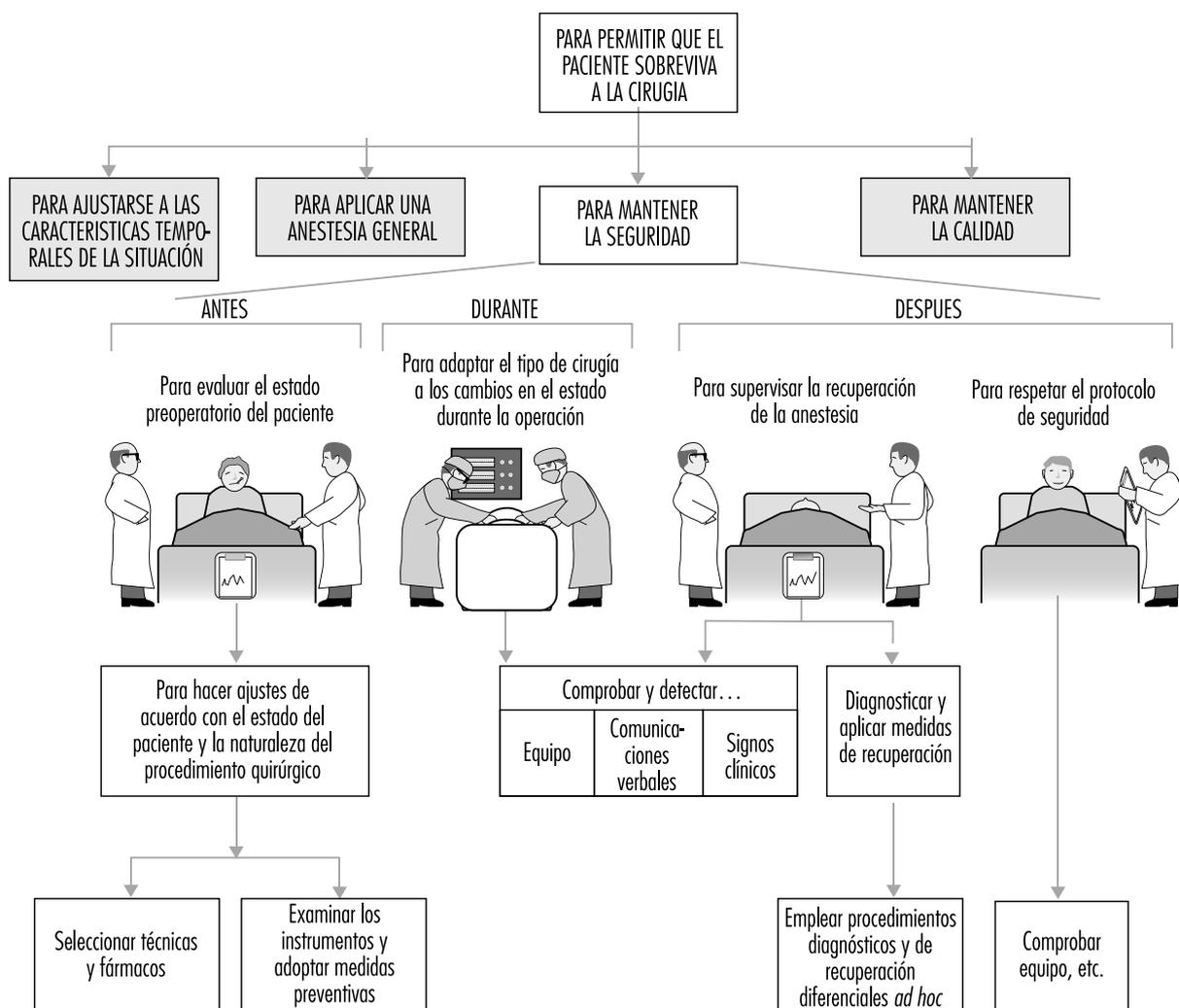


ya desfasada técnica del incidente crítico de Flanagan (1954), en la que el observador describe una función por referencia a sus dificultades e identifica los incidentes a los que el individuo tendrá que enfrentarse.

Esta es también la trayectoria adoptada por el análisis de la tarea cognitiva (Roth y Woods 1988). Esta técnica pretende sacar a la luz los requisitos cognitivos de un trabajo. Una manera de realizarlo es desglosando el trabajo en objetivos, exigencias y medios. La Figura 29.2 muestra cómo la tarea de un anestésista, caracterizada en primer lugar por el objetivo muy global de la supervivencia del paciente, puede subdividirse en una serie de objetivos secundarios, que pueden a su vez clasificarse en acciones y medios que serán empleados. Fueron necesarias más de cien horas de observación en el entorno operativo y entrevistas posteriores con anestésistas, para obtener este "retrato" sinóptico de los requisitos de la función. Esta técnica, aunque muy laboriosa, resulta útil para determinar si todos los objetivos de una tarea están dotados de los medios necesarios para conseguirlos. Además, permite comprender la complejidad de una tarea (sus dificultades específicas y sus objetivos conflictivos, por ejemplo) y facilita la interpretación de determinados errores humanos. Pero adolece, al igual que otros métodos, de la ausencia de un lenguaje descriptivo (Grant y Mayes 1991). Además, no permite formular hipótesis en relación con la naturaleza de los procesos cognitivos que entran en juego para obtener los objetivos en cuestión.

Otros enfoques han analizado los procesos cognitivos asociados con determinadas tareas, estableciendo hipótesis relacionadas con el proceso de la información necesario para llevarlas a cabo. Un modelo cognitivo de este tipo, frecuentemente empleado, es el de Rasmussen (1986) que establece, según la naturaleza de la tarea y lo familiar que ésta resulte para el sujeto, tres niveles posibles de actividad basados en los hábitos y reflejos adquiridos gracias a la habilidad, en procedimientos adquiridos mediante normas, o en procedimientos basados en el conocimiento. Pero también se siguen utilizando otros modelos o teorías que alcanzaron su nivel máximo de popularidad durante el decenio de 1970. Por ejemplo, la teoría del control óptimo, que considera al hombre como controlador de las discrepancias entre los objetivos asignados y los objetivos observados, sigue aplicándose ocasionalmente a los procesos cognitivos. También la elaboración de modelos mediante la conexión de tareas relacionadas entre sí y las gráficas de flujo continúan inspirando a los autores de análisis de tareas cognitivas. La Figura 29.3 ofrece una descripción simplificada de las secuencias conductuales en

Figura 29.2 • Análisis cognitivo de la tarea: anestesia general.



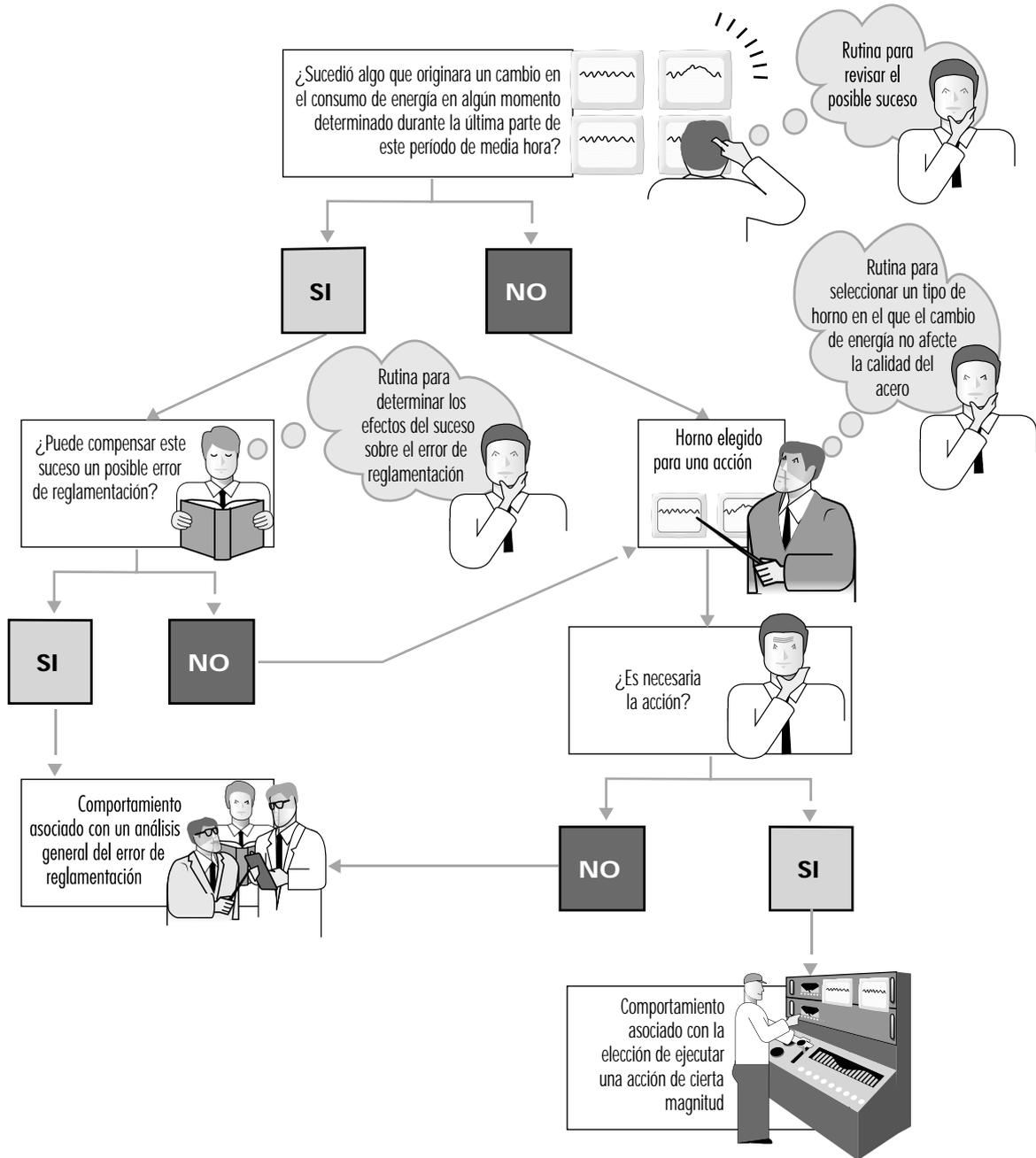
Fuente: De Keyser y Nyssen 1993.

una tarea de control de energía y establece una hipótesis sobre determinadas operaciones mentales. Todos estos intentos reflejan la preocupación de los investigadores por aunar en la misma descripción los elementos del contexto, la tarea propiamente dicha y los procesos cognitivos subyacentes, además de reflejar el carácter dinámico del trabajo.

Desde el advenimiento de la organización científica del trabajo, el concepto de tarea encomendada ha sido duramente criticado, ya que se ha considerado que representa una imposición a los trabajadores de tareas que, no sólo se han diseñado sin tener en cuenta sus necesidades, sino que además van acompañadas, a menudo, de un tiempo específico de ejecución, una restricción no muy bien acogida por muchos trabajadores. Aunque el aspecto impositivo es actualmente bastante más flexible y los trabajadores contribuyen con mayor frecuencia al diseño de tareas, la asignación de un tiempo a la tarea sigue siendo necesaria para la planificación y programación y, por ello, un componente esencial en la organización del trabajo. Pero la cuantificación del tiempo no debe percibirse como un aspecto negativo. Constituye un valioso indicador de la carga de trabajo. Una forma simple y muy extendida, de medir la presión

de tiempos que se ejerce sobre un trabajador consiste en determinar el cociente del tiempo necesario para la ejecución de una tarea, dividido por el tiempo disponible. Cuanto más próximo esté este cociente de la unidad, mayor será la presión (Wickens 1992). Además, esta cuantificación puede utilizarse para una gestión flexible y adecuada del personal. Tomemos el caso de las enfermeras, en el que la técnica del análisis predictivo de las tareas se ha generalizado, por ejemplo, en el reglamento canadiense *Planning of Required Nursing* (PRN 80) (Kepenne 1984) o en alguna de sus variantes europeas. Gracias a tales listas de tareas, acompañadas por el tiempo medio de ejecución, se puede establecer cada mañana, en función del número de pacientes y sus condiciones de salud, un programa de cuidados y la distribución del personal. Lejos de ser una limitación, la normativa PRN 80 ha demostrado, en un gran número de hospitales, la existencia de una situación de escasez de personal auxiliar, ya que la técnica permite establecer una diferencia (véase Figura 29.4) entre lo deseado y lo observado, entre el número de personas necesarias y disponibles, e incluso entre las tareas planificadas y las realizadas. Los tiempos calculados representan sólo tiempos medios y las fluctuaciones que se

Figura 29.3 • Descripción simplificada de los determinantes de una secuencia de comportamientos en una tarea de control de energía: caso de consumo inaceptable de energía.



Fuente: Bainbridge 1981.

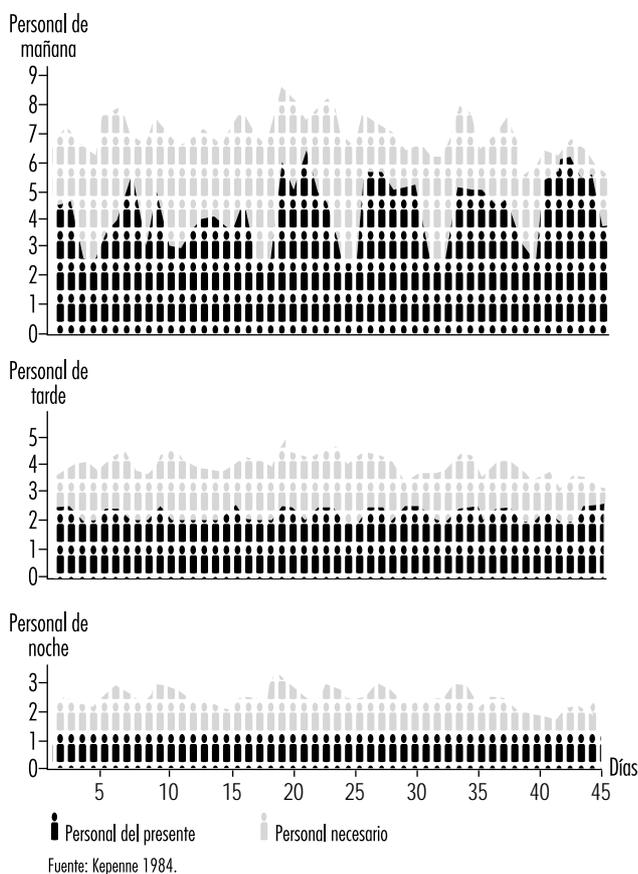
producen en situaciones reales no siempre permiten aplicarlos, pero este aspecto negativo se puede compensar con una organización flexible, que contemple los ajustes y que permita al personal participar en la realización de los mismos.

Actividad, pruebas y rendimiento

Una actividad se define como el conjunto de conductas y recursos que el trabajador utiliza para desarrollar un trabajo, es decir, la transformación o producción de bienes, o la prestación de un servicio. Esta actividad se puede estudiar a través de la

observación de formas distintas. Favergé (1972) ha descrito cuatro formas de análisis. La primera es el análisis de *gestos y posturas*, en el que el observador localiza, en la actividad visible del trabajador, tipos de acciones que pueden identificarse y que se repiten durante la realización de un trabajo. Estas actividades suelen ir acompañadas de una respuesta precisa, como la frecuencia cardíaca, que nos permite valorar la carga física asociada a cada actividad. La segunda forma de análisis se hace en términos de *adquisición de información*. Lo que se descubre a través de la *observación directa*, o con la ayuda de cámaras o registros de los movimientos oculares, es

Figura 29.4 • Discrepancias entre la cantidad de personal presente y necesaria de acuerdo con PRN 80.



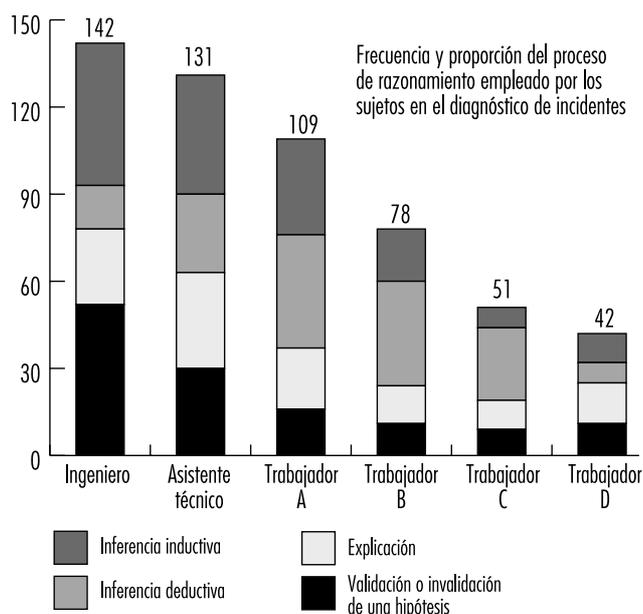
el conjunto de señales que recoge el operador en el campo de información que le rodea. Este análisis resulta particularmente útil en la ergonomía cognitiva, para tratar de comprender mejor la forma en que el trabajador procesa la información. La tercera forma de análisis se realiza en términos de regulación. La idea es identificar los ajustes que introduce el operador en la actividad con el fin de responder a las fluctuaciones del entorno o a los cambios que sufra su propia situación. Aquí encontramos la intervención directa del contexto en el análisis. Uno de los proyectos de investigación más citados en este campo es el de Sperandio (1972). Este autor estudió la actividad de los controladores aéreos y detectó importantes cambios de estrategia cuando aumentaba el tráfico aéreo. Sperandio los interpretó como un intento por simplificar la actividad, manteniendo un nivel de carga aceptable, al tiempo que continuaban cumpliendo los requisitos de la tarea. El cuarto tipo de análisis es el de *procesos de pensamiento*. Este tipo de análisis ha sido muy utilizado en la ergonomía de puestos sumamente automatizados. En realidad, el diseño de soportes informáticos, en especial los soportes inteligentes, requiere entender perfectamente la forma de razonar del operador para resolver ciertos problemas. El razonamiento, que forma parte del proceso de planificación, anticipación y diagnóstico ha sido objeto de análisis (puede encontrarse un ejemplo en la Figura 29.5). Sin embargo, las pruebas de que existe actividad mental sólo pueden inferirse. Fuera de algunos aspectos observables de la conducta, como por ejemplo los movimientos del ojo o el tiempo que se emplea en resolver un problema, la mayoría de estos análisis se centran en la provocación de la respuesta verbal. Durante los últimos años se ha hecho especial hincapié en el

conocimiento necesario para realizar determinadas actividades, y los investigadores han tratado de no considerarlas como un postulado inicial del análisis, sino dejar que se manifestaran durante el propio análisis.

Estos esfuerzos han demostrado que es posible obtener rendimientos casi idénticos con niveles muy diferentes de conocimiento, siempre y cuando los operadores sean conscientes de sus limitaciones y apliquen estrategias adaptadas a sus capacidades. Por ello, en nuestro estudio realizado sobre la puesta en marcha de una planta termoeléctrica (De Keyser y Housiaux 1989), aquella fue realizada tanto por ingenieros como operadores. Los conocimientos teóricos y de procedimientos que estos dos grupos poseían, comprobados por medio de entrevistas y cuestionarios, eran muy diferentes. Los trabajadores, concretamente, a veces comprendían de forma errónea las variables que intervenían en las conexiones funcionales de los procesos. A pesar de ello, la actuación de ambos grupos fue muy similar, pero los trabajadores tuvieron en cuenta más variables para controlar la puesta en marcha de la planta y realizaron verificaciones más frecuentes. Amalberti (1991), que ha mencionado la existencia de metacogniciones que permiten a los expertos controlar sus propios recursos, obtuvo también los mismos resultados.

¿Qué tipo de *prueba* o evidencia de que existe *actividad* sería conveniente obtener? Su naturaleza, como ya hemos visto, depende en gran medida de la forma de análisis planteado. Su forma varía en función del grado de rigor metodológico del observador. Las pruebas *provocadas* se distinguen de las *espontáneas* y las *concomitantes* de las *posteriores*. En términos generales, cuando la naturaleza del trabajo lo permite, debe optarse por las pruebas concomitantes y espontáneas, que no presentan ciertos inconvenientes, como pueda ser la escasa fiabilidad de la memoria, la interferencia del observador, el efecto de racionalizar la reconstrucción por parte del sujeto u otros similares. Para ilustrar estas distinciones, tomaremos como ejemplo las

Figura 29.5 • Análisis de la actividad mental. Estrategias del control de procesos con tiempos de respuesta prolongados: necesidad de soporte informático para el diagnóstico.



verbalizaciones. Las verbalizaciones espontáneas son intercambios verbales o monólogos que se expresan de forma espontánea, sin que el observador lo haya pedido. Las verbalizaciones provocadas son aquellas que se realizan a solicitud del observador, como cuando se pide al sujeto que "piense en alto", algo muy común en la literatura cognitiva. Ambas pueden realizarse en tiempo real, durante el trabajo, y por tanto, son concomitantes. También pueden ser posteriores, como sucede con las entrevistas, o con las verbalizaciones de los sujetos cuando ven su trabajo en una cinta de vídeo. Por lo que respecta a la validez de las verbalizaciones, es conveniente recordar las dudas suscitadas por la controversia entre Nisbett y De Camp Wilson (1977) y White (1988) y las precauciones sugeridas por numerosos autores, conscientes de su importancia en el estudio de la actividad mental y dadas las dificultades metodológicas que conllevan (Ericson y Simon 1984; Savoyant y Leplat 1983; Caverni 1988; Bainbridge 1986).

La organización de estas pruebas, su proceso y su formalización requieren un lenguaje descriptivo y, en ocasiones, un análisis que va más allá de la observación "in situ". Por ejemplo, las actividades mentales que se deducen de las pruebas continúan siendo hipotéticas. Actualmente suelen describirse utilizando un lenguaje derivado de la inteligencia artificial, haciendo uso de las representaciones en forma de esquemas, normas de producción y redes conectadas entre sí. Además, se ha extendido mucho el uso de simulaciones por ordenador de los "micromundos" para localizar con precisión determinadas actividades mentales, aunque la validez de los resultados obtenidos de estas simulaciones informatizadas, en vista de la complejidad del mundo industrial, es objeto de debate. Por último, es necesario mencionar los modelos cognitivos de algunas actividades mentales obtenidos "in situ". Entre los más conocidos están el diagnóstico del operador de una planta nuclear, realizado en Ispra (Decortis y Cacciabue 1990), y la planificación del piloto de combate perfeccionado en el *Centre d'études et de recherches de médecine aérospatiale* (CERMA) (Amalberti y cols. 1989).

La cuantificación de las discrepancias entre el rendimiento de estos modelos y el de los trabajadores reales, es un campo muy productivo en los análisis de actividades. El *rendimiento* es el resultado de la actividad, la respuesta final dada por el sujeto a los requisitos de la tarea. Se expresa a nivel de producción: productividad, calidad, error, incidentes, accidentes e incluso, a un nivel más global, absentismo y rotación. Pero también se debe identificar a nivel individual: la expresión subjetiva de la satisfacción, el estrés, la fatiga o la carga de trabajo, y muchas respuestas fisiológicas son también indicadores del rendimiento. Sólo el conjunto completo de los datos permite interpretar la actividad, es decir, juzgar si va más allá de los objetivos perseguidos, a la vez que se mantiene dentro de los límites humanos. Hay un conjunto de normas que sirven de guía, hasta cierto punto, al observador. Pero estas normas no son situacionales: no tienen en cuenta el contexto, sus fluctuaciones y la situación del trabajador. Por esto que, en la ergonomía del diseño, aunque existen reglas, normas y modelos, se aconseja al diseñador que compruebe el producto, utilizando prototipos tan pronto como sea posible, y que evalúe la actividad y el rendimiento del usuario.

¿Trabajo individual o colectivo?

Aunque en la inmensa mayoría de los casos el trabajo es una actividad colectiva, la mayoría de los análisis del trabajo se centran en tareas o actividades individuales. Sin embargo, la realidad es que la evolución tecnológica, al igual que la organización del trabajo, hace hincapié actualmente en la distribución del trabajo, ya sea entre hombres y máquinas, o simplemente dentro de un grupo. ¿Qué vías han explorado los autores para tener en cuenta

esta distribución (Rasmussen, Pejtersen y Schmidts 1990)? Estos autores se centran en tres aspectos: la estructura, la naturaleza de los intercambios y la labilidad estructural.

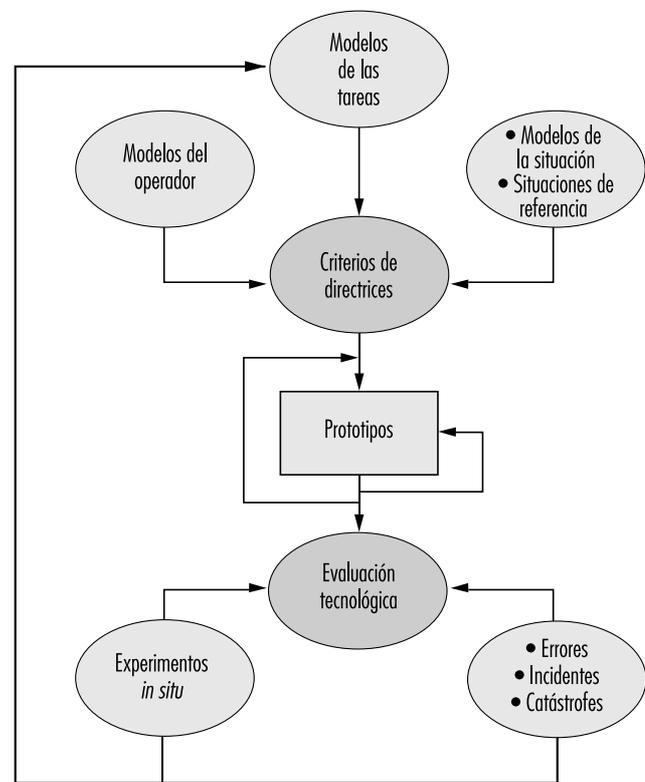
Estructura

Tanto si consideramos la estructura como elemento del análisis de los trabajadores, o de los servicios, o incluso de diferentes ramas de una empresa pertenecientes a una red, la descripción de los vínculos que los mantienen unidos sigue representando un problema. Estamos familiarizados con los organigramas que utilizan las empresas para presentar la estructura de mandos, cuyas distintas formas reflejan la filosofía de organización de la empresa: una organización muy jerarquizada según la estructura taylorista, una organización horizontal, o incluso tipo matriz, si se desea una estructura más flexible. Existen otras descripciones posibles para la distribución de actividades, como se muestra en el ejemplo de la Figura 29.6. Recientemente, la necesidad de que las empresas representen sus intercambios de información a nivel global ha conducido a un replanteamiento de los sistemas de información. Gracias a algunos lenguajes descriptivos, por ejemplo, el diseño de esquemas o las matrices de entidad-relaciones-atributos, la estructura de las relaciones a nivel colectivo puede describirse actualmente de forma abstracta y servir como trampolín para la creación de sistemas de gestión informatizados.

Naturaleza de los intercambios

La mera descripción de los vínculos que unen las entidades dice muy poco del propio contenido de los intercambios. Naturalmente, puede especificarse la naturaleza de la relación:

Figura 29.6 • Diseño integrado del ciclo de vida.



movimiento de un lugar a otro, transferencia de la información, dependencia jerárquica, etc., pero esto no siempre resulta adecuado. El análisis de la comunicación entre equipos se ha convertido en un medio privilegiado de captar la propia naturaleza del trabajo colectivo, teniendo en cuenta los temas mencionados, la creación de un lenguaje común en un equipo, la modificación de la comunicación en situaciones críticas, etc. (Tardieu, Nanci y Pascot 1985; Rolland 1986; Navarro 1990; Van Daele 1992; Lacoste 1983; Moray, Sanderson y Vincente 1989). El conocimiento de estas interacciones es especialmente útil para crear herramientas informáticas, en particular, los mecanismos de ayuda en la toma de decisiones para comprender los errores. Falzon (1991) describe detalladamente las distintas fases y las dificultades metodológicas relacionadas con el uso de estas pruebas.

Labilidad estructural

El trabajo sobre las actividades en lugar de sobre las tareas, ha abierto el campo de la labilidad estructural, es decir, de las constantes reconfiguraciones del trabajo colectivo por la influencia de factores contextuales. Estudios como el de Rogalski (1991), que analizó durante un largo período las actividades colectivas relacionadas con los incendios forestales en Francia, o los de Bourdon y Weill Fassina (1994), que estudiaron la estructura organizacional establecida para hacer frente a los accidentes ferroviarios, tienen gran valor informativo. Estos estudios muestran claramente cómo el contexto moldea la estructura de los intercambios, el número y el tipo de actores que intervienen en los mismos, la naturaleza de las comunicaciones y el número de parámetros esenciales para el trabajo. Cuanto más fluctúe este contexto, más alejadas de la realidad estarán las descripciones fijas de la tarea. El conocimiento de esta labilidad y un mejor entendimiento de los fenómenos que tienen lugar dentro de ella, son esenciales para planificar los imprevistos y para proporcionar una formación más adecuada a quienes participan en un trabajo colectivo durante una crisis.

Conclusiones

Las diversas fases del análisis del trabajo descritas son una parte iterativa en cualquier ciclo de diseño de factores humanos (véase Figura 29.6). En el diseño de un objeto técnico, sea una herramienta, un puesto de trabajo o una fábrica, en el que los factores humanos sean importantes, es necesario contar con cierta información a tiempo. En general, el comienzo del ciclo de diseño se caracteriza por una necesidad de obtener datos relacionados con las restricciones medioambientales, los tipos de trabajos que se van a realizar y las diversas características de los usuarios. Esta información inicial permite que las especificaciones de los objetos resultantes tengan en consideración los requisitos del trabajo. Pero, en cierto sentido, éste es solo un modelo burdo en comparación con la situación real del trabajo. Esto explica por qué es necesario que los modelos y prototipos, desde su creación, permitan la evaluación no sólo de los trabajos, sino también de las actividades de los futuros usuarios. En consecuencia, mientras que el diseño de las imágenes de un monitor en una sala de control puede estar basado en un minucioso análisis cognitivo del trabajo que se va a realizar, sólo un análisis basado en los datos de la actividad permitirá determinar con precisión si el prototipo será útil en la situación real de trabajo (Van Daele 1988). Una vez que el objeto técnico terminado se pone en funcionamiento, se da un gran valor al rendimiento de los usuarios y a las situaciones disfuncionales, tales como los accidentes o los errores humanos. La recopilación de este tipo de información permite hacer correcciones finales que aumentarán la fiabilidad y la capacidad de uso del objeto terminado. Tanto la industria nuclear como la industria aeronáutica son buenos ejemplos: la retroinformación

operativa implica informar de cada incidente que se haya producido. De esta forma, el bucle de diseño se cierra en un círculo completo.

ERGONOMIA Y NORMALIZACION

Friedhelm Nachreiner

Orígenes

La normalización en el campo de la ergonomía tiene una historia relativamente reciente. Comenzó a principios del decenio de 1970, cuando se fundaron los primeros comités a nivel nacional (por ejemplo en Alemania, dentro del instituto de normalización DIN) y posteriormente a nivel internacional, tras la fundación de la ISO (Organización Internacional de Normalización), con la creación del TC (Comité Técnico) 159 "Ergonomía", en 1975. Entre tanto, la normalización de la ergonomía tuvo lugar también a nivel regional, por ejemplo, a nivel europeo dentro del CEN (*Comité europeo de normalización*), que creó su Comité Técnico 122 "Ergonomía" en 1987. La existencia de este último comité pone de relieve que una de las razones para establecer comités para la normalización de los principios y conocimientos ergonómicos está en las reglamentaciones legales (o casi legales), especialmente de lo referente a la salud y seguridad, que requieren la aplicación de los principios y hallazgos ergonómicos en el diseño de productos y sistemas de trabajo. Leyes nacionales, que requerían la aplicación de principios y hallazgos ergonómicos, fueron la razón de que el gobierno alemán creara un comité de ergonomía en 1970; las directivas europeas, especialmente la Directiva de máquinas (referida a principios de seguridad), motivó el establecimiento de un comité ergonómico a nivel europeo. Dado que las reglamentaciones legales no son, ni pueden ser, demasiado específicas, la tarea de definir los principios y hallazgos que se deberían aplicar, fue asumida por los comités de normalización ergonómica. Particularmente a nivel europeo, se reconoce que la normalización en ergonomía puede contribuir a la tarea de armonizar y equiparar las condiciones de seguridad de las máquinas, ayudando así a eliminar las barreras al libre comercio de maquinaria en el continente.

Perspectivas

La normalización de la ergonomía comenzó con un punto de vista marcadamente *protector*, aunque preventivo, promoviendo el desarrollo de normas ergonómicas con el objetivo de proteger a los trabajadores contra los efectos adversos, a diferentes niveles de protección de la salud. Los normas ergonómicas se redactaron con los siguientes propósitos:

- garantizar que las tareas asignadas no sobrepasaran las capacidades del trabajador,
- prevenir lesiones o cualquier efecto dañino para la salud del trabajador, tanto permanentes como transitorios, a corto o a largo plazo, incluso cuando las tareas en cuestión pudieran realizarse, durante un corto espacio de tiempo, sin efectos negativos,
- conseguir que las tareas o condiciones de trabajo no provocaran daño alguno, incluso cuando la recuperación fuera posible con el tiempo.

La normalización internacional, que no estaba tan estrechamente asociada a la legislación, siempre intentó abrir vías para la publicación de normas que fueran más allá de la prevención y protección contra los efectos adversos (por ejemplo, especificando

, *activamente*, unas condiciones de trabajo óptimas para promover el bienestar y el desarrollo personal del trabajador, así como la efectividad, eficiencia, fiabilidad y productividad del sistema de trabajo.

En este punto, se hace evidente que la ergonomía, y especialmente la normalización ergonómica, tiene dimensiones sociales y políticas únicas. Mientras que el planteamiento protector con respecto a la salud y seguridad, es generalmente aceptado con normalidad por todas las partes implicadas (patronal, sindicatos, administración y expertos en ergonomía), a todos los niveles de normalización, el planteamiento activo no es aceptado de igual modo por todas las partes. La razón podría ser que, especialmente donde la legislación requiere la aplicación de principios ergonómicos (y, por tanto, explícita o implícitamente la aplicación de normas ergonómicas), algunas de las partes creen que dichas normas podrían limitar su libertad de acción o negociación. Puesto que las normas internacionales tienen un carácter menos obligatorio (la transferencia de estos temas a las normas nacionales se deja a discreción de los comités nacionales de normalización) el planteamiento activo se ha desarrollado más a nivel internacional de la normalización ergonómica.

El hecho de que hubiera ciertos reglamentos que limitaran de hecho las competencias de aquéllos para los que eran de aplicación, sirvió para desacelerar el proceso de normalización en ciertas áreas, como por ejemplo, en asuntos relacionados con las Directivas Europeas en el artículo 118a del Acta Unica Europea, relativas a la salud y seguridad en el uso y empleo de máquinas en el lugar de trabajo, y en el diseño de sistemas y lugares de trabajo. Por otra parte, para las directivas regidas por el artículo 100a, relativas a la salud y la seguridad en el diseño de máquinas con vistas al libre comercio de dicha maquinaria en la Unión Europea, la normalización ergonómica europea es mandatada por la Comisión Europea.

Desde el punto de vista de la ergonomía, sin embargo, es difícil comprender por qué la ergonomía del diseño de la máquina debería ser diferente de la del uso y manejo de la misma dentro de un sistema de trabajo. Esperemos que en el futuro se abandone la distinción entre ergonomía protectora y activa, ya que parece ser más perjudicial que benéfica para el desarrollo de un conjunto coherente de normas ergonómicas.

Tipos de normas ergonómicas

La primera norma ergonómica internacional desarrollada (basada en una norma DIN nacional alemana) fue la ISO 6385 "Principios ergonómicos en el diseño de los sistemas de trabajo" (1981). Es la norma básica de la serie de normas ergonómicas y define el marco para normas ergonómicas posteriores, al definir conceptos básicos y señalar los principios generales para el diseño ergonómico de los sistemas de trabajo: tareas, herramientas, maquinaria, lugares de trabajo, espacio de trabajo, entorno y organización del trabajo. Esta norma internacional, actualmente en revisión, sirve de *norma directriz*, y como tal, ofrece recomendaciones y consejos. Sin embargo, no ofrece especificaciones técnicas o físicas que haya que cumplir. Estas pueden hallarse en otro tipo de normas, las *normas de especificación*, por ejemplo, sobre antropometría o condiciones térmicas. Cada una de estas normas tiene funciones diferentes. Mientras las normas directrices pretenden mostrar al usuario "qué hacer y cómo hacerlo" e indican los principios que se deben respetar, por ejemplo, con respecto a la carga de trabajo mental, las normas de especificaciones dan a los usuarios información detallada, por ejemplo, sobre las distancias de seguridad o procedimientos de medición que deben cumplirse, y cuyo cumplimiento con esas prescripciones se puede comprobar mediante procedimientos específicos. Esto no es siempre posible con las normas directrices, aunque a

pesar de su relativa falta de especificidad, se puede determinar cuándo y cómo se han incumplido sus directrices. Una subclase de normas de especificaciones son las normas de "base de datos", que proporcionan al usuario datos ergonómicos relevantes, como dimensiones corporales, etc.

Las normas CEN se clasifican como de tipo A, B o C, dependiendo de su ámbito y campo de aplicación. Las de tipo A son normas generales, básicas, que sirven para todo tipo de aplicaciones; las de tipo B son específicas para un área de aplicación (lo que significa que la mayoría de las normas ergonómicas incluidas en CEN serán de este tipo); las de tipo C son específicas para alguna clase de maquinaria, como por ejemplo, para las taladradoras manuales.

Comités de normalización

Las normas ergonómicas, como otras normas, son redactadas por los Comités Técnicos (TC) correspondientes, sus subcomités (SC) o por grupos de trabajo (WG). Para ISO sería el TC 159, para CEN, el TC 122, y a nivel nacional, los respectivos comités nacionales. Además de los comités ergonómicos, la ergonomía es también tratada en los comités técnicos de seguridad de las máquinas (comité TC 114 de CEN, comité TC 199 de ISO) con los que se mantiene una estrecha relación y cooperación. También se mantienen relaciones con otros comités para los que la ergonomía puede ser importante. La responsabilidad sobre las normas ergonómicas, sin embargo, recae únicamente sobre los comités de ergonomía.

Un gran número de organizaciones se encarga también de la elaboración de normas ergonómicas, por ejemplo la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), CENELEC, o los respectivos comités nacionales del campo electrotécnico; CCITT (*Comité consultivo internacional de las organizaciones telefónicas y telegráficas*) o ETSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación) en el campo de las telecomunicaciones; ECMA (Asociación Europea de Fabricantes de Ordenadores) en el campo de los sistemas informáticos; y CAMAC (Asociación de Control y Medida Asistidos por Ordenador) en el campo de las nuevas tecnologías en la producción, por citar algunos. Algunos de estos comités se relacionan entre sí para no duplicar el trabajo o evitar especificaciones incoherentes. Con algunas organizaciones (por ejemplo, el IEC) se han llegado a formar comités técnicos conjuntos para cooperar en áreas de interés común. Con otros comités, sin embargo, no existe ninguna coordinación o cooperación. El objetivo principal de estos comités es elaborar normas ergonómicas específicas para su campo de actividad. Dado que el número de organizaciones es muy alto, se ha convertido en algo bastante complicado, si no imposible, el obtener una visión general completa de la normalización ergonómica. Este capítulo se limitará a analizar la normalización ergonómica en los comités europeos e internacionales.

Estructura de los comités de normalización

La estructura de los Comités de normalización ergonómica es bastante parecida en todos los casos. Normalmente hay un comité técnico responsable de la ergonomía dentro de cada organismo de normalización. Dicho comité (por ejemplo, el TC 159 en ISO) toma las decisiones de lo que hay que normalizar y cómo organizar y coordinar la actividad dentro del comité, pero a este nivel no se suelen elaborar las normas. Por debajo de este comité hay otros subcomités. Por ejemplo, ISO tiene subcomités (SC) responsables de un determinado campo de normalización; por ejemplo: el SC, encargado de los principios generales ergonómicos; el SC 3, para temas de antropometría y biomecánica; el SC 4, para la interacción hombre-máquina; y el SC 5, para el ambiente físico de trabajo. El comité TC 122 del CEN tiene

grupos de trabajo (WG), bajo la responsabilidad de los comités técnicos (TC), que se constituyen con el fin de tratar campos más específicos dentro de la normalización ergonómica. Los subcomités del comité TC 159 actúan como comités directivos en su campo de responsabilidad y realizan la primera votación, pero no suelen preparar las normas. Esto se hace en sus grupos de trabajo (WG), compuestos por expertos nombrados por los comités nacionales, mientras que a las reuniones de los comités y subcomités asisten delegaciones nacionales que representan los puntos de vista de sus respectivos países. Dentro de CEN, las responsabilidades no están demasiado señaladas a nivel del grupo de trabajo (WG), son tanto comités directivos como comités de producción de normas, aunque una gran cantidad de trabajo se realiza en grupos "ad hoc", compuestos por miembros de los WG (designados por sus comités nacionales), y creados para preparar los borradores de una norma. Los grupos de trabajo (WG) dentro de los subcomités (SC) de ISO hacen el trabajo de normalización a nivel práctico, es decir, preparan borradores, trabajan en los comentarios, identifican las necesidades de normalización y preparan propuestas para los subcomités (SC) y comités (TC), que tomarán las decisiones o acciones apropiadas.

Preparación de las normas ergonómicas

La elaboración de normas ergonómicas ha cambiado mucho en los últimos años, debido a la importancia que se da a su desarrollo a nivel internacional. Al principio, las normas nacionales, preparadas por expertos de un sólo país en su comité nacional y acordadas por las partes interesadas de ese país, por medio de una votación específica eran trasladadas como propuesta al subcomité responsable (SC), y al grupo de trabajo del TC 159 de ISO y, tras una votación formal, llegaban al comité técnico (TC) que se encargaba de elaborar una norma internacional. El grupo de trabajo del TC 159, compuesto por expertos en ergonomía (y expertos propuestos por las partes interesadas) de todos los organismos participantes (los organismos nacionales de normalización) que quisieran cooperar en ese proyecto, trabaja sobre los datos recibidos y prepara un borrador de trabajo (WD). Cuando el grupo de trabajo llega a un acuerdo sobre ese borrador, se convierte en el borrador del comité (CD) y se distribuye entre los organismos miembros del subcomité (SC) para su aprobación y comentarios. Si el borrador recibe el apoyo necesario de los organismos miembros del SC (al menos dos tercios de votos a favor) y tras incorporarse los comentarios de los comités nacionales por el grupo de trabajo en la versión corregida, el borrador de la norma internacional (DIS) se somete a la votación de todos los miembros del comité técnico 159. En caso de recibir el apoyo necesario en esta votación (y quizá tras haberse incorporado los cambios editoriales, esta versión será publicada) como una Norma Internacional (IS) por parte de ISO. La votación del comité y los subcomités se basa en las votaciones a nivel nacional y los comentarios de los expertos o de las partes interesadas de cada país se aportan a través de los organismos miembros. En el comité técnico 122 de CEN, el procedimiento es bastante parecido, con la excepción de que no hay subcomités bajo la responsabilidad del comité técnico y de que las votaciones tienen lugar con un sistema ponderado de votación (según el tamaño del país), mientras en ISO la regla es: un país, un voto. Si el borrador es rechazado en cualquier fase del proceso, se debe revisar y someterse de nuevo a votación, a no ser que el grupo de trabajo (WG) decida que no se puede hacer una revisión con garantías de alcanzar el acuerdo.

Las normas internacionales se convierten en nacionales si los comités nacionales votan a favor. En cambio, las normas europeas (EN) deben convertirse necesariamente en nacionales, por los miembros de CEN retirando aquellas normas propias del

país que contradigan a la norma europea; lo que significa que estas normas armonizadas EN tendrán efecto en todos los países de miembros de CEN y, debido a su influencia comercial, en todos aquellos países que pretendan vender bienes a un comprador de un país miembro de CEN.

Cooperación ISO CEN

Para evitar que haya normas que entren en conflicto y la duplicación del trabajo, además de permitir que los países no miembros de CEN tomen parte en los estudios desarrollados por CEN, se ha llegado a un acuerdo de cooperación entre ISO y CEN, (el llamado *Acuerdo de Viena*), que regula las formalidades y establece un proceso de votación paralelo que permite que se vote sobre los mismos borradores tanto en CEN como en ISO, si los comités responsables así lo acuerdan. Entre los comités de ergonomía la tendencia es evidente: tratar de no duplicar el trabajo, (ya que hay pocos recursos humanos y financieros), evitar especificaciones que entren en conflicto, e intentar conseguir un conjunto coherente de normas ergonómicas basado en la división del trabajo. Mientras que el comité técnico CEN 122 está vinculado a las decisiones de la UE, y ésta le mandata sus temas de trabajo para estipular las especificaciones de las directivas europeas, el comité 159 de ISO goza de libertad absoluta para normalizar lo que considere necesario o apropiado en el campo de la ergonomía. Esta situación ha conducido a cambios en el énfasis de ambos comités, centrándose el europeo en la maquinaria y temas relacionados con la seguridad y el de ISO en áreas donde se reflejan intereses de mercado más amplios que los meramente europeos (por ejemplo, el trabajo con PVD o el diseño de las salas de control para industrias de proceso y similares), en áreas donde se trata del funcionamiento de las máquinas (como el diseño de los sistemas de trabajo) o en áreas como el ambiente o la organización del trabajo. La intención, sin embargo, es transferir los resultados de los trabajos de una a otra organización, para contribuir a la creación de un conjunto de normas ergonómicas aplicable en todo el mundo.

El procedimiento formal para la producción de normas sigue siendo el mismo hoy en día, pero debido a la importancia que ha adquirido el ámbito internacional o europeo, cada vez se transfieren más actividades a estos comités. Los borradores se crean directamente en estos comités y ya no se basan en normas nacionales preexistentes. Una vez que se ha tomado la decisión de desarrollar una norma, el trabajo empieza directamente en uno de estos niveles supranacionales, basándose en cualquier información disponible, comenzando a veces desde cero. Esto cambia el papel de los comités nacionales de una manera drástica.

Mientras anteriormente desarrollaban sus propias normas, de acuerdo con sus procedimientos nacionales, ahora tienen la tarea de observar, adaptar e influir sobre el trabajo a nivel supranacional a través de los expertos que trabajen en las normas, o de comentarios hechos en los diferentes niveles de la votación (dentro de CEN se detienen los proyectos nacionales si coinciden con uno similar que esté siendo elaborado a nivel europeo). Esto hace que la tarea sea incluso más complicada, puesto que la influencia sólo se ejerce de manera indirecta y la preparación de normas ergonómicas no es una cuestión científica, sino de negociación, consenso y acuerdo (pues depende de las implicaciones políticas que la norma pudiera llegar a tener). Ésta es una de las razones por las que la elaboración de una norma europea o internacional puede llegar a tardar años y no llega a reflejar los cambios más recientes en ergonomía. Las normas ergonómicas internacionales se deben examinar cada cinco años y, si fuera necesario, someterse a revisión.

Campos de la normalización ergonómica

La normalización internacional comenzó con una serie de directrices sobre los principios ergonómicos generales en el diseño de los sistemas de trabajo; estos principios quedaron reflejados en la ISO 6385, que está siendo revisada para incorporar los nuevos avances. El CEN ha creado una norma similar (EN 614, Parte 1, 1994), orientada principalmente al campo de la maquinaria y la seguridad, y está elaborando una segunda parte con directrices sobre el diseño de las tareas como ampliación de esta norma básica. De este modo, CEN resalta la importancia de las tareas del operador en el diseño de la maquinaria o de los sistemas de trabajo, para los que se han de diseñar las herramientas o máquinas adecuadas.

Otra área donde los conceptos y directrices se han plasmado en la creación de normas es el campo de la carga mental de trabajo. La primera parte de la ISO 10075, define términos y conceptos (p. ej. fatiga, monotonía, vigilancia reducida) y la segunda parte (todavía en fase de DIS a finales de los noventa) mostrará las directrices para el diseño de sistemas de trabajo, con respecto a la carga mental para evitar posibles daños.

El subcomité 3 del comité técnico 159 de ISO y el grupo de trabajo 1 del comité técnico 122 de CEN elaboran las normas sobre antropometría y biomecánica, tocando, entre otros temas, los métodos de medición antropométrica, las dimensiones corporales, las distancias de seguridad y acceso, la evaluación de las posturas de trabajo y el diseño de los puestos de trabajo con relación a la maquinaria, los límites recomendados de fuerza física y los problemas de la manipulación manual de cargas.

El subcomité 4 de ISO muestra el modo en que los cambios tecnológicos y sociales afectan a la normalización ergonómica. El subcomité 4 comenzó siendo el de "señales y controles", normalizando los principios para mostrar la información y diseñar los mandos de control, siendo uno de sus temas las pantallas de visualización de datos (PVD) utilizadas en tareas de oficina. Pronto se pudo ver que normalizar la ergonomía de las PVD no era suficiente si no se producía la normalización del entorno del puesto de trabajo como un *sistema de trabajo*, que abarcara áreas como el hardware (pantallas, teclados, dispositivos de introducción de datos sin teclado, puestos de trabajo, etc.), el medio ambiente de trabajo (la iluminación, por ejemplo), la organización del trabajo (por ejemplo, las exigencias de la tarea) y el software (como los principios de diálogo, los diálogos a través de menús y mediante manipulación directa). Esto condujo a una norma con varias partes (ISO 9241) sobre los "requisitos ergonómicos para el trabajo de oficina con PVD", que actualmente contiene 17 partes, 3 de las cuales han alcanzado ya la categoría de IS (norma internacional). Esta norma será adoptada por CEN (como EN 29241) y especificará las disposiciones establecidas por la Directiva sobre PVD (90/270 EEC) de la UE, aunque sea una directiva bajo el artículo 118a del Acta Única Europea. Esta serie de normas proporciona directrices y especificaciones, dependiendo del objeto de cada parte de la norma, e introduce un nuevo concepto de normalización, enfocado sobre la aplicación por el usuario, que podría ayudar a resolver algunos de los problemas de la normalización en el campo de la ergonomía. Esto se describe con más detalle en el capítulo *Unidades de presentación visual de datos*.

El enfoque sobre la aplicación por el usuario se basa en la idea de que el objetivo de la normalización es prevenir los daños y conseguir que el operador tenga unas condiciones de trabajo óptimas, pero no establecer especificaciones técnicas *per se*. La especificación sólo se considera un medio para conseguir un fin: el óptimo rendimiento del usuario, sin problemas de daños. Esto es lo importante, sin dar demasiada importancia al cumplimiento de una u otra especificación física. Para esto debe

especificarse, en primer lugar, el rendimiento óptimo deseado (por ejemplo, realizando la lectura en la pantalla) y en segundo lugar, las especificaciones técnicas que se deben desarrollar para permitir que el usuario realice su cometido al mejor nivel posible. El fabricante es libre de seguir estas especificaciones que aseguran que el producto cumple con los requisitos ergonómicos. O bien, puede demostrar que, en comparación con un producto que se sabe que cumple los requisitos (bien por el cumplimiento con las especificaciones técnicas de la norma o bien por un funcionamiento óptimo probado), el nuevo producto cumple tan bien o mejor con los requisitos de funcionamiento como el producto de referencia, tanto si cumple las especificaciones técnicas de la norma como si no. En la misma norma se indica el procedimiento de conformidad que debe seguirse para ver si el producto cumple los requisitos de la norma para la aplicación por el usuario.

Este planteamiento ayuda a superar dos problemas. Las normas, en virtud de sus especificaciones, basadas en el estado de los conocimientos (y la tecnología) en el momento de su elaboración, pueden restringir nuevos desarrollos. Las especificaciones basadas en una tecnología concreta (por ejemplo, los tubos de rayos catódicos) pueden ser inadecuadas para otras tecnologías. Independientemente de la tecnología, el usuario de una pantalla, por ejemplo, debería ser capaz de leer y comprender eficazmente la información mostrada, sin importar la técnica utilizada, ya sea una pantalla de cristal líquido o de rayos catódicos. El rendimiento, en este caso, no se puede evaluar sólo en términos de resultados (rapidez o precisión), sino también en términos de confort y esfuerzo.

El segundo problema que puede ser abordado con este enfoque es el derivado de las interacciones entre las condiciones. La especificación física suele ser unidimensional y no considera otras condiciones. Sin embargo, en el caso de los efectos interactivos, esta actitud puede originar confusión o errores. Al especificar requisitos de rendimiento, y dejar que sea el fabricante quien busque los medios para lograrlos, cualquier solución que satisfaga esos requisitos será aceptable. El tratar la especificación como un medio para conseguir un fin representa una perspectiva auténticamente ergonómica.

Otra norma con un planteamiento de sistema de trabajo está siendo elaborada por el subcomité 4, y se relaciona con el diseño de salas de control, por ejemplo, de centrales eléctricas o industrias de procesos. Se espera elaborar una norma con varias partes (ISO 11064), en la que se recojan diferentes aspectos como el diseño de la sala de control, el diseño de los puestos de trabajo y el diseño de los dispositivos de entrada o presentación de datos para el control del proceso. Dado que estos temas de trabajo y el enfoque adoptado van más allá de los problemas de diseño "de pantallas y controles", el subcomité 4 ha sido rebautizado como el comité de la "interacción hombre-sistema".

Los problemas ambientales, especialmente los relacionados con las condiciones térmicas o la comunicación en ambientes ruidosos, se tratan en el subcomité 5, donde se preparan normas sobre métodos de medición, métodos para la estimación del estrés térmico, las condiciones de confort térmico, la producción de calor metabólico, y sobre las señales visuales y auditivas de peligro, el nivel de interferencias en la comunicación oral y la valoración de dicha comunicación.

El comité técnico 122 del CEN cubre, más o menos, los mismos campos, aunque dando una importancia distinta a estos aspectos y con una estructura de grupos de trabajo diferente. Se pretende, sin embargo, que por medio de la división del trabajo entre los comités, y la mutua aceptación de los resultados de su trabajo, se logre desarrollar un conjunto útil de normas ergonómicas.

● LISTAS DE COMPROBACION

Pranab Kumar Nag

Los sistemas de trabajo abarcan tanto las variables macro-organizativas como el subsistema personal, el subsistema tecnológico y el ambiente externo. El análisis de los sistemas de trabajo es, por tanto, sobre todo un esfuerzo por comprender la distribución de funciones entre el trabajador y el equipo técnico, y la división del trabajo entre las personas en un entorno socio-técnico. Este análisis puede contribuir a la toma de decisiones (informadas) para mejorar los sistemas de seguridad, la eficacia en el trabajo, el desarrollo tecnológico y el bienestar físico y mental de los trabajadores.

Los investigadores examinan los sistemas de trabajo en función de enfoques divergentes (mecanicista, biológico, perceptual/motor, motivacional), con los correspondientes resultados individuales y de organización (Campion y Thayer 1985). La selección de los métodos para el análisis del sistema de trabajo viene impuesta por los enfoques que se hayan elegido y por el objetivo particular que se persigue, por el contexto organizativo, por las características humanas y del trabajo y por la complejidad tecnológica del sistema que se está estudiando (Drury 1987). Los cuestionarios y las listas de comprobación son los medios más comunes para elaborar bases de datos por parte de los encargados de la planificación organizativa a la hora de priorizar los planes de acción en las áreas de selección y asignación de personal, para la compensación del rendimiento, para la gestión de la seguridad e higiene, para el diseño del sistema hombre-máquina y el diseño o reestructuración del trabajo. Los métodos de inventario o listas de comprobación, como el Cuestionario del Análisis de Posición, PAQ en inglés (McCormick 1979), el Inventario de los Componentes del Trabajo (Banks y Miller 1984), el Análisis Diagnóstico del Trabajo (Hackman y Oldham 1975) y el Cuestionario Multimétodo para el Diseño de un Trabajo (Campion 1988), son los instrumentos más populares y están dirigidos a varios objetivos.

El PAQ tiene seis divisiones principales, que comprenden 189 ítems sobre la conducta, necesarios para valorar el rendimiento en el trabajo, y siete apartados complementarios relacionados con la compensación económica:

- Entrada de la información (dónde y cómo se obtiene la información sobre los trabajos que se van a realizar) (35 ítems).
- Proceso mental (tratamiento de la información y toma de decisiones durante la realización del trabajo) (14 ítems).
- Resultados en términos de trabajo (trabajo físico realizado, herramientas e instrumentos utilizados) (50 ítems).
- Relaciones interpersonales (36 ítems).
- Situación de trabajo y contexto de la tarea (contextos físicos y sociales) (18 ítems).
- Otras características de la tarea (planificación, exigencias de la tarea) (36 ítems).

El Inventario de los Componentes del Trabajo Mark II contiene siete secciones. La sección de introducción trata de los detalles de la organización, la descripción de las tareas y los datos personales del empleado. Otras secciones son:

- Herramientas y equipo: uso de más de 200 herramientas y equipos (26 ítems).
- Exigencias físicas y de percepción: fuerza, coordinación, atención selectiva (23 ítems).
- Demandas matemáticas: uso de números, trigonometría, aplicaciones prácticas, como trabajo con planos y dibujos (127 ítems).

- Exigencias de comunicación: preparación de cartas, utilización de códigos, entrevistas (19 ítems).
- Toma de decisiones y responsabilidad: decisiones sobre métodos, orden del trabajo, normas y temas relacionados (10 ítems).
- Condiciones de trabajo y características del mismo.

Los métodos de perfil tienen ciertos elementos en común: (1) un conjunto integral de factores de trabajo utilizados para seleccionar la categoría del mismo, (2) una escala de valoración que permite evaluar las exigencias de la tarea y (3) la valoración de las características del trabajo de acuerdo con la estructura organizativa y los requisitos socio-técnicos. El método "*Les profils des postes*", otro instrumento para trazar el perfil de la tarea desarrollado por la Organización Renault (RNUR 1976), contiene una tabla de entrada de las variables que representan las condiciones de trabajo y proporciona a los encuestados una escala de cinco puntos, en la que pueden seleccionar el valor de cada variable desde muy satisfactorio a muy deficiente, mediante el registro normalizado de las respuestas. Las variables cubren (1) el diseño del puesto de trabajo, (2) el ambiente físico, (3) los factores de carga física, (4) la tensión nerviosa, (5) la autonomía del trabajo, (6) las relaciones, (7) la repetitividad y (8) el contenido del trabajo.

El AET (Análisis Ergonómico del Trabajo) (Rohmert y Landau 1985), se creó tomando como base el concepto de estrés-tensión. Cada uno de los 216 apartados del AET está codificado: un código define los estresores, indicando si el elemento del trabajo puede o no calificarse como estresante, otros definen el grado de estrés asociado con un trabajo y otros, por último, describen la duración y frecuencia del estrés durante el turno de trabajo.

El AET se compone de tres partes:

- Parte A. El Sistema hombre-trabajo (143 ítems), que incluye los objetos del trabajo, herramientas y equipos, y el ambiente de trabajo que constituye las condiciones físicas, organizativas, sociales y económicas del trabajo.
- Parte B. El Análisis de la tarea contiene 31 ítems, clasificados en función de los distintos tipos de objetos de trabajo, como materiales y objetos abstractos, y de las tareas relacionadas con el trabajador.
- Parte C. El Análisis de las exigencias del trabajo (42 ítems), comprende los elementos de percepción, decisión y respuesta/actividad (El suplemento del AET, H-AET trata sobre las posturas y movimientos del cuerpo en las actividades de montaje industrial).

En general, las listas de comprobación adoptan uno de estos dos enfoques: (1) el orientado a la tarea (por ejemplo, el AET, *Les profils des postes*) y (2) el orientado al trabajador (por ejemplo, el PAQ). Los inventarios de tareas y perfiles ofrecen una sutil comparación de las tareas complejas y del perfil profesional de las tareas y determinan los aspectos del trabajo que se consideran a priori como factores imprescindibles para mejorar las condiciones laborales. El énfasis del PAQ está en la clasificación de familias o clusters (Fleishman y Quaintance 1984; Mossholder y Arvey 1984; Carter y Biersner 1987), deduciendo la validez de los componentes del trabajo y el estrés del mismo (Jeanneret 1980; Shaw y Riskind 1983).

Desde el punto de vista médico, tanto el AET como los métodos del perfil permiten comparar las limitaciones y aptitudes cuando son necesarios (Wagner 1985). El cuestionario nórdico es un ejemplo del análisis ergonómico del puesto de

trabajo (Ahonen, Launis y Kuorinka 1989), y abarca los siguientes aspectos:

- espacio de trabajo
- actividad física general
- actividades de levantamiento de cargas
- posturas de trabajo y movimientos
- riesgo de accidentes
- contenido de la tarea
- limitaciones del trabajo
- comunicación y contactos personales del trabajador
- toma de decisiones
- repetitividad del trabajo
- atención
- condiciones de iluminación
- temperatura ambiente
- ruido.

Entre las desventajas del formato de las listas de comprobación para fines generales utilizadas en el análisis ergonómico del trabajo están las siguientes:

- Con algunas excepciones (por ejemplo, el AET o el cuestionario nórdico), hay una carencia general de normas ergonómicas y protocolos de evaluación con relación a los distintos aspectos del trabajo y del entorno.
- Hay muchas diferencias en la construcción general de las listas de comprobación en lo referente a la manera de determinar las características de las condiciones laborales, la forma de anotación y los criterios y métodos de comprobación.
- La evaluación de la carga física de trabajo, de las posturas y de los métodos de trabajo es limitada debido a la falta de precisión en el análisis de las operaciones de trabajo, en relación con la escala de niveles relativos de estrés.
- Los principales criterios de valoración de la carga mental del trabajador son el grado de complejidad de la tarea, la atención necesaria para realizarla y el ejercicio de las habilidades

mentales. Las listas de comprobación existentes hacen más hincapié en el uso excesivo de los mecanismos de pensamiento concreto que en el escaso uso de mecanismos de pensamiento abstracto.

- En la mayoría de listas de comprobación, los métodos de análisis conceden una mayor importancia a la tarea del puesto, en contraposición al análisis del trabajo, de la compatibilidad del trabajador y la máquina, etc. En las listas de comprobación ergonómicas se suele dar menos importancia a los determinantes psicosociales, que son fundamentalmente subjetivos y contingentes.

Un lista de comprobación elaborada sistemáticamente nos obliga a investigar los factores de las condiciones de trabajo que son visibles o fáciles de modificar, y nos permite entrar en un diálogo social con los empresarios, empleados y otros implicados. Debería tenerse cierta precaución en relación con la ilusión de simplicidad y eficiencia de las listas de comprobación, así como, con sus enfoques técnicos y de cuantificación. La versatilidad de una lista de comprobación o de un cuestionario puede lograrse incluyendo módulos específicos que se adecuen a unos objetivos específicos. Por tanto, la selección de variables está muy relacionada con la finalidad que se atribuye al análisis de los sistemas de trabajo; esto determina el enfoque general para elaborar una lista de comprobación fácil de entender.

La "Lista de comprobación ergonómica" que se muestra a continuación puede utilizarse para varios fines. La obtención de los datos de la lista de comprobación y el tratamiento informático de los mismos es relativamente sencillo, si se responde a los enunciados primarios y secundarios (véanse más adelante). La Hoja de evaluación resumida de la página 29.25 puede utilizarse para trazar un perfil y agrupar el conjunto de ítems seleccionados, que pueden ser la base para la toma de decisiones sobre los sistemas de trabajo. El proceso de análisis suele llevar mucho tiempo y los usuarios de estos instrumentos deben tener una amplia formación ergonómica, tanto teórica como práctica, para la evaluación de los sistemas de trabajo.

LISTA DE COMPROBACION ERGONOMICA

Aquí se dan unas directrices generales para elaborar un lista de comprobación de los sistemas de trabajo con estructura modular, que abarca cinco aspectos fundamentales (mecánico, biológico, de percepción/motor, técnico y psicosocial). La importancia de los módulos varía según la naturaleza del trabajo que se va a analizar, los aspectos específicos del país o población objeto del estudio, las prioridades organizativas y el uso que se pretende dar a los resultados del análisis.

Los encuestados marcarán el “enunciado primario” con “Sí o No”. Las respuestas afirmativas indican la ausencia aparente de un problema, y dejan abierta la posibilidad de aconsejar un escrutinio posterior más preciso. Las respuestas negativas

indican la necesidad de una evaluación y una mejora ergonómica. Las respuestas a los “enunciados secundarios” se distinguen porque tienen un solo dígito en la escala de gravedad de acuerdo/desacuerdo que se indica a continuación.

- 0 No sabe o no aplicable
- 1 Desacuerdo absoluto
- 2 Desacuerdo
- 3 Ni acuerdo ni desacuerdo
- 4 Acuerdo
- 5 Acuerdo absoluto

A. Organización, trabajador y tarea	Respuesta/puntuación
El diseñador de la lista de trabajo puede proporcionar un dibujo o fotografía para mostrar el trabajo y el puesto en estudio.	
1. Descripción de la organización y las funciones.	

2. Características del trabajador: Breve descripción del grupo de trabajo.	

3. Descripción de la tarea: Lista de actividades y materiales que se utilizan. Indique brevemente los riesgos.	

B. Aspecto técnico	Respuestas/puntuación
<i>I. Especialización del puesto de trabajo</i>	
4. Los modelos del trabajo o de la tarea son simples y poco complicados.	Sí/No
Si la respuesta es <u>No</u> , valore lo siguiente: (de 0 a 5)	
4.1 La asignación del trabajo es específica para el operario.	<input type="checkbox"/>
4.2 Las herramientas y los métodos de trabajo son especiales para el propósito de la tarea.	<input type="checkbox"/>
4.3 Volumen de producción y calidad del trabajo.	<input type="checkbox"/>
4.4 El empleado desempeña múltiples tareas.	<input type="checkbox"/>

II. Habilidades requeridas

5. El trabajo requiere una actividad motora simple. Sí/No

Si la respuesta es No, valore lo siguiente: (de 0 a 5)

5.1 El puesto requiere conocimientos y habilidades especializados.

5.2 El puesto exige una formación para adquirir esas habilidades.

5.3 El trabajador comete frecuentes errores en su trabajo.

5.4 El puesto exige una rotación frecuente, reglada.

5.5 Las operaciones están marcadas por una máquina o automatizadas.

Comentarios y sugerencias para la mejora, ítems 4 a 5.5:

Valoración del analista Valoración del trabajador

C. Aspectos biológicos	Respuesta/puntuación
<i>III. Actividad física general</i>	
6. El trabajador determina y regula completamente su actividad física.	Sí/No
Si la respuesta es <u>No</u> , valore lo siguiente: (de 0 a 5)	
6.1 El trabajador mantiene un ritmo preestablecido.	<input type="checkbox"/>
6.2 El trabajo implica frecuentes movimientos repetitivos.	<input type="checkbox"/>
6.3 Exigencia cardiorrespiratoria del trabajo: Sedentario, ligero, moderado, pesado, extremadamente pesado.	<input type="checkbox"/>
(mencione las características del trabajo pesado):	

(de 0 a 5)

- 6.4 El trabajo exige aplicar una gran fuerza muscular.
- 6.5 El trabajo (empuñar herramientas, manejo de un volante, de un pedal de freno) es predominantemente estático.
- 6.6 El trabajo exige una posición de trabajo fija (sentado o de pie).

IV. Manipulación manual de cargas (MMC)

Naturaleza de los objetos manipulados: animados/inanimados, tamaño y forma.

7. El trabajo requiere una MMC mínima. Sí/No
- Si la respuesta es No, especifique el trabajo:
- 7.1 Tipo de trabajo: (elija uno)
empujar, tirar, girar, levantar, bajar, transportar
(especificar ciclo de repetición):

- 7.2 Peso de la carga (kg): (elija uno)
5-10, 10-20, 20-30, 30-40, >40.

- 7.3 Distancia horizontal sujeto-carga (cm): (elija una)
<25, 25-40, 40-55, 55-70, >70.

- 7.4 Altura a la que el sujeto carga. (elija una)
A nivel del: suelo, rodilla, cintura, pecho, hombro.
(De 0 a 5)

- 7.5 La ropa impide las tareas de MMC.

8. La posición de la tarea no presenta riesgo de lesión corporal. Sí/No
- Si la respuesta es No, valore lo siguiente: (de 0 a 5)

- 8.1 La tarea puede modificarse para reducir la carga que se debe manipular.
- 8.2 Los materiales pueden empaquetarse en tamaños estándar.
- 8.3 El tamaño o la posición de las asas de los objetos puede mejorarse.
- 8.4 Los trabajadores no adoptan métodos seguros para la manipulación de cargas.
- 8.5 Las ayudas mecánicas pueden reducir el sobreesfuerzo.
Indique cada elemento si se dispone de grúas u otras ayudas mecánicas.

Sugerencias para la mejora, ítems 6 a 8.5:

V. Diseño del lugar o del espacio de trabajo

El lugar de trabajo debe ilustrarse mediante diagramas que muestren los espacios libres y las zonas de alcance:

9. El lugar de trabajo es compatible con las dimensiones humanas. Sí/No

Si la respuesta es No, valore lo siguiente: (de 0 a 5)

- 9.1 La distancia de trabajo está fuera del alcance normal en el plano horizontal o vertical (>60 cm).

- 9.2 La altura de la mesa o del plano de trabajo es fija o escasamente regulable.

- 9.3 No hay espacio para operaciones secundarias (ej.: inspección, mantenimiento).

- 9.4 El puesto de trabajo tiene obstáculos, salientes o bordes pronunciados.

- 9.5 La superficie de trabajo o el suelo son resbaladizos, irregulares, inestables o están llenos de obstáculos.

10. La disposición de los asientos es adecuada (sillas cómodas, buen apoyo postural). Sí/No

Si la respuesta es No, indique las causas: (de 0 a 5)

- 10.1 Las dimensiones del asiento (altura del asiento, respaldo) no coinciden con las dimensiones humanas.

- 10.2 El asiento es escasamente regulable.

- 10.3 El asiento de trabajo no proporciona apoyo o soporte (bordes verticales o tapicería muy rígida) para trabajar con la maquinaria.

- 10.4 Ausencia de mecanismos amortiguadores de las vibraciones en el asiento.

11. Existen suficientes elementos auxiliares para la seguridad en el puesto de trabajo. Sí/No

Si la respuesta es No, indique lo siguiente: (de 0 a 5)

- 11.1 No hay espacio para colocar las herramientas o los efectos personales.

- 11.2 Puertas, accesos de entrada y salida o pasillos demasiado estrechos.

- 11.3 Diseño inadecuado de mangos, escaleras, escalerillas o barandillas.

- 11.4 Los asideros de pies y manos exigen posturas forzadas de las extremidades.

- 11.5 Los apoyos no se distinguen por su posición, forma o diseño.

- 11.6 Uso de guantes o calzado que limiten para trabajar y manejar los controles de los equipos.

Sugerencias para la mejora, ítems 9 a 11.6:

VI. *Postura de trabajo*

12. El trabajo permite una postura relajada. Sí/No

Si la respuesta es No, valore lo siguiente: (de 0 a 5)

- 12.1 Trabajo con los brazos levantados por encima del hombro y/o separados del cuerpo.
- 12.2 Hiperextensión de la muñeca; y demanda de mucha fuerza.
- 12.3 El cuello y los hombros no forman un ángulo de unos 15°.
- 12.4 Espalda inclinada y girada.
- 12.5 Las caderas y las piernas no tienen un buen apoyo cuando se está sentado.
- 12.6 Movimiento asimétrico del cuerpo, sólo hacia un lado.
- 12.7 Mencione los motivos de la postura forzada: (1) posición de la máquina, (2) diseño del asiento, (3) manejo del equipo, (4) puesto o espacio de trabajo.
- 12.8 Especifique el código OWAS. (Si desea una descripción detallada del método OWAS, consulte Karhu y cols. 1981.)

Sugerencias para la mejora, ítems 12 a 12.7:

VII. *Medio ambiente de trabajo*

(Indique las mediciones siempre que sea posible)

RUIDO

[Identifique las fuentes de ruido, tipo y duración de la exposición; consulte ILO 1984].

13. El nivel de ruido es inferior al máximo nivel recomendado. (Utilice la tabla siguiente.) Sí/No

Puntuación	El trabajo no requiere comunicación verbal	El trabajo requiere comunicación verbal	El trabajo requiere concentración
1	inferior a 60 dBA	inferior a 50 dBA	inferior a 45 dBA
2	60-70 dBA	50-60 dBA	45-55 dBA
3	70-80 dBA	60-70 dBA	55-65 dBA
4	80-90 dBA	70-80 dBA	65-75 dBA
5	superior a 90 dBA	superior a 80 dBA	superior a 75 dBA

Fuente: Ahonen y cols. 1989.

- Indique su puntuación de acuerdo o desacuerdo (0-5)
14. Los ruidos nocivos se eliminan en su origen. Sí/No
- Si la respuesta es No, valore los motivos: (De 0 a 5)
- 14.1 No hay un aislamiento eficaz contra el ruido.
- 14.2 No se han tomado medidas de emergencia contra el ruido (ej.: limitación del tiempo de trabajo, utilización de equipos de protección personal).
15. CLIMA
- Especifique las condiciones climáticas.
 Temperatura _____ Humedad _____
 Temp. radiante _____ Corrientes _____
16. El clima es confortable. Sí/No
- Si la respuesta es No, valore lo siguiente: (De 0 a 5)
- 16.1 Sensación térmica (elija una): fría, fresca, neutra, cálida, excesivamente calurosa
- 16.2 Los dispositivos de ventilación (ventiladores, ventanas, aire acondicionado) son inadecuados.
- 16.3 No se han aplicado medidas que regulen los límites de exposición (si existen, explíquelas).
- 16.4 Los trabajadores no utilizan prendas para protegerse o procurarse calor.
- 16.5 No hay fuentes o agua fresca disponibles cerca.
17. ILUMINACION
- El lugar de trabajo, las máquinas están bien iluminados en todo momento. Sí/No
- Si la respuesta es No, valore lo siguiente: (De 0 a 5)
- 17.1 La iluminación es suficientemente intensa.
- 17.2 La iluminación del área de trabajo es adecuadamente uniforme.
- 17.3 El parpadeo es escaso o inexistente.
- 17.4 La formación de sombras no causa problemas.
- 17.5 Los reflejos molestos son escasos o inexistentes.

17.6 La dinámica del color (objetos resaltados por el calor, calidez del color) es adecuada.

18. POLVO, HUMO, ELEMENTOS TÓXICOS
El ambiente está libre de polvo, humos y sustancias tóxicas excesivos. Sí/No

Si la respuesta es No, valore lo siguiente: (De 0 a 5)

18.1 La ventilación y los sistemas de extracción no son eficaces para la salida de humos, vapores y polvo.

18.2 Faltan medidas de protección para situaciones de emergencia por escape o contacto con sustancias tóxicas o peligrosas.
Indique los compuestos químicos tóxicos:

18.3 Muestreo irregular de las sustancias químicas tóxicas en el lugar de trabajo.

18.4 Falta de equipos de protección personal (por ejemplo guantes, zapatos, mascarillas, delantales).

19. RADIACION
Los trabajadores están bien protegidos contra la radiación. Sí/No

Si la respuesta es No, indique el grado de exposición (consulte la lista de comprobación ISSA, *Ergonomía*): (De 0 a 5)

19.1 Radiación UV (200 nm – 400 nm).

19.2 Radiación IR (780 nm – 100 µm).

19.3 Radiactividad/rayos x (<200 nm).

19.4 Microondas (1 mm – 1 m).

19.5 Láseres (300 nm – 1,4 µm).

19.6 Otros (menciónelo):

20. VIBRACIONES
Las máquinas pueden accionarse sin que se transmitan vibraciones al cuerpo del operador. Sí/No

Si la respuesta es No, valore lo siguiente: (De 0 a 5)

20.1 La vibración se transmite a todo el cuerpo a través de los pies.

20.2 La transmisión de la vibración se produce a través del asiento (por ejemplo, máquinas móviles que el operador maneja sentado).

20.3 La vibración se transmite a través del sistema mano-brazo (por ejemplo, herramientas manuales, máquinas que el operador maneja mientras camina).

20.4 Exposición prolongada a una fuente continua o repetitiva de vibraciones.

20.5 Las fuentes de la vibración no pueden aislarse ni eliminarse.

20.6 Identifique las fuentes de la vibración.

Comentarios y sugerencias, ítems 13 a 20:

VIII. Organización del tiempo de trabajo

Indique el horario de trabajo: horas de trabajo/día/semana/año, incluido el trabajo estacional y el sistema de turnos.

21. La presión del tiempo de trabajo es mínima. Sí/No

Si la respuesta es No, valore lo siguiente: (De 0 a 5)

21.1 El trabajo se realiza de noche.

21.2 El trabajo implica realizar horas extras.
Especifique la duración media aproximada:

21.3 Las tareas pesadas están desigualmente distribuidas durante los turnos.

21.4 El personal trabaja a un ritmo o con un límite de tiempo predeterminado.

21.5 No se han incorporado medidas contra la fatiga o sistemas de pausas suficientes (utilice criterios cardiorrespiratorios para indicar lo pesado del trabajo).

Comentarios y sugerencias, ítems 21 a 21.5:

Valoración del analista Valoración del trabajador

D. Aspecto perceptual o motor

Respuestas/puntuación

IX. Dispositivos de visualización

22. Los dispositivos de visualización (calibres, metros, señales de alarma) pueden leerse fácilmente. Sí/No

Si la respuesta es No, valore las dificultades: (De 0 a 5)

22.1 Iluminación insuficiente (consulte el ítem nº 17).

22.2 Posición forzada de la cabeza/ojos respecto a la línea de visión.

- 22.3 El estilo de los números o la progresión numérica de los mismos en los dispositivos de presentación de la información produce confusión y provoca errores de lectura.
- 22.4 No hay dispositivos digitales de presentación de la información para realizar lecturas precisas.
- 22.5 La distancia de lectura es demasiado grande para poder leer con precisión.
- 22.6 La información visual no se entiende fácilmente.
- 22.7 La información visual cambia antes de que se pueda realizar alguna acción.
- 23. Las señales de emergencia se reconocen fácilmente. Sí/No
Si la respuesta es No, valore los motivos:
- 23.1 Las señales visuales o auditivas no son conformes con el proceso de trabajo.
- 23.2 Las señales intermitentes están fuera del campo visual.
- 23.3 Las señales auditivas no son audibles.
- 24. La forma en que están dispuestos los dispositivos de presentación de la información es lógica. Sí/No
Si la respuesta es No, valore lo siguiente:
- 24.1 Los dispositivos de presentación de la información no se distinguen por su forma, posición, color o tono.
- 24.2 Los dispositivos críticos de presentación de la información, y de uso frecuente, están alejados de la línea central de visión.

X.

- Controles*
- 25. Los controles (interruptores, botones, grúas, volantes, pedales) son fáciles de manejar. Sí/No
Si la respuesta es No, las causas son: (De 0 a 5)
 - 25.1 La posición de los controles de manos o pies es incómoda.
 - 25.2 Los controles o herramientas no están accesibles.
 - 25.3 Las dimensiones de los controles no se ajustan a la parte del cuerpo que los maneja.
 - 25.4 Es necesario ejercer mucha fuerza para activar los controles.
 - 25.5 Los controles requieren gran precisión y velocidad.
 - 25.6 Los controles no tienen la forma adecuada para un buen agarre.
 - 25.7 Los controles no tienen los colores o símbolos tipificados para su identificación.

- 25.8 Los controles provocan una sensación desagradable (calor, frío, vibración).
- 26. Las señales y controles (combinados) son compatibles con una respuesta humana fácil y natural. Sí/No
Si la respuesta es No, valore lo siguiente: (De 0 a 5)
- 26.1 No están suficientemente próximos unos de otros.
- 26.2 Las señales o controles no están dispuestos secuencialmente según sus funciones o frecuencia de uso.
- 26.3 Las operaciones con los dispositivos de presentación de la información o con los controles se hacen en secuencia, sin que haya tiempo suficiente para completar la operación (*esto provoca una sobrecarga sensorial*).
- 26.4 Falta de coherencia en la dirección del movimiento del dispositivo de presentación de la información o del control (por ejemplo, el movimiento del control hacia la izquierda no produce un movimiento de la unidad hacia la izquierda).

Comentarios y sugerencias, ítems 22 a 26.4:

Valoración del analista Valoración del trabajador

E. Aspectos técnicos Respuestas/puntuación

- XI. *Maquinaria*
- 27. La máquina (carretilla transportadora, carretilla elevadora, máquina herramienta) es fácil de conducir y manejar. Sí/No
Si la respuesta es No, valore lo siguiente: (De 0 a 5)
 - 27.1 La máquina es inestable durante el funcionamiento.
 - 27.2 El mantenimiento de la maquinaria es deficiente.
 - 27.3 No se puede regular la velocidad de manejo de la máquina.
 - 27.4 El volante o manillar se maneja estando de pie.
 - 27.5 Los mecanismos operativos entorpecen los movimientos del cuerpo en el puesto de trabajo.
 - 27.6 Riesgo de accidentes debido a la falta de protección en la máquina.

- 27.7 La maquinaria no está equipada con señales de advertencia.
- 27.8 La máquina no cuenta con un sistema adecuado para amortiguar las vibraciones.
- 27.9 Los niveles de ruido de la máquina superan los límites legales (consulte los ítems nº 13 y 14).
- 27.10 Mala visibilidad de partes de la máquina y zona adyacente (consulte los ítems nº 17 y 22).

Sugerencias para la mejora, ítems 29 a 29.5:

Valoración del analista Valoración del trabajador

XII. Herramientas o instrumentos pequeños

- 28. Las herramientas o instrumentos que se proporcionan a los operarios son cómodos de manejar. Sí/No

Si la respuesta es No, valore lo siguiente: (De 0 a 5)

- 28.1 La herramienta o instrumento no tiene asa o correa para transportarla.
- 28.2 La herramienta no puede utilizarse con ambas manos indistintamente.
- 28.3 El peso excesivo de la herramienta provoca hiperextensión de la muñeca.
- 28.4 La forma y posición del mango no están diseñadas para un buen agarre.
- 28.5 Las herramientas mecánicas no están diseñadas para manejarse con las dos manos.
- 28.6 Los bordes cortantes del equipo o herramienta pueden causar lesiones.
- 28.7 No suelen utilizarse accesorios (guantes, etc.) para manejar herramientas que producen vibración.
- 28.8 Los niveles de ruido de las herramientas mecánicas superan los límites aceptables (consulte el ítem nº 13).

Sugerencias para la mejora, ítem 27 a 28.8:

XIII. Seguridad en el trabajo

- 29. Las medidas de seguridad de la máquina resultan adecuadas para evitar accidentes y riesgos para la salud. Sí/No

Si la respuesta es No, valore lo siguiente: (De 0 a 5)

- 29.1 Los accesorios de la máquina no se pueden montar y desmontar fácilmente.
- 29.2 Los puntos peligrosos, las partes móviles y las instalaciones eléctricas no tienen la protección adecuada.
- 29.3 El contacto directo o indirecto de partes del cuerpo con la maquinaria puede ser peligroso.
- 29.4 La inspección y el mantenimiento de la máquina es difícil.
- 29.5 No hay instrucciones claras disponibles para el manejo mantenimiento y seguridad de la máquina.

F. Aspecto psicosocial Respuestas/puntuación

XIV. Autonomía en el trabajo

- 30. El trabajo permite la autonomía (por ejemplo, libertad respecto al método de trabajo, al rendimiento, al tiempo de trabajo, al control de calidad). Sí/No

Si la respuesta es No, las causas posibles son: (De 0 a 5)

- 30.1 Falta de flexibilidad en el horario de inicio o finalización del trabajo.
- 30.2 No hay apoyo organizativo, en cuestión de asistencia en el trabajo.
- 30.3 Número insuficiente de personal para realizar la tarea (trabajo en equipo).
- 30.4 Rigidez en los métodos y condiciones de trabajo.

XV. Retroinformación en el trabajo (intrínseca y extrínseca)

- 31. El trabajo permite la retroinformación directa sobre la calidad y la cantidad del rendimiento personal. Sí/No

Si la respuesta es No, los motivos son: (De 0 a 5)

- 31.1 No se puede participar en la información y toma de decisiones.
- 31.2 Limitaciones para el contacto social por barreras físicas.
- 31.3 Dificultad de comunicación debido al alto nivel de ruido.
- 31.4 Aumento en la demanda de atención por el ritmo de la máquina.
- 31.5 Otras personas (directivos, compañeros) informan al trabajador sobre su eficacia y rendimiento en el trabajo.

XVI. Diversidad y definición de tareas

- 32. El trabajo comprende diversas tareas y deja lugar para la espontaneidad por parte del trabajador. Sí/No

Si la respuesta es No, valore lo siguiente: (De 0 a 5)

- 32.1 Las funciones y los objetivos del trabajador son ambiguos.
- 32.2 La maquinaria, el proceso o el grupo de trabajo imponen restricciones de trabajo.

- 32.3 La relación trabajador-máquina suscita conflictos en relación con el comportamiento que se espera del operador.
- 32.4 El nivel de estimulación es limitado (por ejemplo, un entorno visual y auditivo siempre invariable).
- 32.5 El trabajo es muy aburrido.
- 32.6 Campo de trabajo limitado para la ampliación de tareas.

XVII. Identificación con la tarea y significado

- 33. Al trabajador se le asigna una serie de tareas y él organiza su propio tiempo para llevarlas a cabo (p.ej.: planifica y ejecuta el trabajo e inspecciona y controla los productos). Sí/No

Valore su acuerdo o desacuerdo (0-5)

- 34. El trabajo es importante en la organización. Es reconocido y valorado por los demás. Sí/No

(Valore su acuerdo o desacuerdo)

XVIII. Sobrecarga y subcarga mental

- 35. El trabajo consiste en tareas para las que existen sistemas de información y comunicación claros y bien definidos. Sí/No

Si la respuesta es No, valore lo siguiente: (De 0 a 5)

- 35.1 Se proporciona una extensa información relacionada con el trabajo.
- 35.2 Es necesario manejar información en situaciones de presión (por ejemplo, maniobras de emergencia en el control de procesos).
- 35.3 Sobrecarga de información y gestualización (por ejemplo, tarea de montaje compleja, que no requiere una motivación especial).
- 35.4 Ocasionalmente se desvía la atención a otra información distinta de la necesaria para la tarea en cuestión.
- 35.5 La tarea consiste en una acción motora simple y repetitiva, sólo requiere una atención superficial.

- 35.6 Las herramientas y equipos no están previamente posicionados para evitar distracciones.

- 35.7 Hay que realizar elecciones múltiples para la toma de decisiones y para la valoración de los riesgos.

(Comentarios y sugerencias, ítems 30 a 35.7)

XIX. Formación y promoción

- 36. El trabajo ofrece oportunidades para mejorar los conocimientos y las habilidades para el cumplimiento de las tareas. Sí/No

Si la respuesta es No, las causas posibles son: (De 0 a 5)

- 36.1 No hay posibilidad de promocionar a puestos superiores.
- 36.2 No hay cursos periódicos de formación para los trabajadores, específicos para el puesto de trabajo.
- 36.3 Los programas e instrumentos de formación no son fáciles de aprender y utilizar.
- 36.4 No hay planes de pago de incentivos.

XX. Compromiso con la organización

- 37. Existe un compromiso definido en relación con la eficacia de la organización y el bienestar físico, mental y social. Sí/No
Valore el grado de disponibilidad de lo siguiente: (De 0 a 5)

- 37.1 El papel del individuo en la organización es ambiguo y fuente de conflictos.
- 37.2 Servicios médicos o administrativos para la intervención preventiva en situaciones de riesgo.
- 37.3 Medidas promocionales para controlar el absentismo en el grupo de trabajo.
- 37.4 Normas efectivas sobre seguridad.
- 37.5 Inspecciones laborales y control de mejores prácticas de trabajo.
- 37.6 Acciones de seguimiento y control de accidentes y lesiones.

(Continúe ahora con la Hoja de Evaluación Resumida de la página 29.25)

HOJA DE EVALUACION RESUMIDA

A. Breve descripción de la organización, las características del trabajador y la tarea

Módulos	Secciones	Nº de ítems valorados	Gravedad consensuada					Gravedad relativa (%)	Nº de ítems para intervención inmediata
			0	1	2	3	4		
B. Técnicos	I. Especialización laboral	4							
	II. Requisitos de habilidad	5							
C. Biológicos	III. Actividad física general	5							
	IV. Manipulación manual de cargas	6							
	V. Diseño del lugar o espacio de trabajo	15							
	VI. Postura de trabajo	6							
	VII. Medio ambiente de trabajo	28							
D. Perceptual/motor	VIII. Organización del tiempo de trabajo	5							
	IX. Dispositivos de visualización	12							
	X. Controles	10							
E. Técnico	XI. Maquinaria	10							
	XII. Herramientas o implementos pequeños	8							
	XIII. Seguridad en el trabajo	5							
F. Psicosocial	XIV. Autonomía en el trabajo	5							
	XV. Retroinformación en el trabajo	5							
	XVI. Diversidad y definición de tareas	6							
	XVII. Identidad con la tarea y significado	2							
	XVIII. Sobrecarga o subcarga mental	7							
	XIX. Formación y promoción	4							
	XX. Compromiso con la organización	6							

Evaluación global

Gravedad consensuada de los módulos		Comentarios
A	<input type="checkbox"/>	
B	<input type="checkbox"/>	
C	<input type="checkbox"/>	
D	<input type="checkbox"/>	
E	<input type="checkbox"/>	
F	<input type="checkbox"/>	
		Analista de trabajo:

● ANTROPOMETRIA

*Melchiorre Masali**

La antropometría es una rama fundamental de la antropología física. Trata el aspecto cuantitativo. Existe un amplio conjunto de teorías y prácticas dedicado a definir los métodos y variables para relacionar los objetivos de diferentes campos de aplicación. En el campo de la salud y seguridad en el trabajo y de la ergonomía, los sistemas antropométricos se relacionan principalmente con la estructura, composición y constitución corporal y con las dimensiones del cuerpo humano en relación con las dimensiones del lugar de trabajo, las máquinas, el entorno industrial y la ropa.

Variables antropométricas

Una variable antropométrica es una característica del organismo que puede cuantificarse, definirse, tipificarse y expresarse en una unidad de medida. Las variables lineales se definen generalmente como puntos de referencia que pueden situarse de manera precisa sobre el cuerpo. Los puntos de referencia suelen ser de dos tipos: esquelético-anatómicos, que pueden localizarse y seguirse palpando las prominencias óseas a través de la piel, y las referencias virtuales, que se definen como distancias máximas o mínimas utilizando las ramas de un pie de rey.

Las variables antropométricas tienen componentes tanto genéticos como medioambientales y pueden utilizarse para definir la variabilidad individual o de la población. La elección de las variables debe estar relacionada con el objetivo específico de la investigación y tipificarse con otro tipo de investigaciones en el mismo campo, ya que el número de variables descrito en la literatura es extremadamente grande: se han descrito hasta 2.200 variables para el cuerpo humano.

Las variables antropométricas son principalmente medidas *lineales*, como la altura o la distancia con relación al punto de referencia, con el sujeto sentado o de pie en una postura tipificada; *anchuras*, como las distancias entre puntos de referencia bilaterales; *longitudes*, como la distancia entre dos puntos de referencia distintos; *medidas curvas*, o arcos, como la distancia sobre la superficie del cuerpo entre dos puntos de referencia, y *perímetros*, como medidas de curvas cerradas alrededor de superficies corporales, generalmente referidas en al menos un punto de referencia o a una altura definida.

Otras variables pueden requerir métodos o instrumentos especiales. Por ejemplo, el espesor de los pliegues de la piel se mide con un calibrador especial de presión constante. Los volúmenes se calculan o se miden por inmersión en agua. Para obtener información completa sobre las características de la superficie corporal, puede trazarse una matriz de puntos de superficie mediante técnicas bioestereométricas.

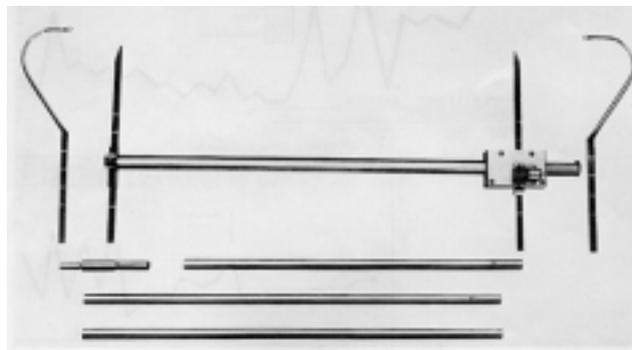
Instrumentos

A pesar de que se han descrito y utilizado instrumentos antropométricos complejos para obtener datos de forma automatizada, los instrumentos antropométricos básicos son bastante simples y fáciles de utilizar. Debe tenerse mucho cuidado para evitar errores comunes derivados de una mala interpretación de los puntos de referencia o de una postura incorrecta del sujeto.

El instrumento antropométrico más corriente es el antropómetro y consiste en una varilla rígida de 2 metros de largo con dos escalas de medición que permiten determinar las

* Este artículo está adaptado de la 3ª edición de la *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*.

Figura 29.7 • Antropómetro.



dimensiones corporales verticales, como la altura de los puntos de referencia desde el suelo o el asiento, y las dimensiones transversales, como las anchuras.

Generalmente, la varilla puede dividirse en 3 ó 4 secciones acoplables entre sí. Un accesorio deslizante con un extremo recto o curvo permite medir alturas desde el suelo o diámetros a partir de un punto fijo. Existen antropómetros más complejos con una sola escala que sirve para medir tanto alturas como diámetros, lo que evita errores en la elección de las escalas, o que cuentan con un dispositivo de lectura electrónico o mecánico digital (Figura 29.7).

Un estadiómetro es un antropómetro fijo, que por lo general se utiliza únicamente para medir la estatura y que se encuentra frecuentemente asociado con una báscula de escala transversal.

Para medir los diámetros transversales pueden utilizarse distintos tipos de calibradores: los pelvímetros, para mediciones de hasta 600 mm o los cefalómetros, para medidas de hasta 300 mm. Este último es particularmente adecuado para mediciones de la cabeza cuando se utiliza junto con un compás extensible (Figura 29.8).

La tabla para pies se utiliza para medir los pies y la tabla para cabeza proporciona las coordenadas cartesianas de la cabeza

Figura 29.8 • Pie de rey y compás de espesores.

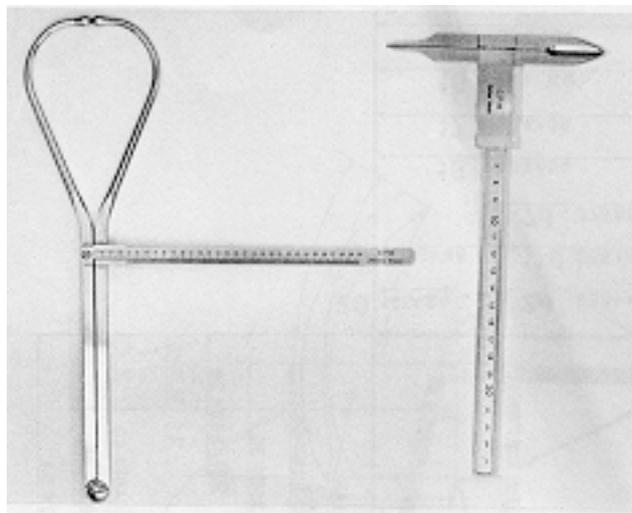


Figura 29.9 • Conjunto básico de variables antropométricas.

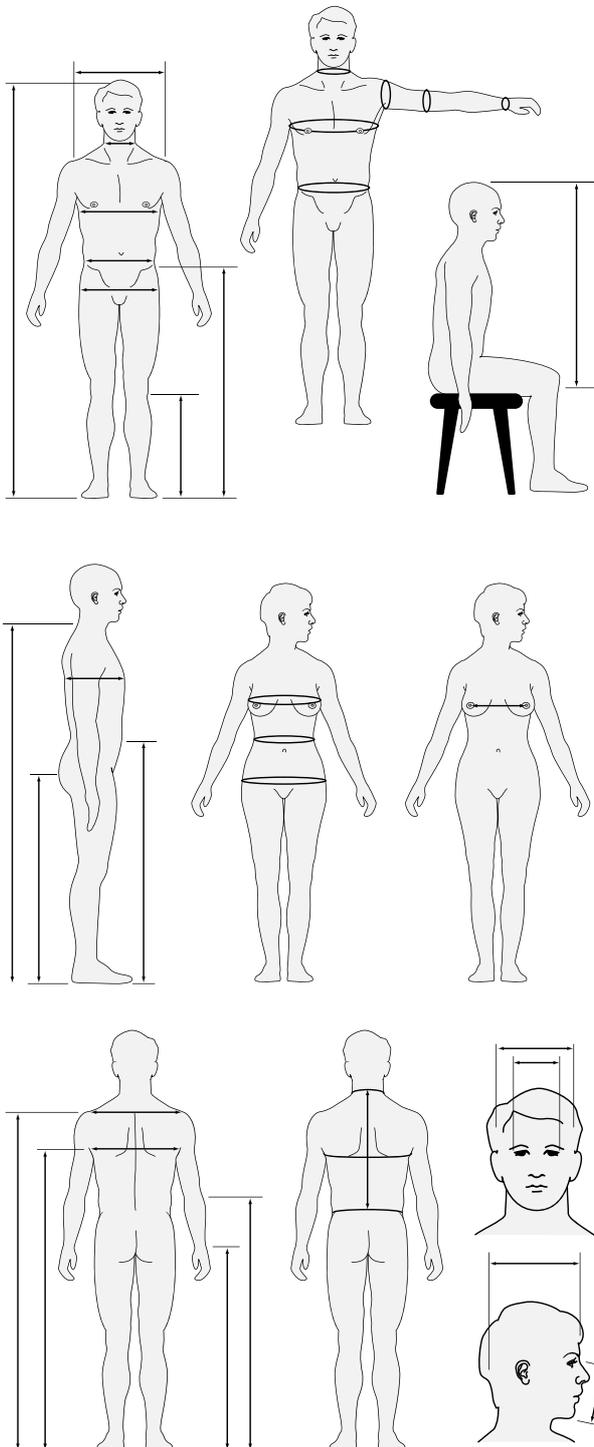


Ilustración de algunas de las medidas que se indican en la Tabla 29.1.

cuando se orienta en el "plano de Frankfurt", un plano horizontal que pasa a través de los puntos de referencia del *porion* y *orbital* de la cabeza. Las dimensiones de la mano pueden medirse con un calibrador o con un dispositivo especial compuesto por cinco escalas deslizantes.

El grosor de los pliegues de la piel puede medirse con un calibrador de pliegues de piel de presión constante (generalmente $9,81 \times 10^4$ Pa, que es la presión que ejerce un peso de 10 g sobre un área de 1 mm²).

Para los arcos y contornos, generalmente se utiliza una cinta de acero estrecha y flexible de sección plana. Debe evitarse el uso de cintas metálicas que tienden a enderezarse solas.

Sistemas de variables

Un sistema de variables antropométricas es un conjunto coherente de medidas corporales obtenidas para resolver un problema específico.

En el campo de la ergonomía y la seguridad, el problema principal consiste en adaptar el equipo y el espacio de trabajo a las personas y determinar las tallas exactas de la ropa.

El equipo y el espacio de trabajo requieren principalmente mediciones lineales de las extremidades y de segmentos corporales, que pueden calcularse fácilmente a partir de las alturas y diámetros de referencias. El tamaño de la ropa, en cambio, se basa principalmente en las mediciones de arcos, contornos y longitudes determinadas con una cinta flexible. Ambos sistemas pueden combinarse de acuerdo con las necesidades.

En cualquier caso, es absolutamente necesario contar con una referencia espacial precisa para cada medición. Por lo tanto, los puntos de referencia deben estar relacionados con alturas y diámetros y cada arco o contorno debe tener un punto de referencia definido. También deben indicarse las alturas y las pendientes.

En un estudio concreto, el número de variables debe limitarse al mínimo para evitar un estrés innecesario al sujeto y al operador.

El conjunto básico de variables para el espacio de trabajo se ha reducido a 33 variables medidas (Figura 29.9) más 20 derivadas de cálculos sencillos. Para un estudio militar con fines generales, Hertzberg y sus colaboradores utilizaron 146 variables. Para el diseño de ropa y con fines biológicos generales, el Ente italiano de la moda (*Ente Italiano della Moda*) utiliza un conjunto de 32 variables de uso general y 28 variables técnicas. La norma alemana (DIN 61 516) de control de dimensiones corporales para el diseño de ropa incluye 12 variables. La recomendación de la Organización Internacional de Normalización (ISO) para las mediciones antropométricas incluye una lista básica de 36 variables (véase Tabla 29.1). Las Tablas Internacionales de Datos Antropométricos publicadas por la OIT indican 19 dimensiones corporales para las poblaciones de 20 regiones distintas del mundo (Jürgens, Aune y Pieper 1990).

Precisión y errores

La precisión en las dimensiones de los organismos vivos debe considerarse de forma estocástica, ya que el cuerpo humano es sumamente impredecible, tanto como estructura estática como dinámica.

Un solo individuo puede crecer o cambiar su masa muscular o la cantidad de grasa, sufrir cambios a nivel esquelético como consecuencia del envejecimiento, la enfermedad o un accidente o modificar su comportamiento o su postura. Distintos sujetos tienen proporciones diferentes, no sólo en cuanto a sus dimensiones generales. Los sujetos altos no son sólo versiones alargadas de los más bajos: los tipos de constitución y los somatotipos varían probablemente más que las dimensiones generales.

El uso de maniqués, en especial los que representan a los percentiles estándar 5, 50 y 95 para los estudios de ajuste, puede conducir a error si no se tienen en cuenta las variaciones en las proporciones corporales.

Tabla 29.1 • Lista fundamental antropométrica básica.

1.1	Alcance hacia adelante (hasta el puño, con el sujeto de pie, erguido, contra una pared)
1.2	Estatura (distancia vertical del suelo al vértex)
1.3	Altura de los ojos (del suelo al vértice interior del ojo)
1.4	Altura de los hombros (del suelo al acromion)
1.5	Altura del codo (del suelo a la depresión radial del codo)
1.6	Altura de la entepierna (del suelo al hueso púbico)
1.7	Altura de la punta de los dedos (del suelo al eje de agarre del puño)
1.8	Anchura de los hombros (anchura biacromial)
1.9	Anchura de la cadera, de pie (distancia entre caderas)
2.1	Altura sentado (desde el asiento hasta el vértex)
2.2	Altura de los ojos, sentado (desde el asiento hasta el vértice interior del ojo)
2.3	Altura de los hombros, sentado (del asiento al acromion)
2.4	Altura del codo, sentado (del asiento al punto más bajo del codo doblado)
2.5	Altura de las rodillas (desde el apoyo de los pies hasta la superficie superior del muslo)
2.6	Longitud de la parte inferior de la pierna (altura de la superficie de asiento)
2.7	Longitud del antebrazo (de la parte posterior del codo doblado al eje del puño)
2.8	Profundidad del cuerpo, sentado (profundidad del asiento)
2.9	Longitud de rodilla-nalga (desde la rótula hasta el punto más posterior de la nalga)
2.10	Distancia entre codos (distancia entre las superficies laterales de ambos codos)
2.11	Anchura de cadera, sentado (anchura del asiento)
3.1	Anchura del dedo índice, proximal (en la articulación entre las falanges medial y proximal)
3.2	Anchura del dedo índice, distal (en la articulación entre las falanges medial y distal)
3.3	Longitud del dedo índice
3.4	Longitud de la mano (de la punta del dedo medio al estiloides)
3.5	Anchura de la mano (en los metacarpios)
3.6	Perímetro de la muñeca
4.1	Anchura del pie
4.2	Longitud del pie
5.1	Perímetro de la cabeza (en la glabella)
5.2	Arco sagital (de la glabella al inión)
5.3	Longitud de la cabeza (de la glabella al opistocráneo)
5.4	Anchura de la cabeza (máximo a la altura de las orejas)
5.5	Arco bitragial (sobre la cabeza y entre las orejas)
6.1	Circunferencia de la cintura (en el ombligo)
6.2	Altura de la tibia (del suelo al punto más alto en el borde anteromedial del glenoide de la tibia)
6.3	Altura cervical sentado (hasta la punta de la apófisis espinosa de la séptima vértebra cervical).

Fuente: Adaptado de ISO/DP 7250 1980).

Pueden derivarse errores de la mala interpretación de los puntos de referencia y del uso incorrecto de los instrumentos (errores personales), del uso de instrumentos poco precisos o inexactos (errores instrumentales) o de los cambios posturales del sujeto (errores del sujeto). Estos últimos pueden deberse a dificultades en la comunicación si los antecedentes culturales o lingüísticos del sujeto son distintos de los del operador.

Tratamiento estadístico

Los datos antropométricos deben ser analizados mediante procedimientos estadísticos, especialmente en el campo de los métodos de inferencia, en los que se aplican métodos de una sola variable (media, moda, percentiles, histogramas, análisis de varianza, etc.), de dos variables (correlación, regresión) o de múltiples variables (correlación y regresión múltiples, análisis factorial, etc.). Se han desarrollado varios métodos gráficos basados en aplicaciones estadísticas para clasificar los tipos humanos (antropométrogramas, morfomatogramas).

Muestreo y análisis

Dado que no es posible obtener datos antropométricos de la población completa (excepto en los pocos casos en que la población es particularmente pequeña), generalmente es necesario tomar muestras de la población. El punto inicial de cualquier análisis antropométrico debería ser la definición aleatoria de la muestra. Para mantener el número de sujetos medidos en un nivel razonable, generalmente es necesario recurrir a muestras estratificadas con múltiples fases. Esto permite una subdivisión más homogénea de la población en varias clases o estratos.

La población puede subdividirse por sexo, grupo de edades, área geográfica, variables sociales, actividad física, etc.

Las formas de análisis deben diseñarse teniendo en cuenta tanto el procedimiento de medición como el tratamiento de los datos. Debe realizarse un estudio ergonómico preciso del procedimiento de medición con el fin de reducir la fatiga del operador y los posibles errores. Por este motivo, las variables deben agruparse de acuerdo con el instrumento utilizado y ordenarse secuencialmente para reducir la cantidad de flexiones que debe realizar el operador.

Para reducir el efecto de los errores personales, un solo operador debe realizar el análisis. Si es necesario que participe más de un operador, estos deberán entrenarse para garantizar que las mediciones sean reproducibles.

Antropometría poblacional

Aún sin considerar el tan criticado concepto de "raza", las poblaciones humanas son muy variables tanto en lo referente al tamaño de los individuos como a la distribución de los tamaños. En general, las poblaciones humanas no son estrictamente mendelianas; son, en general, el resultado de la suma de caracteres. En ocasiones, dos o más poblaciones, con distintos orígenes y grado de adaptación, viven juntas en la misma zona sin que haya mezcla entre ellas. Esto complica la distribución teórica de las características. Desde el punto de vista antropométrico, los sexos son poblaciones distintas. Las poblaciones de empleados pueden no corresponder exactamente a la población biológica de la misma zona como consecuencia de una posible selección de aptitudes o de una autoselección debido a la elección del trabajo.

Las poblaciones de distintas áreas pueden diferir como consecuencia de distintas condiciones de adaptación o de estructuras biológicas y genéticas.

Cuando es importante realizar un ajuste preciso, es necesario realizar un análisis en una muestra aleatoria.

Estudios de adaptación y regulación

La adaptación del espacio o equipo de trabajo al usuario puede depender no sólo de las dimensiones corporales, sino también de otras variables como la tolerancia a la incomodidad y al tipo de actividades, ropa, herramientas y condiciones medioambientales. Puede utilizarse la siguiente combinación: una lista de comprobación de factores relevantes, un simulador y una serie de estudios de ajuste en los que se utilice una muestra de individuos elegidos para representar el intervalo de tamaños corporales de la población de usuarios esperada.

El objetivo es determinar los intervalos de tolerancia para todos los individuos. Si los intervalos se superponen, es posible seleccionar un intervalo final más estrecho que no esté fuera de los límites de tolerancia de ninguno de los individuos. Si no hay superposición, será necesario hacer que la estructura sea ajustable o bien, proporcionarla en distintos tamaños. Si hay más de dos dimensiones ajustables, el individuo puede no ser capaz de decidir cuál de los posibles ajustes sea el más adecuado para él.

La capacidad de adaptación puede ser un tema complicado, especialmente cuando las posturas incómodas producen fatiga. Así, es necesario proporcionar al usuario indicaciones precisas, ya que, frecuentemente, éste sabe muy poco acerca de sus propias características antropométricas. En general, un diseño preciso debería reducir la necesidad de ajustes al mínimo. En cualquier caso, es preciso recordar siempre que el tema de la investigación es la antropometría, y no sólo la ingeniería.

Antropometría dinámica

La antropometría estática puede proporcionar una gran cantidad de información sobre el movimiento si se ha elegido un conjunto adecuado de variables. Sin embargo, cuando los movimientos son complicados y se desea realizar un buen ajuste con el entorno industrial, como sucede con la mayoría de las interfaces usuario-máquina y persona-vehículo, es necesario realizar un análisis preciso de las posturas y los movimientos. Esto puede hacerse por medio de simulaciones adecuadas, que permiten el trazado de las líneas de alcance, o de fotografías. En este último caso, una cámara equipada con una lente telescópica y una varilla antropométrica, colocada en el plano sagital del sujeto, permiten realizar fotografías estandarizadas con poca distorsión de la imagen. Pequeñas etiquetas en las articulaciones del sujeto permiten el seguimiento exacto de los movimientos.

Otra forma de estudiar los movimientos es establecer los cambios posturales de acuerdo con una serie de planos horizontales y verticales que pasan a través de las articulaciones. Nuevamente, con el uso de modelos humanos informatizados y los sistemas de diseño asistido por ordenador (CAD), es posible incluir la antropometría dinámica en el diseño del lugar de trabajo ergonómico.

● TRABAJO MUSCULAR

*Juhani Smolander y
Veikko Louhevaara*

El trabajo muscular en las actividades laborales

En los países industrializados, aproximadamente el 20 % de los trabajadores continúan desarrollando trabajos que requieren un esfuerzo muscular (Rutenfranz y cols. 1990). El número de trabajos físicos pesados convencionales se ha reducido pero, en cambio, muchos trabajos se han vuelto más estáticos, asimétricos y sedentarios. En los países en desarrollo, el esfuerzo muscular de todo tipo sigue siendo una práctica muy extendida.

El trabajo muscular en las actividades laborales puede dividirse, en general, en cuatro grupos: el trabajo muscular dinámico pesado, la manipulación manual de materiales, el trabajo estático y el trabajo repetitivo. El trabajo muscular dinámico pesado lo hallamos en las actividades forestales, agrícolas y en la construcción. La manipulación manual de materiales es común, por ejemplo, en las labores de enfermería, transporte y almacenaje, mientras que el trabajo estático existe en las oficinas, en la industria electrónica y en las tareas de mantenimiento y reparación. Las tareas repetitivas pueden encontrarse, por ejemplo, en las industrias de procesamiento de alimentos y de la madera.

Es importante destacar que la manipulación manual de materiales y el trabajo repetitivo son básicamente trabajos musculares dinámicos o estáticos, o una combinación de ambos.

Fisiología del trabajo muscular

Trabajo muscular dinámico

En el trabajo dinámico, los músculos esqueléticos implicados se contraen y relajan rítmicamente. El flujo sanguíneo que llega a los músculos aumenta para satisfacer las necesidades metabólicas. Este aumento del flujo sanguíneo se logra incrementando el bombeo del corazón (gasto cardíaco), reduciendo el flujo que llega a las áreas inactivas, como los riñones y el hígado, y aumentando el número de vasos sanguíneos abiertos en la musculatura que está interviniendo en el trabajo. La frecuencia cardíaca, la presión sanguínea y el consumo de oxígeno en los músculos, aumentan en relación directa a la intensidad del trabajo. También aumenta la ventilación pulmonar, debido a la mayor profundidad de las respiraciones y al aumento de la frecuencia respiratoria. La finalidad de la activación de todo el sistema cardiorrespiratorio es mejorar la llegada de oxígeno a los músculos implicados. El nivel de consumo de oxígeno, medido durante un trabajo muscular dinámico pesado, indica la intensidad del trabajo. El consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) indica la capacidad máxima de la persona para el trabajo aeróbico. Los valores de consumo de oxígeno pueden traducirse en gasto energético (1 litro de oxígeno consumido por minuto corresponde a aproximadamente 5 kcal/min o 21 kJ/min).

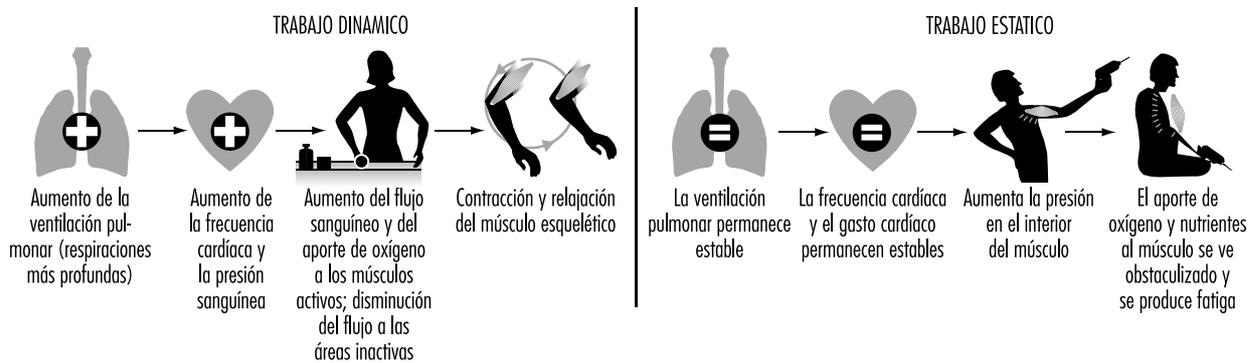
En el caso del trabajo dinámico, cuando la masa muscular activa es pequeña (por ejemplo, en los brazos), la capacidad máxima de trabajo y el consumo máximo de oxígeno son menores que en el trabajo dinámico realizado con músculos de mayor tamaño. A igual producción de trabajo externo, el trabajo dinámico con músculos pequeños provoca mayores respuestas cardiorrespiratorias (por ejemplo, frecuencia cardíaca, presión sanguínea) que el trabajo con músculos grandes (Figura 29.10).

Trabajo muscular estático

En el trabajo estático, la contracción muscular no produce movimientos visibles, por ejemplo, en un miembro. El trabajo estático aumenta la presión en el interior del músculo lo que, junto con la compresión mecánica, ocluye la circulación total o parcial de la sangre. El aporte de nutrientes y de oxígeno al músculo y la eliminación de productos metabólicos finales del mismo quedan obstaculizados. De esta forma, en los trabajos estáticos, los músculos se fatigan con más facilidad que en los trabajos dinámicos.

La característica circulatoria más destacada del trabajo estático es el aumento de la presión sanguínea. La frecuencia cardíaca y el gasto cardíaco no varían mucho. Por encima de una determinada intensidad de esfuerzo, la presión de la sangre aumenta en relación directa con la intensidad y la duración del esfuerzo. Además, a igual intensidad relativa del esfuerzo, el trabajo estático realizado con grandes grupos musculares

Figura 29.10 • Trabajo estático frente a trabajo dinámico.



produce una mayor respuesta de la presión sanguínea que el trabajo con músculos más pequeños. (Véase la Figura 29.10.)

En principio, la regulación de la ventilación y de la circulación en el trabajo estático es similar a la del trabajo dinámico, pero las señales metabólicas de los músculos son más fuertes y provocan un patrón de respuestas diferente.

Consecuencias de la sobrecarga muscular en las actividades laborales

El grado de carga física que experimenta un trabajador en el curso de un trabajo muscular depende del tamaño de la masa muscular que interviene, del tipo de contracciones musculares (estáticas o dinámicas), de la intensidad de las contracciones y de las características individuales.

Mientras la carga de trabajo muscular no supere la capacidad física del trabajador, el cuerpo se adaptará a la carga y se recuperará rápidamente una vez terminado el trabajo. Si la carga muscular es demasiado elevada, se producirá fatiga, se reducirá la capacidad de trabajo y la recuperación será más lenta. Las cargas más elevadas o la sobrecarga prolongada puede ocasionar daños físicos en forma de enfermedades profesionales o relacionadas con el trabajo. Por otro lado, el trabajo muscular de cierta intensidad, su frecuencia y su duración, también puede tener un efecto de entrenamiento, como, por otra parte, unas exigencias musculares excesivamente bajas pueden tener efectos de desentrenamiento. Estas relaciones se representan mediante el llamado *concepto de estrés-tensión expandido* desarrollado por Rohmert (1984) (Figura 29.11).

En general, hay pocas pruebas epidemiológicas de que la sobrecarga muscular sea un factor de riesgo para las enfermedades. Sin embargo, en trabajos con grandes demandas físicas,

sobre todo entre trabajadores de más edad, suelen detectarse problemas de salud, incapacidades y sobrecargas subjetivas de trabajo. Además, muchos factores de riesgo de enfermedades musculoesqueléticas relacionadas con el trabajo están relacionados con distintos aspectos de la carga de trabajo muscular, como la aplicación de fuerzas, las posturas inadecuadas, el levantamiento de pesos y las sobrecargas repentinas.

Uno de los objetivos de la ergonomía ha sido determinar límites aceptables para las cargas de trabajo muscular que podrían aplicarse para evitar la fatiga y las enfermedades. Mientras la prevención de efectos crónicos es el objetivo de la epidemiología, la fisiología se centra especialmente en los efectos a corto plazo, es decir, en la fatiga producida por una determinada tarea o durante una jornada laboral.

Carga de trabajo aceptable en el trabajo muscular dinámico pesado

La valoración de la carga de trabajo aceptable en tareas dinámicas se ha basado tradicionalmente en la medida del consumo de oxígeno (o en el correspondiente gasto energético). El consumo de oxígeno puede medirse en campo con relativa facilidad mediante aparatos portátiles (sacos de Douglas, espirómetro de Max Planck, Oxylog, Cosmed), o puede estimarse a partir de los registros de frecuencia cardíaca, que se obtienen con bastante fiabilidad en el lugar de trabajo, por ejemplo, con un Sport Tester. La utilización de la frecuencia cardíaca en la estimación del consumo de oxígeno exige una calibración individual frente al consumo de oxígeno medido durante un trabajo estándar realizado en el laboratorio, es decir, el investigador debe conocer el consumo de oxígeno de un individuo a una frecuencia cardíaca determinada. Los registros de frecuencia cardíaca deberán

Figura 29.11 • Modelo de estrés tensión expandida modificado por Rohmert (1984).

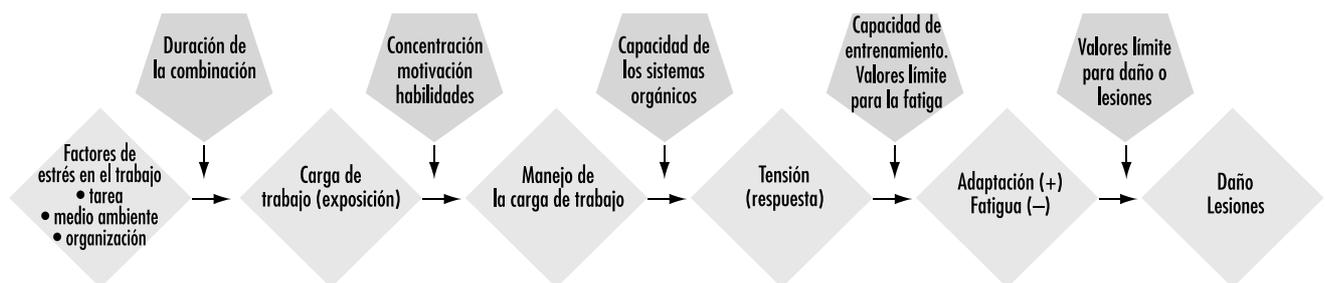
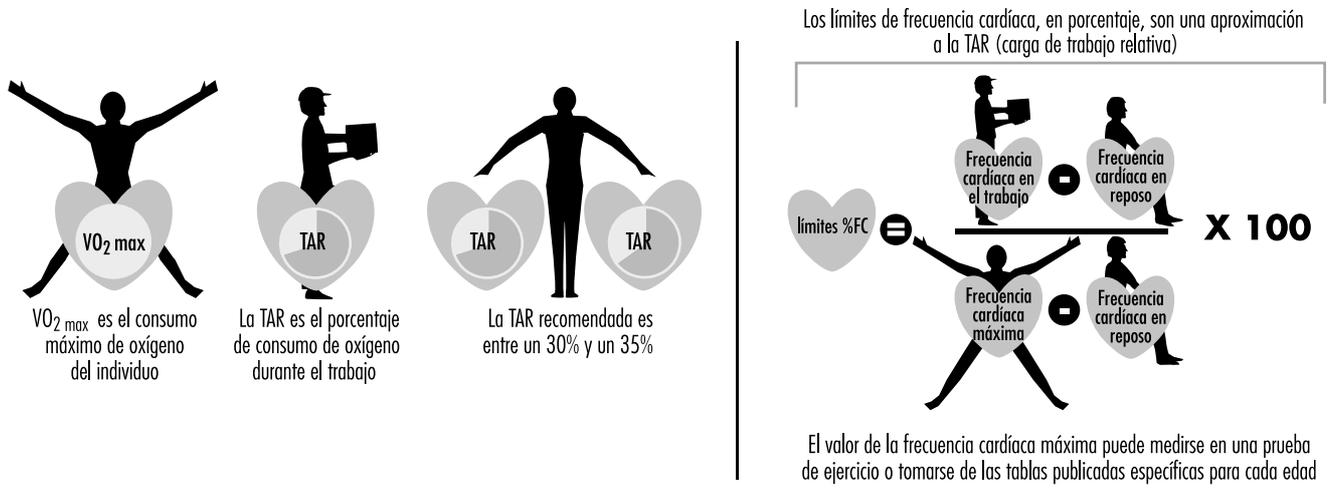


Figura 29.12 • Análisis de las cargas de trabajo aceptables.



manejarse con cuidado, ya que a veces se ven afectados por factores como la forma física, la temperatura ambiente, los factores psicológicos y el tamaño de la masa muscular activa. Así, las medidas de la frecuencia cardíaca pueden conducir a una sobreestimación del consumo de oxígeno, de la misma forma que los valores de consumo de oxígeno pueden dar lugar a una subestimación de la tensión fisiológica global, al reflejar sólo los requerimientos energéticos.

La *carga de trabajo relativa* se define como la fracción (porcentaje) del consumo de oxígeno del trabajador, medido durante el trabajo, en relación a su VO_{2max} medido en el laboratorio. Si sólo se dispusiera de las medidas de la frecuencia cardíaca, se podría hacer un cálculo aproximado de la carga de trabajo relativa, calculando el porcentaje de frecuencia cardíaca desplazada (% FC desplazada) con la denominada fórmula de Karvonen, como en la Figura 29.12.

El VO_{2max} suele medirse en un ergociclómetro o en una cinta sinfin, cuya eficiencia mecánica es elevada (20-25 %). Cuando la masa muscular activa es pequeña o el componente estático es elevado, el VO_{2max} y la eficacia mecánica serán menores que en el caso de un ejercicio realizado por grupos de músculos grandes. Por ejemplo, se ha detectado que, cuando ordenan paquetes postales, el valor de VO_{2max} de los trabajadores es sólo del 65 % del máximo medido en un ergociclómetro, y la eficiencia mecánica de la tarea es inferior al 1 %. Cuando las recomendaciones se basen en el consumo de oxígeno, el tipo de prueba para calcular el valor máximo debe aproximarse a la tarea real tanto como sea posible. Este objetivo, sin embargo, es difícil de conseguir.

Según el estudio clásico de Åstrand (1960) la carga de trabajo relativa no debería superar el 50 % durante una jornada laboral de 8 horas. En sus experimentos, al 50 % de la carga de trabajo, disminuye el peso corporal, la frecuencia cardíaca no alcanza un estado de uniformidad y la incomodidad subjetiva aumenta a lo largo del día. Esta autora recomienda un límite del 50 % de la carga de trabajo relativa, tanto para hombres como para mujeres. Más tarde averiguó que los obreros de la construcción determinan espontáneamente un nivel de carga de trabajo relativa del 40 % (entre 25-55 %) durante un día de trabajo. Algunos estudios más recientes han mostrado que el nivel de la carga de trabajo relativa aceptable es inferior al 50 %. La mayoría de los autores recomiendan que sea de un 30-35 % para toda la jornada laboral.

Originalmente, los niveles aceptables de la carga de trabajo relativa fueron desarrollados para el trabajo muscular dinámico puro, algo que raramente se produce en la vida laboral real. Puede ocurrir que los niveles aceptables de la carga de trabajo relativa no se superen, por ejemplo, en un trabajo de levantamiento de pesos, pero la carga localizada sobre la espalda puede exceder, con mucho, los niveles aceptables. Sin embargo, a pesar de sus limitaciones, el cálculo de la carga de trabajo relativa se ha utilizado frecuentemente para valorar la carga física en distintos trabajos.

Además de las medidas o estimaciones del consumo de oxígeno, hay otros métodos disponibles en el campo de la fisiología que también son útiles para cuantificar la carga física en el trabajo dinámico pesado. Las técnicas de observación pueden aplicarse para calcular el gasto energético (por ejemplo, con la ayuda de la *escala de Edholm*) (Edholm 1966). La *valoración del esfuerzo percibido* (RPE) indica la acumulación subjetiva de la fatiga. Los nuevos equipos portátiles de toma de presión sanguínea permiten realizar un análisis más detallado de las respuestas circulatorias.

Carga de trabajo aceptable en la manipulación manual de materiales

La manipulación manual de materiales contempla tareas como levantar, transportar, empujar o tirar de diversas cargas externas. La mayoría de las investigaciones realizadas en este campo se han centrado en los problemas de la zona lumbar, derivados de las tareas de levantamiento de pesos, especialmente desde el punto de vista biomecánico.

Se recomienda un nivel de carga de trabajo relativa del 21-35 % para las labores de levantamiento de pesos, que es cuando la tarea puede compararse con el consumo máximo de oxígeno obtenido en una prueba de ergociclómetro.

Las recomendaciones basadas en la frecuencia cardíaca pueden ser absolutas o relativas, en función de la frecuencia cardíaca en reposo. Los valores absolutos para hombres y mujeres son 90-112 latidos por minuto durante la manipulación continua de materiales. Estos valores son aproximadamente los mismos que los recomendados para el aumento de la frecuencia cardíaca por encima de los niveles de reposo, es decir de 30 a 35 latidos por minuto. Estas recomendaciones también son aplicables al trabajo muscular dinámico pesado en hombres y mujeres jóvenes y sanos. Sin embargo, como ya se ha dicho antes, los

datos relativos a la frecuencia cardíaca deberían tratarse con cuidado, ya que también están condicionados por otros factores distintos del trabajo muscular.

Las recomendaciones para determinar una carga de trabajo aceptable durante la manipulación manual de materiales, basadas en los análisis biomecánicos, abarcan diversos factores como el peso de la carga, la frecuencia de la manipulación, la altura a la que hay que levantar la carga, la distancia de la carga al cuerpo y las características físicas de la persona.

En un estudio de campo a gran escala (Louhevaara, Hakola y Ollila 1990), se averiguó que los varones sanos podían manejar paquetes postales con pesos comprendidos entre cuatro y cinco kilos, durante una jornada entera, sin mostrar signos de fatiga, ni objetiva ni subjetiva. La mayoría de los movimientos se realizaban por debajo del nivel del hombro, la frecuencia media era inferior a ocho paquetes por minuto y el número total de paquetes no alcanzaba los 1.500 por turno de trabajo. La frecuencia cardíaca media de los trabajadores fue de 101 latidos por minuto y su consumo medio de oxígeno de 1,0 l/min, lo que correspondía al 31 % de la carga de trabajo relativa en relación con el máximo alcanzado en la bicicleta.

La observación de las posturas en el trabajo y el empleo de la fuerza, según el método de OWAS, por ejemplo (Karhu, Kansu y Kuorinka 1977), la valoración del esfuerzo percibido y el registro de la presión sanguínea mediante equipos portátiles son también formas adecuadas de valorar el esfuerzo y la tensión en la manipulación manual de materiales. También puede emplearse la electromiografía para valorar las tensiones locales, por ejemplo, en los músculos del brazo y de la espalda.

Carga de trabajo aceptable para trabajos musculares estáticos

El trabajo muscular estático se requiere principalmente en el mantenimiento de las posturas de trabajo. La duración de la contracción estática depende exponencialmente de la fuerza relativa de la contracción. Esto significa, por ejemplo, que cuando la contracción estática requiere un 20 % de la fuerza máxima de contracción, la duración de la contracción será de cinco a siete minutos, y cuando la fuerza de contracción es del 50 %, el tiempo de duración de la contracción será de aproximadamente un minuto.

Algunos estudios anteriores indicaban que no se produce fatiga cuando la fuerza de contracción se sitúa por debajo del 15 % de la fuerza máxima de contracción. Sin embargo, estudios más recientes han demostrado que la fuerza de contracción aceptable es específica para un músculo o grupo de músculos determinados y equivale a un 2-5 % de la fuerza estática máxima. Los límites de estas fuerzas son, sin embargo, difíciles de utilizar en situaciones prácticas porque requieren un registro electromiográfico.

El médico dispone de pocos métodos de campo para cuantificar la tensión producida por el trabajo estático. Algunos métodos de observación (como el de OWAS) permiten analizar la proporción de las posturas desfavorables, es decir, posturas que se desvían de las posiciones medias normales de las principales articulaciones. La medida de la presión sanguínea y la valoración del esfuerzo percibido pueden resultar útiles, pero la frecuencia cardíaca no es tan determinante.

Carga de trabajo aceptable en el trabajo repetitivo

El trabajo repetitivo realizado con grupos musculares pequeños es similar al trabajo muscular estático, desde el punto de vista de las respuestas circulatorias y metabólicas. Normalmente, en el

trabajo repetitivo, los músculos se contraen más de 30 veces por minuto. Cuando la fuerza relativa de la contracción supera el 10 % de la fuerza máxima, la duración de la contracción y la fuerza muscular empiezan a disminuir. Sin embargo, existe una variación individual muy grande en cuanto al tiempo de duración de la contracción. Por ejemplo, el tiempo de duración varía entre 2 y 50 minutos cuando el músculo se contrae entre 90 y 110 veces/minuto para una fuerza relativa de contracción entre el 10 y el 20 % (Laurig 1974).

Resulta difícil establecer criterios definitivos para el trabajo repetitivo, porque incluso un nivel de trabajo muy ligero como, por ejemplo, el uso del ratón de un ordenador, puede provocar aumentos de la tensión intramuscular, lo que puede conducir a veces a la hinchazón de las fibras musculares, la aparición de dolor y la disminución de la fuerza muscular.

Un trabajo estático y repetitivo de los músculos puede provocar fatiga y reducir la capacidad de trabajo a niveles muy bajos de fuerza relativa. Por lo tanto, la intervención ergonómica deberá tener como objetivo la reducción del número de movimientos repetitivos y de contracciones estáticas tanto como sea posible. Existen muy pocos métodos de estudio de campo para valorar la tensión ocasionada por el trabajo repetitivo.

Prevención de la sobrecarga muscular

Existen relativamente pocas evidencias epidemiológicas que demuestren que la carga muscular es nociva para la salud. Sin embargo, los estudios fisiológicos y ergonómicos sobre el trabajo indican que la sobrecarga muscular se traduce en fatiga (es decir, en una reducción de la capacidad de trabajo) y puede reducir también la productividad y la calidad del trabajo.

La prevención de la sobrecarga muscular puede estar dirigida al contenido del trabajo, al entorno laboral o al trabajador. La carga puede ajustarse mediante medios técnicos centrados en el entorno laboral, en las herramientas o en los métodos de trabajo. La forma más rápida de regular la carga muscular de trabajo es aumentar la flexibilidad del horario de trabajo a nivel individual. Esto supone diseñar un régimen de pausas que tenga en cuenta la carga de trabajo y las necesidades y capacidades de cada individuo.

El trabajo muscular estático y repetitivo debería mantenerse al mínimo. Las fases de trabajo dinámico pesado que se producen de forma ocasional pueden resultar útiles para el mantenimiento de una forma física basada en la resistencia. Probablemente, la actividad física más fácil de incorporar a una jornada laboral es andar a paso ligero o subir escaleras.

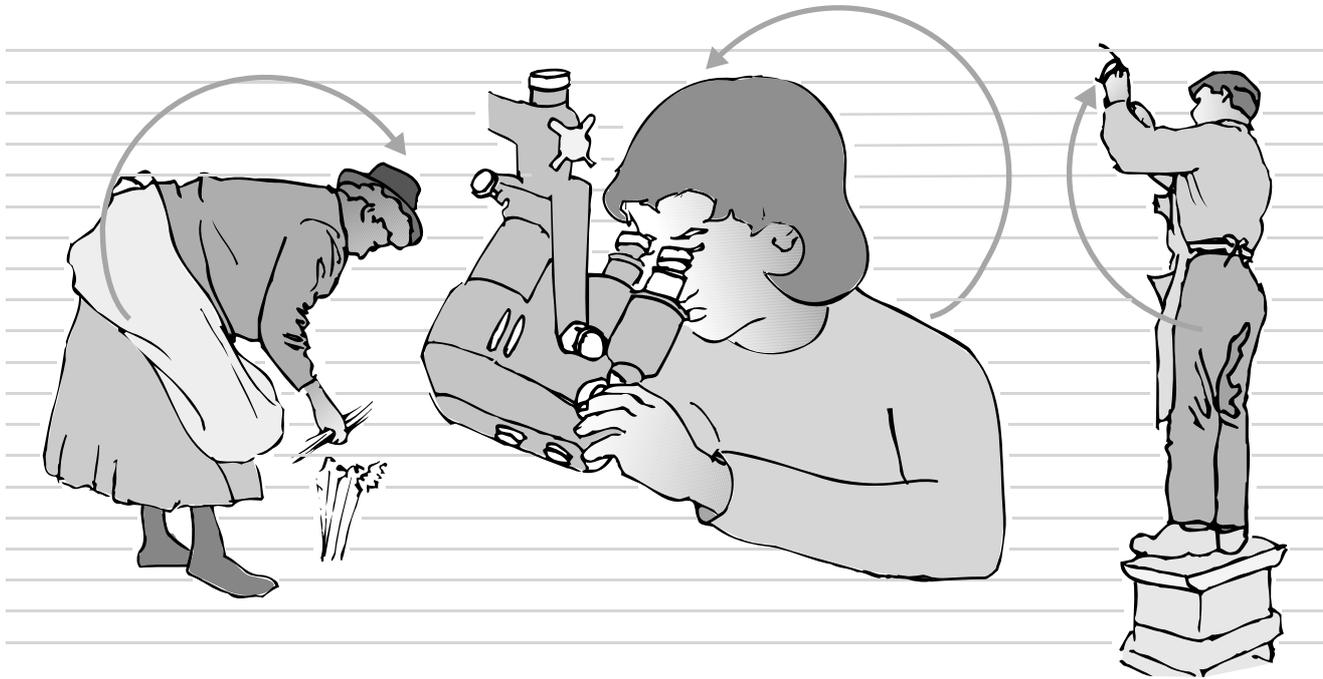
La prevención de la sobrecarga muscular, sobre todo, es difícil cuando la forma física o las habilidades de los trabajadores son deficientes. Un entrenamiento adecuado mejorará las habilidades laborales del trabajador y puede reducir las cargas musculares durante el trabajo. Además, el ejercicio físico regular, realizado durante el ocio o durante el trabajo, aumentará la fuerza muscular y la capacidad cardiorrespiratoria del trabajador.

POSTURA EN EL TRABAJO

Ilkka Kuorinka

La postura que adopta una persona en el trabajo: (la organización del tronco, cabeza y extremidades), puede analizarse y estudiarse desde distintos puntos de vista. La postura pretende facilitar el trabajo, y por ello tiene una finalidad que influye en su naturaleza: su relación temporal y su coste (fisiológico o de otro tipo) para la persona en cuestión. Existe una interacción muy

Figura 29.13 • Las posturas con las manos demasiado elevadas o con la cintura doblada se cuentan entre las formas más comunes de crear una carga "estática".



estrecha entre las capacidades fisiológicas del cuerpo y las características y los requisitos del trabajo.

La carga musculoesquelética es un elemento necesario para las funciones del organismo e indispensable para el bienestar. Desde el punto de vista del diseño del trabajo, la cuestión es encontrar el equilibrio necesario entre la carga necesaria y la carga excesiva.

Las posturas han interesado a médicos e investigadores, por las siguientes razones:

1. La postura es la fuente de la carga musculoesquelética. Excepto cuando estamos relajados, ya sea de pie, sentados o tumbados, los músculos tienen que ejercer fuerzas para equilibrar nuestra postura o controlar los movimientos. En las tareas pesadas típicas, por ejemplo, en la construcción o en el manejo manual de materiales pesados, las fuerzas externas, tanto dinámicas como estáticas, se suman a las fuerzas internas del cuerpo, creando a veces grandes cargas que pueden superar la capacidad de los tejidos. (Véase la Figura 29.13.) Incluso en una postura relajada, cuando el trabajo muscular tiende a cero, los tendones y las articulaciones pueden estar cargados y mostrar signos de fatiga. Un trabajo con una carga aparentemente baja (por ejemplo, el trabajo con un microscopio) puede convertirse en algo tedioso y extenuante cuando se realiza durante un largo período de tiempo.
2. La postura está en estrecha relación con el equilibrio y la estabilidad. De hecho, la postura está controlada por una serie de reflejos nerviosos, en los que la llegada de sensaciones táctiles y visuales procedentes del entorno desempeñan un importante papel. Algunas posturas, como las que se adoptan para alcanzar un objeto distante, son por naturaleza inestables. La pérdida del equilibrio es una causa inmediata común de los accidentes de trabajo. Algunas tareas se ejecutan en un

entorno en el que no siempre puede garantizarse la estabilidad, por ejemplo, en el sector de la construcción.

3. La postura es la base de los movimientos precisos y de la observación visual. Muchas tareas requieren una serie de movimientos finos y hábiles de la mano, y una minuciosa observación del objeto de trabajo. En estos casos, la postura se convierte en la plataforma para estas acciones. La atención se dirige a la tarea, y los elementos posturales están destinados a apoyarla: la postura se vuelve más inmóvil, la carga muscular aumenta y se convierte en más estática. Un grupo de investigadores franceses demostró, en un estudio hoy clásico, que la inmovilidad y la carga musculoesquelética aumentan en función de la tasa de trabajo (Teiger, Laville y Duraffourg 1974).
4. La postura es una fuente de información sobre los acontecimientos que tienen lugar en el trabajo. La observación de la postura puede ser intencionada o inconsciente. Se sabe que los supervisores experimentados así como los trabajadores emplean las observaciones posturales como indicadores del proceso laboral. En ocasiones, la observación de la postura no es un proceso consciente. Por ejemplo, en una torre de perforación petrolífera los trabajadores se valían de determinadas posturas para comunicarse con otros miembros del equipo durante las distintas fases de la tarea. Esto sucede en condiciones en las que no es posible contar con otro medio de comunicación.

Seguridad, salud y posturas de trabajo

Desde el punto de vista de la salud y la seguridad, todos los aspectos posturales descritos anteriormente pueden ser importantes. Sin embargo, las posturas causantes de enfermedades musculoesqueléticas, como las dolencias en la zona lumbar, son las que han atraído más atención. Los problemas musculoesqueléticos

relacionados con el trabajo repetitivo también tienen que ver con las posturas.

El *dolor en la zona lumbar* es un término genérico para varios trastornos en esa zona. El dolor lumbar tiene diversas causas y la postura puede ser una de ellas. Los estudios epidemiológicos realizados han demostrado que un trabajo físicamente pesado provoca dolor lumbar y que la postura es un elemento clave de este proceso. Hay varios mecanismos posibles para explicar por qué ciertas posturas pueden provocar dolor lumbar. Las posturas que obligan a estar inclinado hacia adelante aumentan la carga sobre la espina dorsal y los ligamentos, que son especialmente vulnerables a las cargas cuando están girados. Las cargas externas, sobre todo las dinámicas, como las que originan las sacudidas o los resbalones, pueden aumentar notablemente las cargas en la espalda.

Desde el punto de vista de la seguridad y la salud en el trabajo, es importante identificar las malas posturas y otros elementos de esta índole, como parte del análisis de la seguridad y salud del trabajo en general.

Registro y medición de las posturas de trabajo

Las posturas pueden registrarse y medirse objetivamente mediante la observación visual o con técnicas de medida más o menos sofisticadas. También pueden registrarse utilizando esquemas de autovaloración. La mayoría de los métodos consideran la postura como un elemento dentro de un contexto más amplio, por ejemplo, como parte del contenido del propio trabajo, como sucede en el AET y en los llamados *profils des postes* (perfiles de puestos) de Renault (Landau y Rohmert 1981; RNUR 1976) o bien, como base para cálculos biomecánicos, que también toman en consideración otros aspectos.

A pesar de los avances en la tecnología de la medición, la observación visual sigue siendo el único método viable para el registro sistemático de las posturas en condiciones de campo. Y aunque la precisión de estas mediciones sigue siendo escasa, las observaciones de las posturas pueden ser una rica fuente de información sobre el trabajo en general.

La siguiente lista de métodos y técnicas de medición muestra una serie de ejemplos seleccionados:

1. *Cumplimentación de cuestionarios de autoevaluación y diarios.* Los cuestionarios y diarios de autoevaluación son una forma económica de recopilar información sobre las posturas. Se basan en la percepción del propio sujeto y normalmente se aparta bastante de las posturas "objetivamente" observadas, pero puede, a pesar de todo, proporcionar datos importantes sobre la monotonía del trabajo.
2. *Observación de las posturas.* La observación de las posturas incluye el registro puramente visual de las posturas y sus componentes y los métodos de entrevista que permiten completar la información. Para estos métodos suele existir apoyo informático. Hay muchos métodos disponibles para la observación visual. El método puede consistir simplemente en un catálogo de acciones que incluye las posturas del tronco o las extremidades (por ejemplo, Keyserling 1986; Van der Beek, Van Gaalen y Frings-Dresen 1992). El método OWAS propone un esquema estructurado para la clasificación y la evaluación de las posturas del tronco y los miembros en los estudios de campo, (Karhu, Kansu y Kuorinka 1977). Los métodos de registro y análisis pueden contener esquemas de anotación, algunos de ellos bastante detallados, como sucede con el método del diagrama de la postura de Corlett y Bishop (1976), y pueden proporcionar una valoración de la posición de muchos segmentos anatómicos para cada parte de la tarea (Drury 1987).

3. *Análisis postural asistido por ordenador.* Los ordenadores han ayudado al análisis postural en muchos aspectos. Los ordenadores portátiles y sus programas especiales permiten registrar fácilmente las posturas y analizarlas rápidamente. Persson y Kilbom (1983) desarrollaron el programa VIRA para el estudio de las extremidades superiores; Kerguelen (1986) creó un paquete completo de registro y análisis de las tareas. Kivi y Mattila (1991), diseñaron una versión informatizada del OWAS para el registro y el análisis.

El vídeo es normalmente parte integral de cualquier proceso de registro y análisis. El US National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ha presentado una serie de directrices para utilizar técnicas de vídeo en el análisis de riesgos (NIOSH 1990).

Los programas de ordenador para biomecánica y antropometría son una herramienta especializada que permite analizar determinados elementos posturales en la actividad laboral y en el laboratorio (por ejemplo, Chaffin 1969).

Factores que afectan a las posturas de trabajo

Las posturas que se adoptan en el trabajo tienen un objetivo, una finalidad fuera de sí mismas. Esto ocurre porque las posturas están relacionadas con las condiciones externas de trabajo. El análisis postural que no tiene en cuenta el entorno de trabajo y la tarea en sí, tiene un interés limitado para los ergónomos.

Las características de las dimensiones del lugar de trabajo definen bastante bien las posturas, como en el caso de los trabajos que se realizan sentado, incluso en el caso de las tareas dinámicas, como el manejo de materiales en un lugar pequeño. Las cargas que hay que manejar, el peso y la naturaleza de las herramientas de trabajo, obligan al cuerpo a adoptar una postura determinada. Algunas tareas requieren que el peso del cuerpo se utilice para sostener una herramienta o para aplicar una fuerza sobre el objeto de trabajo como se muestra, por ejemplo, en la Figura 29.14.

Las diferencias individuales, la edad y el sexo influyen en las posturas. En realidad, se ha observado que una postura "típica" u "óptima", por ejemplo en la manipulación manual, es algo que pertenece a la ficción. Para cada individuo y cada situación laboral hay un número de posturas "óptimas" alternativas, desde el punto de vista de diferentes criterios.

Ayudas y soportes para las posturas adoptadas durante el trabajo

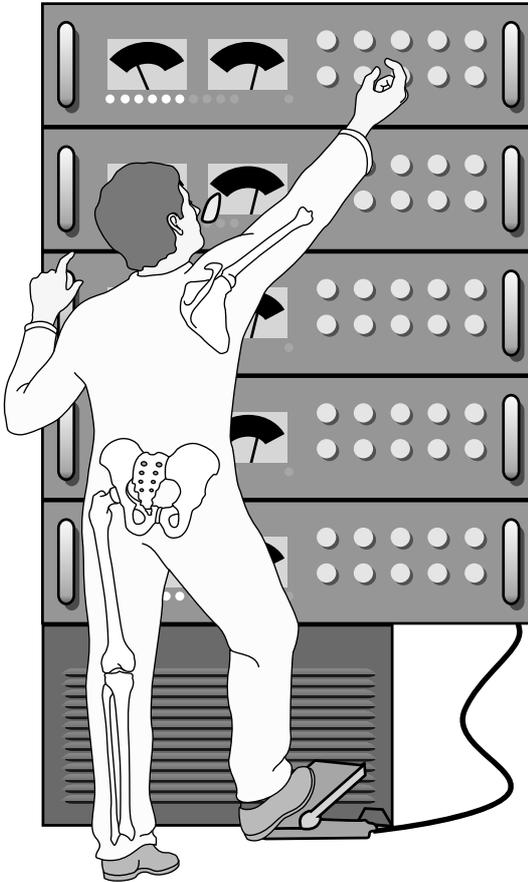
Los cinturones, las fajas lumbares y los aparatos ortopédicos están recomendados en tareas con riesgo de dolencia lumbar o musculoesquelética de los miembros superiores. Se considera que estos elementos sirven de apoyo a los músculos, por ejemplo, para controlar la presión intra-abdominal y los movimientos de la mano. También sirven para limitar el rango de movimiento de los codos, las muñecas y los dedos. No existen pruebas de que el modificar los elementos posturales con estos elementos contribuya a evitar los problemas musculoesqueléticos.

Los soportes posturales en el lugar de trabajo y en la maquinaria, como las asas, las almohadillas para arrodillarse y los apoyos para sentarse pueden resultar útiles a la hora de mitigar el dolor y las cargas posturales.

Normativa sobre salud y seguridad en relación con los elementos posturales

Las posturas o los elementos posturales nunca han estado sujetos a normas por sí mismos. Sin embargo, hay varios documentos que contienen comentarios, que hacen alguna referencia a las posturas o que incluyen la cuestión de las posturas como

Figura 29.14 • Aspectos ergonómicos de la postura de pie.



Cuando las articulaciones se estiran de forma incómoda, la presión puede causar una fatiga considerable. La postura de pie sobre una sola pierna puede producir una sobrecarga sobre la articulación de la cadera equivalente a dos y media veces el peso del cuerpo. Un buen ejemplo de cómo puede ocurrir esto lo encontramos en los casos en que un trabajador debe trabajar de pie, accionando un pedal mal colocado.

elemento integrante en la elaboración de una norma. No se dispone de una relación completa de la normativa existente. A continuación presentamos algunas referencias sólo a modo de ejemplo.

1. La Organización Internacional del Trabajo publicó en 1967 una recomendación sobre las cargas máximas que deben manejarse. Aunque la recomendación no regula los elementos posturales como tales, muestra un interés significativo por la tensión postural. La recomendación está ya desfasada, pero ha servido a un objetivo muy importante al centrar la atención en los problemas relacionados con la manipulación manual de materiales.
2. Las guías del NIOSH sobre levantamiento de pesos (NIOSH 1981) no son propiamente normas, aunque hayan adquirido ese nivel. Las guías se refieren a los límites de peso para cargas, utilizando como base el emplazamiento de la carga, es decir, un elemento postural.
3. En la Organización Internacional de Normalización y en la Comunidad Europea, las normas y las directivas sobre ergonomía existentes incluyen aspectos relacionados con los elementos posturales (CEN 1990 y 1991).

BIOMECANICA

Frank Darby

Objetivos y principios

La biomecánica es una disciplina que se encarga del estudio del cuerpo, como si éste se tratara simplemente de un sistema mecánico: todas las partes del cuerpo se comparan con estructuras mecánicas y se estudian como tales. Se pueden determinar las siguientes analogías:

- Huesos: palancas, elementos estructurales
- Masa muscular: volúmenes y masas
- Articulaciones: cojinetes y superficies articuladas
- Tejidos de recubrimiento de las articulaciones: lubricantes
- Músculos: motores, muelles
- Nervios: mecanismos de control y retroalimentación
- Órganos: suministro de energía
- Tendones: cuerdas
- Tejidos: muelles
- Cavidades corporales: globos.

El objetivo principal de la biomecánica es estudiar la forma en que el organismo ejerce fuerza y genera movimiento. Esta disciplina se basa principalmente en la anatomía, las matemáticas y la física; las disciplinas afines son la antropometría (estudio de las medidas del cuerpo humano), la fisiología del trabajo y la cinemática (el estudio de los principios de la mecánica y la anatomía en relación con el movimiento humano).

Cuando se estudia la salud en el trabajo, la biomecánica ayuda a entender por qué algunas tareas provocan daños o enfermedades. Algunos de los efectos adversos sobre la salud son la tensión muscular, los problemas en las articulaciones o los problemas de espalda y la fatiga.

Las tensiones y contracturas de espalda, así como otros problemas más graves que afectan a los discos intervertebrales, son ejemplos habituales de accidentes de trabajo que pueden evitarse. Estos suelen producirse debido a una sobrecarga repentina, pero también pueden indicar que el cuerpo ha estado aplicando fuerzas excesivas durante muchos años. Los problemas pueden aparecer de forma repentina, o pueden tardar tiempo en manifestarse. Un ejemplo de estos problemas, que tarda algún tiempo en manifestarse es el llamado "dedo de costurera". En un trabajo reciente se describen las manos de una mujer que, tras 28 años de trabajo en una fábrica de prendas de vestir, además de coser en su tiempo libre, desarrolló una piel dura y gruesa que le impedía flexionar los dedos (Poole 1993). Esta mujer presentaba, sobre todo, una flexión anormal del dedo índice derecho, nódulos de Heberden muy prominentes en el índice y en el pulgar de la mano derecha y una callosidad importante en el dedo medio derecho, debida a la fricción constante de las tijeras. Al estudiar sus manos por rayos X, se observaron varios cambios degenerativos en las articulaciones interfalángicas distales de los dedos índice y medio de la mano derecha con pérdida de espacio articular, esclerosis articular (endurecimiento del tejido), osteofitos (protuberancias óseas que crecen en la articulación) y quistes óseos.

Una inspección del lugar de trabajo demostró que estos problemas se debían a la hiperextensión (doblar hacia arriba) repetida de la articulación distal del dedo. La sobrecarga mecánica y la limitación del flujo sanguíneo (apreciable porque el dedo se pone blanco) eran excesivas en estas articulaciones. Dichos problemas se desarrollaron como respuesta a la acción muscular repetida en un lugar distinto del músculo.

La biomecánica contribuye a sugerir diseños de tareas que eviten este tipo de lesiones o bien, a mejorar tareas mal

diseñadas. Las soluciones a estos problemas particulares estarían en un cambio del diseño de las tijeras y en la modificación de las tareas de costura para eliminar la necesidad de las acciones realizadas.

Dos principios importantes de la biomecánica son:

1. *Los músculos funcionan por pares.* Los músculos sólo pueden contraerse, de forma que en cada articulación deberá haber un músculo o grupo muscular que desplace la articulación en una dirección, y un músculo o grupo muscular correspondiente que la desplacen en la dirección opuesta. La Figura 29.15 ilustra lo anterior para la articulación del codo.
2. *Los músculos se contraen más eficazmente cuando el par de músculos está en equilibrio relajado.* El músculo actúa con mayor eficacia cuando se encuentra en el punto medio del recorrido de la articulación que flexiona. Esto sucede por dos motivos: en primer lugar, si el músculo trata de contraerse cuando está acortado, tirará del músculo opuesto que está alargado. Este último, al estar extendido, ejercerá una fuerza elástica contraria que el músculo contraído tendrá que vencer. La Figura 29.16 muestra la forma en que varía la fuerza del músculo en función de su longitud.

En segundo lugar, si el músculo trata de contraerse en otro punto que no sea el punto medio del recorrido del movimiento de la articulación, funcionará en desventaja mecánica. La Figura 29.17 ilustra el cambio de rendimiento mecánico del codo en tres posiciones diferentes.

De estos principios puede concluirse un criterio importante para el diseño del trabajo: el trabajo deberá organizarse de forma que se produzca con los músculos opuestos de cada articulación en equilibrio relajado. En la mayoría de las articulaciones, esto significa que la articulación deberá encontrarse en la zona media de su intervalo de movimiento.

Figura 29.15 • Los músculos esqueléticos trabajan por pares para iniciar o revertir un movimiento.

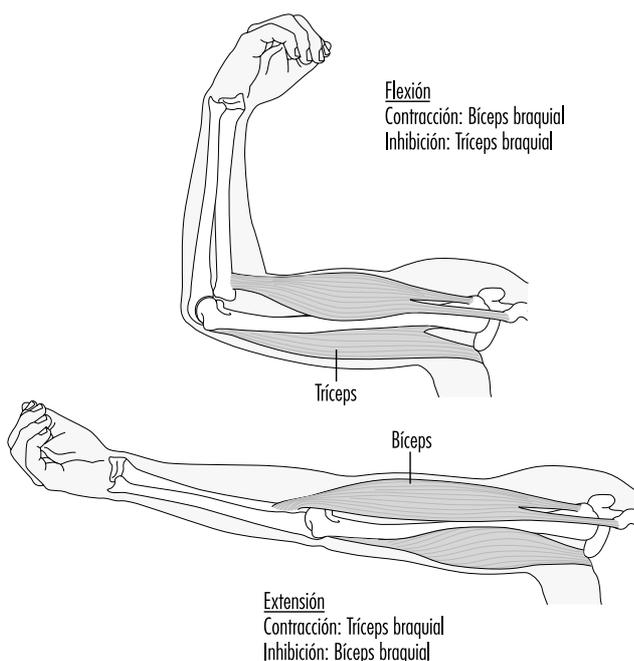
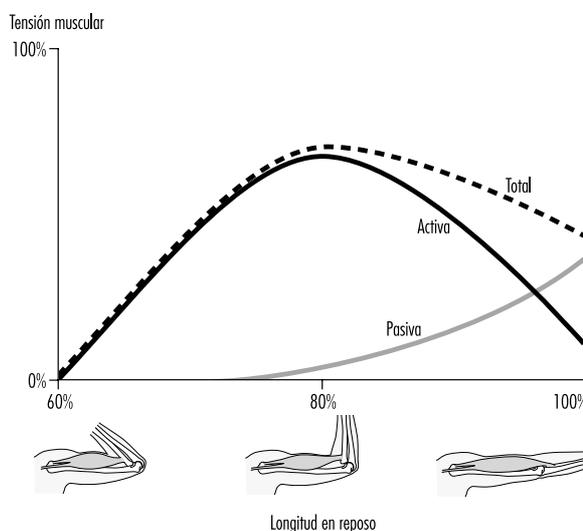
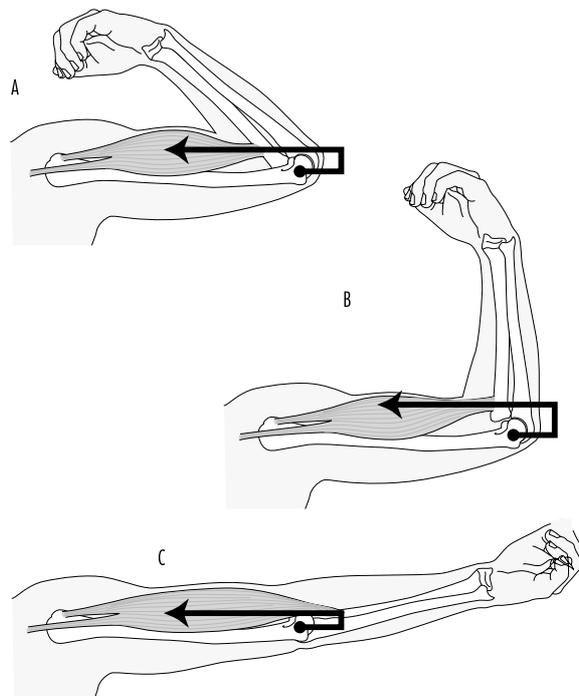


Figura 29.16 • La tensión muscular varía dependiendo de la longitud del músculo.



Esta norma también significa que la tensión muscular será mínima mientras se realiza la tarea. Un ejemplo de infracción de esta regla es el síndrome de uso excesivo (RSI) o lesión por esfuerzo repetitivo, que afecta a los músculos de la parte superior del antebrazo en personas que manejan teclados y que normalmente trabajan con la muñeca flexionada hacia arriba. A menudo, el operador adquiere este hábito por la forma en que está concebido el teclado o el puesto de trabajo.

Figura 29.17 • Posiciones idóneas para el movimiento de las articulaciones.



La ventaja mecánica para el movimiento de una articulación es máxima en el punto medio del movimiento de la articulación. Así, el antebrazo puede moverse con mayor fuerza en la posición B.

Aplicaciones

A continuación se dan algunos ejemplos de la aplicación de la biomecánica.

Diámetro idóneo de los mangos de las herramientas

El diámetro de un mango afecta a la fuerza que los músculos de la mano pueden aplicar a una herramienta. Los estudios han demostrado que el diámetro óptimo de un mango depende del uso que se vaya a dar a la herramienta. Para ejercer una presión a lo largo de la línea del mango, el mejor diámetro será el que permita que los dedos adopten un agarre con una ligera superposición del pulgar, es decir, unos 40 mm. Para ejercer torsión, el diámetro óptimo está entre 50 y 65 mm. Lamentablemente, la mayoría de los mangos tienen diámetros inferiores a los indicados.

Uso de alicates

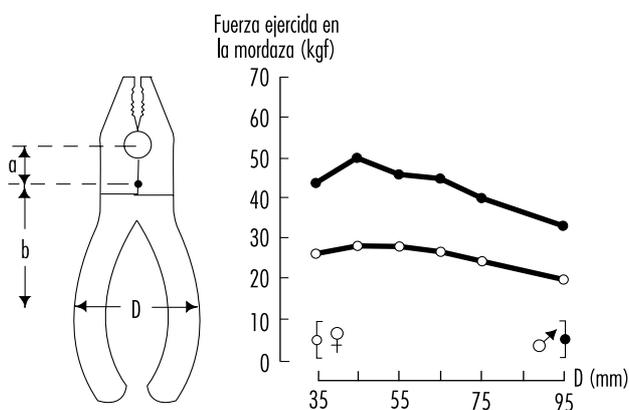
Los alicates tienen un tipo especial de mangos y la capacidad de ejercer una fuerza con unos alicates dependerá de la separación que exista entre ambos mangos, como se indica en la Figura 29.18.

Postura sentada

La electromiografía es una técnica que puede utilizarse para medir la tensión muscular. En un estudio sobre la tensión de los músculos extensores de la espalda en personas que trabajan sentadas, se observó que al inclinarse hacia atrás (con el respaldo reclinado) se reduce la tensión en estos músculos. Este efecto se explica porque el respaldo soporta la mayor parte del peso de la parte superior del cuerpo.

Los estudios de rayos X de individuos en distintas posturas muestran que la posición en equilibrio relajado de los músculos que abren y cierran la articulación de la cadera corresponde a un ángulo de unos 135°. Este ángulo se aproxima bastante al que esta articulación adopta de forma natural (128°) en situaciones de ingravidez (en el espacio). Cuando se está sentado, con la cadera formando un ángulo de 90°, los tendones de las rodillas y la articulación de la cadera tienden a tirar de la zona sacra (la parte de la columna vertebral que conecta con la pelvis) forzándola a adoptar una posición vertical. El efecto que produce es la eliminación de la lordosis (curvatura) natural de la zona lumbar; las sillas deben tener un respaldo adecuado para corregir esta tendencia.

Figura 29.18 • Fuerza de la mordaza de unos alicates ejercida por hombres y mujeres, en función de la distancia de separación del mango.



Fuente: Pheasant 1986.

Atornillar

¿Por qué se insertan los tornillos en el sentido de las agujas del reloj? Esta práctica surgió probablemente de la percepción inconsciente de que los músculos que hacen girar el brazo derecho en el sentido de las agujas del reloj (la mayoría de las personas son diestras) son mayores, y por tanto más fuertes, que los músculos que lo hacen girar en el sentido contrario.

Obsérvese que las personas zurdas están en desventaja, cuando tratan de apretar un tornillo manualmente. Alrededor del nueve por ciento de la población es zurda, por lo que necesita herramientas especiales en algunas situaciones, como sucede con las tijeras y los abrelatas.

Un estudio de las personas que utilizaban destornilladores para una tarea de montaje reveló una relación más sutil entre un movimiento concreto y un problema de salud determinado. Se observó que cuanto más grande era el ángulo del codo (cuanto más recto estaba el brazo), más personas mostraban después una inflamación del mismo. La razón para que esto sucediera es que el músculo que hace girar el antebrazo (el bíceps) también tira de la cabeza del radio (un hueso del antebrazo) hacia el cóndilo humeral (cabeza redondeada) del húmero (hueso de la parte superior del brazo). Al aumentar la fuerza ejercida sobre el codo en un ángulo mayor, aumenta la fuerza de fricción en el codo, con el consiguiente calentamiento de la articulación y la subsiguiente inflamación. Al aumentar el ángulo, el músculo tiene que traccionar con más fuerza para atornillar, de forma que se emplea una fuerza superior a la que habría sido necesaria con el codo en un ángulo de 90°. La solución consiste en acercar más el trabajo a los operarios para reducir el ángulo del codo a unos 90°.

Los casos anteriores demuestran que es necesario un conocimiento adecuado de la anatomía para aplicar la biomecánica en el lugar de trabajo. Los diseñadores de tareas tal vez necesiten consultar a expertos en anatomía funcional para anticiparse a los problemas antes mencionados. La publicación *The Pocket Ergonomist* (Brown y Mitchell 1986), basada en la investigación electromiográfica, sugiere varias formas de reducir la incomodidad física en el trabajo.

Manipulación manual de materiales

El término *manipulación manual* incluye las acciones de levantar, bajar, empujar, tirar, transportar, mover, sostener en vilo y refrenar, y está relacionado con gran parte de las actividades realizadas en la vida laboral.

La biomecánica tiene una importancia directa evidente en la manipulación manual, ya que los músculos deben moverse para realizar las tareas. La cuestión es qué cantidad de trabajo físico puede esperarse, razonablemente, que realice una persona. La respuesta depende de las circunstancias y, en realidad, hay que responder a tres preguntas. La respuesta a cada una de ellas se basa en criterios científicos:

1. ¿Qué cantidades se pueden manipular sin producir daños al organismo (en forma, por ejemplo, de tensión muscular, deterioro de los discos o problemas articulares)? Esto se conoce como el *criterio biomecánico*.
2. ¿Qué cantidades se pueden manejar sin que represente un esfuerzo excesivo para los pulmones (una respiración dificultosa, hasta el extremo del jadeo)? Esto se denomina *criterio fisiológico*.
3. ¿Qué cantidad considera una persona que puede manipular cómodamente? Esto se llama *criterio psicofísico*.

Estos tres criterios son necesarios porque consideran tres reacciones totalmente diferentes que pueden producirse con el levantamiento de pesos. Si el trabajo se desarrolla a lo largo de todo

un día, la preocupación se centrará en cómo *se siente* la persona en relación con ese trabajo, es decir, en el criterio psicofísico. Si la fuerza aplicada es grande, la preocupación fundamental será que los músculos y las articulaciones *no se sobrecarguen* hasta el punto de resultar lesionados (el criterio biomecánico). Por último, si la *tasa de trabajo* es demasiado grande, tal vez exceda el criterio fisiológico o la capacidad aeróbica de la persona.

Hay un gran número de factores que determinan la cantidad de carga ejercida sobre el cuerpo en una tarea de manipulación manual. Sobre todos ellos se pueden aplicar medidas de control.

Posturas y movimientos

Si la tarea requiere que la persona se gire o se estire para alcanzar algo, el riesgo de lesión será mayor. El puesto de trabajo puede rediseñarse para evitar estas acciones. Se producen más lesiones de espalda cuando el levantamiento se hace desde el suelo que cuando se hace desde una altura media; esto indica la necesidad de sencillas medidas de control. Esto también se aplica a las situaciones de levantamientos de pesos hasta una altura elevada.

La carga. La carga en sí también puede influir en la manipulación, debido a su peso y su ubicación. Otros factores, como su forma, su estabilidad, su tamaño y si resbala o no, también pueden incidir en la facilidad o dificultad que presente su manejo.

Organización y entorno. La forma en que está organizado el trabajo, tanto física como temporalmente, también influye en su manejo. Es mejor repartir el trabajo de descarga de un camión entre varias personas, durante una hora, que pedir a un trabajador que lo haga solo y emplee en ello todo el día. El entorno influye sobre la manipulación: la falta de luz, los obstáculos o desniveles en el suelo o una limpieza deficiente pueden hacer que la persona tropiece.

Factores personales. Las habilidades personales para la manipulación de objetos, la edad de la persona y la ropa que lleve puesta, también pueden influir. Es necesaria una formación adecuada para levantar pesos, que proporcione la información necesaria y que dé el tiempo suficiente para desarrollar las habilidades físicas requeridas para la manipulación de objetos. La gente joven corre mayores riesgos; y por otra parte, la gente mayor tiene menos fuerza y menos capacidad fisiológica. Las ropas ajustadas pueden aumentar la fuerza muscular requerida para desempeñar una tarea, ya que la persona tiene que vencer la presión de la ropa. Ejemplos típicos de esta situación son el uniforme de las enfermeras o los monos ajustados para trabajar por encima del nivel de la cabeza.

Límites de peso recomendados

Los puntos mencionados anteriormente indican que es imposible determinar un peso "seguro" en todas las circunstancias. Los límites de peso varían arbitrariamente de un país a otro. A los estibadores indios, por ejemplo, se les "permitió" en una ocasión levantar 110 kg, mientras que a los de la República Democrática Alemana se les "limitó" a 32 kg. Además, los límites de peso siempre han tendido a ser demasiado grandes: los 55 kg sugeridos en muchos países están ahora muy por encima de lo que se considera adecuado según las investigaciones científicas más recientes. El National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) de Estados Unidos estableció 23 kg como límite de carga en 1991 (Waters y cols. 1993).

Cada tarea de levantamiento tiene que ser valorada de acuerdo con sus características. Una forma útil de determinar

un límite de peso para una ejercicio de levantamiento es la fórmula desarrollada por el NIOSH:

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM \times FM$$

Donde:

RWL = límite de peso recomendado para la tarea en cuestión

HM = Factor horizontal - H, distancia horizontal entre el centro de gravedad de la carga y el punto medio entre los tobillos (mínimo 15 cm, máximo 80 cm)

VM = Factor vertical - V, distancia vertical entre el centro de gravedad de la carga y el suelo al inicio del levantamiento (máximo 175 cm)

DM = Factor de desplazamiento - D, desplazamiento vertical de la carga (mínimo 25 cm, máximo 200 cm)

AM = Factor de asimetría - A, ángulo de desviación de la tarea con relación al plano medio sagital

CM = Factor de agarre - C, posibilidad de sujetar bien el bulto que se desea levantar. Se define en tablas de referencia

FM = Factor de frecuencia - F, la frecuencia del levantamiento.

Todas las variables de longitud de la ecuación se expresan en centímetros. El peso máximo recomendado por el NIOSH es 23 kg. Este valor se ha reducido (el anterior era de 40 kg) tras la observación de que en las tareas de levantamiento la distancia media de la carga al cuerpo al inicio del levantamiento es de 25 cm y no de 15 cm, como se suponía en la versión anterior de la ecuación (NIOSH 1981).

Índice de levantamiento. Si se compara el peso que se va a levantar en una tarea determinada con el *RWL*, se puede obtener un índice de levantamiento (*L*) de acuerdo con la relación:

$$L = (\text{peso que se va a manipular}) / RWL$$

Así, una aplicación muy útil de la ecuación del NIOSH es colocar las tareas de levantamiento por orden de gravedad, utilizando el índice de levantamiento para determinar las acciones prioritarias. La fórmula tiene una serie de limitaciones, pero hay que reconocer la importancia que tiene su aplicación. (Véase Waters y cols. 1993).

Cálculo de la compresión discal en la columna vertebral impuesta por la tarea

Existe un programa informático que permite calcular la compresión que una tarea de manipulación manual impone a la columna vertebral. Los programas bi y tridimensionales de predicción de la fuerza estática, elaborados por la Universidad de Michigan ("Backsoft") calculan la compresión vertebral. Los datos que es necesario introducir son:

- la postura en la que se realiza la actividad
- la fuerza ejercida
- la dirección en la que se ejerce la fuerza
- el número de manos que ejercen la fuerza
- el percentil de la población que se está estudiando.

Los programas bi y tridimensionales se diferencian en que el software en 3D permite hacer cálculos aplicables a posturas en tres dimensiones. El programa indica los datos sobre compresión y el porcentaje de la población seleccionada que hubiera sido capaz de realizar una determinada tarea sin sobrepasar los límites para seis articulaciones: tobillo, rodilla, cadera, primer disco lumbar (sacro), hombro y codo. Este método también tiene limitaciones que es necesario comprender perfectamente para poder obtener el máximo rendimiento del programa.

● FATIGA GENERAL

*Étienne Grandjean**

Los conceptos de fatiga y descanso nos resultan familiares por experiencia personal. La palabra "fatiga" se utiliza para indicar diferentes condiciones que causan, todas ellas, una disminución de la resistencia y de la capacidad de trabajo. El uso tan diverso del concepto de fatiga ha dado como resultado una confusión casi caótica, lo que hace necesario aclarar un poco las ideas actuales. Durante mucho tiempo, la fisiología ha distinguido entre la fatiga muscular y la fatiga general. La primera es un fenómeno doloroso agudo localizado en los músculos; la fatiga general, en cambio, se caracteriza por una disminución del deseo de trabajar. Este artículo se refiere únicamente a la fatiga general, también conocida como "fatiga psíquica" o "fatiga nerviosa", y al descanso necesario.

La fatiga general puede deberse a diferentes causas, entre las que destacan las que se muestran en la Figura 29.19. El efecto es como si, a lo largo del día, todas las tensiones experimentadas se acumularan en el organismo, produciendo gradualmente una sensación de fatiga que va en aumento. Esta sensación hace que el individuo deje de trabajar y funciona como un prelude fisiológico del sueño.

La fatiga es una sensación saludable si el individuo puede acostarse y descansar. Sin embargo, si el individuo decide no hacer caso de esta sensación y se fuerza a seguir trabajando, la sensación de fatiga aumentará hasta convertirse en una situación molesta y, a la larga, más fuerte que el individuo. Esta experiencia cotidiana demuestra claramente el significado biológico de la fatiga, que tiene un papel importante en el mantenimiento de la vida, similar al de otras sensaciones como, por ejemplo, la sed, el hambre, el temor, etc.

El descanso se representa en la Figura 29.19 como el proceso de vaciar un barril. El fenómeno de descanso puede darse de forma normal si el organismo permanece tranquilo o si al menos una parte esencial del mismo no está sujeta a estrés. Esto explica lo importante que son los descansos de todo tipo durante la jornada, desde las pausas cortas durante el trabajo hasta el sueño nocturno. El símil del barril muestra lo necesario que es para una vida normal alcanzar un cierto equilibrio entre la carga total soportada por el organismo y la suma de las posibilidades de descanso.

Interpretación neurofisiológica de la fatiga

Los avances de la neurofisiología durante las últimas décadas han contribuido a una mejor comprensión de los fenómenos producidos por la fatiga sobre el sistema nervioso central.

Un fisiólogo, Hess, fue el primero en observar que la estimulación eléctrica de algunas estructuras del diencefalo (concretamente, algunas de las estructuras del núcleo medial del tálamo), producían un efecto inhibitorio gradual que se manifestaba como una disminución de la capacidad de reacción y una tendencia al sueño. Si la estimulación se prolonga durante cierto tiempo, se produce una relajación general seguida por un adormecimiento y, finalmente, el individuo se duerme. Posteriormente, se demostró que, a partir de estas estructuras, la inhibición activa puede extenderse a la corteza cerebral, en la que se localizan todos los fenómenos conscientes. Este hecho se refleja no sólo en el comportamiento, sino también en la actividad eléctrica de la corteza cerebral. Otros experimentos también han conseguido iniciar la inhibición desde otras regiones subcorticales.

* Este artículo está adaptado de la 3ª edición de la *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*.

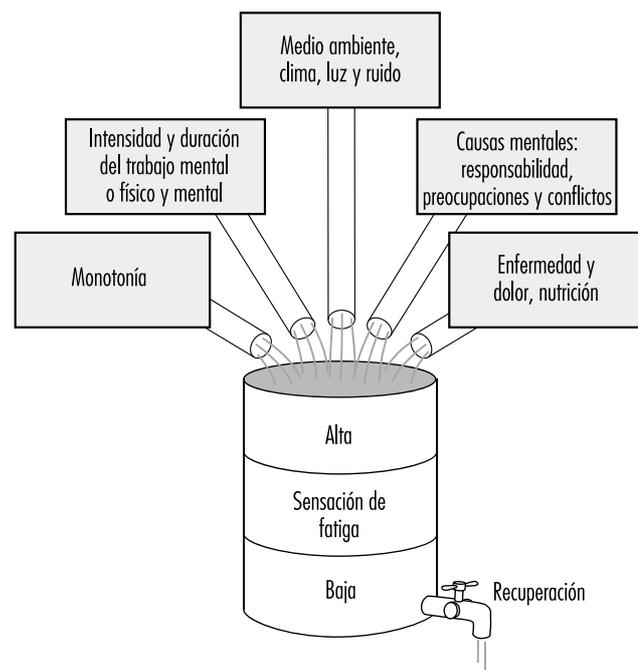
La conclusión que puede obtenerse de estos estudios es que existen estructuras localizadas en el diencefalo y en el mesencefalo que representan un sistema inhibitorio eficaz y que desencadenan la fatiga y todos los fenómenos que la acompañan.

Inhibición y activación

Un gran número de experimentos realizados con animales y humanos han demostrado que la disposición para reaccionar depende no sólo de este sistema de inhibición sino también, fundamentalmente, de un sistema que funciona de manera antagónica, conocido como el sistema reticular ascendente de activación. Se sabe, a partir de los experimentos realizados, que la formación reticular contiene estructuras que controlan el grado de alerta y, como consecuencia, la disposición general para reaccionar. Existen enlaces nerviosos entre estas estructuras y la corteza cerebral a través de las cuales se ejercen influencias activadoras sobre la consciencia. El sistema activador recibe también la estimulación procedente de los órganos sensoriales. Otras conexiones nerviosas transmiten impulsos de la corteza cerebral, el área de percepción y pensamiento, al sistema de activación. De acuerdo con estos conceptos neurofisiológicos, es posible establecer que tanto los estímulos externos como las influencias que se originan en las áreas de consciencia pueden estimular, a través del sistema activador, la disposición a reaccionar.

Además, muchas otras investigaciones también han hecho posible concluir que la estimulación del sistema activador procede con frecuencia de los centros vegetativos, lo que hace que el organismo se oriente hacia un gasto de energía, hacia el trabajo, la lucha, la huida, etc (conversión ergotrópica de los órganos internos). Por el contrario, parece que la estimulación del sistema inhibitorio en el campo de acción del sistema nervioso vegetativo hace que el organismo tienda al descanso, al restablecimiento de sus reservas de energía y a fenómenos de asimilación (conversión trofotrópica).

Figura 29.19 • Representación esquemática del efecto acumulativo de las causas cotidianas de fatiga.



Si se resumen todos estos hallazgos neurofisiológicos, es posible establecer la siguiente teoría de la fatiga: el estado y la sensación de fatiga están condicionados por la reacción funcional de la consciencia en la corteza cerebral que está, a su vez, gobernada por dos sistemas mutuamente antagónicos: el sistema inhibitorio y el sistema activador. Así, la disposición de los humanos al trabajo depende en cada momento del grado de activación de estos dos sistemas: si domina el sistema inhibitorio, el organismo caerá en un estado de fatiga; en cambio, si domina el sistema activador, mostrará una mayor disposición a trabajar.

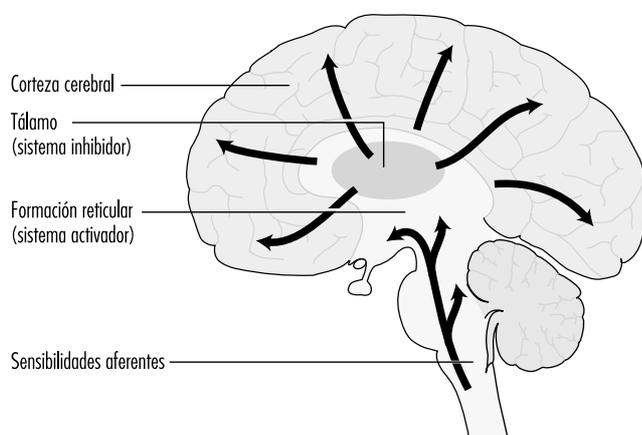
Esta visión psicofisiológica de la fatiga permite entender algunos de sus síntomas, que en ocasiones son difíciles de explicar. Así, por ejemplo, la sensación de fatiga puede desaparecer repentinamente cuando ocurre un suceso externo inesperado o cuando se desarrolla una tensión emocional. Está claro que en estos dos casos se ha estimulado el sistema activador. Por el contrario, si el entorno es monótono o si el trabajo resulta aburrido, el funcionamiento del sistema activador disminuye y el sistema inhibitorio se vuelve dominante. Esto explica por qué la fatiga aparece en situaciones monótonas o sin que el organismo esté sujeto a ninguna carga de trabajo.

La Figura 29.20 muestra de forma esquemática el concepto de los sistemas mutuamente antagónicos de inhibición y activación.

Fatiga clínica

Todo el mundo sabe que la fatiga intensa, excesiva, que se acumula día tras día produce gradualmente un estado de fatiga crónica. En este caso, la sensación de fatiga se intensifica y no sólo se produce por la tarde, después del trabajo, sino también durante el día y, en ocasiones, incluso antes de comenzar a trabajar. Una sensación de malestar, frecuentemente de naturaleza emocional, suele acompañar a este estado. En las personas que padecen de fatiga se observan los siguientes síntomas: mayor emotividad psíquica (comportamiento antisocial, incompatibilidad), tendencia a la depresión (ansiedad sin motivación) y falta de energía con pérdida de iniciativa. Estos efectos psíquicos suelen ir acompañados por un malestar inespecífico y generalmente se manifiestan como síntomas psicósomáticos: dolores de cabeza, vértigo, alteraciones funcionales cardíacas y respiratorias, pérdida de apetito, trastornos digestivos, insomnio, etc.

Figura 29.20 • Representación esquemática del control de la disposición al trabajo a través de los sistemas inhibitorio y activador.



En vista de la tendencia de la fatiga crónica a producir síntomas de enfermedad, es justo que reciba el nombre de fatiga clínica. Existe una tendencia a un mayor absentismo y, en particular, a mayores ausencias durante períodos cortos. Esto parece deberse tanto a la necesidad de descanso como al aumento en la morbilidad. El estado de fatiga crónica ocurre especialmente en personas expuestas a dificultades o conflictos psíquicos. En ocasiones es muy difícil distinguir entre las causas externas e internas. De hecho, es casi imposible distinguir entre causa y efecto en la fatiga clínica: una actitud negativa hacia el trabajo, los superiores o el lugar de trabajo puede ser tanto la causa de la fatiga clínica como su resultado.

Las investigaciones han demostrado que las operadoras de conmutadores y el personal supervisor empleado en los servicios de telecomunicaciones muestra un aumento significativo de los síntomas fisiológicos de fatiga después del trabajo (tiempo de reacción visual, frecuencia crítica de fusión óptica, pruebas de destreza). Las investigaciones médicas muestran que en estos dos grupos de trabajadoras hay un aumento significativo de estados neuróticos, irritabilidad, dificultad para conciliar el sueño y una sensación crónica de lasitud, en comparación con un grupo similar de mujeres empleadas en las áreas técnicas de los sistemas de servicios postales, telefónicos y de telégrafos. La acumulación de síntomas no siempre se debe a una actitud negativa por parte de las mujeres afectadas hacia su trabajo o las condiciones de trabajo.

Medidas preventivas

No existe una panacea para la fatiga, pero puede hacerse mucho para aliviar el problema si se presta atención a las condiciones generales de trabajo y al entorno físico en el lugar de trabajo. Por ejemplo, puede conseguirse mucho con una distribución adecuada de las horas de trabajo, la previsión de períodos de descanso adecuados, servicios de cafetería y salas de descanso. También debe proporcionarse a los trabajadores períodos adecuados de vacaciones pagadas. El estudio ergonómico del lugar de trabajo puede ayudar a reducir la fatiga al garantizar que los asientos, las mesas y los bancos de trabajo tengan las dimensiones adecuadas y que el flujo de trabajo esté correctamente organizado. Además, el control del nivel de ruido, el aire acondicionado, la calefacción, la ventilación y la iluminación pueden tener un efecto beneficioso para retrasar la aparición de la fatiga en los trabajadores.

La monotonía y la tensión también pueden compensarse con el uso controlado del color y la decoración del entorno, intervalos de música y, en ocasiones, descansos para ejercicios físicos en el caso de los trabajadores sedentarios. La formación adecuada de los trabajadores y, en particular, del personal supervisor y directivo también tiene un papel importante.

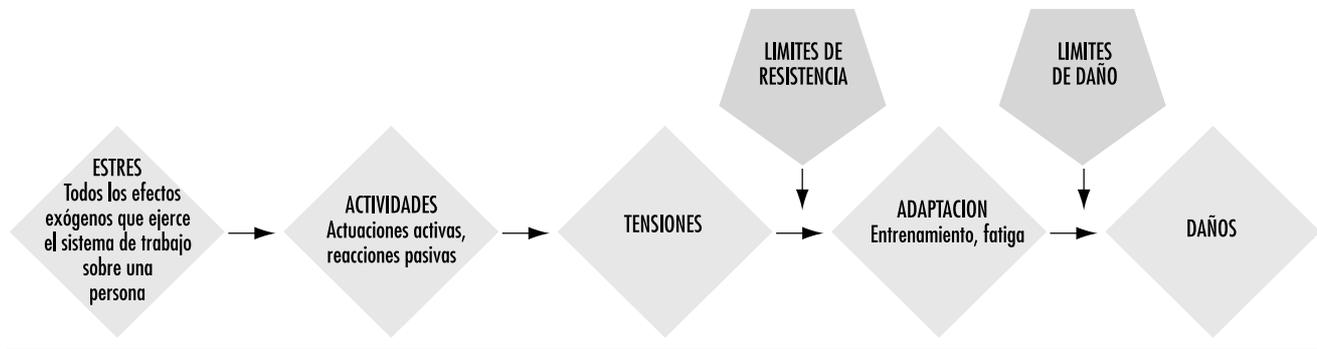
FATIGA Y RECUPERACION

Rolf Helbig y Walter Rohmert

La fatiga y la recuperación son procesos periódicos en todos los organismos vivos. La fatiga puede describirse como un estado que se caracteriza por una sensación de cansancio combinada con una reducción o una variación no deseada en el rendimiento de la actividad (Rohmert 1973).

No todas las funciones del organismo humano se cansan como resultado del uso. Incluso cuando estamos dormidos, por ejemplo, seguimos respirando y nuestro corazón sigue latiendo sin pausa. Obviamente, las funciones básicas de respiración y la

Figura 29.21 • Estrés, tensión y fatiga.



actividad cardíaca son posibles durante toda la vida sin fatiga y sin pausas para la recuperación.

Por otra parte, tras realizar un trabajo pesado durante un tiempo relativamente prolongado, se observa una disminución de la capacidad, que conocemos con el nombre de *fatiga*. Esto no se aplica únicamente a la actividad muscular. Los órganos sensoriales o los centros nerviosos también se fatigan. Sin embargo, el objetivo de todas las células es equilibrar la capacidad perdida por la actividad, un proceso conocido como *recuperación*.

Estrés, tensión, fatiga y recuperación

Los conceptos de fatiga y recuperación en el trabajo humano están estrechamente relacionados con los conceptos ergonómicos de estrés y tensión (Rohmert 1984) (Figura 29.21).

El estrés es la suma de todos los parámetros del sistema de trabajo que influyen sobre los trabajadores y que se perciben o se sienten principalmente a través del sistema receptor o que implican un trabajo del sistema efector. Los parámetros del estrés son el resultado de la tarea del trabajo (trabajo muscular o no muscular: los factores y dimensiones orientados hacia la tarea) y de las condiciones físicas, químicas y sociales bajo las que debe realizarse el trabajo (ruido, clima, iluminación, vibración, turnos de trabajo, etc.: los factores y dimensiones orientados hacia la situación).

La intensidad, dificultad, duración y composición de los factores de estrés, es decir, la distribución simultánea y sucesiva de estos requisitos específicos, producen un estrés combinado en el que todos los efectos exógenos del sistema de trabajo actúan sobre el trabajador. Este estrés combinado puede superarse activamente o soportarse pasivamente, en especial dependiendo del comportamiento del trabajador. El enfoque activo conlleva actividades dirigidas hacia la eficacia del sistema de trabajo, mientras que el enfoque pasivo produce reacciones, voluntarias o involuntarias, que tienen como objetivo principal minimizar el estrés. La relación entre el estrés y la actividad está relacionada de forma decisiva con las características individuales y las necesidades del trabajador. Los principales factores que influyen son aquellos que determinan el rendimiento y están relacionados con la motivación y la concentración, que a su vez están relacionados con la disposición, que depende de las habilidades y aptitudes del trabajador.

El estrés relacionado con el comportamiento, que se manifiesta en ciertas actividades, produce distintas tensiones individualmente. Estas tensiones pueden manifestarse como una reacción de los indicadores fisiológicos o bioquímicos (por ejemplo, como un aumento de la frecuencia cardíaca) o pueden ser perceptibles. Así, es posible clasificar las tensiones mediante una "escala psicofísica" que calcula la tensión tal como la

percibe el trabajador. En un enfoque conductual, la existencia de tensiones también puede derivarse del análisis de una actividad. La intensidad con la que reaccionan los indicadores de la tensión (fisiológico-bioquímicos, conductuales o psicofísicos) depende tanto de la intensidad, duración y combinación de los factores de estrés como de las características individuales, la habilidad, las aptitudes y las necesidades del trabajador.

Aunque exista un nivel de estrés constante, los indicadores que se derivan de los campos de actividad, rendimiento y tensión pueden variar a lo largo del tiempo (efecto temporal). Estas variaciones temporales deben interpretarse como procesos de adaptación por parte de los sistemas orgánicos. Los efectos positivos producen una disminución de la tensión, mejorando la actividad o el rendimiento (por ejemplo, a través del entrenamiento). En el caso negativo, sin embargo, producen un aumento de la tensión, una disminución de la actividad o el rendimiento (por ejemplo, fatiga o monotonía).

Los efectos positivos pueden actuar si se mejoran las habilidades y aptitudes disponibles en el propio proceso de trabajo, por ejemplo, cuando se supera ligeramente el umbral de la estimulación de entrenamiento. En cambio, es probable que aparezcan efectos negativos si se superan los llamados límites de resistencia (Rohmert 1984) en el curso del proceso del trabajo. Esta fatiga reduce las funciones fisiológicas y psicológicas y esto puede compensarse a través de la recuperación.

Para restaurar los niveles de rendimiento originales, es necesario permitir períodos de descanso o al menos, períodos de menor estrés (Luczak 1993).

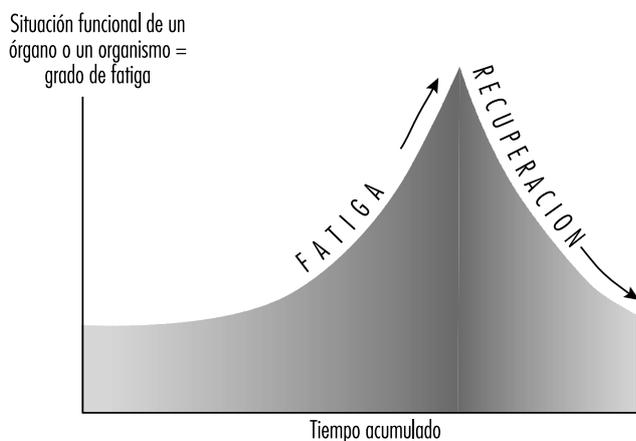
Cuando el proceso de adaptación tiene lugar más allá de los umbrales definidos, el sistema orgánico utilizado puede sufrir daños hasta el punto de ocasionar una pérdida parcial o total de su función. La disminución irreversible de las funciones puede ocurrir cuando el estrés es demasiado elevado (daño agudo) o cuando la recuperación es imposible durante un período prolongado (daño crónico). Un ejemplo típico de este tipo de daño es la pérdida de audición producida por el ruido.

Modelos de fatiga

La fatiga puede ser de muchos tipos, dependiendo de la forma y la combinación de las tensiones y aún no se ha podido establecer una definición general para la fatiga. En general, los procesos biológicos de la fatiga no pueden medirse de forma directa, por lo que las definiciones se basan principalmente en los síntomas de la fatiga. Estos síntomas pueden dividirse, por ejemplo, en las siguientes tres categorías:

1. *Síntomas fisiológicos*: la fatiga se interpreta como una disminución de la función de los órganos o del organismo completo. Pueden producirse reacciones fisiológicas, como el aumento

Figura 29.22 • Tendencia principal de la fatiga y la recuperación.



de la frecuencia cardíaca o de la actividad eléctrica muscular (Laurig 1970).

2. *Síntoma conductuales*: la fatiga se interpreta principalmente como una disminución de los parámetros del rendimiento. Entre los ejemplos está el aumento en el número de errores cuando se realizan ciertas tareas o un aumento en la variabilidad del rendimiento.
3. *Síntomas psicofísicos*: la fatiga se interpreta como un aumento en la sensación de agotamiento y un deterioro sensorial, dependiendo de la intensidad, la duración y la composición de los factores de estrés.

En el proceso de la fatiga pueden aparecer los tres tipos de síntomas, pero en distintos momentos.

Las reacciones fisiológicas en los sistemas orgánicos, en especial las que están involucradas en el trabajo, pueden ser las primeras en aparecer. Posteriormente, puede aparecer la sensación de esfuerzo. Los cambios en el rendimiento se manifiestan generalmente como una disminución en la regularidad del trabajo o como un aumento en la cantidad de errores, aunque es posible que el rendimiento medio aún no se vea afectado. Por el contrario, con la motivación adecuada, el trabajador puede incluso intentar mantener el rendimiento a través de la fuerza de voluntad. El siguiente paso puede ser una clara disminución del

Figura 29.23 • Estrés en función del tiempo.

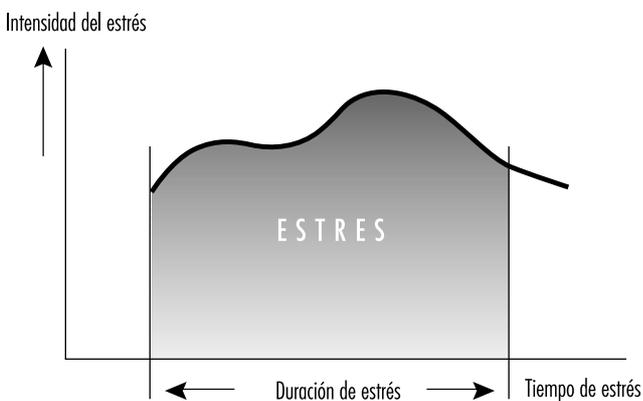


Tabla 29.2 • Fatiga y recuperación en función de los niveles de actividad.

Nivel de actividad	Período	Fatiga por	Recuperación por
Vida laboral	Décadas	Esfuerzo excesivo durante décadas	Jubilación
Fases de vida laboral	Años	Esfuerzo excesivo durante años	Vacaciones
Secuencias de turnos de trabajo	Meses o semanas	Régimen de turnos desfavorable	Fin de semana, días libres
Un turno de trabajo	Un día	Estrés superior al límite de resistencia	Tiempo libre, periodos de descanso
Tareas	Horas	Estrés superior al límite de resistencia	Periodo de descanso
Parte de una tarea	Minutos	Estrés superior al límite de resistencia	Cambio de factores de estrés

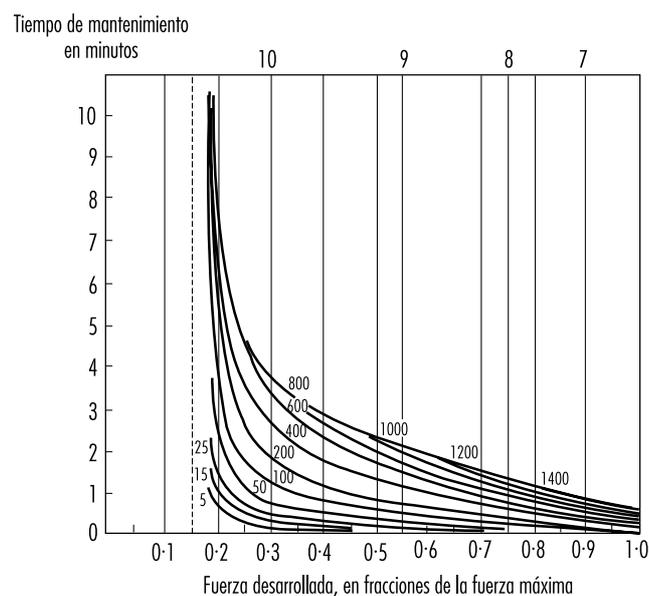
rendimiento que termina con una caída brusca del mismo. Los síntomas fisiológicos pueden producir una crisis en el organismo, cambios en la estructura de la personalidad y agotamiento. El proceso de fatiga se explica en la teoría de la desestabilización sucesiva (Luczak 1983).

La tendencia principal de la fatiga y la recuperación se muestra en la Figura 29.22.

Pronóstico de la fatiga y la recuperación

En el campo de la ergonomía, existe un interés especial por predecir la fatiga en función de la intensidad, la duración y la composición de los factores de estrés y por determinar el tiempo necesario para la recuperación. La Tabla 29.2 muestra estos

Figura 29.24 • Porcentaje de periodos de descanso para diversas combinaciones de fuerzas mantenidas y tiempo.



distintos niveles de actividad y períodos de consideración, las posibles causas de la fatiga y las distintas posibilidades de recuperación.

En el análisis ergonómico del estrés y la fatiga para determinar el tiempo de recuperación necesario, lo más importante es considerar un período de un día laborable. Los métodos de estos análisis comienzan por determinar los distintos factores de estrés en función del tiempo (Laurig 1992) (Figura 29.23).

Los factores de estrés se determinan a partir del contenido específico del trabajo y de las condiciones laborales. El contenido del trabajo puede ser la producción de fuerza (por ejemplo, durante la manipulación de cargas), la coordinación de las funciones motoras y sensoriales (por ejemplo, durante el montaje o el uso de una grúa), la conversión de información en reacción (por ejemplo, en tareas de control), la transformación de información entrante en saliente (por ejemplo, al programar o traducir) y la producción de información (por ejemplo, al diseñar o resolver problemas). Las condiciones de trabajo pueden tener aspectos físicos (ruido, vibración, calor), químicos (agentes químicos) y sociales (por ejemplo, compañeros, turnos de trabajo).

En el caso más sencillo, existe un sólo factor de estrés importante, y los otros pueden considerarse irrelevantes. En estos casos, especialmente cuando los factores de estrés derivan del trabajo muscular, con frecuencia es posible calcular los períodos de descanso necesarios, puesto que se conocen los conceptos básicos.

Por ejemplo, el período de descanso suficiente en un trabajo muscular estático dependerá de la fuerza y de la duración de la contracción muscular como una función exponencial relacionada por un producto de acuerdo con la fórmula:

$$P.D. = 18 \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^{1,4} \cdot \left(\frac{f}{F} - 0,15\right)^{0,5} \cdot 100 \text{ si } \frac{f}{F} > 0,15$$

donde

P.D. = Período de descanso como porcentaje de t

t = duración de la contracción (período de trabajo) en minutos

T = duración máxima posible de la contracción en minutos

f = fuerza necesaria para la fuerza estática y

F = fuerza máxima

La relación entre la fuerza, el tiempo de mantenimiento y el período de descanso se muestra en la Figura 29.24.

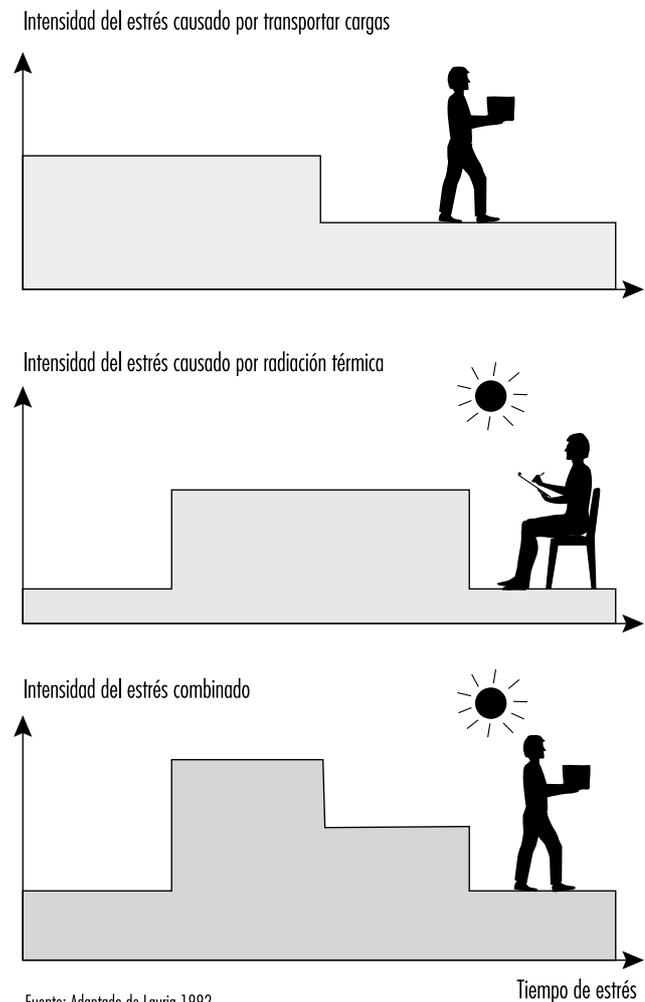
Existen leyes similares para el trabajo muscular dinámico pesado (Rohmert 1962), el trabajo muscular activo ligero (Laurig 1974) o un trabajo muscular industrial distinto (Schmidtke 1971). Es más difícil encontrar leyes similares para el trabajo no físico, por ejemplo, para el trabajo con ordenadores (Schmidtke 1965). Para una revisión de los métodos existentes para determinar los permisos de descanso, principalmente para el trabajo muscular aislado y para el trabajo no muscular, pueden consultarse los trabajos de Laurig (1981) y Luczak (1982).

Las situaciones en las que se combinan distintos factores de estrés y afectan simultáneamente al trabajador, como se muestra en la Figura 29.25, son bastante más complicadas (Laurig 1992).

La combinación de dos factores de estrés, por ejemplo, puede producir distintas reacciones de tensión dependiendo de las leyes de combinación. El efecto combinado de distintos factores de estrés puede ser indiferente, compensador o acumulativo.

En el caso de las leyes de la combinación indiferente, los distintos factores de estrés tienen un efecto sobre distintos subsistemas del organismo. Cada uno de estos subsistemas puede compensar la tensión sin que ésta alimente un subsistema común. La tensión total depende del factor de estrés más

Figura 29.25 • Combinación de dos factores de estrés.



Fuente: Adaptado de Laurig 1992.

elevado y, por lo tanto, no es necesario aplicar las leyes de superposición.

El efecto compensador se da cuando la combinación de distintos factores de estrés produce una tensión menor que cada uno de los factores de estrés por separado. La combinación de trabajo muscular y bajas temperaturas puede reducir la tensión total, ya que las bajas temperaturas contribuyen a que el organismo disipe el calor producido por el trabajo muscular.

El efecto acumulativo se produce por la superposición de varios factores de estrés, es decir, que deben pasar a través de

Tabla 29.3 • Reglas del efecto de combinación de dos factores de estrés sobre la tensión.

	Frio	Vibración	Iluminación	Ruido
Trabajo dinámico pesado	-	+	0	0
Trabajo muscular activo ligero	+	+	0	0
Trabajo muscular estático	+	+	0	0

0 efecto indiferente; + efecto acumulativo; - efecto compensador.

Fuente: Adaptado de Bruder 1993.

una especie de "cuello de botella" fisiológico. Un ejemplo podría ser la combinación de trabajo muscular y estrés por calor. Ambos factores de estrés afectan al sistema circulatorio como si se tratara de un cuello de botella común, produciéndose una tensión acumulada.

Los posibles efectos de combinación entre el trabajo muscular y las condiciones físicas se describen en Bruder (1993) (véase la Tabla 29.3).

En el caso de la combinación de más de dos factores de estrés, que es la situación normal en la práctica, existen muy pocos datos científicos. Lo mismo sucede con la combinación sucesiva de los factores de estrés, es decir, el efecto sobre la tensión de distintos factores de estrés que afectan sucesivamente al trabajador. Para estos casos, en la práctica, el tiempo necesario de recuperación se determina midiendo parámetros fisiológicos o psicológicos y utilizándolos como valores de integración.

ASPECTOS PSICOLÓGICOS

● CARGA MENTAL DE TRABAJO

Winfried Hacker

Carga mental frente a carga física

El concepto de carga mental de trabajo (CMT) está adquiriendo cada vez más importancia ya que las tecnologías modernas, semi-automáticas e informáticas pueden imponer mayores exigencias en cuanto a las capacidades humanas mentales o de procesamiento de la información, tanto en las tareas administrativas como de fabricación. De este modo, especialmente en el campo de análisis del trabajo, evaluación de los requisitos para un puesto determinado y diseño del puesto, el concepto de "carga mental de trabajo", ha adquirido incluso más importancia que el de la carga física de trabajo tradicional.

Definiciones de la carga mental de trabajo

No existe una definición universal de carga mental de trabajo. La razón principal es que hay al menos dos definiciones y enfoques que cuentan con una base teórica sólida: (1) la CMT se considera, en términos de las exigencias de la tarea, como una variable independiente externa a la que los trabajadores tienen que enfrentarse de manera más o menos eficaz, y (2) la CMT se define en términos de interacción entre las exigencias de la tarea y las capacidades o recursos de la persona (Hancock y Chignell 1986; Welford 1986; Wieland-Eckelmann 1992).

Aunque surgen de contextos diferentes, ambos enfoques son necesarios y ayudan a entender distintos problemas de forma bien fundamentada.

El enfoque de la *interacción exigencias-recursos* se desarrolló dentro del contexto de las teorías de adaptación o no adaptación entre personalidad y entorno, que tratan de explicar las reacciones que distinguen a unos individuos de otros ante condiciones y exigencias idénticas en el plano físico y psicosocial. Así, este enfoque puede explicar las diferencias individuales en los patrones de reacciones subjetivas ante determinadas exigencias y condiciones de carga, por ejemplo, en términos de fatiga, monotona, aversión afectiva, agotamiento o enfermedad (Gopher y Donchin 1986; Hancock y Meshkati 1988).

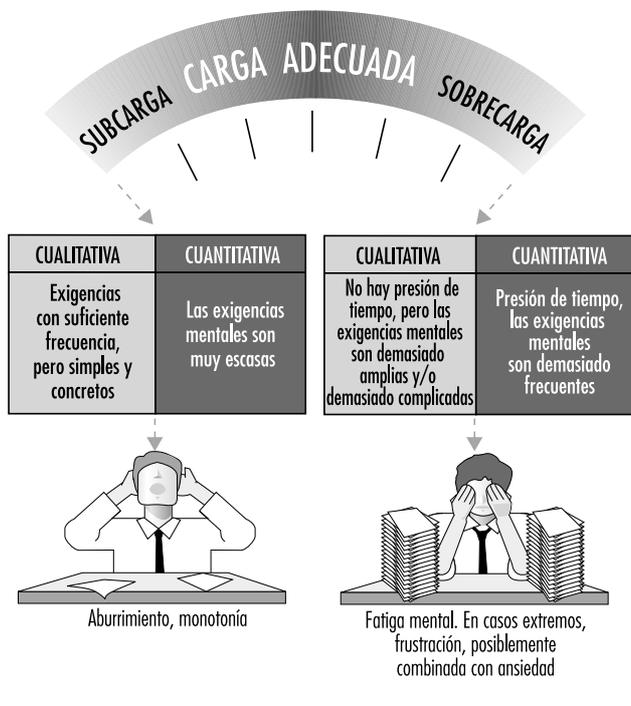
El enfoque relacionado con las *exigencias de la tarea* se desarrolló en el seno de aquellas ramas de la psicología laboral y la ergonomía que están más vinculados con el diseño de tareas, especialmente en lo que respecta al diseño de tareas nuevas y futuras, aún desconocidas: el denominado *diseño prospectivo de tareas*. El concepto básico es el de estrés-tensión. Los requisitos de la tarea constituyen el estrés y los trabajadores tratan de adaptarse o de enfrentarse a las exigencias impuestas de la misma forma que lo harían con otras formas de estrés (Hancock y Chignell 1986). El enfoque relacionado con las exigencias de la tarea intenta responder a la pregunta: ¿cómo diseñar una tarea para reducir

en lo posible el impacto posterior, por lo general, aún desconocido, que tendrá sobre los trabajadores que vayan a desempeñarla?

Existen algunas características comunes en ambas conceptualizaciones de la CMT.

1. La CMT describe, sobre todo, los aspectos conocidos de la tarea, es decir, los requisitos y exigencias que las tareas imponen a los trabajadores, que podrían utilizarse para predecir el resultado de la misma.
2. Los aspectos mentales de CMT se conceptualizan en términos del procesamiento de la información. El procesamiento de la información incluye aspectos cognitivos, volitivos o de motivación, y emocionales, ya que las personas siempre evalúan las exigencias que tienen que cumplir y autorregulan su esfuerzo para llevarlas a cabo.
3. El procesamiento de la información integra los procesos mentales, las representaciones (como el conocimiento o el modelo mental de una máquina) y los estados mentales (por ejemplo, estados de consciencia, grados de activación y, de manera menos formal, el estado de ánimo).
4. La CMT es una característica multidimensional de los requisitos de la tarea, ya que toda tarea se distingue por un par de aspectos relacionados entre sí, pero independientes, que deben considerarse por separado en el diseño de la misma.
5. La CMT tendrá un impacto multidimensional que determinará, al menos, (a) el comportamiento, por ejemplo, las estrategias y el rendimiento obtenido, (b) el bienestar subjetivo y percibido a corto plazo, con las consecuencias que tendrá para la salud a largo plazo y (c) los procesos psico-fisiológicos, por ejemplo, la alteración de la presión sanguínea en el trabajo, que pueden convertirse a largo plazo en un efecto positivo (facilitando, por ejemplo, la mejora de las aptitudes) o negativo (discapacidades o enfermedades).
6. Desde el punto de vista del diseño de tareas, la CMT no debe minimizarse, como sería necesario en el caso de contaminación del aire por cancerígenos, sino que debe ofrecer un equilibrio. Son necesarias ciertas exigencias mentales para mantener el bienestar, la salud y la cualificación, ya que dichas exigencias proporcionan los estímulos necesarios para la activación, las condiciones para mantenerse en forma y las opciones de aprendizaje/entrenamiento. Una carencia de exigencias puede conducir a la "desactivación", a la pérdida de la forma física, a la discapacidad y al deterioro de la llamada motivación intrínseca (dependiente del contenido de la tarea). Los descubrimientos en este terreno conducen a la técnica del diseño de tareas que fomenten la personalidad y la salud (Hacker 1986).
7. En cualquier caso, la CMT debe considerarse al realizar un análisis de tareas, en la evaluación de las exigencias de las tareas y en el diseño prospectivo y correctivo de tareas.

Figura 29.26 • Tipos y consecuencias de las relaciones exigencias-recursos.



Enfoques teóricos: enfoque exigencias-recursos

Desde el punto de vista de la adaptación persona-entorno, la CMT y sus consecuencias pueden clasificarse de forma general en tres categorías, como muestra la Figura 29.26: subcarga, carga adecuada y sobrecarga. Esta clasificación es el resultado de las relaciones entre las exigencias de la tarea y los recursos o las capacidades mentales. Los requisitos de una tarea pueden superar, coincidir o ser inferiores a los recursos. Ambos tipos de inadaptación pueden ser el resultado de modalidades cualitativas o cuantitativas de inadaptación y tendrán consecuencias cualitativamente distintas, pero siempre negativas (ver Figura 29.26).

Algunas teorías intentan definir la carga mental a partir de los recursos o capacidades junto a las exigencias, es decir, la relación entre los recursos. Estas teorías del recurso podrían subdividirse en la teoría del volumen de recursos y la teoría de distribución de recursos (Wieland-Eckelmann 1992). La cantidad de recursos disponibles puede proceder de una sola fuente (teoría del recurso *única*) que determina el procesamiento. La disponibilidad de este recurso varía en función del estado de alerta (Kahneman 1973). Las teorías modernas de los recursos *múltiples* suponen un conjunto de recursos de procesamiento relativamente independientes entre sí. Así, el rendimiento dependerá de si se está utilizando el mismo recurso o varios diferentes de forma simultánea y conjunta. Los recursos diferentes son, por ejemplo, los de codificación, procesamiento o respuesta (Gopher y Donchin 1986; Welford 1986). El problema más importante con este tipo de teorías surge al intentar identificar de manera fiable una o varias capacidades bien delimitadas para operaciones de procesamiento cualitativamente distintas.

Las teorías de distribución de los recursos suponen un cambio cualitativo del procesamiento en función de diversas estrategias. Dependiendo de las estrategias, pueden aplicarse distintos procesamientos y representaciones mentales para la realización

de una tarea. Por tanto, lo que interesa no será el volumen de recursos estables, sino la flexibilidad de las estrategias. De nuevo, sin embargo, quedan por responder preguntas de gran importancia, especialmente las relacionadas con los sistemas de diagnóstico de las estrategias.

Valoración de la CMT: según el enfoque de exigencias-recursos

Actualmente, no es posible medir con exactitud la CMT, ya que no existen unidades de medida definidas. Pero para estar seguros, la conceptualización y los instrumentos de valoración deben ajustarse a los criterios generales de diagnóstico, que son la objetividad, la fiabilidad, la validez y la utilidad. Sin embargo, se sabe muy poco de la calidad general de las técnicas o instrumentos propuestos.

Hay una serie de razones que explican las dificultades para valorar la CMT en función del enfoque exigencias-recursos (O'Donnell y Eggemeier 1986). Todo intento de valoración de la CMT tiene que dar respuesta a preguntas como las siguientes: ¿tiene la tarea un fin en sí misma? ¿Persigue unos objetivos auto-determinados? ¿O está dirigida a un objetivo impuesto por un mandato externo? ¿Qué tipo de capacidades (procesamiento mental consciente, aplicación de conocimientos, etc.) son necesarias? ¿Se utilizan simultáneamente o de forma secuencial? ¿Existen diferentes estrategias y, si es así, cuáles son? ¿Qué recursos necesitará el trabajador para afrontar la situación?

Los enfoques más estudiados tratan de valorar la CMT en términos de:

1. esfuerzo necesario (*valoración del esfuerzo*): este enfoque aplica, en algunas versiones psicofisiológicamente validados procedimientos de escalas, como los sugeridos por Bartenwerfer (1970) o Eilers, Nachreiner y Hänicke (1986), o
2. capacidad mental ocupada o residual (*valoración de la capacidad mental*) estos enfoques aplican las tradicionales *técnicas de la doble tarea* como, por ejemplo, las estudiadas por O'Donnell y Eggemeier (1986).

Ambos enfoques dependen en gran medida de los supuestos de las teorías del recurso único y, en consecuencia, tendrán que hacer frente a las preguntas formuladas anteriormente.

Valoración del esfuerzo. Las técnicas de valoración del esfuerzo como, por ejemplo, el procedimiento de escalas aplicado a una correlación percibida de la *activación central general*, desarrollado y validado por Bartenwerfer (1970), ofrece unas escalas verbales que pueden completarse con otras gráficas y valoran la parte que varía de forma unidimensional en el esfuerzo requerido percibido durante el cumplimiento de una tarea. Se pide a los sujetos que describan el esfuerzo percibido siguiendo los pasos de la escala que se les muestra.

Esta técnica cumple los criterios de calidad mencionados anteriormente. Entre sus limitaciones cabe destacar la unidimensionalidad de la escala, que cubre una parte esencial pero cuestionable del esfuerzo percibido; la posibilidad, limitada o inexistente, de predecir el resultado de la tarea personal percibida, por ejemplo, en términos de fatiga, aburrimiento o ansiedad; y especialmente, el carácter formal o excesivamente abstracto del esfuerzo, que identificará y explicará muy poco los aspectos de la CMT que dependen del contexto, por ejemplo, las posibles aplicaciones útiles de la capacitación o las opciones de aprendizaje.

Valoración de la capacidad mental. La valoración de la capacidad mental consiste en la técnica de la doble tarea y en un procedimiento de interpretación de los datos relacionados con ella que se denomina *característica del rendimiento operativo* (CRO). Las técnicas de la doble tarea abarcan varios procedimientos. Su característica común es que se pide a los participantes que

realicen simultáneamente dos tareas. La hipótesis fundamental es que, en una situación de doble tarea, cuanto menos se detiore la tarea adicional o secundaria en comparación con la situación de tarea única, menores serán las exigencias de capacidad mental de la tarea primaria, y viceversa. El enfoque se ha ampliado en la actualidad y se están investigando distintas versiones de interferencias en condiciones de doble tarea. Por ejemplo: se indica a los sujetos que realicen dos tareas simultáneamente con variaciones de prioridad de las tareas. La curva de CRO muestra gráficamente los efectos de las posibles combinaciones de doble tarea que surgen al compartir recursos limitados para la realización simultánea de varias tareas.

Las críticas a este enfoque se centran principalmente en que cada tarea requerirá una cierta proporción de la capacidad consciente de procesamiento limitada y estable (frente a otra inconsciente, automatizada, implícita o tácita), en la hipotética relación aditiva para la que se requieren los dos tipos de capacidad, y en que es un enfoque limitado que sólo considera los datos sobre el rendimiento, lo que puede dar lugar a confusión por varias razones. En primer lugar, existen diferencias sustanciales entre la sensibilidad de los datos de rendimiento y los datos subjetivamente percibidos. La carga percibida parece estar determinada, sobre todo, por la cantidad de recursos necesarios, normalmente operacionalizados en términos de memoria de trabajo, mientras que las medidas del rendimiento parecen estar determinadas, sobre todo, por la eficacia del reparto de recursos, dependiendo de la distribución de las estrategias (esta es la *teoría de la disociación*; véase Wickens y Yeh 1983). Por otra parte, las diferencias individuales de capacidad de procesamiento de la información y las características de personalidad pueden influir de forma importante sobre los indicadores de CMT, dentro de las áreas subjetiva (percibida), de rendimiento y psicofisiológica.

Enfoques teóricos: enfoque de exigencias de la tarea

Como ya se ha visto, las exigencias de las tareas son multidimensionales, por lo que no se pueden describir completamente en una sola dimensión, sea ésta el esfuerzo percibido o la capacidad residual mental consciente. Una descripción más profunda podría ser la de un perfil, en la que se aplica un patrón de las dimensiones de las características de la tarea seleccionado de forma teórica. El tema central será por tanto la conceptualización de la "tarea", especialmente en términos de contenido, y de "cumplimiento de la tarea", sobre todo en lo relacionado con la estructura y las fases de las acciones destinadas a la consecución de un objetivo. El papel que desempeña la tarea se refuerza por el hecho de que hasta el impacto de las condiciones contextuales sobre las personas (por ejemplo, la temperatura, el ruido o las horas de trabajo) depende de la tarea, ya que estos factores vienen condicionados por la tarea (Fisher 1986). Hay varios enfoques teóricos que coinciden en lo relativo a las dimensiones críticas de la tarea y que ofrecen una predicción válida de los resultados de la misma. En cualquier caso, el resultado de una tarea tendrá dos vertientes, ya que (1) el resultado perseguido debe lograrse cumpliendo los criterios de rendimiento-resultados y (2) aparecerán una serie de efectos no buscados, tanto personales a corto plazo, como acumulativos a largo plazo, como la fatiga, el aburrimiento (la monotonía), las enfermedades laborales o la mejora de la motivación intrínseca, el conocimiento o las habilidades.

Valoración de la CMT. Los enfoques centrados en los requisitos de la tarea, como los de acciones completas frente a acciones parciales o el índice del potencial de motivación (para más detalles, véase Hacker 1986), proponen como características

indispensables de la tarea, para su análisis y evaluación, al menos las siguientes:

- autonomía temporal y de procedimiento, en relación con las decisiones sobre los objetivos autoimpuestos y, en consecuencia, transparencia, posibilidad de predicción y control de la situación laboral;
- la cantidad y la diversidad de las tareas secundarias, especialmente en lo relativo a la preparación, organización y comprobación de los resultados obtenidos, y de las acciones que las acompañan, es decir, si dichas acciones deben finalizarse cíclicamente, o si están fragmentadas;
- variedad ("nivel") de procesos y representaciones mentales reguladores de la acción. Estos pueden ser procesos mentalmente automatizados o convertidos en rutinarios, procesos basados en el conocimiento y experiencia anteriores o procesos intelectuales y de resolución de problemas. (También puede caracterizarse un conjunto jerarquizado en oposición a una fragmentación de tareas);
- cooperación requerida;
- exigencias u opciones de aprendizaje a largo plazo para identificar las características de estas tareas es necesario utilizar los procedimientos conjuntos de análisis de trabajo o tarea, con análisis de documentos, observación, entrevistas y discusiones de grupo, que deben integrarse en un diseño cuasi experimental (Rudolph, Schönfelder y Hacker 1987). Hay varios instrumentos disponibles para el análisis de tareas, que pueden guiar y servir de ayuda a la hora de realizar el análisis. Algunos de ellos contribuyen sólo al análisis en sí (por ejemplo, NASA-TLX Task Load Index, Hart y Staveland, 1988), mientras que otros son útiles para la evaluación y el diseño o rediseño. Un ejemplo de esto es el TBS-GA (Tätigkeitsbewertungs System für geistige Arbeit [Sondeo para el diagnóstico de tareas: trabajo mental]); véase Rudolph, Schönfelder y Hacker (1987).

VIGILANCIA

Herbert Heuer

El concepto de vigilancia se refiere al estado de alerta del observador humano en labores que requieren el registro y el procesamiento de señales. Las características esenciales de las tareas de vigilancia son su duración, relativamente prolongada, y la necesidad de detectar estímulos (señales) infrecuentes e imprevisibles en un escenario (fondo) en el que se producen otros estímulos y sucesos.

Tareas de vigilancia

El prototipo de tarea en que se basan los trabajos de investigación es el de los operadores de radar. A lo largo de la historia, sus resultados, aparentemente insatisfactorios durante la segunda Guerra Mundial, han supuesto un reto en el estudio de la vigilancia. Otra tarea que requiere vigilancia es el proceso de inspección industrial. En general, cualquier tipo de tarea de seguimiento que requiera la detección de señales relativamente infrecuentes conlleva el riesgo de fallos a la hora de detectar estos sucesos críticos y de reaccionar ante ellos.

Las labores de vigilancia componen un conjunto heterogéneo y varían en distintas dimensiones, a pesar de sus características comunes. Una dimensión obviamente importante es la tasa de estímulos generales, así como el índice de estímulos "blanco". No siempre es posible definir una tasa de estímulos sin caer en la ambigüedad. Esto sucede con las tareas que requieren la

detección de unos estímulos, que se presentan sobre unos estímulos de fondo, así como a la hora de detectar valores críticos en una tarea de seguimiento. Una distinción importante, aunque menos evidente, es la que existe entre las tareas de discriminación sucesiva y simultánea. En las tareas de discriminación simultánea tanto los estímulos "blanco" como los de fondo se presentan al mismo tiempo, mientras en las tareas de discriminación sucesiva, uno se presenta detrás del otro de forma que se plantean ciertos requisitos de memoria. Aunque la mayoría de las tareas de vigilancia requieren una detección de estímulos visuales, también se han estudiado otro tipo de estímulos. Los estímulos pueden restringirse a una sola posición espacial, o pueden proceder de fuentes diversas. Los estímulos "blanco" pueden diferir de los estímulos de fondo por sus características físicas, pero también por otras, más conceptuales, (como un patrón determinado de lecturas métricas que puede ser distinto de otros patrones). Naturalmente, la facilidad de detección de los estímulos blanco puede variar: algunos son fácilmente detectables, pero otros pueden resultar difíciles de discriminar de los estímulos de fondo. Los estímulos "blanco" pueden ser únicos o pueden existir en conjuntos, sin fronteras definidas que los diferencien de los estímulos de fondo, como sucede en muchas tareas de inspección industrial. La lista de dimensiones que diferencian a unas tareas de vigilancia de otras podría ampliarse, pero es suficiente para enfatizar la heterogeneidad de las tareas de vigilancia y los riesgos que conlleva la generalización de determinadas observaciones de conjunto.

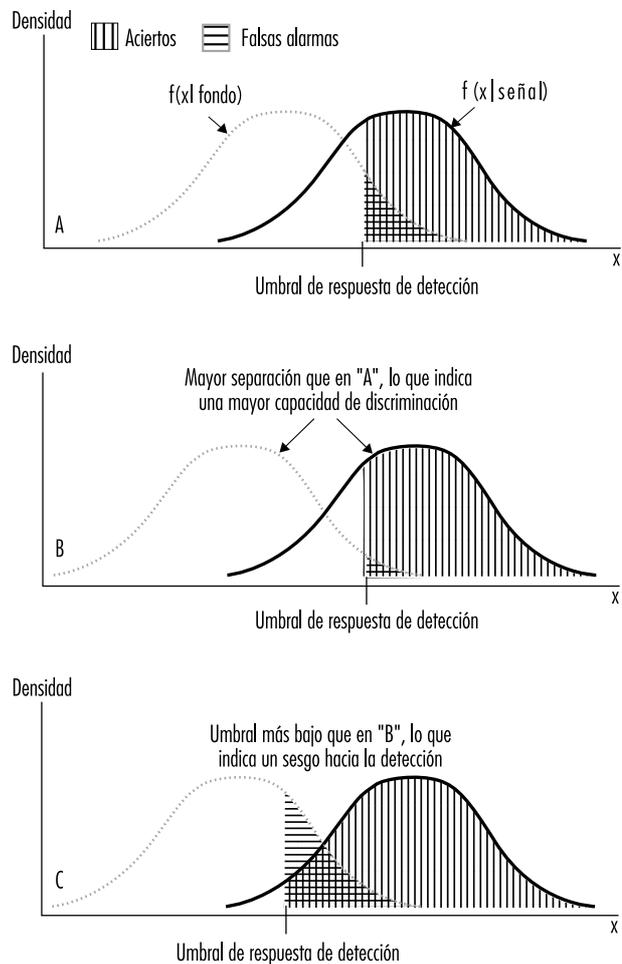
Variaciones en el rendimiento y disminución de la vigilancia

La medida de rendimiento que se utiliza con más frecuencia en las tareas de vigilancia es la proporción de estímulos blanco, por ejemplo, los productos defectuosos detectados en un proceso de inspección industrial. Esto es sólo una estimación de la probabilidad de los llamados *aciertos*. Los estímulos blanco que pasan inadvertidos se llaman *fallos*. Aunque la tasa de aciertos es una medida adecuada, resulta relativamente incompleta. Hay una estrategia muy simple que permite lograr un 100 % de aciertos: sólo hace falta clasificar todos los estímulos como estímulo blanco. Sin embargo, una tasa de aciertos del 100 % suele ir acompañada por una tasa de falsas alarmas del 100 %, es decir, no sólo se detectan adecuadamente los estímulos blanco, sino que los estímulos de fondo se "detectan" incorrectamente. Esta línea de razonamiento deja bastante claro que siempre que haya falsas alarmas, es importante conocer su proporción además de la tasa de aciertos. Otra medida del rendimiento en una tarea de vigilancia es el tiempo necesario para responder a un estímulo blanco (tiempo de reacción).

El rendimiento en las tareas de vigilancia tiene dos atributos típicos. El primero es el bajo nivel general de rendimiento en estas tareas en comparación con una situación ideal para los mismos estímulos (períodos breves de observación, alta disposición del observador para la discriminación, etc.). El segundo es la llamada disminución de la vigilancia, la disminución del rendimiento en el curso de la observación, que puede iniciarse tras los primeros minutos. Ambas observaciones se refieren a la proporción de aciertos, pero también se dispone de datos sobre los tiempos de reacción. Aunque la disminución de la vigilancia es habitual en las tareas de vigilancia, no es universal.

Al investigar las causas de un rendimiento general deficiente y de la disminución de la vigilancia, debe establecerse una distinción entre los conceptos relacionados con las características básicas de la tarea y los conceptos relacionados con factores del organismo y de la situación, que nada tienen que ver con la tarea. Entre los factores relacionados con la tarea pueden distinguirse los factores estratégicos y los no estratégicos.

Figura 29.27 • Umbrales y capacidad de discriminación.



Umbral de la respuesta de detección y de la capacidad de discriminación en términos de una variable al azar, "prueba de la presencia de una señal" [x], con diferentes funciones de densidad de probabilidad para valores de esta variable ante la presentación de estímulos "blanco" [f(x|señal)] y estímulos de fondo [f(x|fondo)].

Procesos estratégicos en las tareas de vigilancia

La detección de una señal, como por ejemplo un producto defectuoso, depende en parte de la estrategia utilizada por el observador, y en parte, de la capacidad de discriminación de la señal. La distinción se basa en la *teoría de la detección de señales* (TDS), y es necesario presentar algunos principios básicos de dicha teoría para destacar la importancia de esta discriminación. Consideremos una variable hipotética, definida como "prueba de la presencia de una señal". Siempre que se presente una señal, esta variable adquirirá algún valor y siempre que se presente un estímulo de fondo, su valor será inferior a la media. Se considera que el valor de la variable de prueba irá cambiando cada vez que se presente la señal. De esta forma, puede caracterizarse por la llamada función de densidad de la probabilidad, como se ilustra en la Figura 29.27. Otra función de densidad caracteriza los valores de la variable de prueba en las presentaciones de un estímulo de fondo. Cuando las señales son similares a los estímulos de fondo, las funciones se superponen, de forma que un valor de prueba determinado puede proceder de una señal o de un

estímulo de fondo. La forma concreta de las funciones de densidad de la Figura 29.27 no es importante para el argumento.

La respuesta de detección por parte del observador se basa en la variable de prueba. Se parte de un umbral determinado para que se produzca una respuesta de detección, siempre que el valor de la variable de prueba esté por encima de dicho umbral. Como se ilustra en la Figura 29.27, el área bajo las funciones de densidad y a la derecha del umbral, corresponden a las probabilidades de aciertos y falsas alarmas. En la práctica, se puede hacer un cálculo aproximado de la separación de las dos funciones y la posición del umbral. La separación de las dos funciones de densidad caracteriza la capacidad de discriminación de los estímulos blanco frente a los estímulos de fondo, mientras la posición del umbral caracteriza la estrategia del observador. La variación del umbral da lugar a una variación conjunta de las proporciones de aciertos y falsas alarmas. Con un umbral alto, la proporción de aciertos y falsas alarmas será pequeña, mientras que con un umbral bajo, la proporción será grande. De este modo, seleccionar una estrategia (colocación del umbral) significa seleccionar una combinación determinada de tasas de aciertos y falsas alarmas entre las combinaciones posibles para una capacidad de discriminación determinada.

Dos factores importantes que influyen en la posición del umbral son los resultados y la frecuencia de las señales. El umbral tendrá un valor bajo cuando haya mucho que ganar con un acierto y poco que perder si se produce una falsa alarma, y un valor alto cuando las falsas alarmas pueden resultar costosas y los beneficios de los aciertos son discretos. Un valor de umbral bajo puede deberse también a una proporción alta de señales, mientras la baja proporción de señales tiende a inducir valores de umbral más altos. El efecto de la frecuencia de las señales sobre el valor del umbral es un factor decisivo para el bajo rendimiento general, en términos de proporción de aciertos en las tareas de vigilancia, y para la disminución de la vigilancia.

La valoración de la disminución de la vigilancia en términos de los cambios estratégicos (cambios de umbral) exige que la reducción de la proporción de aciertos, en el curso de una observación, vaya acompañada por una reducción en la proporción de falsas alarmas. Así lo demuestran muchos estudios, y es probable que el rendimiento deficiente generalizado en las tareas de vigilancia (en comparación con una situación óptima) también se deba, al menos en parte, a los ajustes del umbral. En el curso de una observación, la frecuencia relativa de respuestas de detección coincide con la frecuencia relativa de los estímulos blanco, y este ajuste implica un alto valor de umbral con una proporción relativamente baja de aciertos y una proporción igualmente baja de falsas alarmas. A pesar de todo, se produce una disminución de la vigilancia como resultado de los cambios en la capacidad de discriminación más que por los cambios en los valores del umbral. Esta situación se ha observado sobre todo en las tareas de discriminación sucesiva con un índice relativamente alto de estímulos.

Procesos no estratégicos en las tareas de vigilancia

Aunque parte del rendimiento deficiente generalizado en una tarea de vigilancia y muchos casos de disminución de la vigilancia se pueden justificar en términos de ajustes estratégicos de los umbrales de detección a tasas bajas de señal, ésta no es la única causa. Durante la realización de una tarea de observación se producen cambios en el observador que pueden reducir considerablemente la capacidad para discriminar estímulos o producir cambios aparentes en el umbral, que no pueden considerarse como adaptación a las características de la tarea. En más de 40 años de investigación sobre las tareas de vigilancia se han identificado una serie de factores no estratégicos que contribuyen a que

el rendimiento general sea deficiente y a que se produzca una disminución en la vigilancia.

Una respuesta correcta ante un estímulo "blanco" en una tarea de vigilancia exige una capacidad de registro sensorial suficientemente precisa, una posición adecuada del umbral y un vínculo entre los procesos de percepción y los procesos relacionados con las respuestas asociadas. Durante la tarea de observación, los observadores tienen que realizar un determinado conjunto de tareas, deben mantener una cierta disposición para dar una respuesta a los estímulos blanco de una determinada forma. Este es un requisito importante, ya que sin la existencia de un conjunto de tareas, el observador no podría responder a los estímulos blanco de la forma requerida. Las dos causas principales de errores pueden tener su origen en un registro sensorial impreciso y en los lapsos en la capacidad de respuesta a los estímulos objeto. Las hipótesis principales que explican estos fallos se describen brevemente a continuación.

La detección e identificación de estímulos es más rápida cuando no existe incertidumbre temporal o espacial en relación con su aspecto. La incertidumbre temporal o espacial puede reducir el rendimiento en las tareas de vigilancia. Esta es la predicción esencial de la *teoría de la expectación*. La disposición óptima del observador requiere una certeza temporal y espacial. Obviamente, las tareas de vigilancia no son perfectas en este aspecto. Aunque la teoría de la expectación se centra fundamentalmente en un bajo rendimiento generalizado, también puede servir para justificar determinados aspectos de la disminución de la capacidad de vigilancia. Con señales infrecuentes a intervalos aleatorios, pueden existir niveles elevados de disposición inicial en momentos en los que no se recibe una señal; además, las señales pueden producirse cuando el nivel de disposición es bajo. Esto elimina los niveles altos de disposición en general, de forma que, sean cuales sean los beneficios obtenidos, se desvanecerán en el curso de una tarea.

La teoría de la expectación está en estrecha relación con las *teorías de la atención*. Las variaciones de las teorías de la atención en las tareas de vigilancia están relacionadas, naturalmente, con las teorías dominantes de la atención en general. Consideremos que una definición de atención sea la "selección de un proceso" o la "selección de una acción". Según esta consideración, los estímulos del entorno se seleccionan y se procesan con una eficacia elevada cuando contribuyen al plan de acción o al conjunto de tareas dominantes. Como ya se ha dicho, la selección se beneficiará de la existencia de expectativas precisas relacionadas con cuándo y dónde se producirán esos estímulos. Pero los estímulos sólo se seleccionarán si el plan de acción (el conjunto de tareas) está activo. (Los conductores de automóviles, por ejemplo, reaccionan ante los semáforos, el tráfico, etc.; los pasajeros no suelen hacerlo, aunque ambos están prácticamente en la misma situación. La diferencia principal está entre los conjuntos de tareas de los dos: sólo el conjunto de tareas del conductor requiere una reacción ante los semáforos).

La selección de estímulos para su procesamiento se verá afectada cuando el plan de acción quede temporalmente desactivado, es decir, cuando el conjunto de tareas desaparezca durante un tiempo. Las tareas de vigilancia incluyen una serie de características que impiden el mantenimiento continuo del conjunto de tareas, como los ciclos cortos para procesar los estímulos, la falta de retroinformación y el pequeño reto que supone la motivación por la aparente dificultad de la tarea. Los denominados bloqueos pueden observarse en casi todas las tareas cognitivas sencillas de ciclo corto, como los cálculos aritméticos mentales simples o las respuestas rápidas en serie a señales sencillas. Se producen bloqueos similares en el mantenimiento de un conjunto de tareas durante la realización de una labor de vigilancia. No son inmediatamente reconocibles como respuestas

retardadas, porque las reacciones son infrecuentes y los estímulos blanco que se presentan durante un período de ausencia del conjunto de tareas pueden no estar allí una vez terminada esa ausencia, de forma que se percibirá una falta en lugar de una reacción retardada. Los bloqueos se hacen más frecuentes a medida que aumenta el tiempo invertido en una tarea. Esto puede dar lugar a la disminución de la capacidad de vigilancia. Puede haber otros motivos para que se produzcan lapsus temporales de disponibilidad del conjunto adecuado de tareas como, por ejemplo, la distracción.

Algunos estímulos no se seleccionan en función del plan de acción activo, sino por sus características. Estos son estímulos intensos, nuevos, que afectan la sensibilidad del observador, que tienen un comienzo abrupto o que, por cualquier otro motivo, pueden requerir una acción inmediata independientemente del plan de acción del observador. Es difícil no detectar dichos estímulos. Estos atraen la atención de forma automática, como por ejemplo, en la respuesta de orientación, que implica un cambio de dirección de la mirada hacia la fuente del estímulo. Sin embargo, el hecho de prestar atención al timbre de una alarma no se considera normalmente una tarea de vigilancia. Además de los estímulos que atraen la atención por sus propias características, existen estímulos que se procesan automáticamente como consecuencia de la práctica. Estos parecen surgir de forma repentina del entorno. Este tipo de procesamiento automático requiere una amplia experiencia con el llamado mapa coherente, es decir, la asignación coherente de respuestas a los estímulos. Una vez se ha desarrollado el procesamiento automático de los estímulos, es probable que la disminución de la vigilancia sea muy pequeña o incluso inexistente.

Finalmente, la tarea de vigilancia se resiente por la falta de activación o "arousal". Este concepto se refiere de forma bastante global a la intensidad de la actividad neurológica, que va desde el sueño hasta un alto grado de excitación, pasando por la vigilia normal. Uno de los factores que se piensa que afecta a la activación es la estimulación externa, que es bastante baja y uniforme en la mayoría de las tareas de vigilancia. Así, la intensidad de la actividad del sistema nervioso central puede disminuir en el curso de una tarea de observación. Un aspecto importante de la teoría de la activación o del *arousal* es que relaciona el rendimiento durante la tarea de vigilancia con varios factores orgánicos o con factores de situación independientes de la tarea.

La influencia de los factores de situación y orgánicos

Una baja activación contribuye a un rendimiento deficiente en las tareas de vigilancia. Así, el rendimiento puede mejorar gracias a factores de situación que tienden a propiciar la activación, y puede verse reducido por aquellas medidas que reducen el nivel de activación. En el equilibrio, esta generalización es correcta para el nivel de rendimiento global registrado en las tareas de vigilancia, pero los efectos sobre la disminución de la vigilancia son inexistentes, o su observación es menos fiable en los distintos tipos de manipulación de la activación.

Una forma de aumentar el nivel de activación consiste en introducir ruidos adicionales. Sin embargo, la disminución de la capacidad de vigilancia no suele verse afectada y, en relación con el rendimiento general, los resultados son poco reproducibles: se han observado niveles de rendimiento mejorado, invariable y reducido. Tal vez la naturaleza compleja del ruido sea importante. Por ejemplo, puede resultar afectivamente neutro o molesto; puede tener no sólo capacidad de activación, sino también de distracción. Las consecuencias de la privación de sueño, que tiene un efecto desactivante, suelen ser más

constantes. Por lo general, se reduce el rendimiento en la tarea de vigilancia y se ha comprobado que aumenta el descenso de la capacidad de vigilancia. También se han observado cambios en el rendimiento de la vigilancia cuando se utilizan fármacos depresores como las benzodiazepinas o el alcohol, o estimulantes como las anfetaminas, la cafeína o la nicotina.

Las diferencias individuales son una característica apreciable del rendimiento en las tareas de vigilancia. Aunque las diferencias individuales no son constantes en todos los tipos de tareas de vigilancia, sí suelen conservarse en las tareas similares. El sexo y la inteligencia general tienen muy poco o ningún efecto. Con relación a la edad, el rendimiento de la vigilancia aumenta durante la infancia y empieza a decaer a partir de los sesenta años. Además hay muchas posibilidades de que una persona introvertida ofrezca un rendimiento superior al de una extrovertida.

Aumento en el rendimiento de la vigilancia

Las teorías y los datos existentes sugieren algunos medios para mejorar el rendimiento en las tareas de vigilancia. Dependiendo de lo específicas que sean las sugerencias, no resulta difícil elaborar listas más o menos extensas. A continuación se ofrecen algunas ideas generales, que tendrán que ser delimitadas según las exigencias de la tarea en cuestión, en relación con la facilidad de discriminación perceptiva, los ajustes estratégicos adecuados, la reducción de la incertidumbre, la eliminación de los efectos de los lapsus de atención y el mantenimiento de la activación.

Las tareas de vigilancia requieren una discriminación en condiciones no siempre óptimas. Se recomienda realizar estas discriminaciones de la forma más sencilla posible, o lo que es lo mismo, intentar que las señales sean lo más llamativas posible. Las medidas relacionadas con este objetivo general pueden ser simples (como la iluminación adecuada, o los períodos más largos de inspección por producto) o más sofisticadas, como el uso de dispositivos especiales para mejorar la visibilidad de los estímulos blanco. Las comparaciones simultáneas son más sencillas que las sucesivas, por lo que siempre será útil disponer de un estándar que sirva de referencia. Gracias a los dispositivos técnicos, a veces es posible presentar el estándar y el objeto que se va a examinar y alternarlos rápidamente, de forma que las diferencias aparezcan en forma de movimientos en la pantalla u otros cambios a los que el sistema visual sea especialmente sensible.

Para contrarrestar los cambios estratégicos del umbral que han ocasionado una proporción relativamente baja de detección correcta de estímulos blanco (y para hacer la tarea más amena, en términos de frecuencia de las acciones que hay que desempeñar), se ha sugerido la introducción de falsos estímulos blanco. Sin embargo, ésta no parece ser una buena solución. Los estímulos blanco falsos aumentarán la proporción general de aciertos, pero su utilización provocará una frecuencia superior de falsas alarmas. Además, la proporción de estímulos blanco no detectados entre todos los estímulos a los que no se responde (la salida de material defectuoso en una inspección industrial) no se verá necesariamente reducida. Parece más adecuado tener un conocimiento explícito de la importancia relativa de los aciertos y las falsas alarmas y quizá utilizar otras medidas para que la posición del umbral sea adecuada para discriminar entre los aciertos y los errores.

La incertidumbre espacial y temporal es un determinante decisivo para una capacidad de vigilancia deficiente. En algunas tareas, la incertidumbre espacial puede reducirse definiendo una determinada posición del objeto que se va a inspeccionar. Sin embargo, no hay mucho que hacer en cuanto a la incertidumbre temporal: el observador sería innecesario en una tarea de

vigilancia, si fuera posible señalar con antelación cuándo se va a presentar un estímulo blanco. Lo que sí puede hacerse, en principio, es mezclar los objetos que se desea inspeccionar cuando los fallos tienden a producirse en grupos. Esto sirve para evitar los intervalos muy prolongados o muy breves entre los estímulos blanco.

Hay algunas sugerencias bastante obvias para reducir los lapsos de atención, o al menos su impacto en el rendimiento. Con la formación adecuada, se podría conseguir el procesamiento automático de cierto tipo de estímulos localizados, siempre que los estímulos localizados y de fondo no sean excesivamente cambiantes. La necesidad de un mantenimiento continuo del conjunto de tareas puede evitarse mediante descansos frecuentes, la rotación del trabajo, la ampliación de la tarea o el enriquecimiento de la misma. La introducción de la variedad puede ser tan simple como conseguir que el propio inspector saque el material que debe inspeccionar de una caja o de otro sitio. Así se introduce el elemento del ritmo personal, que puede contribuir a evitar la presentación de señales durante las desactivaciones temporales del conjunto de tareas. El mantenimiento constante de un conjunto de tareas puede fomentarse con la retroinformación, el hecho de mostrar interés los supervisores y la consciencia del operador de la importancia de su tarea. Naturalmente, no es posible ofrecer una retroinformación adecuada del nivel de rendimiento en las tareas típicas de vigilancia; sin embargo, incluso la retroinformación que contenga información inadecuada o incompleta puede ser útil para motivar al observador.

También hay medidas que pueden ayudar a mantener un nivel adecuado de activación. El uso continuado de drogas es una posibilidad, pero es algo que nunca se encontrará entre las recomendaciones. La música de fondo puede ser útil, aunque también puede tener el efecto contrario. El aislamiento social durante las tareas de vigilancia deberá evitarse siempre que se pueda y durante los momentos del día con niveles bajos de activación, como las últimas horas de la noche, será necesario tomar medidas de apoyo, como por ejemplo períodos cortos de vigilancia.

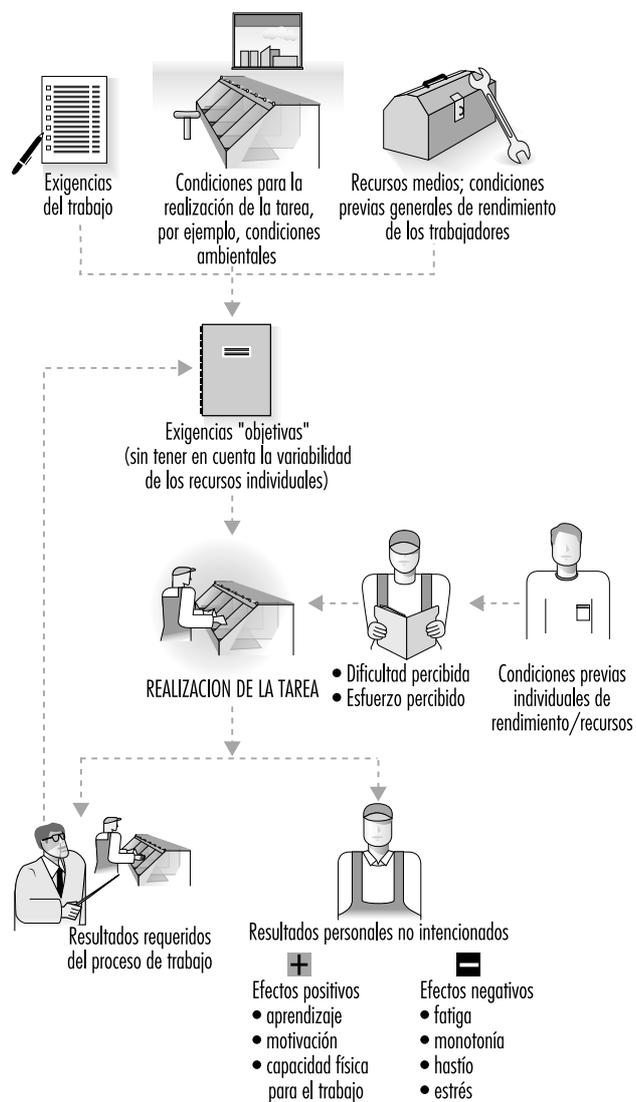
● FATIGA MENTAL

Peter Richter

La tensión mental es una consecuencia normal del proceso de enfrentarse a la carga mental de trabajo (CMT). Las cargas prolongadas o las exigencias de un trabajo demasiado intensas pueden llegar a causar, a corto plazo, situaciones de sobrecarga (fatiga) y subcarga (monotonía, hastío) y a largo plazo, incluso otras consecuencias como síntomas de estrés y enfermedades laborales. Se puede mantener, sin embargo, una regulación estable de la actividad mientras dure la tensión por medio de cambios en el estilo de trabajo (variando las estrategias de obtención de información y toma de decisiones), rebajando el nivel de objetivos que se desea conseguir (redefiniendo las tareas y reduciendo los estándares de calidad) o a través de un aumento compensatorio del esfuerzo psicofisiológico y una disminución posterior del esfuerzo durante el horario de trabajo.

Esta idea del proceso de tensión mental se puede conceptualizar como un proceso de regulación de la actividad durante la imposición de factores de carga, que incluyen no sólo los componentes negativos de la tensión mental, sino también los aspectos positivos del aprendizaje tales como la acumulación, la armonización y reestructuración y la motivación (véase la Figura 29.28).

Figura 29.28 • Componentes del proceso de tensión y sus consecuencias.



La fatiga mental se puede definir como un proceso reversible en el tiempo de disminución de la estabilidad de la conducta en el rendimiento, el estado de ánimo y la actividad después de un período prolongado de trabajo. Dicho estado es temporalmente reversible cambiando las exigencias del trabajo, las influencias del entorno o la estimulación; y completamente reversible a través de sueño.

La fatiga mental es una consecuencia de la realización de tareas con un alto nivel de dificultad, que implican, en su mayoría, el procesamiento de información o que tienen una duración muy prolongada. La recuperación de estas pérdidas lleva algún tiempo y no se produce de forma instantánea al cambiar las condiciones de la tarea, al contrario de lo que ocurre con la monotonía. Los síntomas de fatiga se advierten a varios niveles de regulación de la conducta: desajuste en la homeostasis entre el entorno y el organismo, desajuste de los procesos cognitivos en las actividades dirigidas a la consecución de objetivos y pérdida de estabilidad en la motivación para la consecución de metas y en el nivel de rendimiento.

Se pueden identificar síntomas de fatiga mental en todos los subsistemas del sistema humano de procesamiento de la información:

- *percepción*: disminución de los movimientos oculares, de la discriminación de señales y del umbral
- *procesamiento de la información*: ampliación del tiempo de decisión, errores de acción, incertidumbre en las decisiones, bloqueo, "estrategias arriesgadas" en las secuencias de acciones, alteración de la coordinación sensoriomotora
- *funciones de la memoria*: lentitud en el almacenamiento de la información en la memoria inmediata, alteraciones de los procesos de repetición de lo almacenado en la memoria a corto plazo, retrasos en la transmisión de información almacenada en la memoria a largo plazo y en el proceso de búsqueda de información.

Diagnóstico diferencial de la fatiga mental

Hay criterios suficientes para diferenciar la fatiga mental de la monotonía, el hastío y el estrés (en sentido estricto) (Tabla 29.4).

Grados de fatiga mental

La conocida fenomenología de la fatiga mental (Schmidtke 1966), los métodos válidos para su valoración y la gran cantidad de resultados experimentales y estudios de campo disponibles, nos ofrecen la posibilidad de valorar los estados de fatiga mental mediante una escala ordinal (Hacker y Richter 1984). Esta escala se basa en la capacidad del individuo para afrontar los cambios de conducta:

Nivel 1: *Rendimiento óptimo y eficaz*: no hay síntomas de disminución del rendimiento, del estado de ánimo o del nivel de activación.

Tabla 29.4 • Criterios de diferenciación entre las distintas consecuencias negativas de la tensión mental.

Criterios	Fatiga mental	Monotonía	Hastío	Estrés
Condición clave	Inadaptación por condiciones de sobrecarga	Inadaptación por condiciones de subcarga	Pérdida de la percepción del sentido de la tarea	Percepción de los objetivos como una amenaza
Estado de ánimo	Cansancio sin aburrimiento agotamiento	Cansancio con aburrimiento	Irritabilidad	Ansiedad, miedo, aversión
Evaluación emocional	Neutral	Neutral	Mayor aversión afectiva	Mayor ansiedad
Activación	Disminución constante	Disminución no constante	Aumento	Aumento
Recuperación	Requiere mucho tiempo	Al poco tiempo de cambiar de tarea	?	Alteraciones a largo plazo en la recuperación
Prevención	Diseño de tareas, formación, pausas cortas	Enriquecimiento del contenido del trabajo	Programación por objetivos y enriquecimiento del trabajo	Rediseño del puesto, gestión de conflictos y del estrés

Nivel 2: *Compensación completa caracterizada por un aumento de la activación psicofisiológica periférica* (por ejemplo, medida por un electromiograma de los músculos de los dedos), incremento perceptible del esfuerzo mental, aumento de la variabilidad de los criterios de actuación.

Nivel 3: *Compensación adicional a la descrita en el nivel 2*: errores en la acción, sensación de fatiga, mayor actividad psicofisiológica (compensatoria) en los indicadores centrales (ritmo cardíaco, presión sanguínea).

Nivel 4: *Eficacia reducida, adicional a la descrita en el nivel 3*: disminución de los criterios de rendimiento.

Nivel 5: *Alteraciones funcionales aún mayores*: alteraciones en las relaciones sociales y de cooperación en el trabajo, síntomas de fatiga crónica, como la pérdida de calidad del sueño y el cansancio vital.

Prevención de la fatiga mental

El diseño de la estructura de la tarea, el entorno, los períodos de descanso durante el trabajo y dormir el tiempo suficiente son los medios para reducir los síntomas de fatiga mental y para evitar que llegue a convertirse en crónica:

1. *Cambios en la estructura de las tareas*. El diseño de las condiciones previas para el aprendizaje adecuado y la organización de las tareas es un medio de fomentar el desarrollo de unas estructuras eficaces de trabajo, pero es también esencial para evitar los desajustes de la carga mental (sobrecarga o subcarga):
 - Los obstáculos para el procesamiento de la información se pueden eliminar desarrollando representaciones internas de las tareas y organizando la información. El aumento de la capacidad cognitiva resultante ajustará las necesidades de información y los recursos de forma más eficaz.
 - Las nuevas tecnologías centradas en el ser humano, gracias a su alta compatibilidad entre el orden de la información presentada y la tarea (Norman 1993) reducirán el esfuerzo mental necesario para recodificar la información y, en consecuencia, aliviarán los síntomas de fatiga y estrés.
 - Una coordinación equilibrada entre los diferentes niveles de regulaciones (en relación con las habilidades, reglas y conocimientos) puede reducir el esfuerzo y, lo que es más, aumentar la fiabilidad humana en la realización de las tareas (Rasmussen 1983).
 - La formación de los trabajadores en secuencias de acciones encaminadas a la consecución de objetivos, antes de que se presenten los problemas, dará mayor sentido al esfuerzo mental al convertir el trabajo en algo más claro, más previsible y más controlable y disminuirá su nivel de activación psicofisiológica.
2. *Implantación de sistemas de pausas breves en el trabajo*. El efecto positivo de estos períodos de descanso depende de que se cumplan ciertas condiciones previas. Un mayor número de descansos cortos es más eficaz que un menor número de descansos largos, los efectos dependen de la existencia de un horario fijo y, por tanto, conocido de antemano. El contenido de los descansos debe compensar las necesidades físicas y mentales.
3. *Tiempo suficiente de descanso y sueño*. Programas especiales de atención al trabajador y técnicas de gestión del estrés, pueden reforzar la capacidad de relajación y prevenir el desarrollo de la fatiga crónica (Sethi, Caro y Schuler 1987).

● ORGANIZACION DEL TRABAJO

Eberhard Ulich y Gudela Grote

Diseño de sistemas de producción

Muchas empresas invierten grandes cantidades de dinero en sistemas informatizados de producción, pero al mismo tiempo no aprovechan al máximo sus recursos humanos, recursos cuyo valor puede aumentarse significativamente si se invierte en su formación. De hecho, el aprovechamiento del potencial del personal capacitado, en lugar de la utilización de complicadas procesos de automatización puede, en determinadas circunstancias, no sólo reducir significativamente los costes de inversión, sino que también puede aumentar enormemente la flexibilidad y capacidad del sistema.

Causas del uso ineficaz de la tecnología

Las mejoras que las inversiones en tecnología moderna intentan introducir, en muchas ocasiones ni siquiera se llegan a alcanzar (Strohm, Kuark y Schilling 1993; Ulich 1994). Las principales causas de esta situación se relacionan con problemas en el campo de la propia tecnología, en la organización y en la capacitación del personal.

Pueden identificarse tres causas principales de los problemas con la tecnología:

1. *Tecnología insuficiente.* Debido a la rapidez con que se producen los cambios tecnológicos, las comprobaciones de la utilidad de la nueva tecnología que aparece en el mercado se realiza a veces de forma inadecuada y se producen retrasos no planificados.
2. *Tecnología inadecuada.* La tecnología diseñada para las grandes empresas no siempre es adecuada para las más pequeñas. Cuando una pequeña empresa introduce un plan de producción y un sistema de control desarrollado para una gran empresa, puede privarse de la flexibilidad necesaria para conseguir el éxito e incluso para poder sobrevivir.
3. *Tecnología excesivamente compleja.* Cuando los diseñadores y otras personas encargadas del desarrollo tecnológico, emplean todos sus conocimientos de planificación para llevar a cabo lo que es técnicamente factible, sin tener en cuenta la experiencia de las personas que trabajan en la producción, el resultado puede ser un complejo sistema automatizado que no es fácil de manejar.

Los problemas de organización pueden atribuirse principalmente al continuo intento de aplicar la tecnología más avanzada en estructuras inadecuadas de organización. Por ejemplo, no tiene sentido introducir ordenadores de la tercera, cuarta y quinta generación en una organización de la segunda generación. Sin embargo esto es exactamente lo que hacen muchas empresas (Savage y Appleton 1988). En muchas empresas, la reestructuración radical de la organización es una condición previa necesaria para el uso correcto de las nuevas tecnologías. Esto incluye, en particular, un análisis de los conceptos de planificación y control de la producción. En última instancia, un autocontrol *in situ* llevado a cabo por operarios cualificados puede, en determinadas circunstancias, ser significativamente más eficaz y económico que un sistema de planificación y control técnicamente muy desarrollado.

Los problemas referentes al grado de cualificación de los trabajadores surgen principalmente porque muchas empresas no se dan cuenta de la necesidad de tomar medidas al respecto al mismo tiempo que se introducen los sistemas de producción informatizados. Además, la formación se considera frecuentemente un coste que debe ser controlado y reducido al mínimo, más que como una inversión estratégica. De hecho, los retrasos que se producen en el sistema, y los consiguientes costes, podrían muchas veces reducirse si se diagnosticaran y se solucionarían los fallos a través de la competencia de los operarios, su conocimiento específico del sistema y su experiencia. Este es el caso, sobre todo, cuando las instalaciones de producción son demasiado reducidas (Köhler y cols. 1989). Lo anterior se aplica especialmente a la introducción de nuevos productos o versiones de un producto. Muchos ejemplos de utilización excesiva e ineficaz de la tecnología demuestran estas relaciones.

La consecuencia directa de este breve análisis es que la introducción de sistemas informatizados de producción sólo podrá tener éxito si está integrada dentro de un concepto global que intente optimizar conjuntamente la utilización de la tecnología, la estructura de la organización y el nivel de cualificación del personal.

Desde la tarea al diseño de sistemas sociotécnicos

Los conceptos psicológicos relacionados con trabajo en el diseño de producción se basan en la *primacía de la tarea*. Por una parte, la tarea constituye un interfaz entre el individuo y la organización (Volpert 1987). Por otra, la tarea relaciona el subsistema social con el subsistema técnico. "La tarea debe ser la articulación entre el sistema social y el técnico, enlazando el trabajo en el sistema técnico con su comportamiento correlativo en el sistema social" (Blumberg 1988).

Esto significa que un sistema sociotécnico, por ejemplo, un área de producción, se define principalmente por la tarea que tiene que realizarse. La distribución de trabajo entre el hombre y la máquina tiene un papel importante, ya que determina si la persona "funciona" como una extensión de la máquina, cumpliendo una función residual en un vacío de automatización, o si la máquina funciona como un brazo de la persona, desempeñando la función de herramienta que complementa la capacidad y aptitud humana. Para referirse a estas dos concepciones opuestas se utilizan los términos "orientado a la tecnología" y "orientado al trabajo" (Ulich 1994).

El concepto de tarea completa

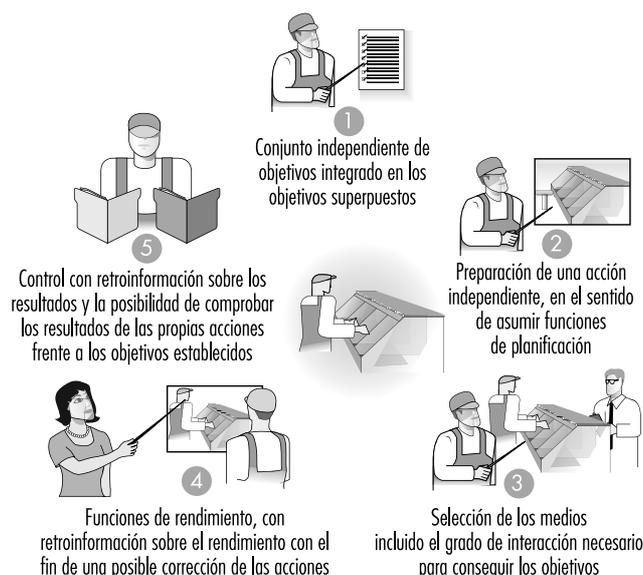
El *principio de actividad completa* (Hacker 1986) o *tarea completa* desempeña una función central en los conceptos psicológicos relacionados con el trabajo al definir y repartir tareas entre el hombre y la máquina. Tareas completas son aquellas "sobre las cuales el individuo ejerce un control personal considerable" y que "inducen una fuerza interior del individuo que lo lleva a terminirlas o a continuarlas". Las tareas completas contribuyen al "desarrollo de lo que se ha descrito como... 'orientación hacia la tarea', es decir, un estado en el que la tarea despierta, capta y dirige el interés del individuo" (Emery 1959). La Figura 29.29 resume las características de las tareas completas que deben tenerse en cuenta al tomar medidas dirigidas al diseño de sistemas de producción orientados al trabajo.

Entre los ejemplos de consecuencias concretas para el diseño de producción que se desprenden del principio de la tarea completa están:

1. El establecimiento independiente de los objetivos, que pueden ser incorporados en otros de mayor rango, requiere apartarse de la planificación y control central en favor de un control descentralizado del puesto de trabajo, lo que proporciona la posibilidad de tomar decisiones propias, en un período específico de tiempo.
2. La autopreparación para la acción, en el sentido de realizar funciones de planificación, requiere la integración de tareas preparatorias del trabajo en el taller.
3. La selección de métodos significa por ejemplo, permitir que el diseñador decida si desea utilizar el tablero de dibujo en lugar de un sistema automatizado (una aplicación CAD, por ejemplo) para realizar ciertas subtareas, asegurándose que se han introducido en el sistema los datos requeridos por otras partes del proceso.
4. Las funciones de ejecución con sistemas de retroinformación del proceso para corregir acciones donde sea necesario requieren, en el caso de los procesos de trabajo encapsulados "ventanas abiertas al proceso" que ayuden a reducir al mínimo las distancias.
5. El control de la acción con retroinformación de los resultados implica que los operarios en el taller asumen funciones de inspección y control de calidad.

Estas indicaciones de las consecuencias que surgen al llevar a cabo el principio de la tarea completa dejan claras dos cosas: (1) en muchos casos, probablemente incluso en la mayoría de los casos, las tareas completas en el sentido descrito en la Figura 29.29 sólo pueden ser estructuradas como tareas de grupo, debido a la complejidad resultante y al ámbito asociado; (2) la reestructuración de tareas, especialmente cuando va unida a la ejecución del trabajo en grupo, requiere su integración en

Figura 29.29 • Características de las tareas completas.



Fuente: Ulich 1994.

un concepto comprensivo de reestructuración global que abarque todos los niveles de la empresa.

Los principios estructurales que se aplican a los distintos niveles se resumen en la Tabla 29.5.

Las posibilidades de aplicar los principios para la estructuración de la producción, indicados en la Tabla 29.5, se ejemplifican con la propuesta de reestructuración de una empresa de producción mostrada en la Figura 29.30. Esta propuesta, unánimemente aprobada por los responsables de producción y por el equipo del proyecto formado con el propósito de llevar a cabo la reestructuración, también demuestra un distanciamiento fundamental de los conceptos tayloristas de división del trabajo y el mando. Los ejemplos de muchas empresas demuestran que la reestructuración del trabajo y de las estructuras de organización de acuerdo con estos modelos puede satisfacer tanto los criterios psicológicos de promoción de la salud, y desarrollo de la personalidad, como las exigencias de eficacia económica a largo plazo (véase Ulich 1994).

La argumentación anterior, descrita brevemente por razones de espacio, intenta aclarar tres puntos:

1. Conceptos como los aquí mencionados representan un alternativa a la "producción ajustada", en el sentido descrito por Womack, Jones y Roos (1990). Mientras en este último enfoque "cada espacio libre se suprime" y se mantiene una parcialización extrema de las actividades en el sentido taylorista, en el enfoque que damos en estas páginas las tareas completas en grupo son las que desempeñan la función principal, con una amplia autorregulación.
2. Se modifica la trayectoria clásica de las carreras de los trabajadores especializados y en algunos casos se excluyen para la necesaria realización del principio de integración funcional, es decir, con la reintegración en el lugar de trabajo de lo que se conoce como funciones indirectamente productivas, tales como la preparación del trabajo, el mantenimiento, el control de calidad, etc., en el lugar de trabajo. Esto requiere una reorientación fundamental, en el sentido de reemplazar la cultura tradicional de la carrera por la cultura de las aptitudes.
3. Conceptos como los aquí mencionados suponen un cambio fundamental en las estructuras de poder corporativo que deben encontrar su contrapartida en el desarrollo de las correspondientes posibilidades de participación.

Participación de los trabajadores

En la sección anterior, se describieron tipos de organización del trabajo que tienen como característica básica la democratización de los niveles inferiores de la jerarquía de organización, aumentando la autonomía y la libertad de decisión en relación con el contenido del trabajo y con las condiciones del lugar donde se realiza. En esta sección, la democratización tiene un enfoque

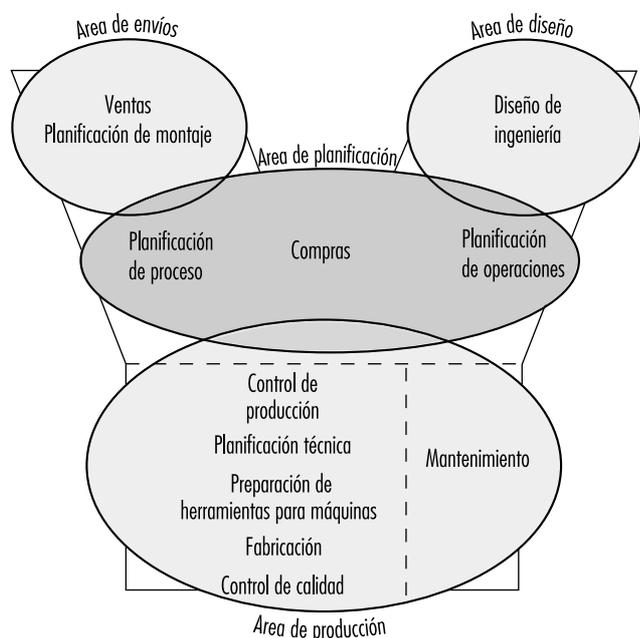
Tabla 29.5 • Principios orientados al trabajo para la estructuración de la producción.

Nivel de organización	Principio estructural
Empresa	Descentralización
Unidad de organización	Integración funcional
Grupo	Auto-regulación ¹
Individual	Trabajo de producción cualificado ¹

¹ Teniendo en cuenta el principio del diseño diferencial del trabajo.

Fuente: Ulich 1994.

Figura 29.30 • Proposición para reestructurar una empresa de producción.



Fuente: Strohm, Traxler y Ulich 1994.

diferente, ya que considera la participación en la toma de decisiones en general. En primer lugar, se presenta el marco de definición de la participación, seguido de una discusión donde se investigan los efectos de la participación. Finalmente, se considera con cierto detalle el diseño de sistemas participativos.

Marco de definición de la participación

El desarrollo organizativo, el liderazgo, el diseño de sistemas y las relaciones laborales son ejemplos de la variedad de tareas y contextos donde la participación de considera importante. Un denominador común, que puede ser considerado como parte esencial de la participación, es que los individuos y los grupos tengan la oportunidad de promover sus intereses, influyendo en la elección de acciones alternativas en una situación determinada (Wilpert 1989). Sin embargo, para describir la participación con más detalle se necesitan varias dimensiones. Generalmente, las dimensiones que se sugieren son: (a) formal-informal, (b) directa-indirecta (c) grado de influencia y (d) contenido de la decisión (Dachler y Wilpert 1978; Locke y Schweiger 1979). La participación formal se refiere a una participación dentro de unas normas legales o preceptivas (por ejemplo, los procedimientos de negociación, las pautas para la dirección de un proyecto), mientras que la participación informal se basa en intercambios no prescritos, por ejemplo, entre supervisor y subordinado. La participación directa permite la influencia directa de las personas implicadas, mientras que la participación indirecta funciona a través de un sistema de representación. El grado de influencia se describe normalmente mediante una escala que va desde “no informar a los empleados sobre una decisión”, pasando por “informar a los empleados” y “consultar a los empleados”, hasta la “toma de decisiones en común, con la participación de todas las partes implicadas”. Por lo que se refiere a facilitar información sin ningún tipo de consulta o toma de decisiones en común, algunos autores argumentan que esto no representa en absoluto un bajo nivel de participación, sino simplemente una forma de “pseudo-participación”

(Wall y Lischeron 1977). Por último, es posible especificar el contenido de la decisión participativa en términos del área a la que afectará, por ejemplo, a nivel de cambio tecnológico u organizativo, a las relaciones laborales o a las decisiones operativas cotidianas.

Hornby y Clegg (1992) han desarrollado un esquema de clasificación bastante diferente de los derivados de las dimensiones presentadas hasta ahora. Basándose en un trabajo de Wall y Lischeron (1977), estos autores distinguen tres aspectos de los procesos participativos:

1. los tipos y niveles de interacciones entre las partes implicadas en una decisión
2. el flujo de información entre los participantes
3. la naturaleza y grado de influencia que las partes ejercen entre sí.

Posteriormente, Hornby y Clegg utilizaron estos aspectos como complemento del marco sugerido por Gowler y Legge (1978), en el que se describe las participaciones en función de dos variables organizativas, a saber, el tipo de estructura (mecánica frente a orgánica) y el tipo de proceso (estable frente a inestable). Como este modelo incluye ciertos supuestos sobre participación y sus relaciones con la organización, no puede utilizarse para clasificar tipos generales de participación. Aquí se presenta como un intento de definir la participación en un contexto más amplio (ver Tabla 29.6). (En la última sección de este capítulo se comentará el estudio de Hornby y Clegg (1992) que también intenta demostrar los supuestos del modelo).

Una dimensión importante, normalmente no incluida en las clasificaciones de participación, es el objetivo organizativo que hay detrás de la elección de una estrategia participativa (Dachler y Wilpert 1978). Lo más importante es que la participación puede producirse para cumplir con la norma democrática, sin tener en cuenta su influencia en la eficacia del proceso de toma de decisiones, en la calidad del resultado y en la aplicación de la decisión. Por otra parte, se puede elegir un procedimiento participativo para aprovecharse del conocimiento y experiencia de los individuos involucrados, o para asegurar la aceptación de una decisión. A menudo es difícil identificar los objetivos subyacentes en un determinado enfoque participativo y es frecuente encontrar varios objetivos a la vez, así es que esta dimensión no se puede utilizar fácilmente para clasificar la participación. Sin embargo, para entender el proceso participativo es una dimensión importante que debe tenerse en cuenta.

Tabla 29.6 • Participación en un contexto organizativo.

Procesos de organización	Estructura organizativa	
	Mecanicista	Orgánica
Estables	Reglamentados Interacción: vertical/orden Flujo de información: no recíproco Influencia: asimétrica	Abiertos Interacción: lateral/consulta Flujo de información: recíproco Influencia: asimétrica
Inestables	Arbitrarios Interacción: ritualista/aleatoria Flujo de información: no recíproco/espórádico Influencia: autoritaria	Reglamentados Interacción: intensa/aleatoria Flujo de información: recíproco/interrogativo Influencia: paternalista

Fuente: Adaptado de Hornby y Clegg 1992.

Investigación sobre los efectos de la participación

Un supuesto ampliamente compartido mantiene que se puede alcanzar una mayor satisfacción y un mayor rendimiento productivo si se brinda la oportunidad de una participación directa en la toma de decisiones. En conjunto, la investigación apoya este supuesto, pero las pruebas no son inequívocas y muchos estudios se han criticado tanto desde el punto de vista metodológico como teórico (Cotton y cols. 1988; Locke y Schweiger 1979; Wall y Lischeron 1977). Cotton y cols. (1988) sostienen que la inconsistencia de las conclusiones se debe a diferencias en la forma de participación estudiada, por ejemplo, la participación informal y la propiedad por parte de los empleados se asocia con un alto grado de productividad y de satisfacción, mientras que una participación temporal es ineficaz en ambos aspectos.

Aunque sus conclusiones fueron muy criticadas (Leana, Locke y Schweiger 1990), todos están de acuerdo en que la investigación sobre la participación se caracteriza, en general, por ciertas deficiencias que van desde problemas conceptuales, como los mencionados por Cotton y col. (1988), hasta problemas metodológicos, como las diferencias en los resultados basados en las diferentes operacionalizaciones de las variables dependientes (Wagner y Gooding 1987).

Por poner un ejemplo de las dificultades de la investigación de la participación, se describe brevemente el estudio clásico de Coch y French (1948) seguido por la crítica de Bartlem y Locke (1981). El objetivo del estudio era vencer la resistencia al cambio a través de la participación. A los operarios de una planta textil, donde se intercambian frecuentemente las distintas tareas, se les dio la oportunidad de participar, en distintos grados, en el diseño de sus nuevos trabajos. Un grupo de operarios participó en las decisiones (procedimientos detallados de trabajo para nuevas tareas e índices de productividad) a través de unos representantes elegidos, es decir, de varios operarios de su grupo. En dos grupos mas pequeños, todos los operarios participaron en las decisiones, y un cuarto grupo sirvió de control, sin permitirseles participación alguna. Previamente se había observado que a la mayoría de los operarios no les gustaban los cambios y les costaba más aprender los nuevos trabajos que el primer trabajo en la planta y que el absentismo y la rotación entre los operarios afectados por el cambio era superior que entre los operarios no afectados recientemente. Esto ocurría a pesar de que se repartió una prima por traslado, para compensar la pérdida inicial del incentivo de producción después del cambio a un nuevo puesto de trabajo. Tras comparar las tres condiciones experimentales, se comprobó que el grupo sin participación, considerado como grupo estándar, permaneció en un bajo nivel de producción durante el primer mes después del cambio, mientras que los grupos con participación plena recuperaron su productividad en pocos días, e incluso la sobrepasaron al final del mes.

El tercer grupo que participaba a través de sus representantes no se recuperó tan rápido, pero alcanzó su antigua productividad después de un mes. (También sucedió que este grupo no contaba con material suficiente para trabajar en la primera semana). No hubo rotación en los grupos con participación y se observó poca agresividad hacia la dirección de la empresa. La movilidad en el grupo sin participación fue del 17 % y la actitud hacia la dirección era en general hostil. El grupo sin participación se disolvió después de un mes y se unió otra vez después de dos meses y medio para trabajar en una nueva tarea. Esta vez se les dio la oportunidad de participar en el diseño de su trabajo y mostraron la misma pauta de recuperación e incremento de productividad que los grupos con participación en el primer experimento. Coch y French explicaron los resultados basándose en un modelo general de resistencia al cambio, derivado del trabajo de Lewin (1951, véase más adelante).

Bartlem y Locke (1981) sostenían que estos datos no podían interpretarse como apoyo de los efectos positivos de la participación porque había importantes diferencias entre los grupos en lo que se refiere a la explicación de la necesidad de cambios en las primeras reuniones con la dirección, la formación recibida, la manera en que se hacían los estudios de tiempos para establecer las tasas de producción, la cantidad de trabajo disponible y el tamaño del grupo. En su opinión, un pago justo por la producción y la confianza en la dirección era lo que producía los mejores resultados en los grupos que participaron, y no la participación en sí.

Aparte de los problemas asociados con la investigación de los efectos de la participación, se conoce muy poco acerca de los procesos que dan como resultado estos efectos (por ejemplo, Wilpert 1989). En un estudio longitudinal sobre los efectos del diseño de trabajo participativo, Baitsch (1985) describió con detalle el proceso de desarrollo de aptitudes en un cierto número de empleados de base. Su estudio puede relacionarse con la teoría de Deci (1975) de la motivación intrínseca basada en la necesidad de ser competente e independiente. Lewin (1951) sugirió un marco teórico centrado en los efectos de la participación sobre la resistencia al cambio y propuso que los sistemas sociales alcanzan un equilibrio cuasi estacionario que se pierde con cualquier intento de cambio. Para que el cambio se produzca con éxito, las fuerzas a favor del cambio tienen que ser mas poderosas que las fuerzas de resistencia. La participación ayuda a reducir las fuerzas de resistencia tanto como a aumentar las fuerzas favorables, ya que las razones para la resistencia pueden discutirse y tratarse abiertamente y las preocupaciones y necesidades del individuo pueden integrarse en el cambio propuesto. Además, Lewin consideró que las decisiones comunes que resultan de los procesos de cambio participativo proporcionan el enlace entre la motivación por el cambio y los verdaderos cambios de conducta.

Participación en el diseño de sistemas

Dado el soporte empírico, aunque no completamente coherente, para la eficacia de la participación, así como su base ética en una democracia industrial, existe un acuerdo ampliamente extendido de que se debería seguir una estrategia participativa para el diseño de sistemas (Greenbaum y Kyng 1991; Majchrzak 1988; Scarbrough y Corbett 1992). Además, varios estudios de casos de procesos de diseño participativo han demostrado las ventajas específicas de la participación en el diseño de sistemas, por ejemplo, en relación con la calidad del diseño resultante, la satisfacción del usuario y el grado de aceptación (uso real) del nuevo sistema (Mumford y Henshall 1979; Spinus 1989; Ulich y cols. 1991).

La cuestión mas importante, no está en el "si" sino en el "cómo". Scarbrough y Corbett (1992) ofrecieron una visión global de distintos tipos de participación en diversas etapas del proceso de diseño (véase la Tabla 29.7). Como señalan, es bastante raro que el usuario participe en el diseño tecnológico y normalmente esta participación no va mas allá de la distribución de la información. La participación se produce principalmente en las últimas etapas de la aplicación y optimización del sistema técnico y durante el desarrollo de las opciones del diseño socio-técnico, es decir, en las opciones de diseño organizativo y del trabajo, en combinación con las opciones para el uso del sistema técnico. Además de la resistencia de los directivos e ingenieros a la intervención de los usuarios en el diseño de sistemas técnicos y de las potenciales restricciones en la estructura de participación formal de la empresa, existe una importante dificultad en relación con la necesidad de métodos que permitan la discusión y evaluación de sistemas aún no existentes (Grote 1994). En el

Tabla 29.7 • Participación de los usuarios en el proceso tecnológico.

Fases del proceso tecnológico	Tipo de participación	
	Formal	Informal
Diseño	Consulta a los sindicatos Prototipos	Rediseño por los usuarios
Implantación	Convenios de nueva tecnología Convenios colectivos	Negociación de aptitudes Negociación Cooperación de los usuarios
Uso	Diseño del trabajo Círculos de calidad	Rediseño informal del puesto y las prácticas de trabajo

Adaptado de Scarbrough y Corbett 1992.

desarrollo de software, los laboratorios de pruebas de utilidad pueden ayudar a superar esta dificultad, ya que dan la oportunidad a los futuros usuarios de una prueba previa.

Al considerar el proceso de diseño de sistemas y los procesos participativos, Hirschheim y Klein (1989) han resaltado los efectos de los supuestos implícitos y explícitos de quienes desarrollan el sistema y de los directivos, sobre tópicos como la naturaleza de la organización social, la naturaleza de la tecnología y su propia función en el proceso de desarrollo. El que los diseñadores del sistema se vean a sí mismos como expertos, catalizadores o emancipadores puede influir enormemente en el proceso de diseño y aplicación. También, como se ha dicho antes, hay que tener en cuenta un contexto organizativo más amplio, en el que se produce el diseño participativo. Hornby y Clegg (1992) proporcionaron algunas pruebas de la relación entre las características organizativas generales y la forma de participación elegida o, con más exactitud, la forma que se desarrolla en el curso del diseño y aplicación del sistema. Estos autores estudiaron la introducción de un sistema de información dentro de la estructura del proyecto participativo y con un compromiso explícito para la participación del usuario. Sin embargo los usuarios señalaron que habían tenido muy poca información sobre los cambios que se suponía que habían tenido lugar y muy poca influencia sobre el diseño del sistema y otras cuestiones relacionadas, como el diseño del trabajo y la seguridad en el mismo. Esta conclusión se interpretó en términos de la estructura mecanicista y del proceso inestable de la organización que fomentaban una participación "arbitraria" en lugar de la deseada participación abierta (véase la Tabla 29.6).

En conclusión, hay suficientes pruebas que demuestran las ventajas de las estrategias de cambio participativo. Sin embargo aún hay mucho que aprender sobre los procesos subyacentes y los factores que influyen, causan, moderan o impiden estos efectos positivos.

● PRIVACION DEL SUEÑO

Kazutaka Kogi

Un individuo sano suele dormir varias horas diarias. Normalmente duerme durante la noche y encuentra difícilísimo permanecer despierto durante las horas que hay entre la medianoche y

el amanecer, que es cuando habitualmente duerme. Si el individuo tiene que permanecer despierto durante estas horas, ya sea total o parcialmente, cae en un estado de pérdida forzosa del sueño, o *privación del sueño*, que suele percibirse en forma de cansancio. La necesidad de dormir, con distintos grados de somnolencia, se siente hasta que se consigue dormir lo suficiente. Por este motivo se dice que los períodos de privación del sueño provocan en una persona un *déficit o falta de sueño*.

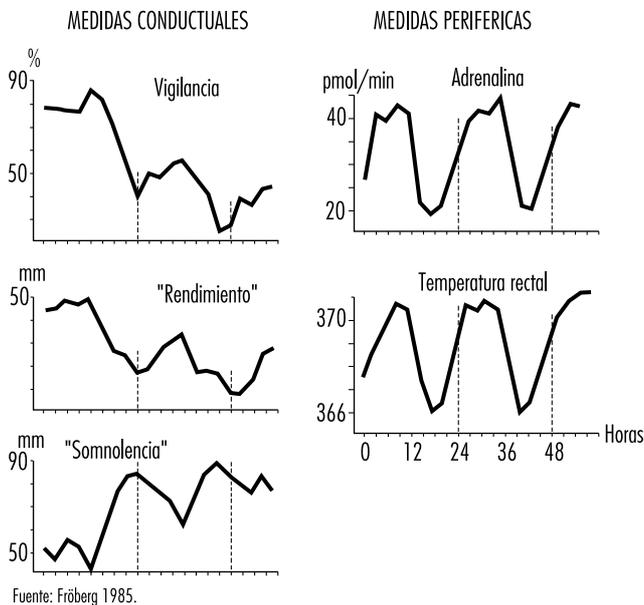
La privación del sueño supone un problema especial para los trabajadores que no pueden dormir lo suficiente debido a su horario de trabajo (por ejemplo, en los trabajos nocturnos) o debido a que sus actividades de ocio son muy extensas. El trabajador de un turno de noche quedará privado de sueño hasta que tenga la oportunidad de dormir un rato al final del turno. Como el sueño durante las horas diurnas suele ser más corto de lo necesario, el trabajador no podrá recuperarse de su situación de falta de sueño hasta que disfrute de un período largo de sueño, especialmente, toda una noche. Hasta ese momento, la persona va acumulando el déficit de sueño. Una situación parecida, el llamado *jet lag*, se produce en las personas que viajan entre dos zonas horarias distintas, con varias horas de diferencia. La privación de sueño que sufre el viajero se debe a que los períodos de actividad de la nueva zona horaria se corresponden con el período normal de sueño del lugar de origen. Durante los períodos de pérdida de sueño, los trabajadores se sienten cansados y su rendimiento se ve afectado de muchas formas. Hay distintos grados de privación del sueño que se van incorporando a la vida diaria de los trabajadores que tienen que trabajar en horarios irregulares, por lo que es importante tomar medidas que permitan hacer frente a los efectos negativos de dicho déficit de sueño. Las principales condiciones de los horarios de trabajo irregulares que contribuyen a la privación del sueño se muestran en la Tabla 29.8.

En condiciones extremas la privación de sueño puede durar más de un día. En ese caso, la somnolencia y los cambios en el rendimiento aumentan a medida que se prolonga el período de privación. Los trabajadores, sin embargo, suelen dormir un poco antes de que la privación del sueño se convierta en algo prolongado. Si las horas dormidas de esta forma no son suficientes, los efectos de la escasez de sueño continuarán. Por esto es importante conocer no sólo los efectos de la privación del sueño en sus

Tabla 29.8 • Principales condiciones de un horario de trabajo irregular que contribuyen en distintos grados a la privación de sueño.

Horario de trabajo irregular	Condiciones que producen la privación de sueño
Horario nocturno	Sueño nocturno breve o ausente
Horario de madrugada o hasta muy tarde por la noche	Sueño más corto o interrumpido
Largas jornadas de trabajo o dos turnos seguidos	Desfase del sueño
Turno permanente de noche o de madrugada	Desfase consecutivo del sueño
Período corto entre turnos	Sueño corto e interrumpido
Intervalos prolongados entre descansos	Acumulación de déficit de sueño
Trabajo en una zona horaria distinta	Sueño ausente o breve durante las horas "nocturnas" del lugar de origen (<i>jet lag</i>)
Períodos de tiempo libre desequilibrados	Desfase del sueño, períodos cortos de sueño

Figura 29.31 • Rendimiento, valoración del sueño y variables fisiológicas en un grupo de personas sometidas durante dos noches a la privación del sueño.



Fuente: Fröberg 1985.

distintas formas, sino también la manera en que los trabajadores pueden recuperarse de ellos.

La compleja naturaleza de la privación del sueño se muestra en la Figura 29.31, que ofrece datos procedentes de estudios en laboratorio sobre los efectos de tres días de privación de sueño (Fröberg 1985). Los datos muestran tres cambios básicos, resultantes de la privación prolongada de sueño:

1. Hay una tendencia general a una disminución del rendimiento objetivo y de la valoración subjetiva de la eficacia del rendimiento.
2. Este declive cíclico está relacionado con la hora del día y se corresponde con las variables fisiológicas que tienen un ciclo circadiano. El rendimiento es mayor en la fase normal de actividad en la que, por ejemplo, la secreción de adrenalina y la temperatura del cuerpo son más altas, frente a los períodos destinados normalmente al sueño nocturno, que es cuando los valores fisiológicos son más bajos.
3. La autovaloración de la falta de sueño aumenta con el tiempo de privación continuada de sueño, con un claro componente cíclico asociado con el momento del día.

El hecho de que los efectos de la privación del sueño estén relacionados con los ritmos fisiológicos circadianos nos ayuda a comprender lo complejo de su naturaleza (Folkard y Akerstedt 1992). Estos efectos deberían considerarse como el resultado de un desfase del ciclo sueño-vigilia en la vida cotidiana.

Los efectos del trabajo continuado o de la privación de sueño no sólo reducen la capacidad para mantenerse alerta, sino que también disminuyen el rendimiento, aumentan la probabilidad de quedarse dormido, reducen el bienestar y la moral y merman la seguridad. Cuando dichos períodos de privación del sueño se repiten, como sucede en el caso de las personas que trabajan por turnos, su salud puede verse afectada (Rutenfranz 1982; Koller 1983; Costa y cols. 1990). Un objetivo importante de la investigación es determinar hasta qué punto la privación del sueño

perjudica el bienestar de los individuos y cómo podemos utilizar mejor la función reparadora del sueño para reducir estos efectos.

Efectos de la privación del sueño

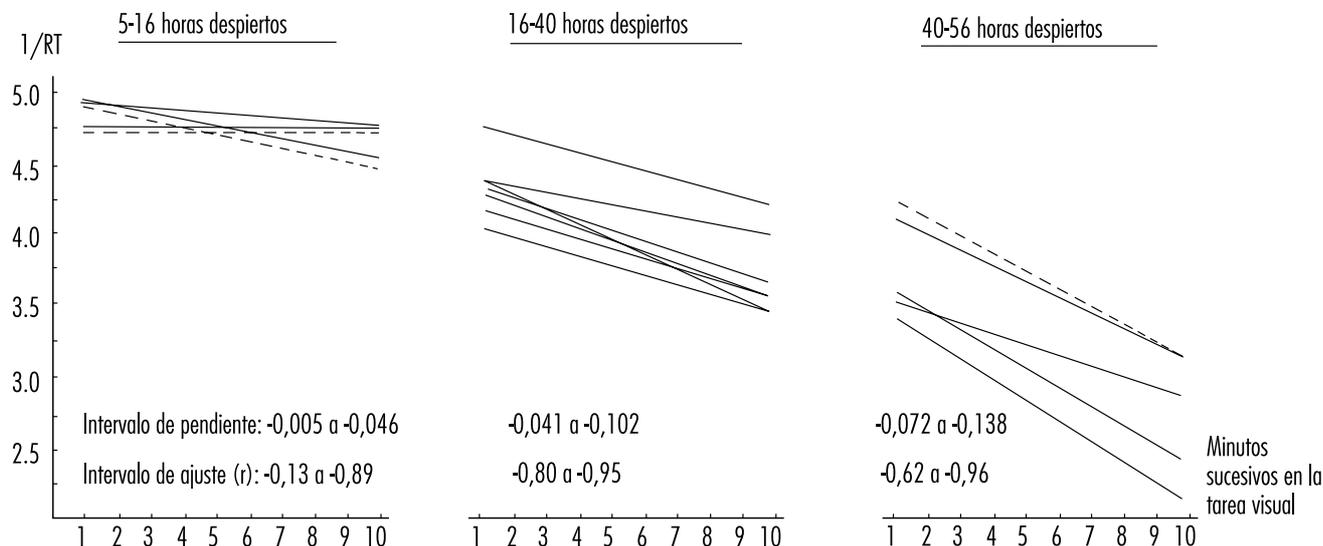
Durante una noche de privación de sueño y después de ésta, los ritmos fisiológicos circadianos del cuerpo humano parecen quedar interrumpidos. Por ejemplo, la curva de la temperatura corporal durante la primera jornada de trabajo en trabajadores del turno de noche tiende a mantener su patrón circadiano básico. Durante las horas nocturnas, la temperatura disminuye hasta las primeras horas de la mañana, vuelve a aumentar durante el día y vuelve a caer después del mediodía, tras alcanzar un máximo. Se sabe que los ritmos fisiológicos se "ajustan" a los ciclos invertidos de sueño-vigilia de los trabajadores nocturnos de forma gradual, en el curso de varios días en los que repite el turno de noche. Esto significa que los efectos sobre el rendimiento y la somnolencia son más significativos durante las horas nocturnas que durante el día. Los efectos de la privación del sueño tienen una relación variable con los ritmos circadianos originales observados en las funciones fisiológicas y psicológicas.

Los efectos de la privación del sueño sobre el rendimiento dependen del tipo de tarea que se vaya a realizar. Las características de las tareas inciden sobre estos efectos (Fröberg 1985; Folkard y Monk 1985; Folkard y Akerstedt 1992). Generalmente, una tarea compleja es más vulnerable que una simple. El rendimiento en una tarea que implique un gran número de dígitos o una codificación compleja se deteriora durante tres días de pérdida de sueño (Fröberg 1985; Wilkinson 1964). Las tareas escalonadas, a las que hay que responder a intervalos determinados, se deterioran más que las tareas que el operario hace a su propio ritmo. Como ejemplos prácticos de tareas vulnerables pueden mencionarse las reacciones en serie a estímulos definidos, las operaciones sencillas de clasificación, la grabación de mensajes codificados, la copia mecanográfica, el seguimiento por pantalla y la inspección continua. Los efectos de la privación de sueño sobre el rendimiento durante una actividad física intensa son también muy conocidos. Los efectos típicos de la privación prolongada de sueño sobre el rendimiento en una tarea visual se muestran en la Figura 29.32 (Dinges 1992). Los efectos son más pronunciados después de dos noches sin dormir (40-56 horas) que después de una noche (16-40 horas).

El grado en que se ve afectado el rendimiento en las tareas también parece depender de la forma en que inciden sobre él los componentes que "enmascaran" los ritmos circadianos. Por ejemplo, algunas medidas de rendimiento, como las tareas de memorización, se ajustan al trabajo nocturno de forma considerablemente más rápida que las tareas de tiempo de reacción en serie, por lo que pueden compensarse relativamente con sistemas de rotación rápida de turnos (Folkard y cols. 1993). Estas diferencias sobre los efectos de los ritmos del reloj fisiológico endógeno y sus componentes enmascaradores deben tenerse en cuenta a la hora de considerar la seguridad y la precisión del rendimiento bajo la influencia de la privación de sueño.

Un efecto particular de la privación del sueño sobre el rendimiento es la aparición de frecuentes "lapsus" o períodos sin respuesta (Wilkinson 1964; Empson 1993). Estos lapsus de rendimiento son períodos breves de baja capacidad para mantener la alerta o de sueño ligero. Pueden detectarse con registros en vídeo de la ejecución, con registros de los movimientos oculares o con electroencefalogramas (EEG). Una tarea prolongada (media hora o más), especialmente cuando es repetitiva, puede conducir más fácilmente a estos lapsus. Las tareas monótonas, como la repetición de reacciones simples o el seguimiento de señales infrecuentes son muy sensibles en este sentido. Por otro lado, una tarea nueva se ve menos afectada. El rendimiento en situaciones de trabajo cambiante también es más resistente.

Figura 29.32 • Ajuste a las líneas de regresión de la velocidad de respuesta (la inversa del tiempo de respuesta) durante una tarea visual sencilla y no preparada de 10 minutos encomendada de forma repetida a adultos jóvenes sanos durante un período sin privación de sueño (5-16 horas), una noche sin dormir (16-40 horas) o dos noches sin dormir (40-56 horas).



Fuente: Dinges 1992.

Aunque es evidente que la privación de sueño produce una reducción gradual de la activación, es de esperar que los niveles de rendimiento entre lapsus estén menos afectados. Esto explica por qué el resultado de algunas pruebas de rendimiento indica una escasa influencia de la pérdida de sueño cuando las pruebas se hacen durante un período corto de tiempo. En una tarea de tiempo de reacción simple, los lapsus provocarían unos tiempos de respuesta muy prolongados, mientras el resto de los tiempos medidos no sufriría cambios. Hay que tener cuidado, por lo tanto, al interpretar los resultados de las pruebas relacionadas con los efectos de la pérdida de sueño en situaciones reales.

La variación de la sensación de somnolencia durante la privación de sueño está relacionada obviamente con los ritmos circadianos fisiológicos y con los períodos de lapsus. La somnolencia aumenta enormemente durante el primer período del turno de noche, pero disminuye durante las horas diurnas siguientes. Si la privación del sueño se prolonga hasta la noche siguiente, se hará muy intensa durante las horas nocturnas (Costa y cols. 1990; Matsumoto y Harada 1994). Hay momentos en los que la necesidad de dormir que se siente es casi irresistible; estos momentos corresponden a la aparición de lapsus y de interrupciones de las funciones cerebrales, tal y como se ha registrado en los EEG. Transcurrido un tiempo, la somnolencia parece reducirse, pero a continuación se produce otro período de lapsus. Si se pregunta a los trabajadores sobre sus sensaciones de fatiga, sin embargo, suelen mencionar unos niveles cada vez mayores de fatiga y cansancio general que persisten a lo largo del período de privación del sueño y en los períodos entre lapsus. Se aprecia una ligera recuperación de los niveles subjetivos de fatiga durante el día que sigue a una noche de privación de sueño, pero la sensación de fatiga aumentan considerablemente en la noche segunda y siguientes de privación de sueño continuada.

Durante la privación del sueño, el peso del sueño por la interacción de la vigilia previa y la fase circadiana estará siempre presente en mayor o menor medida, pero la fragilidad de este estado en sujetos somnolientos también está afectada por los

efectos del contexto (Dinges 1992). La somnolencia se ve afectada por la cantidad y el tipo de estímulos, por el interés que se ponga en el entorno y el significado del estímulo para un individuo en una situación de monotonía o que requiera una atención constante y que pueda llevar con más facilidad a la disminución de la vigilancia y a los lapsus. Cuanto mayor sea la somnolencia fisiológica producida por la falta de sueño, más vulnerable será el individuo a la monotonía que lo rodea. La motivación y los estímulos pueden contribuir a anular este efecto ambiental, pero sólo durante un período limitado.

Efectos de la privación parcial de sueño y la falta de sueño acumulada

Si un individuo trabaja continuamente durante toda una noche, sin dormir, muchas de sus funciones de rendimiento se verán definitivamente deterioradas. Si el sujeto vuelve a estar en el turno de noche por segunda vez sin haber dormido nada, el descenso de su rendimiento seguirá su curso. Tras la tercera o cuarta noche de privación total del sueño, muy poca gente puede permanecer despierta y realizar sus tareas, aunque estén muy motivados. En la vida real, sin embargo, las condiciones de pérdida total del sueño raramente se dan. La gente suele dormir algo durante los turnos de noche siguientes. Pero los estudios realizados en varios países demuestran que el sueño diurno es casi siempre insuficiente para recuperarse del déficit de sueño contraído por el trabajo nocturno (Knauth y Rutenfranz 1981; Kogi 1981; ILO 1990). Como resultado, los déficits de sueño se van acumulando cuando el trabajador repite el turno de noche. También se producen faltas de sueño similares cuando los períodos de sueño se ven reducidos por la necesidad de seguir los cambios de turnos establecidos. Aunque sea posible dormir por la noche, una restricción en el sueño nocturno de sólo dos horas cada noche basta para provocar una falta de sueño en la mayoría de las personas. Una reducción así puede deteriorar el rendimiento y la capacidad de permanecer alerta (Monk 1991).

Tabla 29.9 • Aspectos del sueño “por adelantado”, “de mantenimiento” o “retrasado” como sustituto de un sueño nocturno normal.

Aspecto	Sueño “por adelantado”	Sueño “de mantenimiento”	Sueño “retrasado”
Ocasión	Antes de un turno nocturno Entre turnos nocturnos Antes del trabajo de madrugada Siestas a última hora de la tarde	Trabajo nocturno intermitente Durante un turno de noche Turno alternado de día Tiempo libre prolongado Siestas de forma irregular	Después de un turno de noche Entre turnos de noche Tras un trabajo vespertino prolongado Siestas durante el día
Duración	Generalmente breve	Breve por definición	Generalmente breve pero más largo tras un trabajo vespertino prolongado
Calidad	Mayor latencia para conciliar el sueño Malhumor al levantarse Sueño MOR reducido Sueño de onda lenta dependiente de la vigilia previa	Latencia breve Malhumor al levantarse Fases iniciales de sueño similares a las de un sueño nocturno normal	Latencia más corta para el sueño MOR Se despierta con mayor frecuencia Mayor proporción de sueño MOR Mayor cantidad de sueño de onda lenta tras un período largo de vigilia
Interacción con los ritmos circadianos	Ritmos alterados; ajuste relativamente más rápido	Conduce a la estabilización de los ritmos originales	Ritmos alterados; ajuste lento

En la Tabla 29.9 se muestran ejemplos de las condiciones del sistema de turnos que contribuyen a la acumulación de la falta de sueño o a la privación parcial de sueño. Además del trabajo durante dos noches o más, los períodos de descanso reducidos entre turnos, los turnos de madrugada repetidos, los turnos de noche frecuentes y el reparto inadecuado de los días libres aceleran la acumulación de la falta de sueño.

La escasa calidad del sueño diurno o los períodos de sueño reducidos también son importantes. Durante el sueño diurno, la persona se despierta con más frecuencia, el sueño es menos profundo y de onda más lenta y la distribución de las fases MOR del sueño es diferente de la del sueño nocturno normal (Torsvall, Akerstedt y Gillberg 1981; Folkard y Monk 1985; Empson 1993). Por todo esto, el sueño diurno nunca puede ser tan profundo como el nocturno, aunque el entorno sea adecuado.

La Figura 29.33 ilustra la dificultad para tener una buena calidad de sueño debido a la diferencia de horarios de sueño en un sistema de turnos. En esta figura se muestra la duración del sueño en función del comienzo del período de sueño para ciertos

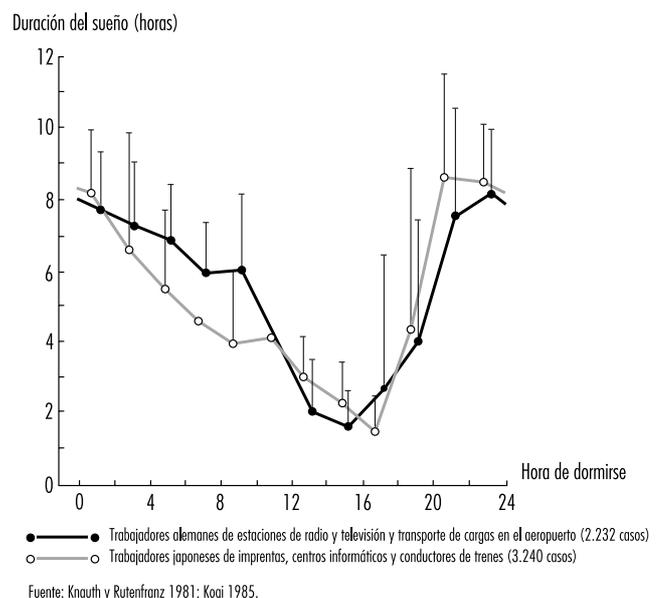
trabajadores alemanes y japoneses, de acuerdo con un registro diario (Knauth y Rutenfranz 1981; Kogi 1985). Debido a la influencia circadiana, el sueño diurno es forzosamente corto. Muchos trabajadores pueden dormir un poco durante el día y a menudo, siempre que pueden, a última hora de la tarde.

En la vida real, los trabajadores por turnos adoptan una serie de medidas que les permiten hacer frente a la acumulación de la falta de sueño (Wedderburn 1989). Por ejemplo, muchos de ellos tratan de dormir “por adelantado” antes del turno de noche o duermen bastante cuando lo finalizan. Aunque estos esfuerzos no son completamente eficaces para compensar los efectos de la falta de sueño, son bastantes liberadores. Las actividades sociales y culturales pueden verse restringidas como parte de estas medidas de compensación. Las actividades de ocio que implican salir, por ejemplo, son menos frecuentes entre dos turnos de noche. Los horarios de sueño y su duración, además de la acumulación de la falta de sueño, dependen de circunstancias tanto sociales como relacionadas con el trabajo.

Recuperación de la privación de sueño y medidas de salud

El único medio eficaz para recuperarse de la falta de sueño es dormir. El efecto reparador del sueño es bien conocido (Kogi 1982). Como la recuperación mediante el sueño puede diferir en función de su horario y duración (Costa y cols. 1990), es fundamental saber cuándo y cuánto debería dormir la gente. En la vida diaria, lo mejor es siempre dormir una noche entera para acelerar la recuperación del déficit de sueño, pero normalmente se trata de reducir los efectos de la falta de sueño con pequeñas siestas en diferentes ocasiones, que sustituyen al sueño normal de una noche entera, del que se ha privado a la persona. La Tabla 29.9 muestra algunos aspectos de estos sueños de sustitución.

Figura 29.33 • Duración media del sueño en función de la hora de inicio del sueño. Comparación entre los datos de trabajadores por turnos alemanes y japoneses.



● Trabajadores alemanes de estaciones de radio y televisión y transporte de cargas en el aeropuerto (2.232 casos)
○ Trabajadores japoneses de imprentas, centros informáticos y conductores de trenes (3.240 casos)

Fuente: Knauth y Rutenfranz 1981; Kogi 1985.

Para compensar la falta de sueño nocturno, lo normal es dormir de día, "por adelantado" o de forma "retrasada" (por ejemplo, antes y después del turno de noche). Este sueño coincide con la fase circadiana de actividad. Por ello, el sueño se caracteriza por una latencia más prolongada, un periodo de sueño de onda lenta más corto, una interrupción de las fases MOR y un desajuste de la vida social del individuo. Los factores sociales y ambientales son importantes para determinar el efecto reparador del sueño. Para considerar la eficacia de las funciones reparadoras del sueño debe tenerse en cuenta que la conversión completa de los ritmos circadianos de un trabajador por turnos es imposible en la vida real.

A este respecto, existe una interesante documentación sobre el "sueño de mantenimiento" (Minors y Waterhouse 1981; Kogi 1982; Matsumoto y Harada 1994). Cuando parte del sueño diario habitual se realiza durante el periodo normal (de noche) y el resto en periodos irregulares, los ritmos circadianos de la temperatura rectal y la secreción urinaria de diversos electrolitos pueden mantener un periodo de 24 horas. Esto significa que un corto sueño nocturno puede mantener los ritmos circadianos originales en los periodos siguientes.

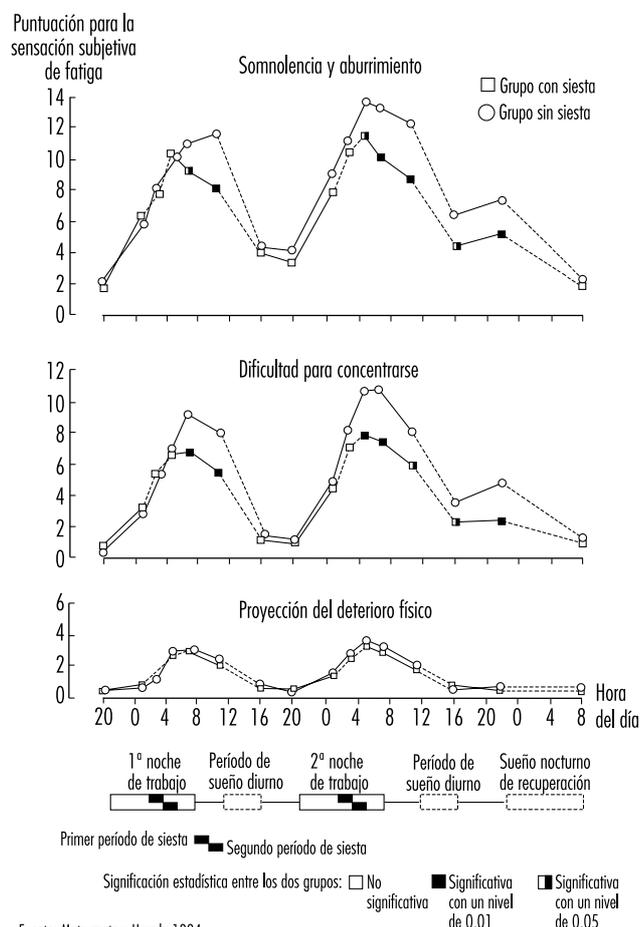
Se puede considerar que el hecho de dormir un poco en distintos momentos del día puede tener una serie de efectos añadidos, vista la capacidad reparadora de cada tipo de sueño. Un enfoque interesante de los trabajadores de turnos de noche es la costumbre de dormir una siesta que normalmente dura unas cuantas horas. Los sondeos demuestran que estas pequeñas siestas nocturnas son habituales entre ciertos grupos de trabajadores del turno de noche. Este sueño de mantenimiento es eficaz para reducir la fatiga del trabajo nocturno (Kogi 1982) y puede reducir la necesidad del sueño reparador.

La Figura 29.34 compara la sensación subjetiva de fatiga durante dos turnos de noche consecutivos y el periodo de recuperación cuando no están trabajando entre un grupo que duerme un rato durante el turno de noche y otro que no lo hace (Matsumoto y Harada 1994). El efecto positivo de la siesta nocturna en la reducción de fatiga es obvio. Este efecto se prolonga durante gran parte del periodo de recuperación que sigue al trabajo nocturno. No hubo diferencias significativas entre estos dos grupos al comparar la duración del sueño diurno del grupo que no dormía "siesta" por la noche con el tiempo de sueño total (siesta nocturna más sueño diurno el día siguiente) del grupo que sí lo hacía. En resumen, una pequeña siesta nocturna permite cumplir parte de las necesidades de sueño esenciales sin esperar al día siguiente. Puede, por tanto, sugerirse que las siestas del turno de noche pueden contribuir, hasta cierto punto, a que el trabajador se recupere de la fatiga provocada por el trabajo y por la privación de sueño que lleva aparejada (Sakai y cols. 1984; Saito y Matsumoto 1988).

Hay que admitir, sin embargo, que no es posible establecer estrategias óptimas para que puedan aplicarlas todos los trabajadores que sufren privación de sueño. Esto se demuestra en la elaboración de la normativa internacional del trabajo para los turnos de noche, que recomienda una serie de medidas para los trabajadores que trabajan en este turno con frecuencia (Kogi y Thurman 1993).

La naturaleza variada de estas medidas y la tendencia hacia una mayor flexibilidad de los sistemas de turnos refleja un claro esfuerzo por aplicar unas estrategias flexibles de descanso (Kogi 1991). La edad, la capacidad física para el trabajo, los hábitos de sueño y otras diferencias individuales relacionadas con la tolerancia pueden desempeñar un papel importante (Folkard y Monk 1985; Costa y cols. 1990; Härmä 1993). Una mayor flexibilidad en los programas de trabajo, junto con un mejor diseño de los mismos será muy útil a este respecto (Kogi 1991).

Figura 29.34 • Valoración media de la sensación subjetiva de fatiga durante dos turnos nocturnos consecutivos y durante el periodo de recuperación sin trabajo para grupos con o sin siesta.



Fuente: Matsumoto y Harada 1994.

Las estrategias para dormir en situaciones de privación de sueño deberán depender del tipo de vida laboral y ser lo suficientemente flexibles para ajustarse a las situaciones individuales (Knauth, Rohmert y Rutenfranz 1979; Rutenfranz, Knauth y Angersbach 1981; Wedderburn 1991; Monk 1991). Una conclusión general es que la privación de sueño nocturno debe reducirse seleccionando unos programas de trabajo adecuados y facilitando la recuperación mediante el fomento de la posibilidad de dormir según las necesidades individuales, lo que incluye las siestas de sustitución y el sueño profundo nocturno, en periodos en los que la privación de sueño es reciente.

Es importante prevenir la acumulación de la falta de sueño. El periodo de turno de noche, que priva a los trabajadores del sueño en la hora habitual, debería ser lo más reducido posible. Los intervalos entre uno y otro turno deberán ser suficientemente largos para permitir que el sueño sea suficiente. También resulta útil mejorar el ambiente para el sueño y adoptar una serie de medidas que se ajusten a las necesidades sociales. Por esto, cuando se trata de mejorar la salud de los trabajadores con frecuentes déficits de sueño, es indispensable el apoyo social para diseñar los horarios, los trabajos y las estrategias individuales para afrontarlos.

DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE TRABAJO

● PUESTOS DE TRABAJO

*Roland Kadefors***Un enfoque integral del diseño de los puestos de trabajo**

En ergonomía, el diseño del puesto de trabajo es una tarea fundamental. Se sabe que en cualquier entorno de trabajo, ya sea la oficina o el taller, un puesto de trabajo bien diseñado aumenta no sólo la salud y bienestar de los trabajadores, sino también la productividad y la calidad de los productos. Y a la inversa, un puesto mal concebido puede dar lugar a quejas relacionadas con la salud o a enfermedades profesionales crónicas y a problemas para mantener la calidad del producto y el nivel de productividad deseado.

Para cualquier ergónomo, el párrafo anterior puede resultar trivial. También cualquier ergónomo reconocerá que la vida laboral en todo el mundo se caracteriza no sólo por la falta de aplicación de la ergonomía, sino por las patentes violaciones de sus principios básicos. Está bien claro que hay una gran falta de conciencia en lo relativo a la importancia del diseño del puesto de trabajo por parte de los responsables: ingenieros de producción, supervisores y directivos.

Hay que destacar que existe una tendencia internacional relacionada con la labor industrial que parece subrayar la importancia de los factores ergonómicos: el aumento en la exigencia de una mejor calidad, una mayor flexibilidad de la producción y la precisión en la entrega del producto. Estas exigencias no son compatibles con el punto de vista tradicional que se aplica al diseño de los puestos de trabajo.

Aunque en la actualidad son los factores físicos del puesto de trabajo los que suponen la preocupación principal, debe tenerse en cuenta que el diseño físico del puesto de trabajo no puede separarse, en la práctica, de la organización de la tarea. Este principio quedará claro en el proceso de diseño descrito a continuación. La calidad del resultado final del proceso se apoya en tres puntos: el conocimiento ergonómico, su integración con las exigencias de productividad y calidad, y la participación. El *proceso de ejecución* de un nuevo puesto de trabajo debe favorecer esta integración y constituye el punto central de este artículo.

Aspectos del diseño

Los puestos de trabajo están pensados para el trabajo. Hay que reconocer que el punto de partida en el proceso de diseño de un puesto de trabajo es pensar que hay que cumplir un objetivo de producción determinado. El diseñador, normalmente un ingeniero de producto o cualquier otro directivo de nivel intermedio, concibe una visión interna del puesto de trabajo y comienza a poner en práctica lo que ha visto con sus medios de planificación. El proceso es iterativo: desde un primer intento muy básico, las soluciones se van afinando cada vez más. Es esencial que el aspecto ergonómico se tenga en cuenta en cada iteración, a medida que avanza el trabajo.

No debe olvidarse que el *diseño ergonómico* de los puestos de trabajo está estrechamente relacionado con la *evaluación ergonómica* de los mismos. En realidad, la estructura que hay que seguir se aplica tanto a los puestos que ya existen como a la fase de planificación.

En el proceso de diseño existe la necesidad de una estructura que garantice que se han tenido en cuenta todos los aspectos relevantes. La forma tradicional de enfrentarse a esto es

elaborando unas listas con una serie de variables que no deben olvidarse. Sin embargo, las listas generales suelen ser largas y difíciles de utilizar, ya que en una situación determinada de diseño puede que sólo sea necesaria una parte de dicha lista. Por otro lado, en una situación práctica de diseño, algunas variables destacan como más importantes que las demás. Es necesaria una metodología que considere todos estos factores conjuntamente, como la que se propone en este artículo.

Las recomendaciones para el diseño de un puesto de trabajo deben basarse en una serie de exigencias. Debe tenerse en cuenta que, en general, no basta con ajustarse a los valores umbral para las variables individuales. Un propósito combinado y aceptado de productividad y mantenimiento de la salud hace necesario ir más allá que en el diseño tradicional. La cuestión de las molestias musculoesqueléticas, en particular, es un aspecto fundamental en muchas de las situaciones de la industria, aunque este tipo de problemas no esté limitado en absoluto al entorno industrial.

Proceso de diseño de un puesto de trabajo**Fases del proceso**

En los procesos de diseño y ejecución de un puesto de trabajo siempre existe una necesidad inicial de informar a los usuarios y organizar el proyecto de forma que éstos tengan una participación plena, para que el resultado final sea aceptado por todos. El tratamiento de este objetivo no está dentro del ámbito de este artículo, que se centra en el problema de llegar a la solución idónea para el diseño físico del puesto de trabajo; sin embargo, el proceso de diseño permite la integración de dicho objetivo. En ese proceso siempre habrá que tener en cuenta las fases siguientes:

1. recabar las peticiones del usuario
2. establecer las prioridades de estas peticiones
3. transferir las peticiones a (a) especificaciones técnicas y (b) especificaciones del usuario
4. desarrollar de forma iterativa el diseño físico del puesto de trabajo
5. materializar el proyecto
6. período de pruebas de la producción
7. producción plena
8. evaluar e identificar los problemas de descanso

En este artículo nos centramos en las primeras cinco fases. Muchas veces, sólo se tiene en cuenta un subconjunto de estas fases para diseñar un puesto de trabajo. Esto se debe a varios motivos. Si el puesto de trabajo tiene un diseño estándar, como sucede en algunas situaciones de trabajo con PVD (pantalla de visualización de datos), algunos de estos pasos pueden suprimirse. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la exclusión de algunos de los pasos de la lista da como resultado un puesto de calidad inferior a la que se consideraría aceptable. Este puede ser el caso cuando las limitaciones económicas o de tiempo son demasiado importantes, o cuando existe negligencia debido a la falta de conocimiento o previsión en los niveles directivos.

Obtención de las peticiones de los usuarios

Es fundamental identificar al usuario de un puesto de trabajo como miembro de una organización de producción que puede contribuir al diseño con sus opiniones cualificadas. Los usuarios pueden incluir, por ejemplo, trabajadores, supervisores, encargados de la planificación de la producción e ingenieros de

producción, además del encargado de seguridad. La experiencia demuestra que todos estos trabajadores tienen un conocimiento personal que debe aprovecharse para el proceso.

La obtención de las peticiones del usuario deberá cumplir una serie de requisitos:

1. *Apertura.* No deberá aplicarse ningún filtro en la fase inicial del proceso. Todos los puntos de vista deberán tenerse en cuenta sin criticarse.
2. *No discriminación.* Las opiniones de cualquier categoría deberán tratarse de forma equitativa en esta fase del proceso. Deberá otorgarse una consideración especial al hecho de que algunas personas pueden estar más dispuestas a participar que otras y existe el riesgo de que no dejen participar a los demás.
3. *Desarrollo a través del diálogo.* Debe existir una oportunidad para ajustar y desarrollar las peticiones mediante un diálogo entre los participantes de distintas procedencias. La asignación de prioridades deberá formar parte del proceso.
4. *Versatilidad.* El proceso de recabar las peticiones de los usuarios deberá resultar razonable desde el punto de vista económico y no debe exigir la participación de especialistas o un consumo excesivo de tiempo de los participantes.

La serie anterior de criterios puede cumplirse utilizando una metodología basada en el *desarrollo de la función de calidad* (QFD) de Sullivan (1986). Según este modelo, las peticiones del usuario pueden recogerse en una sesión en la que esté presente un grupo mixto de participantes compuesto por no más de ocho o diez personas. Todos los participantes recibirán una libreta con hojas adhesivas para notas. Se les pedirá que escriban todo lo que exigen de un puesto de trabajo, cada característica en una hoja de papel. Quedarán cubiertos los aspectos relacionados con el entorno de trabajo y la seguridad, la productividad y la calidad. Esta actividad puede prolongarse todo lo que haga falta, normalmente entre diez y quince minutos. Después de esta sesión, se pedirá a los participantes, uno a uno, que lean sus opiniones y peguen sus notas en la pizarra de la sala, para que todo el grupo pueda verlas. Las peticiones se agruparán por categorías naturales, como iluminación, dispositivos para levantar pesos, equipos de producción, cuestiones de distancias y de flexibilidad. Una vez terminada la ronda, el grupo tendrá la ocasión de discutir y comentar todas las peticiones, por categorías, según su importancia y prioridad.

El conjunto de peticiones de los usuarios, obtenido en un proceso como el descrito, constituye la base para desarrollar la especificación de las peticiones. Se puede obtener información adicional de otras categorías de trabajadores, por ejemplo, diseñadores de productos, ingenieros de calidad o economistas. Pero lo principal es darse cuenta de cuál es la contribución potencial de los usuarios en este contexto.

Establecimiento de prioridades en las peticiones

En relación con el proceso de especificación, es fundamental que los distintos tipos de peticiones se consideren de acuerdo a su importancia. De no ser así, todos los aspectos tendrán que considerarse en paralelo, lo que puede complicar el diseño y hacer que la situación sea difícil de controlar. Por ello, las listas de comprobación que hay que elaborar pueden resultar difíciles de manejar en determinadas situaciones.

Es difícil trazar un esquema de prioridades que sirva para cualquier tipo de puesto de trabajo, pero si se considera que la manipulación manual de los materiales, herramientas o productos es un aspecto esencial del trabajo que se va a realizar

en el puesto, hay muchas probabilidades de que los aspectos asociados con la carga musculoesquelética estén en los primeros puestos de la lista de prioridades. La validez de este supuesto puede comprobarse en la fase de obtención de peticiones. Las peticiones importantes pueden, por ejemplo, estar asociadas con la tensión muscular y la fatiga, la necesidad de estirarse para alcanzar algo, la visibilidad o la facilidad de manipulación.

Es importante aceptar que tal vez no sea posible transformar todas las peticiones de los usuarios en especificaciones técnicas. Aunque las peticiones estén relacionadas con aspectos más sutiles, como la comodidad, pueden ser muy importantes y deberán tenerse en cuenta a lo largo del proceso.

Variables de la carga musculoesquelética

De acuerdo con el razonamiento anterior, aplicaremos el criterio de que existe una serie de variables ergonómicas básicas relacionadas con la carga musculoesquelética, que debe tenerse en cuenta como prioridad en el proceso de diseño, con el fin de eliminar el riesgo de *trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo*. Este tipo de trastornos se caracterizan por dolor localizado en el sistema musculoesquelético, que se desarrolla durante periodos de tiempo prolongados como resultado de tensiones repetidas en una parte determinada del cuerpo (Putz-Anderson 1988). Las variables básicas son (por ejemplo, Corlett 1988):

- exigencia de fuerza muscular
- exigencias de la postura de trabajo
- exigencias de tiempo

En relación con la *fuerza muscular*, los criterios pueden basarse en una combinación de factores biomecánicos, psicológicos y fisiológicos. Esta variable se aplica midiendo las necesidades de fuerza exterior, en términos de masa manipulada o fuerza requerida, por ejemplo, para manejar herramientas con mango. También pueden considerarse las cargas punta, en conexión con los trabajos más dinámicos.

La *postura de trabajo*: sus exigencias pueden evaluarse trazando (a) situaciones en las que las articulaciones se estiren más allá de su intervalo natural de movimiento y (b) algunas situaciones especialmente complicadas, como las que exigen arrodillarse, girarse o inclinarse, o trabajar con la mano por encima del nivel del hombro.

Las *exigencias de tiempo* pueden evaluarse trazando (a) un trabajo repetitivo, de ciclo corto y (b) un trabajo estático. La evaluación del trabajo estático puede afectar no sólo al mantenimiento de una postura o a la producción de una fuerza determinada durante periodos de tiempo prolongados. Desde el punto de vista de los músculos estabilizadores, especialmente en la articulación del hombro, el trabajo dinámico también puede tener una componente estática. Así, puede ser necesario considerar periodos más prolongados de movilización de las articulaciones.

La posibilidad de que una situación laboral se acepte en la práctica, se basa en las exigencias para la zona del cuerpo que se encuentra sometida a mayor tensión.

Es importante recordar que estas variables no deben considerarse independientemente, sino en conjunto. Por ejemplo, la necesidad de ejercer una gran fuerza puede ser aceptable si se produce de forma ocasional; la elevación del brazo por encima del nivel del hombro de vez en cuando no es un factor de riesgo. Pero las combinaciones de estas variables básicas sí deben tenerse en cuenta, y esto complica la definición de criterios.

En la *Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual handling tasks* (Revisión de la ecuación del NIOSH para el diseño y evaluación de las tareas de levantamiento manual) (Waters et al. 1993), este problema se aborda mediante una ecuación que establece los

límites de peso y tiene en cuenta los siguientes factores: distancia horizontal, levantamiento de peso en vertical, asimetría en el levantamiento, acoplamiento manual y frecuencia de los levantamientos. De esta forma, los 23 kg de carga límite aceptable en condiciones ideales según los criterios biomecánicos, fisiológicos y psicológicos, pueden variar significativamente si se tienen en cuenta las particularidades de la situación laboral. La ecuación del NIOSH proporciona una base para evaluar el trabajo y el puesto de trabajo que conlleva tareas de levantamiento. Sin embargo, existen importantes limitaciones relacionadas con la posibilidad de aplicar la ecuación del NIOSH: por ejemplo, sólo pueden analizarse levantamientos que se realizan con ambas manos, ya que las pruebas científicas para el análisis de tareas de levantamiento realizadas con una sola mano aún no son definitivas. Esto demuestra la dificultad de aplicar las pruebas científicas al diseño del trabajo y del puesto de trabajo. En la práctica, las pruebas científicas deben combinarse con las opiniones de personas que tengan experiencia directa o indirecta en el tipo de trabajo en cuestión.

El modelo del cubo

La evaluación ergonómica de los puestos de trabajo es en gran medida un problema de comunicación, si se tiene en cuenta el complejo conjunto de variables. Se ha creado un modelo cúbico para la evaluación ergonómica de los puestos de trabajo basado en la discusión de prioridades antes descrita (Kadefors 1993). El primer objetivo fue crear una herramienta didáctica con fines comunicativos, basada en el supuesto de que la fuerza aplicada, la postura y las medidas de tiempo, constituyen unas variables básicas, prioritarias y relacionadas entre sí en la mayor parte de las situaciones.

Las exigencias se pueden agrupar en relación con su importancia, para cada una de las variables básicas. Se ha propuesto que esta agrupación se realice en tres niveles: (1) *exigencias bajas*, (2) *exigencias medias* o (3) *exigencias altas*. Los niveles de exigencia pueden determinarse mediante pruebas científicas o bien, mediante un enfoque de consenso en un grupo de usuarios. Estas dos alternativas no son mutuamente excluyentes y pueden producir resultados similares, pero probablemente con distintos grados de generalidad.

Como ya se ha dicho, las combinaciones de variables básicas determinan en gran medida el nivel de riesgo en relación con el desarrollo de problemas musculoesqueléticos y los trastornos traumáticos acumulativos. Por ejemplo, la exigencia de un tiempo prolongado puede hacer que una situación laboral se convierta en algo inaceptable en los casos en los que hay al menos exigencias de nivel medio relacionadas con la fuerza y la postura. En el diseño y valoración de los puestos de trabajo es esencial que las variables más importantes se consideren de forma conjunta. Para esta evaluación se propone el *modelo del cubo*. Las variables básicas: fuerza, postura, constituyen los tres ejes del cubo. Para cada combinación de exigencias puede definirse un subcubo; el modelo incorpora 27 de estos subcubos (véase la Figura 29.35).

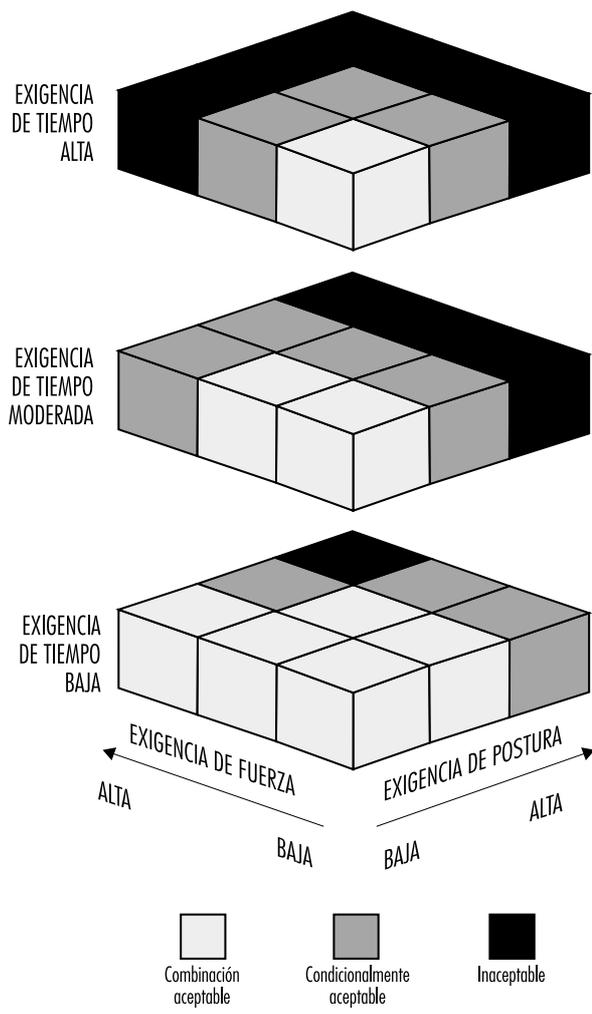
Un aspecto básico del modelo es el grado de aceptación de las combinaciones de exigencias. En el modelo se propone un esquema de clasificación dividido en tres zonas: (1) la situación es *aceptable*, (2) la situación es *condicionalmente aceptable* o (3) la situación es *inaceptable*. Con fines didácticos, cada subcubo puede tener una textura o color determinado (por ejemplo, verde-amarillo-rojo). En este caso, la valoración también puede basarse en el usuario o en las pruebas científicas. La zona condicionalmente aceptable (amarilla) implica que "existe un riesgo de enfermedad o perjuicio que no puede ignorarse para la

totalidad o parte de la población trabajadora en cuestión" (CEN 1994).

Para profundizar en este enfoque, resulta útil considerar un caso concreto: la evaluación de la carga depositada sobre el hombro con una sola mano en un proceso de manipulación de materiales a velocidad moderada. Se trata de un caso excelente, ya que en este tipo de situación es normalmente la estructura del hombro la que sufre la mayor tensión.

Con relación a la variable de fuerza, la clasificación puede basarse en este caso en la masa manipulada. Aquí, la *exigencia de fuerza baja* corresponde a niveles inferiores al 10 % de la capacidad máxima de carga voluntaria (MVL), que asciende aproximadamente a 1,6 kg en una zona de trabajo óptima. La *exigencia de fuerza alta* requiere más del 30 % de la MVLC, aproximadamente 4,8 kg. La *exigencia de fuerza moderada* queda entre estos límites. La *tensión postural baja* se produce cuando la parte superior del brazo está cerca del tórax. La *tensión postural alta* se

Figura 29.35 • "Modelo del cubo" para la evaluación ergonómica. Cada cubo representa una combinación de exigencias relacionadas con la fuerza, la postura y el tiempo. Color claro: combinación aceptable; gris: condicionalmente aceptable; negro: inaceptable.



produce cuando la abducción o flexión del húmero supera los 45°. La *tensión postural moderada* se produce cuando el ángulo de abducción/flexión se encuentra entre 15° y 45°. La *exigencia de tiempo alta* se da cuando la manipulación lleva menos de una hora en un día de trabajo, o menos de 10 minutos diarios de forma continua. La *exigencia de tiempo moderada* se produce cuando la manipulación tiene lugar durante más de cuatro horas por día de trabajo, o durante más de 30 minutos de forma continuada (sostenida o repetitiva). La *exigencia de tiempo baja* se produce cuando la exposición queda entre estos dos límites.

En la Figura 29.35 se han asignado grados de aceptación a las combinaciones de exigencias. Por ejemplo, puede verse que las exigencias de tiempo altas sólo pueden combinarse con exigencias de fuerza y posturales bajas. El paso de lo inaceptable a lo aceptable es posible, reduciendo las exigencias en cualquier dimensión, pero la reducción de tiempo es la más eficaz en muchos casos. En otras palabras, en algunas ocasiones deberá modificarse el diseño del puesto de trabajo y en otras puede resultar más eficaz cambiar la organización del trabajo.

El uso de un grupo de consenso formado por usuarios para definir los niveles de exigencia y la clasificación del grado de aceptación puede mejorar considerablemente el proceso de diseño del puesto de trabajo, como se explica más adelante.

Variables adicionales

Además de las variables básicas ya comentadas, existe una serie de variables y factores que caracterizan al puesto de trabajo desde el punto de vista ergonómico, que hay que tener en cuenta, y que dependen de las condiciones particulares de la situación que se vaya a analizar. Entre éstas están:

- las precauciones para reducir el riesgo de accidentes,
- los factores medioambientales específicos, como el ruido, la iluminación y la ventilación,
- la exposición a los factores climáticos,
- la exposición a la vibración (por sostener herramientas),
- la facilidad para cumplir las exigencias de productividad y calidad.

Estos factores pueden considerarse de forma independiente hasta cierto punto; por lo que el enfoque de la lista de comprobación puede resultar útil. Grandjean (1988) abarca en su libro los aspectos esenciales que es necesario tener en cuenta a este respecto. Konz (1990) proporciona, en sus directrices para la organización y el diseño del puesto de trabajo, una serie de preguntas que se centran en la relación entre el trabajador y la máquina en los sistemas de fabricación.

En el proceso de diseño que se ha seguido aquí, la lista de comprobación debe leerse junto con las peticiones expresadas por el usuario.

Ejemplo de diseño de un puesto de trabajo: soldadura manual

Como ejemplo ilustrativo (hipotético), se describe un proceso de diseño que conduce a la puesta en marcha de un puesto de soldadura manual (Sundin y cols., 1994). La soldadura es una actividad que suele combinar grandes exigencias de fuerza muscular y grandes exigencias de precisión manual. El trabajo tiene un carácter estático. El soldador suele dedicarse exclusivamente a esa tarea. El ambiente suele ser hostil, con una combinación de exposición a altos niveles de ruido, humo y radiación óptica.

La tarea consiste en diseñar un puesto de trabajo para soldadura MIG (metal gas inerte) de objetos de tamaño medio (hasta 300 kg) en un taller. El taller tiene que ser flexible, ya que deben fabricarse diversos objetos. Las exigencias más importantes son las de productividad y calidad.

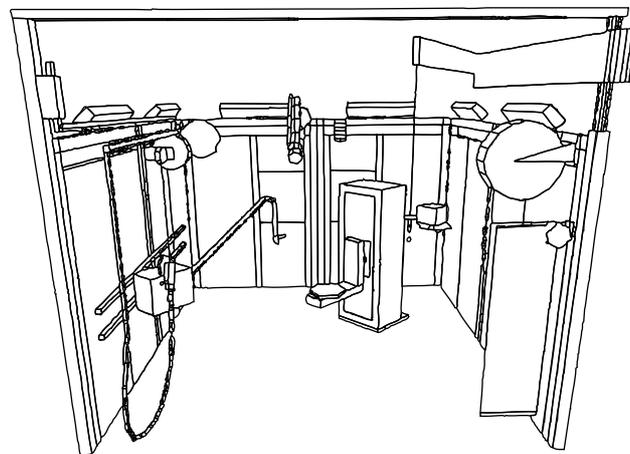
Se llevó a cabo un proceso QFD para que los usuarios proporcionaran un conjunto de peticiones del puesto de trabajo. En este proceso participaron los soldadores, los ingenieros de producción y los diseñadores de producto. Las peticiones de los usuarios, que no se detallan aquí, abarcaban una amplia gama de aspectos, entre los cuales se encontraban la ergonomía, la seguridad, la productividad y la calidad.

Utilizando el modelo del cubo, el grupo identificó, por consenso, límites de carga altos, moderados y bajos:

1. *Variable de fuerza.* Se consideró una carga baja a una masa inferior a 1 kg, y una carga alta, más de 3 kg.
2. *Variable de tensión postural.* Las posturas adoptadas para trabajar que imponen una gran tensión son las que obligan a elevar los brazos, a girarse o inclinarse mucho, o a arrodillarse, además de situaciones en las que la muñeca debe mantenerse en posición de flexión/extensión o desviación extremas. La tensión escasa se produce cuando la postura es erguida, de pie o sentado, y las manos están en las zonas de trabajo óptimas.
3. *Variable de tiempo.* Se considera una exigencia de tiempo baja cuando menos del 10 % de la jornada laboral se dedica a soldar, y alta cuando se trata de más del 40 %. La exigencia moderada implica que la variable quede entre los límites indicados, o que la situación no está clara.

Según la valoración obtenida con el modelo del cubo (Figura 29.35) es evidente que las exigencias expresadas no se aceptarían si coincidieran las exigencias altas o moderadas de fuerza o tensión postural. Para poder reducir estas exigencias, era necesaria la manipulación mecánica de los objetos y la suspensión de herramientas. En torno a esta conclusión se produjo un consenso. Utilizando un sencillo programa de dibujo asistido por ordenador (CAD) llamado ROOMER, se creó una biblioteca de equipos. Con esto resultaba muy sencillo diseñar y modificar, en estrecha colaboración con los usuarios, la disposición del puesto de trabajo. Este enfoque de diseño tiene enormes ventajas en comparación con la observación de planos, ya que da al usuario una visión inmediata del aspecto que tendrá el puesto de trabajo.

Figura 29.36 • Versión CAD de un puesto de trabajo de soldadura manual, conseguida durante el proceso de diseño.



La Figura 29.36 muestra el puesto de soldadura al que se llegó utilizando el sistema CAD. Es un puesto que reduce las exigencias de fuerza y postura y que cumple prácticamente todos los requisitos residuales de los usuarios.

Basándose en los resultados de las primeras fases del proceso de diseño, se construyó físicamente un puesto de soldadura (Figura 29.37). Entre sus ventajas están:

1. Se facilita el trabajo en la zona más adecuada gracias a un dispositivo de manipulación controlado por ordenador para los objetos que se sueldan. Hay un montacargas, situado por encima del nivel de la cabeza, destinado al transporte. Como alternativa, se puede utilizar un dispositivo elevador para que la manipulación de objetos sea más sencilla.
2. La pistola de soldadura y la rectificadora están colgadas, reduciendo así la necesidad de fuerza. Pueden colocarse en cualquier parte del objeto que se está soldando. También se ha incluido una silla especial.
3. Todos los medios proceden de la parte superior, lo que significa que no hay cables por el suelo.
4. El puesto de trabajo tiene tres niveles de iluminación: general, puesto de trabajo y proceso. La iluminación del puesto de trabajo procede de elevadores que están por encima de los elementos de la pared. La luz de proceso está integrada en el brazo de extracción de humo de la soldadura.

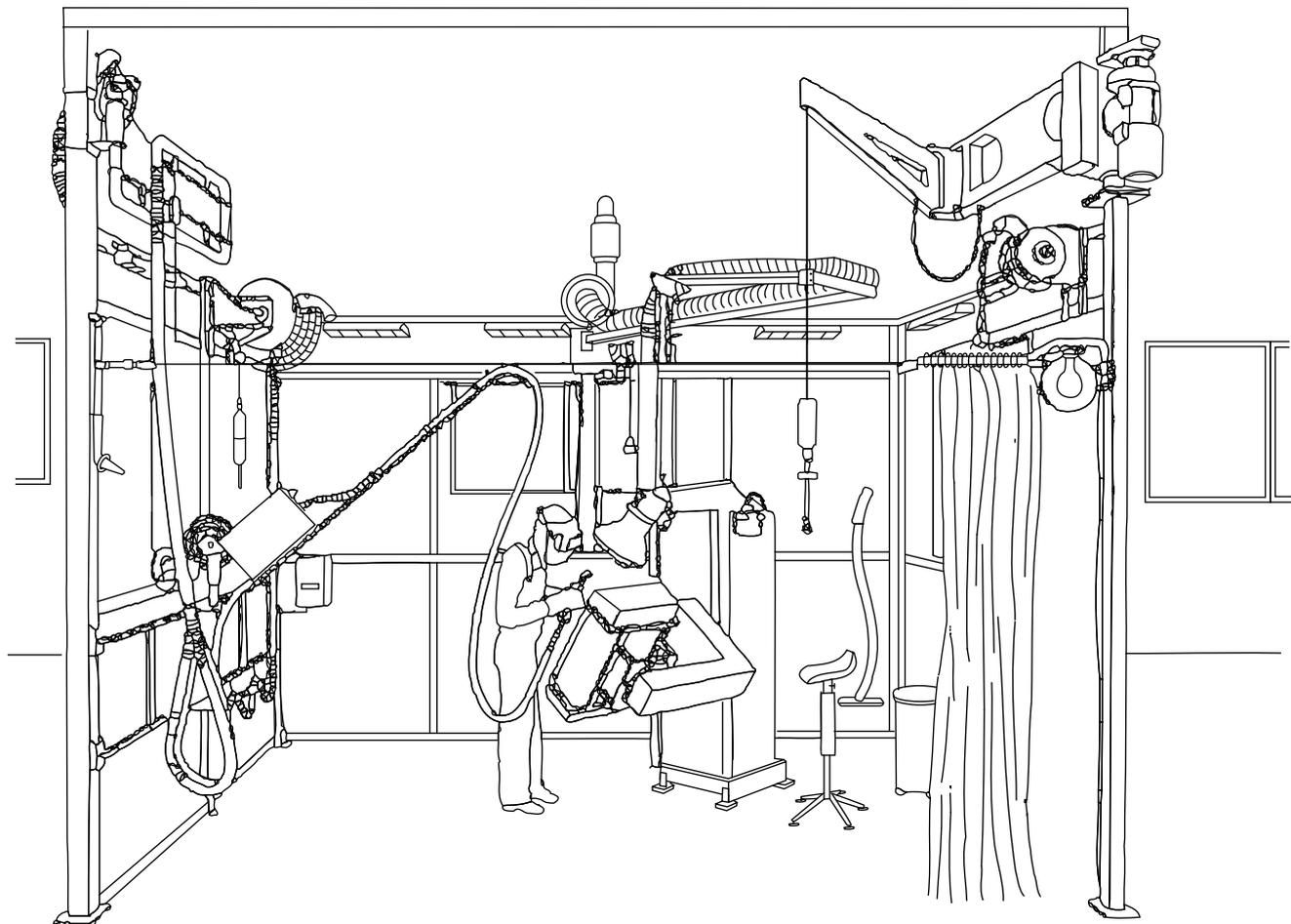
5. El puesto de trabajo tiene tres niveles de ventilación: uno en el desplazamiento general y dos en el lugar de trabajo: uno con un brazo movable y otro integrado en la pistola de soldadura MIG. La ventilación del puesto de trabajo se controla con la pistola de soldadura.
6. Existen elementos para la absorción de ruido en tres paredes del lugar de trabajo. Una cortina de soldadura transparente cubre la cuarta pared. Así el soldador puede estar informado de lo que sucede a su alrededor.

En una situación real es necesario hacer concesiones de varios tipos, ya que existen limitaciones económicas, de espacio, etc. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que los soldadores autorizados son difíciles de encontrar en el sector industrial mundial y representan una inversión considerable. Casi ningún soldador llega a la jubilación como soldador activo. Mantener en el puesto a un soldador cualificado es positivo para todas las partes implicadas: el soldador, la empresa y la sociedad. Por ejemplo, hay muy buenas razones por las que un equipo de manipulación y posicionamiento de objetos debería formar parte de cualquier puesto de soldadura.

Datos para el diseño de un puesto de trabajo

Para poder diseñar un puesto de trabajo adecuado es necesario contar con una serie de datos básicos como datos

Figura 29.37 • Ejecución del puesto de trabajo de soldadura.



antropométricos de las categorías de usuarios, fuerza de levantamiento y otros datos sobre la capacidad de la población masculina y femenina, especificaciones de lo que constituye un puesto de trabajo óptimo, etc. En este artículo se hace referencia a algunas publicaciones clave.

El estudio más completo de prácticamente todos los aspectos del diseño de una tarea y un puesto de trabajo sigue siendo probablemente el libro de Grandjean (1988). La información sobre una amplia serie de aspectos antropométricos relevantes para diseñar un puesto de trabajo puede encontrarse en Pheasant (1986). Chaffin y Andersson (1984) ofrecen gran cantidad de datos antropométricos y biomecánicos. Konz (1990) ha presentado una guía práctica para diseñar puestos de trabajo que incluye una serie de reglas básicas. Los criterios de evaluación para las extremidades superiores, especialmente referidos a los trastornos traumáticos acumulativos, pueden encontrarse en Putz-Anderson (1988). Sperling y cols. (1993) ofrecen un modelo para la valoración del trabajo con herramientas manuales. En relación con el levantamiento manual, Waters y cols. (1993) han desarrollado y revisado la ecuación del NIOSH, resumiendo el conocimiento científico existente en este aspecto. La especificación de la antropometría funcional y las zonas de trabajo óptimas ha sido presentada, por ejemplo, por Rebiffé, Zayana y Tarrière (1969) y Das y Grady (1983a, 1983b). Mital y Karwowski (1991) han editado un libro de gran utilidad en el que se revisan distintos aspectos relacionados principalmente con el diseño de puestos de trabajo industriales.

La gran cantidad de datos necesarios para diseñar un puesto de trabajo, tomando en cuenta todos los aspectos importantes, hará necesario el uso de la actual tecnología de la información por los ingenieros de producto y otros cargos de responsabilidad. Es posible que en un futuro próximo aparezcan distintos sistemas para apoyar sus decisiones, por ejemplo, en forma de sistemas expertos o basados en el conocimiento. La obra de De Greve y Ayoub (1987), Laurig y Rombach (1989) y de Pham y Onder (1992) incluye informes sobre estos avances. No obstante, resulta muy difícil pensar en un sistema que permita al usuario final el acceso sin problemas a todos los datos importantes necesarios para realizar un diseño específico.

● HERRAMIENTAS

T.M. Fraser

Normalmente, una herramienta se compone de cabeza y mango, algunas veces con un eje o, en el caso de una herramienta mecánica, un cuerpo. Como la herramienta debe ajustarse a las necesidades de distintos usuarios, pueden surgir conflictos importantes que será necesario solucionar. Algunos de estos conflictos se derivan de las limitaciones en la capacidad del usuario y otros son intrínsecos a la herramienta. Deberá recordarse, sin embargo, que las limitaciones humanas son inherentes y normalmente invariables, mientras la forma y función de la herramienta están sujetas a un cierto grado de modificación. Así, con el fin de efectuar todos los cambios deseables, la atención deberá dirigirse en primer lugar a la forma de la herramienta, especialmente a lo que sirve de interfaz entre el usuario y la herramienta: el mango.

La naturaleza del agarre

Las características del agarre se han definido en términos de *agarre de fuerza*, *agarre de precisión* y *agarre de gancho*, con los que pueden llevarse a cabo prácticamente todas las actividades humanas manuales.

En un agarre de fuerza, como el que se aplica para clavar con un martillo, la herramienta se sujeta mediante una abrazadera formada por los dedos, parcialmente flexionados, y la palma de la mano, mientras que el dedo pulgar aplica una presión opuesta. En un agarre de precisión, como el que se utiliza cuando se ajusta un tornillo, la herramienta queda sujeta entre la parte flexora de los dedos y el pulgar, situado frente a éstos. Una modificación del agarre de precisión es el agarre tipo lápiz, que se explica por su propio nombre y que se utiliza para trabajos complicados. Un agarre de precisión proporciona sólo el 20 % de la fuerza de un agarre de fuerza.

El agarre de gancho se emplea cuando no es necesario aplicar ninguna fuerza y sólo hace falta sujetar. Con este agarre, el objeto queda suspendido entre los dedos flexionados, con o sin la contribución del dedo pulgar. Las herramientas pesadas deberán diseñarse de forma que puedan transportarse con este tipo de agarre.

Grosor del agarre

En los agarres de precisión, el grosor recomendado varía entre 8 y 16 milímetros (mm) para los destornilladores y entre 13 y 30 mm para estiletes. En los agarres de fuerza aplicados a un objeto más o menos cilíndrico, los dedos deberán rodear más de la mitad de la circunferencia, pero los dedos y el pulgar no deben llegar a unirse. Los diámetros recomendados van desde 25 mm hasta 85 mm. El tamaño óptimo, que varía según el tamaño de la mano, está entre 55 y 65 mm para los hombres y entre 50 y 60 mm para las mujeres. Las personas con manos pequeñas no deben realizar tareas repetitivas que impliquen agarres de fuerza con mangos de diámetro superior a 60 mm.

Fuerza del agarre y dimensiones de la mano

El uso de una herramienta requiere fuerza. Además de para sujetar, la fuerza de la mano se necesita principalmente para el uso de las herramientas que actúan como una palanca en cruz, como los alicates y las herramientas de compresión. La fuerza efectiva de compresión está en función de la fuerza aplicada y la distancia requerida por la herramienta. La distancia funcional máxima entre la punta del pulgar y la de los dedos que desempeñan la función de agarre tiene una media de 145 mm para los hombres y 125 mm para las mujeres, con variaciones étnicas. Para una distancia óptima, es decir, entre 45 y 55 mm para hombres y mujeres, la fuerza de agarre disponible para una acción a corto plazo va de 450 a 500 newtons para los hombres y 250 a 300 newtons para mujeres, pero en casos de acción repetitiva, se suelen recomendar 90-100 newtons para hombres y 50-60 newtons para las mujeres. Muchas tenazas o alicates de los que se utilizan habitualmente no se pueden utilizar con una sola mano, especialmente en el caso de las mujeres.

Cuando el mango es el de un destornillador o el de una herramienta similar, el par de torsión aplicable depende de la capacidad del usuario para transmitir la fuerza al mango, determinada tanto por el coeficiente de fricción que hay entre la mano y el mango, y el diámetro de este último. Las irregularidades en la forma del mango no tienen apenas incidencia en la capacidad para aplicar la torsión, aunque los bordes afilados pueden provocar incomodidades e incluso dañar los tejidos. El diámetro de un mango cilíndrico que permita la máxima aplicación de torsión está entre 50 y 65 mm, mientras que para una esfera está entre 65 y 75 mm.

Mangos

Forma del mango

La forma del mango deberá proporcionar el máximo contacto entre éste y la piel. Debería ser estándar y general, normalmente

de sección cilíndrica achatada o elíptica, con curvas largas y planos lisos, o un sector esférico, todo ello combinado de forma que se ajuste al contorno de la mano en posición de agarre. Dada su unión con el cuerpo de la herramienta, el mango también puede tomar la forma de estribo, en T o en L, pero la parte que está en contacto con la mano deberá tener un diseño básico.

El espacio que se abarca con los dedos es, naturalmente, complejo. El uso de curvas simples es una solución pensada para que se ajuste a la variabilidad de las manos y los distintos grados de flexión. A este respecto, no es deseable fabricar un mango que tenga la forma de los dedos, con entrantes y salientes, ondulaciones y muescas, ya que, en realidad, estas modificaciones no se ajustarían a la mayoría de las manos y podrían, en un período prolongado de tiempo, provocar lesiones a los tejidos más sensibles. En particular, no se recomiendan las depresiones que superen los 3 mm.

Una modificación de la sección cilíndrica es la hexagonal, que tiene un especial valor en el diseño de herramientas de pequeño calibre. Es más sencillo mantener un agarre estable en una sección hexagonal de pequeño calibre que en un cilindro. Las secciones cuadradas y triangulares también se han utilizado con cierto éxito. En estos casos, los bordes deben estar redondeados, para evitar las heridas debidas a la presión.

Superficie y textura del agarre

No es casualidad que durante milenios la madera haya sido el material elegido para fabricar mangos de herramientas de alicates y tenazas. Además de su atractivo estético, la madera siempre ha sido fácil de obtener y de trabajar aún por trabajadores no experimentados, y tiene elasticidad, conductividad térmica, resistencia a la fricción y es relativamente ligera en relación a su masa, todo lo cual la convierte en un material muy aceptable para éste y otros usos.

En los últimos años se ha extendido el uso de los mangos de metal y plástico para muchas herramientas, este último sobre todo para martillos y destornilladores ligeros. Un mango de metal, sin embargo, transmite más fuerza a la mano y es preferible colocarlo dentro de una protección de goma o plástico. La superficie de agarre debería ser ligeramente comprimible, siempre que sea posible, no conductora y suave, y su área lo más grande posible para asegurar una distribución de la presión en una zona lo más extensa posible. También se han utilizado mangos de espuma para reducir la percepción de la fatiga y la sensibilidad en la mano.

Las características de fricción de la superficie de la herramienta varían dependiendo de la presión ejercida por la mano, de la naturaleza de la superficie y de la contaminación que pueda existir por grasa o sudor. Un poco de sudor aumenta el coeficiente de fricción.

Longitud del mango

La longitud del mango está determinada por las dimensiones críticas de la mano y la naturaleza de la herramienta. En el caso de un martillo, que se utiliza con una sola mano en un agarre de fuerza, por ejemplo, la longitud ideal va de un mínimo de 100 mm a un máximo de unos 125 mm. Los mangos cortos no resultan adecuados para los agarres de fuerza y los mangos de longitud inferior a los 19 mm no pueden sujetarse bien entre el pulgar y los dedos y resultan inadecuados para cualquier herramienta.

Idealmente, para una herramienta mecánica o una sierra manual que no sea una sierra de calar o de marquetería, el mango debería ajustarse a un nivel porcentual del 97,5 de la anchura de la mano cerrada, es decir, entre 90 y 100 mm en su eje largo y entre 35 y 40 mm en el corto.

Peso y equilibrio

El peso no suele ser un problema tratándose de una herramienta de precisión. En los martillos pesados y las herramientas mecánicas resulta aceptable un peso comprendido entre 0,9 kg y 1,5 kg, con un máximo de unos 2,3 kg. Las herramientas con un peso superior a lo recomendado deberán sostenerse por medios mecánicos.

En el caso de una herramienta de percusión, como un martillo, es deseable que el peso del mango se reduzca todo lo posible, siempre que siga siendo compatible con la fuerza estructural y que la cabeza tenga todo el peso posible. En otras herramientas, el peso debe distribuirse de manera uniforme. En las herramientas con cabezas pequeñas y mangos voluminosos esto generalmente no es posible, pero el mango se puede aligerar a medida que se aumenta el volumen en relación al tamaño de la cabeza y del eje.

Importancia de los guantes

A veces los diseñadores de herramientas no tienen en cuenta que éstas no siempre se manipulan con las manos desnudas. El uso de guantes está muy generalizado por motivos de seguridad y de comodidad. Los guantes de seguridad no suelen abultar mucho, pero los guantes que se utilizan en climas fríos pueden ser muy grandes, interfiriendo no sólo con la retroinformación sensorial sino también en la capacidad de sujeción y agarre. El uso de guantes de piel o lana puede añadir 5 mm al grosor de la mano y 8 mm a la anchura del pulgar, mientras que los mitones gruesos pueden suponer un aumento de hasta 25 y 40 mm, respectivamente.

Usuarios diestros y zurdos

La mayor parte de la población del hemisferio occidental es diestra. Algunas personas son ambidiestras desde el punto de vista funcional, y cualquiera puede aprender a utilizar, con mayor o menor eficacia, cualquiera de sus manos.

Aunque el número de personas zurdas es reducido, el mango de las herramientas deberá adaptarse siempre que sea posible para que puedan utilizarlo personas zurdas o diestras (por ejemplo, la colocación de un mango secundario en una herramienta mecánica o los orificios para introducir los dedos en tenazas y tijeras) a menos que esta medida resulte claramente ineficaz, como sucede en el caso de los cierres de tipo tornillo, que están diseñados para aprovechar la fuerza de los músculos supinadores del antebrazo en una persona diestra e impiden que la persona zurda los utilice con igual eficacia. Esta pequeña limitación tiene que ser aceptada, dado que la inclusión de roscas para zurdos no es una solución aceptable.

Importancia del sexo

En general, las manos de las mujeres suelen tener unas dimensiones más reducidas, su capacidad de agarre es menor, y poseen entre un 50 y un 70 % menos fuerza que los hombres, aunque naturalmente, algunas mujeres del percentil superior tienen manos más grandes y una fuerza mayor que los hombres que se encuentran en el percentil más bajo. Existe, por tanto, un número significativo, aunque indeterminado, de personas, la mayoría mujeres, que tienen dificultades para manipular algunas herramientas manuales que han sido diseñadas teniendo en mente la mano masculina. Entre éstas están los martillos o alicates grandes, las herramientas de corte, engarce y grabado y los pelacables. El uso de estas herramientas por una mujer puede requerir la utilización no deseable de las dos manos, en lugar de una sola. En un puesto donde trabajen hombres y mujeres resulta esencial, por tanto, asegurarse de que las herramientas tienen el tamaño adecuado y que no sólo se ajustan a las necesidades de las

mujeres, sino también a las de aquellos hombres cuyas manos tienen unas dimensiones propias de los percentiles más bajos.

Consideraciones especiales

La orientación del mango de la herramienta, siempre que sea posible, deberá permitir que la mano y el brazo permanezcan en su posición funcional natural, es decir, con la muñeca supinada algo más de la mitad, abducida unos 15° y ligeramente flexionada en dirección dorsal, con el dedo meñique flexionado casi por completo, los demás un poco menos, y el pulgar aducido y ligeramente flexionado; una postura denominada a veces, erróneamente, la postura del apretón del manos (en un apretón de manos la muñeca no está supinada más de la mitad). La combinación de aducción y flexión dorsal de la muñeca, con la flexión variable de los dedos y del pulgar, genera un ángulo de agarre de unos 80° entre el eje largo del brazo y una línea que pasa por el punto central del anillo creado por el pulgar y el índice, es decir, el eje transversal del puño.

Si se coloca la mano en una posición de desviación del cúbito, es decir, con la mano doblada hacia el dedo meñique como para utilizar unos alicates normales, se genera una presión en los tendones, los nervios y los vasos sanguíneos de la muñeca y pueden producirse una serie de trastornos, como la tenosinovitis, el síndrome del túnel carpiano y otros similares. Inclinando el mango y manteniendo la muñeca recta (es decir, inclinando la herramienta y no la mano), puede evitarse la compresión de los nervios, los tejidos blandos y los vasos sanguíneos. Aunque este principio se ha reconocido hace mucho, aún no ha sido aceptado del todo por los fabricantes de herramientas o por la mayoría de la gente. Tiene una aplicación particular en el diseño de herramientas de acción de palanca en cruz, como los alicates, así como de los cuchillos y los martillos.

Alicates y herramientas de palanca en cruz

Debe prestarse especial atención a la forma de los mangos de alicates y herramientas similares. Los alicates han tenido siempre mangos curvos de igual longitud; la curva superior se aproxima a la curva de la palma de la mano y la inferior a la de los dedos flexionados. Cuando se sostiene la herramienta en la mano, el eje entre los mangos está en línea con la mordaza de los alicates. En consecuencia, para manejarlos, es necesario mantener la muñeca en desviación ulnar extrema, es decir, inclinada hacia el dedo meñique, mientras se gira repetidamente. En esta posición el uso del segmento mano-muñeca-brazo es sumamente ineficaz y muy estresante para los tendones y las estructuras de las articulaciones. Si la acción es repetitiva, puede además originar distintos trastornos por sobreesfuerzo.

Para evitar este problema, ha aparecido recientemente una versión nueva y más adecuada desde el punto de vista ergonómico, de los alicates. En estos alicates el eje de los mangos se curva unos 45° en relación con el eje de la mordaza. Los mangos son más gruesos, para permitir un agarre más eficaz, con menor presión localizada en los tejidos blandos. El mango superior es proporcionalmente más largo, con una forma que se ajusta a la palma de la mano, en torno al lado ulnar. El extremo delantero del mango incorpora un soporte para el pulgar. El mango inferior es más corto, con una protuberancia redondeada en el extremo delantero y una curva que se ajusta a los dedos flexionados.

Aunque lo anterior representa un cambio un poco radical, es posible hacer unas cuantas mejoras ergonómicas importantes a los alicates con relativa facilidad. Tal vez la más importante, cuando hace falta un agarre de fuerza, es aumentar el grosor de los mangos y aplanarlos ligeramente, con un soporte para el pulgar en el extremo superior del mango y un ligero ensanchamiento al otro extremo. Si no forma parte del diseño, esta

modificación puede lograrse introduciendo en el mango básico de metal una lámina fija o desmontable no conductora hecha de goma o de cualquier otro material sintético, y quizá rugosa para mejorar su calidad táctil. No es aconsejable la introducción de formas anatómicas para los dedos. Para un uso repetitivo puede resultar adecuado incorporar un pequeño muelle en el mango, para facilitar su apertura después del cierre.

Los mismos principios se aplican a otras herramientas de palanca en cruz, especialmente en cuanto a la modificación del grosor y aplanamiento de los mangos.

Cuchillos

En el caso de un cuchillo para usos generales, es decir, no del tipo que se utiliza como un machete, sería deseable incluir un ángulo de 15° entre el mango y la hoja, para reducir la presión sobre los tejidos blandos. El tamaño y la forma de los mangos deberá ajustarse a lo indicado para otras herramientas, pero para adecuarlo a las manos de distintos tamaños, se ha sugerido la posibilidad de proporcionar dos tamaños de mango, uno para los usuarios que estén entre el percentil 50 y el 95, y otro para los que se encuentren entre el 5 y el 50. Para permitir que la mano ejerza la fuerza lo más cerca posible de la hoja, debería incorporarse a la parte superior del mango un soporte para apoyar el pulgar, ligeramente levantado.

Es necesaria una protección para evitar que la mano se deslice hacia la hoja. Esta protección puede ser de varias formas, como una espiga o un saliente curvo, de unos 10 ó 15 mm de longitud, que se proyecte hacia abajo desde el mango o en ángulo con el mismo, o un protector formado por un bucle de metal resistente que vaya desde la parte anterior al final del mango. El soporte para apoyar el pulgar también evita el deslizamiento.

El mango deberá cumplir las directrices ergonómicas generales y tener una superficie elástica resistente a la grasa.

Martillos

Los requisitos que deben cumplir los martillos se han tratado anteriormente, con la excepción de lo relacionado con la curvatura del mango. Como ya se ha dicho, una inclinación forzada y repetitiva de la muñeca puede provocar daños en los tejidos. Inclinando la herramienta en lugar de la muñeca pueden reducirse estos daños. En relación con los martillos, se han estudiado varios ángulos, pero parece que la curvatura de la cabeza hacia abajo entre 10° y 20° puede aumentar la comodidad e incluso mejorar el rendimiento.

Destornilladores y rascadores

Los mangos de los destornilladores y otras herramientas que se sujetan de forma parecida, como los rascadores, limas y cinceles, etc. tienen unas características especiales. Todos ellos, en una u otra ocasión, se utilizan con un agarre de fuerza o con un agarre de precisión. Cada una de estas posibilidades se basa en las funciones de los dedos y la palma de la mano para la estabilización y la transmisión de la fuerza.

Los requisitos generales de los mangos ya se han tratado. La forma más eficaz del mango de un destornillador, según se ha comprobado, es la de un cilindro modificado, redondeado en su extremo para acomodar la palma y ligeramente ensanchado allí donde se junta con el eje, para proporcionar apoyo a las puntas de los dedos. De este modo, la torsión se aplica principalmente por la acción de la mano, que se mantiene en contacto con el mango gracias a la presión aplicada desde el brazo y la resistencia de fricción de la piel. Los dedos, aunque transmiten algo de fuerza, desempeñan un papel más bien estabilizador, lo que resulta menos cansado, ya que hace falta menor fuerza. De esta forma el extremo redondeado del mango adquiere gran importancia. Si existen bordes afilados o rugosidades en esta parte

redondeada, o en el punto en que esta se une con el mango, se formarán callos en la mano, produciéndose heridas, o la transmisión de la fuerza se transferirá hacia los dedos y el pulgar, menos eficaces y más fatigables. El eje suele ser cilíndrico, pero se ha diseñado uno triangular que proporciona un mejor apoyo a los dedos, aunque su utilización puede resultar más fatigosa.

Cuando el uso de un destornillador o herramienta similar es tan repetitivo que su utilización excesiva puede ocasionar lesiones, el manejo manual debería ser sustituido por un manejo mecánico, suspendiendo la herramienta de un cable situado por encima de la cabeza, de forma que resulte fácilmente accesible y que no entorpezca el trabajo.

Sierras y herramientas eléctricas

Las sierras de mano, con excepción de las caladoras y las sierras ligeras de metal (en las que lo más adecuado es un mango como el de los destornilladores), suelen tener un mango que adquiere la forma de un asa cerrada, unido a la hoja de la sierra.

El mango suele llevar un bucle en el que se colocan los dedos. El bucle es un rectángulo con extremos curvos. Para permitir el uso de guantes debe tener unas dimensiones internas de unos 90 a 100 mm en el diámetro más largo y 35 a 40 mm en el más corto. El mango que queda en contacto con la palma deberá tener la forma cilíndrica aplanada antes mencionada, con curvas que se ajusten a las palmas de las manos y a los dedos flexionados. La anchura desde la curva exterior a la interior deberá ser de unos 35 mm y el grosor no inferior a los 25 mm.

Curiosamente, la función de agarrar y sostener una herramienta eléctrica es muy similar a la de sostener una sierra, y en consecuencia, un tipo similar de mango será eficaz. El mango en pistola común a todas las herramientas eléctricas es del tipo abierto que llevan algunas sierras, con los laterales curvos en lugar de planos.

La mayoría de las herramientas tienen que tener un mango, un cuerpo y una cabeza. La colocación del mango es importante. Lo ideal sería que el mango, el cuerpo y la cabeza estuvieran en línea, de forma que el mango estuviera unido a la parte posterior del cuerpo y que la cabeza sobresaliera por delante. La línea de acción es la línea del dedo índice extendido, de forma que la cabeza quede excéntrica al eje central del cuerpo. El centro de la masa de la herramienta, sin embargo, está delante del mango, y la torsión crea un movimiento de giro del cuerpo que la mano deberá vencer. En consecuencia, sería más adecuado colocar el mango principal directamente bajo el centro de la masa de forma que, en caso necesario, el cuerpo sobresalga por detrás del mango y también por delante. De forma alternativa, sobre todo en taladros pesados, puede colocarse un mango secundario bajo el taladro para que éste pueda controlarse con una u otra mano. Las herramientas mecánicas suelen controlarse mediante un gatillo incorporado al extremo delantero superior del mango que se dispara con el dedo índice. El gatillo deberá estar diseñado para que pueda ser disparado por una u otra mano, y deberá contar con un mecanismo de bloqueo fácil de activar, para mantener la herramienta encendida cuando sea necesario.

● CONTROLES, INDICADORES Y PANELES

Karl H. E. Kroemer

A continuación vamos a examinar tres de las principales preocupaciones del diseño ergonómico. En primer lugar, los *controles* o dispositivos que transmiten energía y señales desde el operador hasta una pieza de una máquina; en segundo lugar, los *indicadores*

o dispositivos de presentación de datos, que proporcionan información visual al operador sobre el estado de la maquinaria, y, por último, la combinación de controles y dispositivos de indicación en un panel o consola.

Diseño para un operador que trabaja sentado

Se tiene una mejor estabilidad y se gasta menos energía sentado que de pie, pero el espacio de trabajo se reduce, especialmente el de los pies. Sin embargo, es mucho más sencillo manejar los pedales estando sentado porque es necesario transferir sólo una pequeña parte del peso corporal al suelo. Si la dirección de la fuerza ejercida por el pie apunta en parte o en gran medida hacia adelante, debe facilitarse un asiento con un respaldo que permita ejercer más fuerza con el pie. Un ejemplo típico de esto es la colocación de los pedales de un automóvil, que están situados delante del conductor, más o menos por debajo de la altura del asiento. La Figura 29.38 muestra esquemáticamente las posiciones que pueden ocupar los pedales que maneja un operador sentado. Nótese que las dimensiones específicas de ese espacio dependerán de la antropometría del operador real.

El espacio para situar los controles que se operan manualmente se encuentra sobre todo delante del cuerpo, dentro de un contorno más o menos esférico que está centrado con respecto al codo, al hombro o a algún punto que se encuentra entre estas dos articulaciones. La Figura 29.39 muestra un esquema del espacio en el que pueden situarse los controles. Desde luego, sus dimensiones específicas dependerán de la antropometría de los operadores.

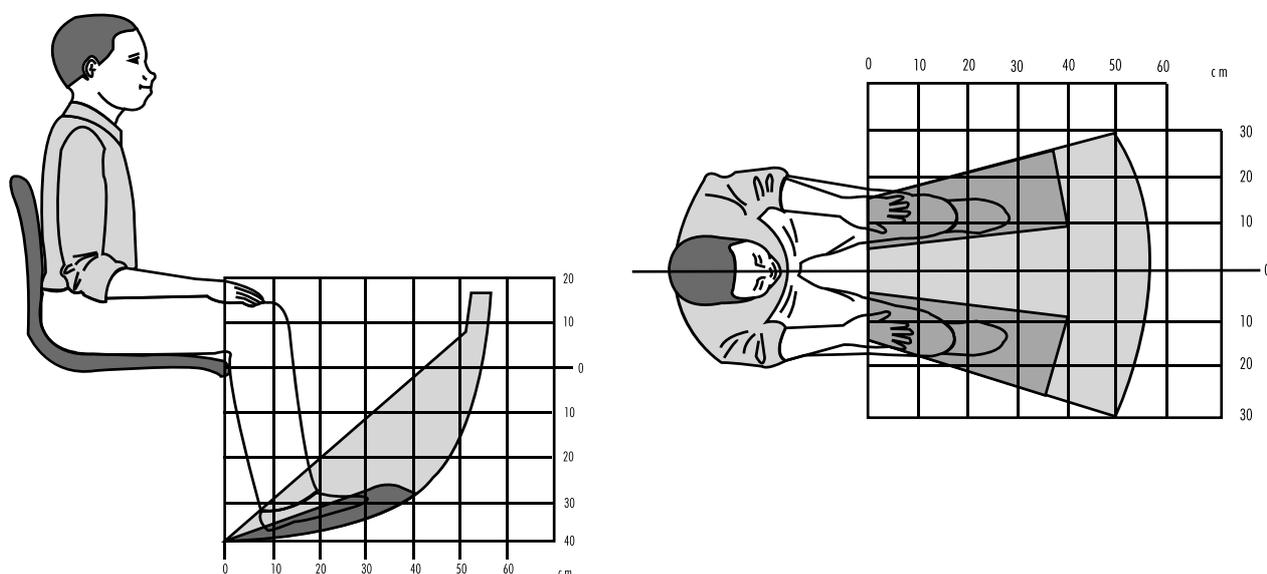
El espacio para los dispositivos de indicación y los controles a los que hay que mirar está delimitado por una circunferencia parcial situada delante de los ojos y centrada con respecto a éstos. Así, la altura de referencia para los dispositivos de indicación y los controles dependerá de la altura de los ojos del operador sentado y de la posición del tronco y del cuerpo. La situación preferida para el objetivo visual que se encuentre a menos de un metro de distancia estará claramente más allá de la altura de los ojos y dependerá de la cercanía del objetivo y de la postura de la cabeza. Cuanto más cerca esté el objetivo, más abajo habrá que situarlo, preferiblemente dentro o cerca del plano medial (sagital medio) del operador.

Es conveniente describir la postura de la cabeza utilizando la "línea oreja-ojo" (Kroemer 1993a) que, en una vista lateral, va desde la oreja derecha a la unión de las pestañas del ojo derecho, aunque la cabeza no esté inclinada (las pupilas quedan en el mismo nivel horizontal en una vista frontal). Se suele decir que la cabeza está "erguida" o "levantada" cuando el ángulo de inclinación P (véase la Figura 29.40 en la página 29.71) entre la línea oreja-ojo y el horizonte es de aproximadamente 15° , con los ojos por encima de la línea de la oreja. La colocación preferente de los blancos visuales es de 25° – 65° por debajo de la línea oreja-ojo ($LOSEE$ en la Figura 29.40), aunque debe tenerse en cuenta que la mayoría de la gente prefiere valores más bajos para blancos más cercanos. Aunque haya grandes variaciones en cuanto a ángulos preferidos de la línea de visión, la mayoría de las personas, especialmente a medida que se hacen mayores, prefieren observar objetivos más cercanos con ángulos $LOSEE$ mayores.

Diseño para un operador de pie

El control de un pedal por un operador que esta de pie debería ser necesario sólo de forma ocasional, ya que de otro modo, la persona tiene que pasar mucho tiempo apoyada sólo sobre un pie, mientras el otro acciona el pedal. Obviamente, el control simultáneo de dos pedales por parte de un operador que está en pie es prácticamente imposible. Mientras el operador está en pie,

Figura 29.38 • Espacio normal y preferente para los pies (en cm).



el espacio para colocar los pedales se limita a una pequeña zona situada por debajo del tronco y ligeramente delante del mismo. La posibilidad de caminar un poco proporcionaría más espacio para colocar los pedales, pero no resulta práctica en la mayoría de los casos debido a la distancia que hay que recorrer.

La colocación de los controles manuales para un operador que permanece en pie supone más o menos la misma zona que para un operador sentado, aproximadamente un semicírculo delante del cuerpo, con el centro cerca de los hombros del operador. El área para la colocación de dispositivos visuales también es similar a la adecuada para un operador sentado, es decir, un semicírculo centrado con respecto a los ojos del operador, prefiriéndose la sección inferior de dicha esfera. Los emplazamientos idóneos para los dispositivos de indicación y para los controles que tienen que estar a la vista dependerán de la postura de la cabeza, como se indicó anteriormente.

La referencia de la altura de los controles es la altura del codo del operador cuando la parte superior del brazo cuelga del hombro, sin apoyarse. La altura de los dispositivos de indicación y de los controles a los que debe mirar deberá deducirse por la altura de los ojos del operador. Ambos dependen de la antropometría del operador, que puede ser bastante diferente en una persona alta y en una baja, en un hombre y una mujer, o en personas de distinto origen étnico.

Controles que se manejan con los pies

Deben distinguirse dos tipos de controles accionados con los pies: uno se utiliza para transferir gran cantidad de energía o fuerza a una pieza de la maquinaria. Un ejemplo de esto es el pedal de una bicicleta o el pedal del freno en un vehículo mayor, que no sea de tipo asistido. El otro tipo, como un interruptor de encendido con el que la señal de control se transmite a la maquinaria, suele requerir sólo una pequeña cantidad de fuerza o energía. Aunque es conveniente considerar estos dos tipos extremos, hay muchas formas intermedias y corresponde al diseñador determinar cuáles de las recomendaciones siguientes se aplican mejor a la situación real.

Como ya se ha dicho, el uso repetido o continuado de un pedal sólo deberá realizarlo un operador sentado. Para controles destinados a transmitir gran cantidad de energía o fuerza, se aplicarán las siguientes normas:

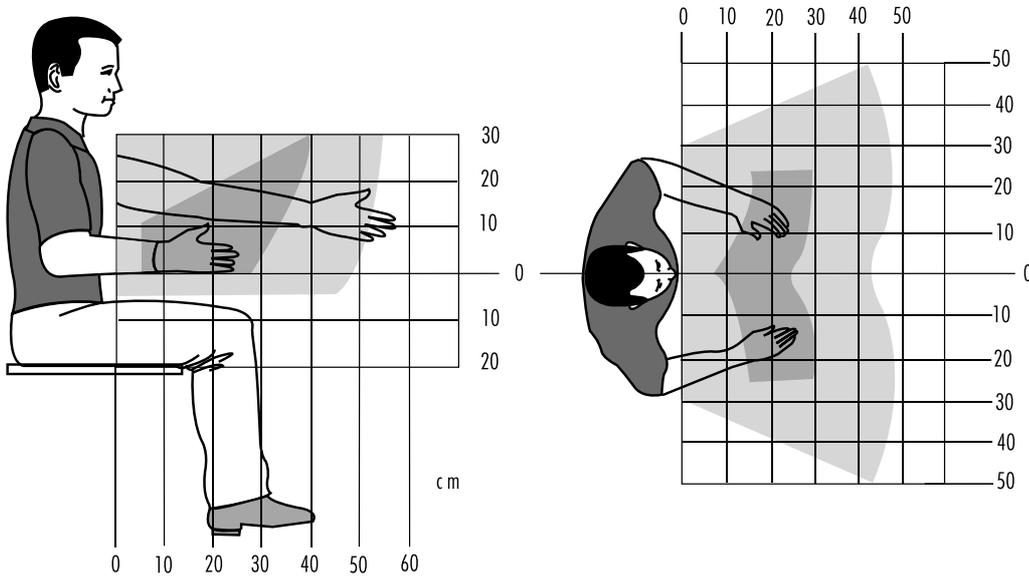
- Situar los pedales debajo del cuerpo, ligeramente adelantados, para que puedan controlarse con la pierna casi estirada. El desplazamiento total de un pedal alternativo no deberá exceder los 0,15 m. Para los pedales giratorios, el radio deberá ser también de unos 0,15 m. El desplazamiento lineal de un pedal de interruptor debe ser mínimo y no superar los 0,15 m.
- Los pedales deberán diseñarse de forma que la dirección de su desplazamiento y la fuerza del pie estén más o menos en la línea que va desde la cadera hasta el tobillo del operador.
- Los pedales que se controlan por flexión y extensión del pie, mediante la articulación del tobillo, deberán disponerse de forma que, en la posición normal, el ángulo entre la parte posterior de la pierna y el pie sea de aproximadamente 90°. Durante el funcionamiento, este ángulo puede aumentarse hasta 120°.
- Los controles que se manejan con el pie y que sirven sólo para enviar señales a la maquinaria deberán tener dos posiciones discretas, como ENCENDIDO o APAGADO. Adviértase, sin embargo, que la distinción táctil entre las dos posiciones puede resultar difícil con el pie.

Selección de los controles

La selección entre distintos tipos de controles deberá realizarse de acuerdo con las siguientes necesidades o condiciones:

- manejo con la mano o con el pie,
- cantidad de energía o fuerza transmitida,
- aplicación de fuerza continua, como sucede con la conducción de un automóvil
- realización de "acciones discretas", por ejemplo (a) activación o desactivación de un equipo, (b) selección de uno o varios ajustes, como el cambio de canales de TV o radio, o (c) introducción de datos, como en el caso del teclado.

Figura 29.39 • Espacio normal y preferente para las manos (en cm).



La utilidad funcional de los controles determina también los procesos de selección. Los principales criterios son los siguientes:

- El tipo de control deberá ser compatible con las expectativas típicas o habituales, por ejemplo, utilizar un botón o un interruptor para encender o apagar la luz, en lugar de un selector.
- Las características de tamaño y movimiento del control deberán ser compatibles con la experiencia y con las prácticas habituales, por ejemplo, utilizar un volante para manejar un automóvil con las dos manos, en lugar de una palanca.
- La dirección en que funciona un control deberá ser compatible con las expectativas comunes o los estereotipos (por ejemplo, un control de ENCENDIDO se pulsa o se tira de él, pero no se gira hacia la izquierda).

- La operación manual se aplica en controles que requieren poca fuerza y un ajuste preciso, mientras que los pedales son adecuados para los ajustes gruesos y que requieren más fuerza; sin embargo, en el uso común de los pedales, como en los pedales de freno de los coches, muchas veces no se cumple este principio.
- El control deberá ser "seguro", es decir, no podrá accionarse de forma accidental ni de manera que resulte excesiva o incoherente con su finalidad.

Las Tablas 29.10 y 29.11 pueden ayudar a seleccionar el control adecuado. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que hay algunas normas "naturales" para seleccionar y diseñar los controles. La mayoría de las recomendaciones suelen ser empíricas y se aplican a dispositivos ya existentes y a estereotipos occidentales.

La Figura 29.41 presenta algunos ejemplos de controles de "detención", que se caracterizan por paradas o detenciones discretas en las que el control queda en posición de descanso. También muestra controles típicos "continuos" que pueden colocarse en cualquier punto de su intervalo de ajuste, sin que sea necesario fijarlos en una posición determinada.

El tamaño de los controles depende en gran medida de la experiencia anterior con varios tipos de control, y frecuentemente se debe al deseo de reducir el espacio necesario en un panel de control y de permitir la operación simultánea de otros controles adyacentes o de evitar la activación accidental. La selección de una serie de características de diseño también estará determinada por consideraciones como si los controles se situarán en exteriores o en un lugar protegido, en equipos estacionarios o en vehículos en movimiento, si se utilizarán guantes o mitones o se accionarán con las manos desnudas. Para más información, consúltense las lecturas recomendadas al final del capítulo.

Hay una serie de normas que rigen la disposición y la agrupación de los controles. Estas se indican en la Tabla 29.12. Para más detalles, compruebe las referencias que aparecen al final de esta sección y Kroemer, Kroemer y Kroemer-Elbert (1994).

Figura 29.40 • Línea oreja-ojo.

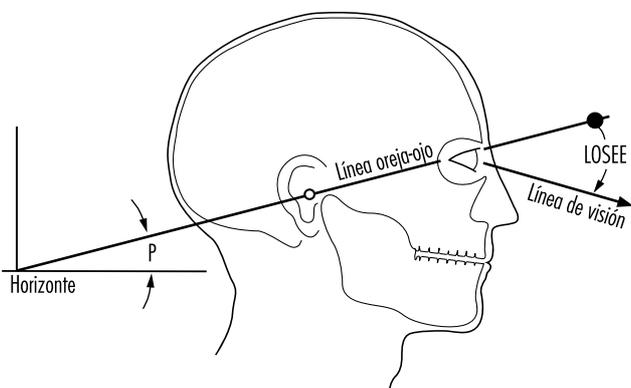


Tabla 29.10 • Movimientos de control y efectos esperados.

Función	Dirección del movimiento de control											
	Arriba	Derecha	Adelante	Sentido de las agujas del reloj	Presionar, Apretar	Abajo	Izquierda	Retroceder	Atrás	Contrario a las agujas del reloj	Tirar ¹	Empujar ²
Encender	+ ³	+	+	+	-	+ ³					+	
Apagar						+	-	-		+		-
Derecha		+		-								
Izquierda							+		-			
Subir	+							-				
Bajar			-			+						
Retraer	-							+			-	
Extender			+			-						-
Aumentar	-	-	+	-								
Reducir						-	-	+		-		
Abrir valor						-				+		
Cerrar valor				+		-						

En blanco: no aplicable; + Preferente; - menos indicado.

¹ Control tipo gatillo. ² Interruptor de contrafase. ³ Hacia arriba en Estados Unidos, hacia abajo en Europa.

Fuente: Modificado de Kroemer 1995.

Prevención del funcionamiento accidental

A continuación se indican los medios más importantes de prevenir la activación accidental de los controles, algunos de los cuales pueden combinarse:

- Colocar y orientar el control de forma que el operador no pueda golpearlo ni moverlo por accidente en la secuencia normal de operaciones de control.
- Colocar el control a cierta distancia, protegerlo o rodearlo mediante barreras físicas.
- Cubrir el control o protegerlo mediante una horquilla, un sistema de bloqueo u otro medio que tenga que ser retirado para poder accionar el control.
- Dotar al control de una resistencia adicional mediante rozamiento viscoso o coulombico, muelles o inercia, para que sea necesario aplicar un esfuerzo adicional para activarlo.
- Dotar al control de un sistema de retardo para que tenga que pasar por una posición determinada con un movimiento adicional, como sucede con la caja de cambios de un automóvil.
- Establecer una interrelación entre los controles, para que sea necesario accionar un control adicional para que el control crítico se active.

Adviértase que estos diseños suelen implicar una mayor lentitud en el control, lo que puede ser perjudicial en caso de emergencia.

Dispositivos de entrada de datos

Casi todos los controles pueden utilizarse para introducir datos en un ordenador u otro sistema de almacenamiento de información, pero los más habituales son los teclados con botones o teclas que se pulsan. En el teclado original de las máquinas de escribir, que se ha convertido en estándar para los teclados de ordenador, las teclas estaban dispuestas en una secuencia básicamente

alfabética, que ha sido modificada por varias y a menudo extrañas razones. En algunos casos, las letras que con más frecuencia van unidas en los textos se encontraban muy separadas, para evitar que las antiguas teclas mecánicas se engancharan al accionarse en una secuencia rápida. Las columnas de teclas se han dispuesto de forma más o menos lineal, como sucede con las filas de teclas. Sin embargo, las puntas de los dedos no están alienadas de esa manera y no se mueven así cuando los dedos se flexionan o se extienden o cuando se mueven hacia los lados.

Se han hecho muchos intentos en los últimos cien años para mejorar el rendimiento de los teclados cambiando su disposición. Esta incluye la recolocación de teclas dentro de la disposición estándar o el cambio de la disposición total del teclado. Este se ha dividido en secciones independientes y se han añadido otras, como los teclados numéricos. La disposición de las teclas adyacentes puede cambiarse alterando el espaciado, separando una de otra o de las líneas de referencia. El teclado puede dividirse en secciones para la mano izquierda y la derecha, y dichas secciones pueden estar inclinadas hacia los lados, sesgadas o de forma oblicua.

La dinámica del funcionamiento de las teclas es importante para el usuario, pero difícil de valorar cuando está en acción. Así, las características de fuerza-desplazamiento de las teclas suelen describirse mediante pruebas estáticas, lo que no indica su funcionamiento real. En la práctica, las teclas de un teclado de ordenador tienen un desplazamiento muy pequeño (unos 2 mm) y muestran cierta resistencia a "saltar", es decir, una reducción de la fuerza de operación, en el punto en el que se logra la activación de la tecla. En lugar de teclas independientes, algunos teclados se componen de membranas con una serie de interruptores debajo que, al pulsarlos, permiten la entrada de datos sin apenas desplazamiento. La principal ventaja de esta membrana es que impide la entrada de polvo y líquidos; sin embargo, no goza de la aceptación de muchos usuarios.

Figura 29.41 • Algunos ejemplos de controles de “detención” y “continuos”.

	PUENTE MOVIL	ESCALA MOVIL	CONTADOR	PALETA GAFETA
INFORMACION COMPLETIVA	BUENO El nivel de luz indica el punto en el momento.	BUENO El nivel de luz cuando la escala sea en movimiento.	BUENO El nivel de luz cuando la escala sea en movimiento.	BUENO El nivel de luz cuando la escala sea en movimiento.
INFORMACION COMPLEMENTARIA	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.
ARISTE	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.
SEGURIDAD	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.
ORDEN DE OPERACIONES	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.
GENERAL	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.	BUENO El punto en el que se indica. No se requiere de la mano y la escala. Cuando se indica se indican los datos.

Fuente: Kroemer 1995.

Existen alternativas al principio de “una tecla = un carácter”; es posible introducir los datos mediante una serie de combinaciones, por ejemplo, las secuencias, es decir, la activación simultánea de varios controles para generar un carácter. Esto exige mucho a la memoria del operador, pero requiere el uso de pocas teclas. Otros avances son el uso de controles que no pertenecen al formato binario de botón que se pulsa, sino palancas, selectores o sensores especiales, por ejemplo, colocados en guantes, que responden a los movimientos de los dedos de la mano.

Tradicionalmente, la escritura a máquina y la introducción de datos en ordenadores se han realizado por interacción mecánica

entre los dígitos del operador y dispositivos como el teclado, el ratón, la bola de seguimiento o el lápiz luminoso. Pero hay otras formas de introducir los datos. El reconocimiento de voz parece ser una técnica prometedora, pero pueden emplearse otros métodos que utilicen, por ejemplo, la señalización, los gestos, las expresiones de la cara y del cuerpo, la mirada (la dirección de esta), los movimientos de la lengua, la respiración o un lenguaje de signos, para transmitir información y para introducir datos en el ordenador. El desarrollo técnico de este sector está en auge y, como ha sucedido con muchos dispositivos de introducción de datos no tradicionales utilizados para los juegos de ordenadores, la aceptación de dispositivos que no sean el tradicional teclado será totalmente viable en un futuro próximo. Para una discusión más amplia sobre los dispositivos de teclado actuales puede consultarse, por ejemplo, Kroemer (1994b) y McIntosh (1994).

Dispositivos de presentación de datos

Los dispositivos de presentación de datos ofrecen información sobre el estado del equipo. Pueden necesitar de la percepción visual del operador (luces, escalas, contadores, tubos de rayos catódicos, paneles planos, etc.), de la auditiva (campanas, sirenas, mensajes grabados, sonidos generados electrónicamente, etc.) o de su sentido del tacto (controles con formas determinadas, Braille, etc.). Los rótulos, instrucciones escritas, advertencias o símbolos (“iconos”) pueden considerarse tipos especiales de dispositivos de presentación de datos.

Las cuatro normas básicas para los dispositivos de indicación son:

1. Mostrar sólo la información que resulte esencial para la realización correcta del trabajo.
2. Mostrar la información con la precisión necesaria para las decisiones y acciones del operador.

Tabla 29.11 • Relaciones control-efecto de los controles manuales comunes.

Efecto	Llave con bloqueo	Interruptor	Pulsador	Barra	Botón giratorio	Rueda discreta	Rueda continua	Manubrio	Interruptor oscilante	Palanca	Joystick o bola	Interruptor tipo Legend	Control deslizable ¹
Seleccionar ENCENDIDO o APAGADO	+	+	+	=					+			+	+
Seleccionar ENCENDIDO/ EN ESPERA/APAGADO		-	+	+						+		+	+
Seleccionar APAGADO/MODO1/MODO2		=	-	+						+		+	+
Seleccionar una función entre varias relacionadas		-	+						-				=
Seleccionar una de tres o más alternativas discretas				+									+
Seleccionar condiciones de funcionamiento		+	+	-					+	+			-
Engranar o desengranar										+			
Seleccionar una de dos funciones mutuamente excluyentes			+									+	
Fijar un valor en una escala					+		-	=		=	=		+
Seleccionar un valor en pasos discretos			+	+		+							+

En blanco: no aplicable; +: preferente; -: menos indicado; = el menos indicado.

¹ Calculado (no se sabe que existan experimentos).

Fuente: Modificado de Kroemer 1995.

Tabla 29.12 • Normas para la disposición de los controles.

Colocar para facilitar su operación	Los controles deberán orientarse con respecto al operador. Si el operador utiliza distintas posturas (como al conducir o accionar una excavadora), los controles y sus indicadores asociados deberán desplazarse junto con el operador para que se conserve su disposición y operación aunque el operador cambie de postura.
Primero los controles principales	Los controles más importantes deberán tener la posición más ventajosa para facilitar su operación y comprobación por el operador.
Los controles relacionados por grupos, juntos	Los controles que deban accionarse de forma secuencial, y que estén relacionados con una función determinada o que se accionen juntos, deben estar dispuestos en grupos funcionales junto con sus indicadores correspondientes. Dentro de cada grupo funcional, los controles y los indicadores deben disponerse según su importancia y secuencia de operación.
Disponer para accionar secuencialmente	Si los controles se accionan siguiendo un patrón determinado, deberán disponerse de forma que se facilite la secuencia. Las disposiciones más frecuentes son de izquierda a derecha (preferentemente) o de arriba abajo.
Coherencia	La disposición de los controles funcionalmente idénticos o similares debe ser igual en todos los paneles.
Control de emergencia del operador	Si el operador queda incapacitado y suelta o retiene un control, deberá existir un diseño de control de emergencia del operador que ponga el sistema en un estado de funcionamiento no crítico o que lo apague.
Seleccionar adecuadamente los códigos	Existen varios medios para facilitar la identificación de los controles, para indicar el efecto de su operación y para mostrar su estado. Los principales medios de codificación son: –Situación–Forma–Tamaño–Modo de operación– Rótulos –Colores–Redundancia

Fuente: Modificado de Kroemer, Kroemer y Kroemer-Elbert 1994. Reproducido con autorización de Prentice-Hall. Reservados todos los derechos.

- Presentar la información de la forma más directa, simple, comprensible y aprovechable.
- Presentar la información de forma que un fallo o mal funcionamiento del propio indicador resulte inmediatamente obvio. La selección de un dispositivo indicador visual o auditivo dependerá de las condiciones y fines en cada situación. El objetivo del indicador puede ser proporcionar:

- información histórica sobre el estado anterior del sistema, como la trayectoria recorrida por un barco,
- información del estado actual del sistema, como por ejemplo, el texto que se ha introducido en un procesador de textos o la posición actual de un aeroplano,
- información predictiva, por ejemplo, sobre la futura posición de una nave, según unas determinadas coordenadas,
- instrucciones o comandos que indican al operador lo que debe hacer, e incluso cómo hacerlo.

Un indicador visual resulta más adecuado para un entorno ruidoso, cuando el operador debe permanecer en un puesto, cuando el mensaje es largo y complejo y, sobre todo, cuando trata de la situación espacial de un objeto. Un indicador acústico es más apropiado cuando el lugar de trabajo debe estar oscuro, cuando el operador se desplaza y cuando el mensaje es corto y sencillo, requiere atención inmediata y se refiere a acontecimientos y a indicaciones temporales.

Indicadores visuales

Existen tres tipos básicos de indicadores visuales: (1) el indicador de *comprobación* muestra si existe o no una determinada situación (por ejemplo, un piloto verde indica un funcionamiento normal); (2) el indicador *cualitativo* indica el estado de una variable cambiante, su valor aproximado, o su tendencia al cambio (por ejemplo, un puntero que se desplaza dentro de un intervalo "normal"); (3) el indicador *cuantitativo* muestra la información exacta que hay que comprobar (por ejemplo, si hay que encontrar un emplazamiento en un mapa, leer un texto o dibujar algo en un monitor de ordenador), o puede indicar un valor numérico exacto que debe leer el operador (por ejemplo, una hora o temperatura).

Las bases para el diseño de indicadores visuales son:

- organizar las pantallas de forma que el operador pueda localizarlas e identificarlas fácilmente, sin necesidad de buscarlas. Esto suele requerir que las pantallas se encuentran en el plano medial del operador y a la altura de los ojos o por debajo de ellos,
- agrupar las pantallas de forma funcional o secuencial de forma que el operador pueda utilizarlas con facilidad,
- asegurarse de que todas las pantallas están bien iluminadas o sean luminosas, estén adecuadamente codificadas y rotuladas según su función.
- Utilizar luces coloreadas para indicar el estado del sistema (como ENCENDIDO y APAGADO) o para avisar al operador de que el sistema o uno de sus subsistemas ha dejado de estar operativo y es necesario tomar medidas. El significado habitual de los colores de las luces se encuentra en la Figura 29.42. El rojo intermitente indica que se ha producido una emergencia que requiere acción inmediata. Una señal de emergencia siempre es más eficaz cuando combina sonidos con la luz roja intermitente.

Para obtener información más detallada y compleja, especialmente información cuantitativa, se utiliza tradicionalmente uno de los cuatro tipos de dispositivos de presentación de datos indicados a continuación: (1) un puntero móvil con escala fija, (2) una escala móvil con puntero fijo, (3) contadores o (4) pantallas "gráficas", especialmente generadas por ordenador en un monitor. La Figura 29.43 indica las características principales de estos tipos de pantalla.

Normalmente es preferible utilizar un puntero móvil en lugar de una escala móvil, ya sea ésta recta (horizontal o vertical),

Figura 29.42 • Código de colores de las luces de indicación.

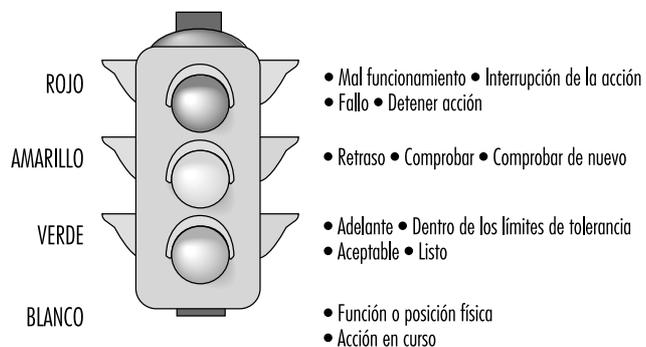


Figura 29.43 • Características de los indicadores visuales.

	PUNTERO MOVIL	ESCALA MOVIL	CONTADOR	PANTALLA GRAFICA
INFORMACION CUANTITATIVA	BUENO Difícil de leer cuando el puntero está en movimiento	REGULAR Difícil de leer cuando la escala está en movimiento	BUENO Tiempo y error mínimos para un valor numérico exacto, pero difícil de leer cuando está en movimiento	REGULAR Posible ambigüedad
INFORMACION CUALITATIVA	BUENO El puntero es fácil de localizar. No es necesario leer los números y la escala. Cambios de posición se detectan fácilmente	MALO Es difícil evaluar la dirección y la magnitud de la desviación sin leer los números y la escala	MALO Es necesario leer los números. Los cambios de posición no se detectan fácilmente	REGULAR Se asocia fácilmente con una situación de la vida real.
AJUSTE	BUENO Relación simple y directa entre el movimiento del puntero y el del botón de ajuste. El cambio de posición ayuda al control.	REGULAR La relación entre el movimiento de la escala y el del botón de ajuste puede ser ambigua. No hay cambio en la posición del puntero que ayude al control. No puede leerse fácilmente durante un ajuste rápido	BUENO Proporciona el control más exacto para un ajuste numérico. La relación con el movimiento del botón de ajuste es menos directa que en el caso del puntero. No puede leerse fácilmente durante un ajuste rápido	BUENO La relación entre el control y la pantalla es fácil de observar
SEGUIMIENTO	BUENO La posición del puntero puede controlarse y vigilarse rápidamente. Proporciona la relación más simple con la del control manual	REGULAR No hay cambios de posición que ayuden a la vigilancia. La relación con el movimiento del control es un poco ambigua	MALO No hay cambios importantes de posición que ayuden a la vigilancia	BUENO Igual que en el caso anterior
CALCULO DE DIFERENCIAS	BUENO Fácil de calcular positiva o negativamente viendo la escala	REGULAR Sujeto a un error de inversión	MALO Requiere cálculos mentales	BUENO Fácil de calcular cualitativa o cuantitativamente por inspección visual
GENERAL	Requiere un área iluminada y de exposición mayor en el panel. La longitud de la escala es limitada a menos que se utilicen varios punteros	Ahorra espacio en el panel, ya que solo necesita estar expuesta e iluminada una pequeña sección de la escala. El uso de una cinta permite una escala muy amplia	Es el que permite ahorrar más espacio e iluminación. La longitud de la escala solo está limitada por el número disponible de posiciones de dígitos	Las imágenes o los símbolos deben ser asignados y probados cuidadosamente

Fuente: Kroemer 1995.

curva o circular. Las escalas deben ser sencillas y claras, con sus graduaciones y números dispuestos de forma que se puedan leer con rapidez y facilidad. Los números deberán encontrarse fuera de las marcas de la escala, para que el puntero no los oculte. El puntero deberá terminar con la punta directamente sobre la marca. La escala deberá indicar las divisiones de forma que el operador pueda leerla sin problemas. Las marcas principales deberán ir numeradas. La mejor forma de marcar las progresiones es utilizando intervalos de una, cinco o diez unidades entre las marcas principales. Los números deben aumentar de izquierda a derecha, de abajo arriba o en el sentido de las agujas del reloj. Para obtener más detalles sobre las dimensiones recomendadas para las escalas, consúltense estándares como los indicados por Cushman y Rosenberg 1991 o Kroemer 1994a.

Desde el decenio de 1980, los dispositivos mecánicos de indicación con puntero y escalas impresas se han ido sustituyendo por pantallas electrónicas con imágenes generadas por ordenador o dispositivos que emplean diodos emisores de luz (véase Snyder 1985a). La información que se muestra puede estar codificada de las formas siguientes:

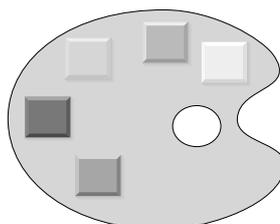
- formas rectas o circulares,
- alfanumérica, es decir, letras, números, palabras o abreviaturas,
- figuras, imágenes, pictogramas, iconos, símbolos, en distintos niveles de abstracción, como la silueta de un avión en el horizonte,
- tonos de negro, blanco o gris,
- colores.

Lamentablemente, en ocasiones las imágenes generadas electrónicamente son confusas, demasiado complejas o coloridas, difíciles de leer y requieren un enfoque exacto y mucha atención, lo que puede desviar la atención de la tarea principal, por ejemplo, cuando se conduce un coche. En estos casos, no se cumplen las tres primeras reglas básicas antes mencionadas. Por otro lado, muchos punteros electrónicos, marcas o símbolos alfanuméricos no cumplen las directrices del diseño ergonómico establecidas, especialmente cuando se forman mediante segmentos lineales, líneas de escáner o matrices de puntos. Aunque algunos de estos diseños defectuosos han sido tolerados por el usuario, la rápida innovación y las técnicas que han mejorado las pantallas han hecho posible la existencia de otras soluciones, aunque este mismo desarrollo acelerado está convirtiendo rápidamente a las indicaciones impresas, aunque sean habituales y comprensibles, en algo obsoleto. Por eso no aparecen en este texto. Cushman y Rosenberg (1991), Kinney y Huey (1990), y Woodson, Tillman y Tillman (1991) han publicado revisiones sobre este tema.

En general, a las pantallas electrónicas les falta calidad. Una medida utilizada para valorar la calidad de la imagen es la función de transferencia de la modulación (MTF) (Snyder 1985b), que describe la resolución de la pantalla utilizando una señal especial de prueba de onda sinusoidal. Sin embargo, los criterios de los lectores en cuanto a las pantallas suelen ser muy variables (Dillon 1992).

Las pantallas monocromas tienen un solo color, normalmente verde, amarillo, ámbar o blanco (acromático). Si aparecen varios colores en la misma pantalla cromática, deberán ser fáciles de distinguir. Lo mejor es no utilizar más de tres o cuatro colores simultáneamente (preferiblemente, rojo, verde o naranja y cian o púrpura). Todos deberán distinguirse bien del fondo. En realidad la norma de diseño debería ser utilizar el contraste, es decir, utilizar el blanco y negro y después añadir el menor número de colores posible.

Figura 29.44 • Directrices para el uso de colores en los indicadores visuales.



Limitar el número de colores en un indicador a cuatro o cinco si los usuarios no son experimentados o si el uso del indicador no es muy frecuente. Nunca deben utilizarse más de siete colores

Cada uno de los colores elegidos debe estar bien separados entre sí en cuanto a longitud de onda para maximizar las posibilidades de discriminación. No deben utilizarse colores que difieran sólo en la proporción de color primario (por ejemplo, distintos tonos de naranja).

Combinaciones sugeridas:

- verde, amarillo, naranja, rojo, blanco
- azul, cian, verde, amarillo, blanco
- cian, verde, amarillo, naranja, blanco

Evitar combinaciones del tipo:

- rojos con azules
- rojos con cian
- magenta con azules

Adaptado de Cushman y Rosenberg 1991.

A pesar de las muchas variables que, independientemente o combinadas entre sí, afectan al uso de las pantallas complejas en color, Cushman y Rosenberg (1991) han elaborado unas directrices para el uso de color en las pantallas; que se indican en la Figura 29.44.

Otras sugerencias son:

- el azul, preferiblemente no saturado, es un buen color para fondos y figuras grandes. Sin embargo, no debe utilizarse para textos, líneas finas o figuras pequeñas;
- el color de los caracteres alfanuméricos deberá contrastar con el del fondo;
- cuando se utilice el color, la forma o el brillo deberán ser características añadidas (por ejemplo, todos los símbolos amarillos son triángulos, todos los símbolos verdes son círculos, todos los símbolos rojos son cuadrados). La codificación redundante hará la pantalla mucho más aceptable a usuarios que tengan dificultad para apreciar el color;
- a medida que se aumenta el número de colores, debe aumentarse también el tamaño de los objetos en color;
- el rojo y el verde no deberán utilizarse para símbolos o figuras pequeñas que se encuentren en zonas periféricas de una pantalla grande;

Tabla 29.13 • Directrices para los rótulos.

Orientación	El rótulo y la información impresa en él deberán estar orientados horizontalmente para que puedan leerse rápida y fácilmente. (Esto se aplica en los países en los que el operador está acostumbrado a leer en dirección horizontal, como en los países occidentales).
Colocación	El rótulo debe colocarse muy próximo o sobre el elemento al que identifica.
Normalización	La posición de los rótulos debe ser coherente en todo el equipo y el sistema.
Funciones del equipo	Un rótulo debe describir principalmente la función ("qué es lo que hace") del elemento identificado.
Abreviaturas	Pueden utilizarse abreviaturas comunes. Si es necesario utilizar una abreviatura nueva, su significado debe resultar obvio al lector. Debe utilizarse la misma abreviatura para todos los tiempos verbales y para el singular y el plural de la palabra. Deben utilizarse mayúsculas, los puntos generalmente se omiten.
Brevedad	La inscripción del rótulo debe ser lo más concisa posible sin distorsionar el significado o la información que se desea transmitir. Los textos no deben ser ambiguos ni redundantes.
Familiaridad	Deben elegirse palabras que resulten familiares al operador.
Visibilidad y legibilidad	El operador debe poder leer fácilmente y de forma precisa a la distancia de lectura prevista, en las peores condiciones de iluminación previstas y en las condiciones de vibración y movimiento previstas. Los factores importantes son: el contraste entre las letras y el fondo; la altura, anchura, anchura del trazo, espacios y tipo de letra; y la reflexión especular del fondo, la cubierta u otros componentes.
Fuente y tamaño de letra	La tipografía determina la legibilidad de la información escrita; se refiere al estilo, tipo, disposición y aspecto de las letras.

Fuente: Modificado de Kroemer, Kroemer y Kroemer-Elbert 1994 (reproducido con autorización de Prentice-Hall; reservados todos los derechos).

- el uso de colores opuestos (rojo y verde, amarillo y azul) que aparezcan juntos en una relación objeto/fondo es a veces beneficioso y a veces perjudicial. No hay una norma que pueda ofrecerse: la solución tendrá que determinarse según los casos;
- evite el uso simultáneo de varios colores muy saturados de los extremos del espectro.

Paneles de controles y dispositivos de presentación de datos

Tanto los dispositivos de presentación de datos como los controles deberán disponerse en paneles delante del operador, es decir, cerca del plano medial de la persona. Como ya se ha dicho antes, los controles deberán estar a la altura del codo y las pantallas, a la altura de los ojos o un poco más bajas, tanto si el operador está sentado como si está de pie. Los controles que se manejen con menos frecuencia o los menos importantes, pueden colocarse más hacia los extremos o en la parte superior.

Con frecuencia, la información sobre el resultado de la operación de control se muestra en un instrumento. En este caso, el indicador deberá estar situado junto al control, de forma que éste pueda manipularse sin errores, con rapidez y comodidad. La asociación suele ser más clara cuando el control está directamente debajo o a la derecha del indicador. Debe tenerse cuidado de que la mano no tape el indicador cuando se maneja el control.

La gente suele esperar que exista una relación entre controles e indicadores, pero estas relaciones, a menudo aprendidas, generalmente dependen de la formación y la experiencia del operador, y no son fuertes. Las relaciones de movimiento esperadas están influidas por el tipo de control y de indicador. Cuando ambos son lineales o rotativos, la expectativa común es que sus movimientos se correspondan, es decir, que ambos se desplacen hacia arriba o en el sentido de las agujas del reloj. Cuando los movimientos son incongruentes, suelen aplicarse las reglas siguientes:

- *Aumentar en el sentido de las agujas del reloj:* al girar el control en el sentido de las agujas del reloj aumenta el valor visualizado.
- *Regla de Warrick:* se espera que un indicador (puntero) se mueva en la misma dirección que el control vinculado con el indicador.

La relación entre los desplazamientos del control y del indicador (proporción C/D o ganancia D/C) describe cuánto hay que mover un control para ajustar un indicador. Si es necesario un movimiento amplio del control para una pequeña variación del indicador, la relación C/D es grande, lo que significa que el control tiene poca sensibilidad. Normalmente, para hacer un ajuste son necesarios dos movimientos: en primer lugar, un movimiento primario ("giratorio") rápido hasta un punto aproximado, y en segundo, un ajuste preciso, hasta llegar a la posición exacta. En algunos casos, se considera como proporción C/D óptima la que reduce al máximo la suma de estos dos movimientos. Sin embargo, la proporción más adecuada dependerá de las circunstancias determinadas de cada aplicación.

Rótulos y advertencias

Rótulos

Lo ideal sería que no hiciese falta poner ningún rótulo en un equipo o control para explicar su funcionamiento. Normalmente, sin embargo, es necesario hacerlo para poder localizar, identificar, leer o manipular los controles, los indicadores u otros componentes del equipo. Los rótulos deben colocarse de forma que la información llegue al usuario de forma rápida y precisa. Para esto se dan instrucciones en la Tabla 29.13.

El tipo de letra (fuente) debe ser simple, grueso y vertical, como Futura, Helvetica, Namel, Tempo o Vega. Adviértase que la mayoría de las fuentes generadas electrónicamente (a través de LED, pantallas de cristal líquido o matrices de puntos) suelen ser de menor calidad que las impresas; y debe intentarse que resulten legibles.

- La *altura* de los caracteres depende de la distancia de visualización:
 - distancia de visualización: 35 cm, altura sugerida: 22 mm
 - distancia de visualización: 70 cm, altura sugerida: 50 mm
 - distancia de visualización: 1 m, altura sugerida: 70 mm
 - distancia de visualización: 1,5 m, altura sugerida: al menos 1 cm.
- La *proporción de anchura del trazo frente a altura del carácter* deberá ser 1:8 a 1:6 para letras negras sobre fondo blanco y 1:10 a 1:8 para letras blancas sobre fondo negro.
- La *proporción de anchura frente a altura del carácter* deberá ser de 3:5.
- El *espacio entre las letras* deberá tener al menos la anchura de un trazo.
- El *espacio entre las palabras* deberá tener al menos la anchura de un carácter.
- Para *texto continuo*, deberán combinarse mayúsculas y minúsculas; para *rótulos*, deberán usarse sólo mayúsculas.

Advertencias

Lo ideal sería que todos los aparatos resultaran seguros al utilizarse. En la realidad, esto no siempre puede conseguirse con el diseño; en estos casos, es necesario avisar al usuario de los peligros asociados con el uso del producto y ofrecerle instrucciones para su manipulación segura, con el fin de evitar daños o lesiones.

Es preferible contar con advertencias "activas", compuestas por un sensor que indique su utilización inadecuada y un dispositivo de alerta que avise a la persona del peligro. Sin embargo, en la mayoría de los casos se emplean advertencias "pasivas", por lo general una etiqueta pegada al aparato y una serie de instrucciones para la correcta manipulación del mismo que aparecen en el manual del usuario. Estas advertencias pasivas se basan en la capacidad del usuario para reconocer un peligro real o potencial, para recordar la advertencia y para actuar de forma prudente.

Los rótulos y las señales de las advertencias pasivas deben estar cuidadosamente diseñadas de acuerdo con la legislación vigente del país, las normativas nacionales e internacionales y teniendo en cuenta toda la información sobre ergonomía que pueda aplicarse. Las etiquetas y placas con advertencias pueden contener textos, gráficos e imágenes, e incluso combinaciones de gráficos y textos redundantes. Los gráficos, especialmente las imágenes y los pictogramas, pueden ser utilizados por personas de distintos ámbitos culturales, pero el diseño debe elegirse cuidadosamente. Sin embargo, los usuarios pueden percibir de distinta forma los peligros de que se avisa dependiendo de su edad y experiencia, etnia o entorno cultural. Por esto es preferible diseñar un producto *seguro* en lugar de aplicar advertencias a un producto de calidad inferior.

● DISEÑO Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACION

Andries F. Sanders

Al diseñar un equipo, es muy importante tener en cuenta que un operario humano tiene determinados límites y capacidades para

procesar la información. Estas capacidades y límites son de naturaleza muy variada y se pueden detectar a diferentes niveles. El rendimiento en las condiciones reales de trabajo depende en gran manera de hasta qué punto se ha prestado la debida atención a estas capacidades y límites durante el diseño. A continuación se ofrece un breve descripción de los criterios más importantes relacionados con este tema. En algunos casos se hará referencia a otras secciones de este volumen, en las que se discute algún tema concreto de manera más detallada.

Al analizar la forma en que los seres humanos procesan la información, suelen distinguirse tres niveles: el *nivel perceptivo*, el *nivel de decisión* y el *nivel motor*. El nivel perceptivo se divide a su vez en otros tres niveles relacionados con el proceso sensorial, la diferenciación de características y la identificación de la percepción. En el nivel de decisión, el operario percibe la información y elige una reacción que se programa y se ejecuta a nivel motor. Esta sería la descripción del flujo de información en los casos de las reacciones más simples. Pero es evidente, sin embargo, que la información se puede acumular, combinar y diagnosticar antes de que provoque una respuesta. Nuevamente, es posible que sea necesario seleccionar sólo una parte de la información para evitar una sobrecarga a nivel perceptivo. Finalmente, elegir la acción adecuada se convierte en un problema cuando hay varias opciones, unas mejores que otras. Aquí analizaremos los factores perceptivos y de decisión en el proceso de la información.

Capacidades y límites perceptivos

Límites sensoriales

La primera categoría de los límites en el proceso de la información es la sensorial. Su importancia en dicho proceso es evidente, ya que cuando las señales de información se acercan a los umbrales de percepción, el proceso se vuelve menos fiable. Esta afirmación puede parecer trivial, pero los problemas sensoriales no siempre se tienen en cuenta a la hora del diseño. Por ejemplo, los caracteres alfanuméricos de los carteles y señales informativas deberían ser lo suficientemente grandes como para distinguirse a la distancia adecuada, dependiendo siempre de la acción que se esté realizando. La legibilidad, sin embargo, no depende sólo del tamaño absoluto de los caracteres sino también del contraste y, debido a la inhibición lateral, de la cantidad de información en la señal. La legibilidad es un problema lo bastante importante como para que se adopten medidas especiales, particularmente en condiciones de baja visibilidad (por ejemplo, durante la conducción o el pilotaje con lluvia o niebla). Las señales de tráfico y carretera más recientes han sido diseñadas teniendo en cuenta estos factores, pero los carteles informativos junto a los edificios y dentro de ellos son, con bastante frecuencia, prácticamente ilegibles. Las pantallas son otro de los ejemplos en el que los límites sensoriales de tamaño, contraste y cantidad de información tienen un papel importante. A nivel auditivo, algunos de los problemas sensoriales más importantes están relacionados con la comprensión de los mensajes verbales en ambientes ruidosos o a la baja calidad de los sistemas de transmisión o audición.

Distinción de características

Una vez se ha obtenido la suficiente información sensorial, la siguiente etapa en el proceso de la información es la de distinción de las características de dicha información. Las investigaciones más recientes demuestran que el análisis de las características precede a la percepción del significado. Este análisis es especialmente útil para localizar un objeto especial entre muchos otros. Por ejemplo, un valor esencial en una pantalla que contenga muchos otros valores se puede representar por medio de un color o tamaño diferente, y esta característica resaltará el valor de

forma automática. Teóricamente, se considera que existen "mapas de características" para diferentes colores, tamaños, formas y otras características físicas. El valor de la atención a la característica dependerá de la activación diferencial de los mapas de características que pertenecen a la misma clase; por ejemplo, el color. La activación de un mapa de características dependerá, por lo tanto, de la posibilidad de discriminar las características distintas. Esto significa que cuando hay muchos colores en una pantalla, se activan la mayoría de los mapas de características de color de la misma manera y ninguno de los colores resalta más que los otros.

Del mismo modo, un único anuncio móvil nos resultaría llamativo, pero este efecto desaparece cuando nos encontramos con varios estímulos móviles en el campo visual. El principio de activación diferencial de los mapas de características se aplica también cuando se trata de punteros alineados que indican parámetros ideales. La desviación de un puntero puede indicarse con una inclinación de la línea, que se detecta rápidamente. Si esto es imposible, una desviación peligrosa podría indicarse por medio de un cambio de color. Así, la regla general para el diseño es utilizar sólo unas pocas características de diferenciación en una pantalla y reservarlas para la información más importante. La búsqueda de información significativa puede llegar a convertirse en algo difícil si algunas características se presentan juntas: por ejemplo, no es fácil localizar un objeto grande de color rojo en un conjunto de objetos pequeños de color rojo y de objetos verdes de todos los tamaños. Siempre que queramos diseñar elementos de búsqueda eficaces debemos evitar presentar varias características al mismo tiempo.

Dimensiones integrales y separables

Las características son separables cuando las podemos cambiar sin que afecte la percepción de las otras características del objeto. La longitud de las líneas de un histograma sería un buen ejemplo. En cambio, el término características integrales se refiere a aquellas características que, al cambiarse, alteran por completo la apariencia del objeto. Por ejemplo, no se pueden cambiar las características de la boca en una representación esquemática de la cara, sin alterar todo el aspecto del dibujo. El color y el brillo son características integrales, en el sentido de que no se puede cambiar un color sin alterar al mismo tiempo la impresión de brillo. Los principios de las características integrales y separables y de las propiedades emergentes derivadas de cambios en una sola característica de un objeto, se aplican en las llamadas representaciones *integradas* o *diagnósticas*. La justificación de estas representaciones es que se integran distintos parámetros en una sola representación en lugar de mostrar los parámetros individuales, y la composición total de esta representación puede indicar lo que está mal en un sistema.

La presentación de datos en las salas de control aún refleja el concepto de que cada medición individual debe tener su propio indicador. Esta representación fragmentada de las mediciones implica que el operario debe integrar la información de los diferentes indicadores para diagnosticar el posible problema. Cuando sucedió el accidente de la central nuclear de Three Mile Island, entre cuarenta y cincuenta indicadores registraron algún fallo, por lo que el operario tuvo que ir integrando la información de todas esas señales para poder diagnosticar qué había ocurrido realmente. Las representaciones integrales podrían ayudar a diagnosticar los diferentes tipos de errores, ya que combinan varias medidas en un solo patrón. Los diferentes patrones de las representaciones integrales también pueden ayudar a diagnosticar errores específicos.

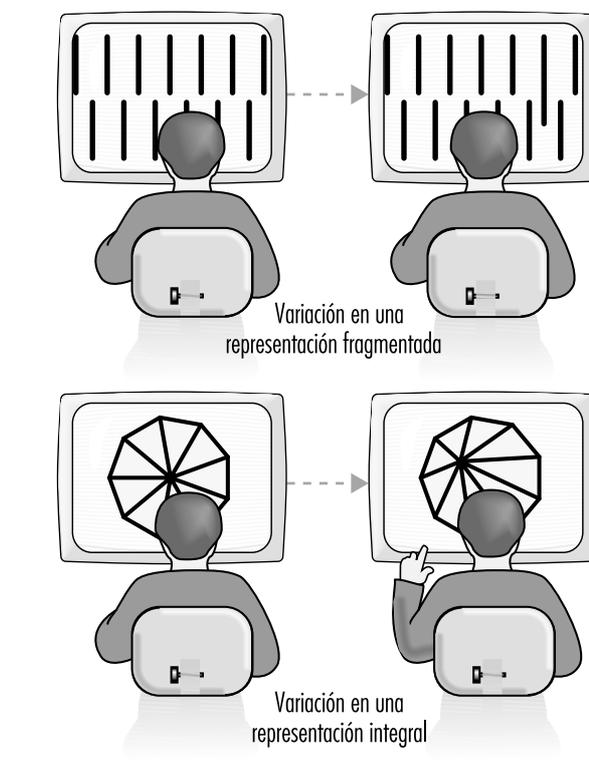
Un ejemplo típico de representación de diagnóstico, propuesto para las salas de control de las centrales nucleares, puede verse en la Figura 29.45. En ella se muestra un número de

mediciones en forma de radios de igual longitud, de modo que un polígono regular representa las condiciones normales, mientras cualquier distorsión puede relacionarse con los diferentes problemas del proceso.

No todas las representaciones integrales son igualmente distinguibles. Por ejemplo, una correlación positiva entre las dos dimensiones de un rectángulo provoca diferencias en el tamaño, pero mantiene la misma forma. En cambio, una correlación negativa provoca diferencias en la forma y mantiene el tamaño constante. Cuando la variación de dimensiones integrantes crea una nueva forma, revela una propiedad significativa del patrón, lo que se añade a la capacidad del operario para discriminar los patrones. Las nuevas propiedades que aparecen dependerán de la identidad y disposición de las partes, pero no se pueden identificar con ninguna parte individual.

Las representaciones de objetos y de configuración no son siempre beneficiosas. El mismo hecho de que sean integrales implica que las características de las variables individuales son más difíciles de percibir. Lo importante es que, por definición, las dimensiones integrales son interdependientes, lo que enmascara a los elementos individuales. Puede haber ocasiones en que esa situación sea inaceptable, aunque se desee aprovechar las propiedades de diagnóstico a través de patrones, típicas de la representación de objetos. Una solución podría ser un gráfico de barras tradicional. Por una parte, los gráficos de barras son fáciles de separar; y al mismo tiempo, cuando se colocan lo suficientemente juntos, las diferentes longitudes de las barras

Figura 29.45 • En una situación normal, todos los valores de los parámetros son iguales y forman un hexágono. En una situación anormal, algunos valores varían y crean una distorsión específica.



pueden constituir un patrón similar al de un objeto y útil para el diagnóstico.

Algunas representaciones de diagnóstico son mejores que otras. Su calidad depende de hasta qué punto la representación se ajusta al *modelo mental* de la tarea. Por ejemplo, el diagnóstico de errores, basado en las distorsiones de un polígono regular, como se ve en la Figura 29.45, puede que tenga poca relación con el campo semántico o la conceptualización de la tarea por parte del operario de la central nuclear. Las diferentes desviaciones de un polígono no se refieren de forma obvia al problema específico de la central. Así, el diseño de representación ideal es el que se basa en el modelo mental específico de la tarea. Hay que señalar que el tamaño de un rectángulo sólo es una representación útil cuando las dimensiones del producto sean la variable de interés.

Las representaciones más interesantes del objeto se basan, hoy en día, en métodos tridimensionales. Por ejemplo, una representación tridimensional del tráfico aéreo, en lugar de la representación bidimensional habitual del radar, puede ayudar al piloto a comprender mejor la posición de los otros aparatos. Este tipo de representación ha demostrado ser mucho mejor que la bidimensional, ya que sus símbolos indican si otro avión está por encima o por debajo del que se está pilotando.

Condiciones distorsionadas

La distorsión visual se da en diversas condiciones. Para algunos fines, como en el caso del camuflaje, los objetos se distorsionan intencionadamente para impedir su identificación. En otras ocasiones, por ejemplo con el aumento del brillo, las características pueden llegar a ser demasiado borrosas como para identificar el objeto. Uno de los temas de investigación se ha referido al número mínimo de "líneas" que se necesitan en una pantalla o el "detalle" necesario para evitar la distorsión. Desafortunadamente, esta solución a la calidad de la imagen no ha llevado a un resultado claro y definitivo. El problema para identificar estímulos distorsionados, por ejemplo, un vehículo blindado camuflado, depende en gran medida de la presencia o ausencia de pequeños detalles específicos del objeto. El resultado es que no se puede formular ningún tipo de solución general en relación con la densidad de líneas, sólo hacer la afirmación, más bien trivial, de que la distorsión disminuye a medida que aumenta la densidad.

Características de los símbolos alfanuméricos

Uno de los temas más importantes en el proceso de distinción de las características es el número real de características que, en conjunto, definen un estímulo. Así pues, la legibilidad de caracteres recargados como la letra gótica es muy baja, debido a la gran cantidad de curvas. Para evitar la confusión, se debería acentuar la diferencia entre aquellas letras que presentan características muy similares, como la *i* y la *l*, o la *c* y la *e*. Por la misma razón, se recomienda que los trazos que sobresalen de las letras tengan al menos un 40 % de la altura total de la letra.

Es evidente que la discriminación entre las letras está determinada principalmente por el número de características que no comparten. Estas características son principalmente segmentos de líneas rectas y circulares en sentido horizontal, vertical u oblicuo, que pueden variar en tamaño, como en las mayúsculas y las minúsculas.

Es obvio que, aunque los caracteres alfanuméricos sean distinguibles por sí mismos, esta propiedad puede perderse cuando se combinan con otros elementos. Así, los dígitos **4** y **7** comparten muy pocas características, pero no se distinguen tan bien en un contexto mayor en el que el resto de los elementos son idénticos (por ejemplo, **384** y **387**). Todo el mundo sabe que es más rápido leer un texto en minúsculas que en mayúsculas. Esto se

suele atribuir al hecho de que las letras minúsculas tienen más características distintivas (por ejemplo, **alto**, **bajo** frente a **ALTO**, **BAJO**). Esta superioridad de las minúsculas, no se refiere sólo a los textos de lectura sino también a las señales de carretera que indican las ciudades y las salidas de las autopistas.

Identificación

El objetivo del proceso perceptivo se relaciona con la identificación e interpretación de lo percibido. Las limitaciones humanas que surgen a este nivel suelen relacionarse con la discriminación e interpretación adecuadas de lo que se percibe. Las aplicaciones de la investigación en discriminación visual son muy variadas y van desde los modelos alfanuméricos hasta la identificación de estímulos más generales. El diseño de las luces de frenado de los coches puede servir como ejemplo para esta última categoría. Los accidentes por golpes traseros representan una proporción importante de los accidentes de tráfico y se deben, en parte, al hecho de que la posición de la luz de frenado junto a las luces traseras la convierte en algo poco discriminable y prolonga el tiempo de reacción del conductor. Como alternativa se ha desarrollado una luz única que se monta en el centro de la luna trasera al nivel de los ojos, más o menos, y que aparentemente ayuda a reducir la tasa de accidentes. En estudios experimentales en carretera, el efecto de esta luz de freno central parece ser menor cuando los participantes conocen la finalidad del estudio, lo que indica que la identificación de estímulos en su configuración tradicional mejora cuando los sujetos prestan especial atención a la tarea. A pesar del efecto positivo de la luz de frenado aislada, su identificación se podría mejorar aun más creando una señal de frenado más distinguible, dándole alguna forma especial, como un signo de exclamación "!" o incluso creando un icono.

Juicios absolutos

En el caso de los juicios absolutos sobre las dimensiones físicas, se observan límites de rendimiento muy estrictos y en ocasiones, contrarios a la intuición. Hay ejemplos relacionados con el código de colores de los objetos y el uso de los tonos en los sistemas auditivos de llamada. La realidad es que los juicios relativos son muy superiores a los absolutos. El problema con los juicios absolutos es que el código se ha de traducir a otra categoría. Por ejemplo, un color puede estar relacionado con un valor de resistencia eléctrica o un tono se puede asociar a un mensaje para una persona concreta. De hecho, el problema no es de identificación perceptiva sino de elección de respuesta, un tema que se discutirá más adelante en este artículo. Por ahora es suficiente señalar que no se deben utilizar más de cuatro o cinco colores o tonos para evitar la confusión. Cuando se necesiten más alternativas, se pueden añadir dimensiones adicionales, como intensidad, duración y número de tonos.

Lectura de palabras

La importancia de leer las palabras como unidades separadas en el modo de impresión tradicional se ha demostrado en varios experimentos: la lectura es más difícil cuando se omiten los espacios, no se detectan los errores tipográficos y es muy difícil leer palabras que alternan mayúsculas y minúsculas (por ejemplo, *ALTeRnAndO*). Algunos investigadores han dado mucha importancia al papel que desempeña la forma a la hora de leer unidades de palabras y sugieren que los analizadores de frecuencia espacial pueden ser importantes para identificar la forma de la palabra. Desde este punto de vista, el significado se obtendría a partir de la forma de la palabra y no del análisis letra por letra. Sin embargo, la aportación al análisis de la forma de la palabra se limita probablemente a pequeñas palabras comunes, como artículos y terminaciones, lo que coincide con el hecho de

que los errores tipográficos en palabras pequeñas y terminaciones tienen pocas probabilidades de ser detectados.

Los textos en letra minúscula tienen ventaja sobre los textos en mayúsculas debido a la pérdida de características diferenciadoras en las mayúsculas. Pero esta ventaja no se da, y se puede incluso observar la tendencia contraria, cuando se trata de buscar una sola palabra. Puede ser que factores como el tamaño de la letra y las mayúsculas se confundan en la búsqueda. Las letras de mayor tamaño se detectan más rápidamente, lo que podría compensar la desventaja que supone la falta de características distintivas. Así pues, una palabra aislada se puede leer igual de bien en mayúsculas que en minúsculas, mientras que un texto continuo se lee más rápido en minúsculas. Detectar una palabra ÚNICA en mayúsculas entre muchas minúsculas es muy fácil, ya que se destaca del texto. Incluso sería más eficaz y rápido imprimir una única palabra en minúscula en **negrita**, en cuyo caso se combinan las ventajas de las características diferenciadoras y las del impacto visual.

El papel de la codificación en la lectura se ilustra claramente en la poca legibilidad de las antiguas pantallas de PVD de baja resolución, compuestas por matrices de puntos muy primarias y que sólo podían reproducir los caracteres alfanuméricos en forma de líneas rectas. Se descubrió que leer o buscar información en uno de esos monitores de baja resolución era bastante más lento que hacerlo en una copia impresa. El problema ha desaparecido con las pantallas actuales de alta resolución. Además de la forma de las letras hay otras diferencias adicionales entre leer de un papel o en una pantalla, entre los que se encuentra el espaciado de las líneas, el tamaño de los caracteres, el tipo de letra, el contraste entre los caracteres y el fondo, la distancia entre el lector y el texto, la cantidad de parpadeo y el hecho de que pasar las páginas en la pantalla se hace por un sistema de desplazamiento. La opinión generalizada de que es más lento leer de una pantalla de ordenador, aunque el nivel de comprensión es igual, puede deberse a una combinación de estos factores. Los ordenadores actuales ofrecen una gran variedad de opciones en cuanto a fuente, tamaño, color, formato y estilo que puede llevarnos a pensar, equivocadamente, que el gusto personal es la razón principal.

Iconos frente a palabras

En algunos estudios se ha demostrado que el tiempo utilizado para elegir una palabra es menor que el de un icono equivalente, mientras que en otros estudios el tiempo fue casi el mismo. Hay quien dice que las palabras se leen más rápido porque son menos ambiguas. Incluso un icono relativamente simple, como una casa, podría provocar diferentes respuestas y, de esta manera, generar un conflicto de respuestas y disminuir la velocidad de reacción. Si se evita este conflicto, utilizando iconos no ambiguos es probable que la diferencia en la velocidad de reacción desaparezca. Es interesante señalar que, como en el caso de las señales de tráfico, los iconos son a menudo mejores que las palabras, incluso en aquellos casos en que la comprensión del lenguaje no se considera un problema. Esta paradoja se puede deber al hecho de que la legibilidad de las señales de tráfico es, en gran medida, una cuestión relacionada con la *distancia* desde la que se puede identificar dicha señal. Si están adecuadamente diseñados, esta distancia es mayor para los símbolos que para las palabras, ya que los dibujos permiten diferencias mucho mayores en cuanto a las formas y contienen menos detalles que las palabras. La ventaja de los dibujos nace del hecho de que la discriminación de las letras requiere un tamaño aparente de unos diez o doce minutos de arco y que la detección de las características es el primer paso para la discriminación. Al mismo tiempo, está claro que los signos sólo son mejores cuando (1) contienen pocos

detalles, (2) son lo suficientemente distintos en cuanto a forma y (3) no son ambiguos.

Capacidades y límites de decisión

Una vez que lo percibido se ha identificado e interpretado, este proceso podría requerir una acción o respuesta. En este contexto la discusión se limitará a relaciones deterministas estímulo-respuesta o, en otras palabras, a condiciones en las que cada estímulo tiene una respuesta previamente fijada. En este caso, los mayores problemas para el diseño de herramientas y equipos están relacionados con temas de compatibilidad, es decir, hasta qué punto el estímulo identificado y su respuesta ya fijada tienen una relación "natural" o rutinaria. Hay condiciones en las que la falta de una relación óptima es intencionada, como en las abreviaturas. Generalmente una contracción como *abrvttra* es mucho peor que un recorte del tipo *abrev.* Teóricamente, esto se debe a la mayor redundancia que se da en las letras sucesivas de una palabra, lo que permite "rellenar" las últimas letras basándose en las primeras. Una palabra rota se puede aprovechar de este principio, lo que no es posible en las contracciones.

Modelos mentales y compatibilidad

En la mayoría de los problemas de compatibilidad existen respuestas estereotipadas derivadas de modelos mentales generalizados. La elección de la posición nula en una representación circular puede ser un buen ejemplo: las posiciones de las 12 en punto y las 9 en punto en un reloj se corrigen con mayor rapidez que las de las 3 y las 6 en punto. La razón puede ser que una desviación en el sentido de las agujas del reloj y el movimiento en la parte superior de la representación se experimentan como "aumentos" que requieren una respuesta que reduzca su valor. En los casos de las 3 y las 6 ambos principios entran en conflicto y se manejan de forma menos eficaz. En la forma de abrir y cerrar la puerta trasera de un automóvil puede observarse un estereotipo similar: la mayoría de la gente actúa según el estereotipo de que para cerrar se usa el movimiento en sentido de las agujas del reloj. Si el cierre se ha diseñado al contrario, el resultado suelen ser continuos errores y sentimientos de frustración.

Con respecto a los movimientos de control, el principio de compatibilidad se resume en el principio de Warrick, que describe la relación entre la posición de un mando de control y la dirección del movimiento en una pantalla. Si el mando de control está situado a la derecha de la pantalla, se supone que un movimiento en el sentido de las agujas del reloj hará subir el indicador. Otro ejemplo sería desplazarse a través de ventanas de ordenador: según el modelo mental de la mayoría de la gente, la dirección hacia arriba de una representación móvil sugiere que los valores suben de la misma manera que una mayor temperatura en un termómetro se indica por medio de una columna de mercurio con valores de abajo arriba. Existen problemas para aplicar este principio en una escala móvil con un puntero fijo. Cuando la escala de este tipo de indicadores se mueve hacia abajo, esto indica que su valor está aumentando. En este caso, se produce un conflicto con el estereotipo. Si la escala se invierte, los valores bajos quedarían en la parte superior de la escala, lo cual es también contrario a la mayoría de los estereotipos.

El término *proximidad compatibilidad* se refiere a la correspondencia entre las representaciones simbólicas y los modelos mentales que la gente tiene de las relaciones funcionales o espaciales dentro de un sistema. Los temas de proximidad-compatibilidad se hacen más complejos cuanto más globales, primitivos o distorsionados sean los modelos mentales. Así pues, el diagrama de flujo de un proceso industrial totalmente automatizado se suele representar mediante un modelo técnico que puede no corresponder en absoluto con el modelo mental del

proceso. En concreto, cuando el modelo mental de un proceso está incompleto o distorsionado, una representación técnica del progreso ayuda muy poco a desarrollarlo o corregirlo. Un ejemplo común de una mala proximidad-compatibilidad serían los planos de situación de salidas de urgencia en un edificio. Estos planos suelen ser totalmente inadecuados, llenos de detalles poco significativos, especialmente para personas que sólo tienen una imagen mental global del edificio. La concordancia entre la lectura del mapa y la orientación se acerca más a lo que se ha llamado "conciencia situacional", que es particularmente importante en el espacio tridimensional durante un vuelo aéreo. Ha habido desarrollos recientes en las representaciones tridimensionales de objetos que son un intento de conseguir un grado de proximidad-compatibilidad óptimo.

Compatibilidad estímulo-respuesta

Un ejemplo de compatibilidad estímulo-respuesta (E-R) sería el caso de la mayoría de los procesadores de texto, en los que se considera que los usuarios conocen la correspondencia entre los comandos y las combinaciones específicas de las teclas. El problema está en que un comando y su combinación de teclas correspondiente no suelen tener ninguna relación con una situación anterior, lo que significa que la relación estímulo-respuesta entre teclas y orden se ha de adquirir mediante un difícil proceso de aprendizaje. El resultado es que, incluso una vez adquirida la habilidad, la tarea sigue estando sujeta a ciertos errores. El modelo interno del programa queda incompleto pues es fácil que se olviden las operaciones menos utilizadas, de manera que el usuario no puede recuperar la respuesta adecuada de su cerebro. El texto que se ve en la pantalla tampoco se corresponde siempre con lo que se imprime, otro ejemplo de baja proximidad-compatibilidad. Son pocos los programas que utilizan un modelo interno espacial estereotípico en conexión con la relación estímulo-respuesta para el control de los comandos.

Se ha dicho, correctamente, que las relaciones preexistentes entre los estímulos espaciales y las respuestas manuales son mejores. Por ejemplo, la relación entre una respuesta señalizadora y la localización espacial o como la que existe entre los estímulos y las respuestas verbales. Existen un gran número de pruebas de que las representaciones verbales y espaciales son categorías cognitivas relativamente independientes con pocas interferencias, pero también con pocas correspondencias entre sí. Por lo tanto, una tarea espacial, como dar formato a un texto, se lleva a cabo mejor con movimientos espaciales como los del ratón, dejando el teclado para las órdenes verbales.

Esto no significa que el teclado sea ideal para llevar a cabo comandos verbales: la mecanografía sigue consistiendo básicamente en accionar manualmente una serie de ubicaciones espaciales arbitrarias, básicamente incompatibles con el procesamiento de las letras. Realmente, es otro ejemplo de tarea incompatible, que se domina únicamente a través de la práctica intensiva, perdiéndose la habilidad adquirida si no se practica continuamente. Lo mismo se puede decir de la taquigrafía, que consiste en asociar símbolos escritos arbitrarios a estímulos verbales. Un ejemplo interesante de un método alternativo de teclado es el teclado de cuerda. El usuario maneja dos teclados, uno para la mano izquierda y otro para la derecha, cada uno con seis teclas. Cada letra del alfabeto corresponde a una combinación de teclas. Los resultados de este estudio mostraron un extraordinario ahorro del tiempo necesario para saber mecanografiar. Las limitaciones motoras limitaron la velocidad máxima de esta técnica, pero aún así, una vez finalizado el proceso de aprendizaje, el rendimiento del operario se aproximaba mucho al de la técnica convencional.

Un ejemplo clásico de un efecto de compatibilidad espacial se refiere a la disposición tradicional de los controles de los

quemadores de una cocina: los quemadores se sitúan en una matriz de 2×2 , mientras que los controles se sitúan en una fila horizontal, lo que provoca que las relaciones entre el quemador y su control se aprendan con dificultad y se olvidan fácilmente. Sin embargo, a pesar de los errores, el problema de encender el fuego, pasado cierto tiempo, se resuelve con facilidad. La situación es peor cuando uno se enfrenta con relaciones control-representación totalmente indefinidas. Hay muchos ejemplos de malas compatibilidad E-R en la relación control-representación de los aparatos de vídeo, las videocámaras y los televisores. El resultado es que muchas de las opciones nunca se utilizan o se tienen que estudiar de nuevo cada vez que se desea utilizarlas. El argumento de que todo está explicado en el manual, aunque sea cierta, no resulta útil ya que en la práctica, la mayoría de los manuales son incomprensibles para el usuario medio, en especial cuando se intenta describir acciones con términos verbales incompatibles.

Compatibilidad estímulo-estímulo (E-E) y respuesta-respuesta (R-R)

Inicialmente, se distinguió entre la compatibilidad E-E y R-R y la compatibilidad E-R. Un ejemplo clásico de la compatibilidad E-E sería el intento, a finales del decenio de 1940, de complementar el sonar con señales visuales para lograr una mejor detección de la señal. Una de las soluciones fue incorporar un rayo de luz horizontal con perturbaciones verticales de izquierda a derecha y que no hacía sino reflejar de modo visual la señal potencial y el ruido de fondo. La señal consistía en una perturbación vertical ligeramente mayor. Los experimentos mostraron que la combinación no producía mejores resultados que la señal auditiva por sí sola. Esto se explicó por una baja compatibilidad E-E: la señal auditiva se percibe como un cambio de intensidad, por lo que el apoyo visual correspondiente a este cambio de tono debería ser un cambio de brillo, ya que éste es el cambio visual análogo al cambio de tono auditivo.

Es interesante observar que el grado de compatibilidad E-E se corresponda directamente con la habilidad de los individuos en una prueba de modalidades cruzadas. En este tipo de pruebas, se pide a los sujetos que indiquen la intensidad auditiva que corresponde a cierto brillo o peso. Este enfoque se ha vuelto bastante común en los estudios sobre el ajuste de las dimensiones sensoriales, ya que evita la asociación de estímulos sensoriales a cifras. La compatibilidad R-R se refiere a la correspondencia de movimientos simultáneos o sucesivos. Algunos movimientos se coordinan más fácilmente que otros, lo que nos muestra unas restricciones claras en relación con la forma más eficaz de realizar determinadas acciones, como por ejemplo, accionar sucesivamente varios controles.

Los ejemplos anteriores muestran claramente cómo los temas de compatibilidad intervienen en toda interacción hombre-máquina. El problema es que los efectos de la baja compatibilidad suelen ser mitigados por una práctica extendida y, de esta manera, se mantienen encubiertos o no se tienen en cuenta. Además, aún cuando las relaciones representación-control se practican con frecuencia y no parecen afectar al rendimiento, sigue existiendo una mayor probabilidad de error. La respuesta compatible errónea es pues un competidor de la respuesta incompatible correcta y es probable que aparezca en alguna ocasión, con el riesgo evidente de accidente. Además, la cantidad de práctica necesaria para dominar relaciones E-R incompatibles es enorme y, básicamente, una pérdida de tiempo.

Límites de la programación y la ejecución motora

Uno de los límites de la programación motora se trató brevemente al comentar la compatibilidad R-R. El operario humano

tiene problemas para llevar a cabo secuencias incongruentes de movimientos y, en particular, para cambiar de una secuencia incongruente a otra. Los resultados de los estudios sobre coordinación motora son importantes para el diseño de los controles en los que se hayan de usar ambas manos; aunque la práctica puede mejorar mucho este aspecto, como lo atestiguan los sorprendentes niveles en las habilidades acrobáticas.

Muchos principios comunes en el diseño de controles derivan de la programación motora, entre ellos la incorporación de una cierta resistencia a un control y de la retroinformación que indica que el manejo ha sido el adecuado. Una preparación motora adecuada es determinante para el tiempo de reacción. La reacción a un estímulo repentino e inesperado puede tardar un segundo más, un tiempo considerable cuando se necesita una reacción rápida, como la reacción a las luces de frenado del coche que va delante. Las reacciones no previstas son probablemente la causa principal de las colisiones en cadena. Las señales de aviso son beneficiosas para evitar dichas colisiones. Una

aplicación importante de los estudios de ejecución de movimientos es la de la ley de Fitt, que relaciona el movimiento, la distancia y el tamaño del blanco al que se apunta. Esta ley parece ser bastante general, y puede aplicarse a una palanca, un ratón, un *joystick*, o un lápiz óptico. Entre otras cosas, se ha empleado para calcular el tiempo necesario para hacer correcciones en pantallas de ordenador.

Evidentemente, aún queda mucho por decir además de lo expuesto anteriormente. Por ejemplo, la discusión se ha limitado casi en su totalidad a los temas del flujo de información a nivel de una simple reacción de elección. No se han tratado temas más complejos, ni tampoco los problemas de retroinformación o anticipación en el control de información y la actividad motora. Muchos de los temas mencionados tienen una estrecha relación con los problemas de memoria y planificación del comportamiento, que tampoco se han tratado. Si se desea obtener una información más amplia, puede encontrarse, por ejemplo, en Wickens (1992).

DISEÑO PARA TODOS

● DISEÑO PARA GRUPOS ESPECIFICOS

Joke H. Grady-van den Nieuwboer

Al diseñar un producto o un proceso industrial, se piensa siempre en el trabajador "medio" y "sano". La información sobre las capacidades del ser humano, como la fuerza muscular, la flexibilidad corporal, el alcance del brazo y muchas otras características, se obtiene de los estudios empíricos llevados a cabo durante el reclutamiento militar y refleja datos y medidas válidas para el varón medio de unos veinte años. Pero la población activa está compuesta por personas de ambos sexos y de edades diferentes, por no hablar de la gran variedad de capacidades y tipos físicos, niveles de salud y estado físico, y capacidades funcionales. En el cuadro adjunto se ofrece una clasificación de las distintas clases de limitaciones funcionales según la Organización Mundial de la Salud. Actualmente, el diseño industrial no tiene en cuenta las capacidades (o discapacidades) de la mayoría de los trabajadores y debería tomar como punto de partida para el diseño un porcentaje más amplio de la población. Está claro que la carga apropiada para un joven de 20 años puede llegar a sobrepasar la capacidad de un trabajador de 15 o de 60 años. Compete al diseñador tener en cuenta tales diferencias, no sólo a nivel de eficacia, sino también para prevenir los accidentes y enfermedades laborales.

Los avances tecnológicos han ocasionado que el 60 % de los puestos de trabajo en Europa y Norteamérica sean puestos en los que para realizar un trabajo hay que permanecer sentado. La carga física en el trabajo es, como media, mucho menor que antes, pero todavía quedan muchos puestos de trabajo que exigen esfuerzos físicos no adecuados para la capacidad humana. En algunos países en vías de desarrollo todavía no existen los recursos tecnológicos suficientes para mitigar de forma significativa la carga física que ha de soportar el trabajador. Y en los países tecnológicamente avanzados, aún es habitual que el diseñador tenga que adaptar sus planteamientos a las limitaciones impuestas por el producto o el proceso de producción, reduciendo u omitiendo cualquier concesión a los factores humanos relacionados con la discapacidad o con la prevención de posibles daños causados por la carga de trabajo. Para solucionar dichos problemas, se debe educar a los diseñadores para

que presten más atención a estos factores y expresen los resultados de su estudio en un *documento de requisitos del producto* (PRD). El PRD contiene el conjunto de requisitos que el diseñador debe cumplir para conseguir tanto un determinado nivel de calidad del producto como la satisfacción de las necesidades de las capacidades humanas en el proceso de producción. Aunque sea poco realista exigir que el producto se ajuste al PRD a todos los niveles debido a la necesidad de compromisos inevitables, el método que más se acerca al planteamiento para conseguir estos objetivos es el diseño ergonómico del sistema (SED), que se comentará a continuación, junto con otros dos enfoques alternativos.

Diseño creativo

Este planteamiento es característico de artistas y otros profesionales afines, cuyo trabajo implica un alto grado de originalidad. La esencia de este proceso de diseño es que el concepto se resuelve intuitivamente y por medio de la "inspiración", tratando los problemas según surgen, sin previsión o deliberación previa alguna. En ocasiones, el resultado no tendrá mucha semejanza con el concepto original, pero representa lo que el creador considera un producto auténtico. Otras veces, no pocas, el diseño es un fracaso. La Figura 29.46 muestra el camino seguido por del diseño creativo.

Diseño de sistemas

Este tipo de diseño nace de la necesidad de predeterminar las fases del diseño en un orden lógico. Cuando el diseño se va haciendo algo más complejo, es necesario dividirlo en tareas secundarias. Los diseñadores o equipos encargados de estas tareas secundarias son interdependientes, lo que convierte al diseño en un trabajo de equipo más que individual. Los campos de experiencia complementarios están distribuidos entre los componentes del equipo, y el diseño adquiere un carácter interdisciplinario.

El diseño de sistemas se orienta hacia la realización óptima de las complejas y bien definidas funciones del producto utilizando la tecnología más apropiada. Es un proceso costoso, pero los riesgos de fracaso se reducen considerablemente, en comparación con otro tipo de planteamientos menos organizados. La eficacia del diseño se compara con los objetivos formulados en el PRD.

Clasificación internacional de limitaciones funcionales de las personas

La OMS (Organización Mundial de la Salud) presentó en 1980 una clasificación de las limitaciones funcionales de las personas: el ICIDH (International Classification Impairment, Disability and Handicap). En esta clasificación se establecen diferencias entre los términos enfermedad, limitaciones y minusvalía.

Este modelo de referencia se creó para facilitar la comunicación internacional. Se presentó, por una parte, para servir de marco de referencia a quienes dictaminan las políticas de los diferentes países y por otra, para ayudar al diagnóstico médico de las personas que padecen las consecuencias de enfermedades.

¿Por qué es necesario un marco de referencia? Este marco de referencia nace para mejorar la participación e integración de las personas con limitaciones prolongadas. Se mencionan dos objetivos principales:

- la perspectiva de la rehabilitación, es decir, la integración de las personas en la sociedad, ya sea en el trabajo, la escuela, las tareas del hogar, etc.
- la prevención de las enfermedades y sus posibles consecuencias; por ejemplo, discapacidad o minusvalía.

Desde el 1 de enero de 1994, esta clasificación es oficial. Las actividades posteriores a esta política son de naturaleza muy diversa: medidas informativas y educativas para grupos específicos, normativas para la protección de los trabajadores o exigencias de cuotas de empleo en las empresas, por ejemplo, al menos un 5% de trabajadores con discapacidades. La política en sí misma lleva, a largo plazo, hacia la integración y la no discriminación.

Enfermedad

Las enfermedades afectan a todas las personas. En ocasiones se pueden prevenir y en otras no. Algunas se pueden curar y otras no. Siempre que exista un medio, las enfermedades deben prevenirse y, si es posible, curarse.

Limitaciones

Una limitación es cualquier falta o alteración de alguna de las estructuras o funciones fisiológicas, psicológicas o anatómicas.

El haber nacido con tres dedos en lugar de cinco no tiene por qué producir una discapacidad. Las capacidades de la persona y del grado de manipulación que alcance con esos tres dedos determinarán si existe o no una discapacidad. Sin embargo, cuando una persona no puede procesar adecuadamente las señales a nivel central en el cerebro, la limitación se convertirá en una discapacidad, ya que en la actualidad no existen métodos que permitan "curar" (solucionar) este problema.

Discapacidad

El concepto de discapacidad describe el nivel funcional de una persona que tiene dificultades en la realización de tareas. por ejemplo, dificultades para levantarse de la silla. Estas dificultades están relacionadas con la limitación, pero también con las circunstancias en las que alguien tiene que realizar una tarea. Alguien que necesite una silla de ruedas y viva en un país llano como Holanda tiene más posibilidades de desplazarse por sí mismo que alguien que viva en una zona montañosa como el Tíbet.

Minusvalías

Cuando los problemas se clasifican como minusvalías, se puede determinar los campos a los que afectan: por ejemplo, la inmovilidad o la dependencia física. Las minusvalías interfieren con la realización del trabajo, por ejemplo, la persona puede no ser capaz de desplazarse al lugar de trabajo o bien, una vez en el trabajo, puede necesitar ayuda para su higiene personal, etc.

Una minusvalía muestra las consecuencias negativas de la discapacidad y sólo se puede eliminar eliminando dichas consecuencias.

Resumen y conclusiones

La clasificación anterior y las políticas que conlleva ofrecen un marco de referencia internacional bien definido para el trabajo. En cualquier discusión sobre el diseño para grupos específicos, se necesitará este marco para definir las actividades y aplicar las ideas a través del diseño.

La forma en que se formulan las especificaciones en el PRD es muy importante. La Figura 29.47 muestra la relación entre el PRD y otras fases del proceso de diseño de sistemas.

Como muestra este esquema, no se tiene en cuenta la información que pueda proporcionar el usuario. Únicamente al final del proceso de diseño se permite que el usuario haga una crítica. Esto es totalmente inútil, tanto para el productor como para el usuario, ya que hay que esperar hasta el próximo ciclo de diseño (si alguna vez se produce), para corregir los errores a través de las modificaciones necesarias. Además, la información del usuario no suele estar sistematizada ni incluida en un nuevo PRD.

Diseño ergonómico de sistemas (DES)

El DES es una versión del diseño de sistemas, adaptada para garantizar que se tenga en cuenta el factor humano en el proceso de diseño. La Figura 29.48 muestra el flujo de la información que aporta el usuario al PRD.

En el diseño ergonómico de sistemas, se considera al ser humano como parte del propio sistema: los cambios en las especificaciones del diseño se realizan considerando las capacidades cognitivas, físicas y mentales del trabajador, y el método se

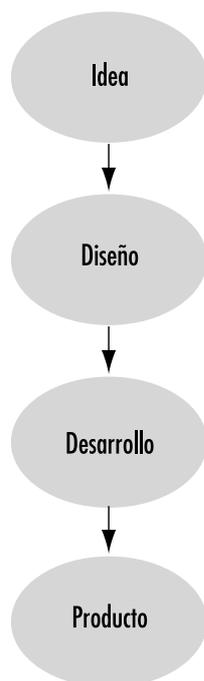
convierte un enfoque de diseño válido para cualquier sistema técnico en el que participen operarios humanos.

Por ejemplo, para examinar las implicaciones de las capacidades físicas del trabajador, la asignación de tareas en el diseño del proceso requerirá una selección cuidadosa de las tareas que van a realizar el trabajador y las máquinas, determinando qué tarea es más adecuada para que la realice el ser humano o la máquina. Evidentemente, el ser humano será siempre más eficaz a la hora de interpretar información incompleta; las máquinas, sin embargo, calculan más rápidamente cuando tienen todos los datos. Así, una máquina será la solución ideal para levantar grandes pesos; etc. Además, ya que se puede comprobar la interacción hombre-máquina en la fase de prototipo, se pueden eliminar errores de diseño que, de otra manera, se manifestarían en la fase de funcionamiento técnico.

Métodos en la investigación del usuario

No existe "el método ideal" ni una fórmula o directriz perfecta para realizar un diseño específico para trabajadores con discapacidades. Es una cuestión de sentido común, de búsqueda exhaustiva de todos los conocimientos relacionados con el problema y de aplicar todo esto para obtener los mejores resultados.

Figura 29.46 • Diseño creativo.



La información puede obtenerse de fuentes tales como:

- *Los resultados de estudios publicados.*
- *La observación directa de la persona con una discapacidad en su puesto de trabajo y la descripción de sus dificultades concretas.* Dicha observación se debe hacer en un momento en el que el trabajador acuse la fatiga, por ejemplo, al final del turno laboral. La razón es que cualquier solución en el diseño se debe adaptar a la fase más ardua del proceso de trabajo o a las fases que no hayan podido realizarse adecuadamente (o en absoluto) porque sobrepasen la capacidad física del trabajador.
- *Entrevistas.* Hay que recordar que, dependiendo del diseño de la entrevista, la información obtenida puede ser demasiado subjetiva. Es preferible combinar la entrevista con la observación. Las personas con discapacidades muchas veces son renuentes a comentar sus dificultades, pero cuando se dan cuenta de que el investigador desea actuar en su beneficio, esta desconfianza disminuye. Con dicha técnica, a pesar de que lleva mucho tiempo, se obtienen muy buenos resultados.
- *Cuestionarios.* Una de las ventajas de los cuestionarios es que pueden aplicarse a grupos numerosos y al mismo tiempo, se puede obtener una información tan específica como se quiera. Sin embargo, se debe diseñar el cuestionario de manera que se obtenga una información realmente representativa del grupo al que se va a aplicar. Esto significa que el tipo de información que se desee obtener debe basarse en las entrevistas y en la observación de una muestra razonablemente pequeña de trabajadores y especialistas. En el caso de las personas con discapacidades, parece sensato incluir en dicha muestra a médicos y fisioterapeutas cuyas competencias incluyen la prescripción de ayudas especiales para las personas con discapacidades y que hayan examinado las capacidades físicas de dichos trabajadores.
- *Mediciones físicas.* Las mediciones realizadas con instrumentos del campo de la bio-instrumentación (por ejemplo, el nivel de actividad de los músculos o la cantidad de oxígeno que se

consume en una tarea específica) o con métodos antropométricos (por ejemplo, las dimensiones lineales de los componentes del cuerpo, la movilidad de las extremidades, la fuerza muscular) son indispensables para todo proyecto de diseño orientado hacia el uso humano.

Los métodos descritos anteriormente son algunos de los más usuales para obtener datos relacionados con los seres humanos. También existen métodos para evaluar los sistemas hombre-máquina. Uno de ellos, la *simulación*, consiste en construir copias físicas muy realistas. El desarrollo de una representación, más o menos simbólica, de un sistema, es un ejemplo de un *modelo*. Ambos recursos son, por supuesto, útiles y necesarios cuando el sistema o producto del que se trata no exista o no se pueda utilizar para la realización de pruebas y experimentos. La simulación se utiliza muy a menudo en cursos de formación y para confeccionar modelos de investigación. Un *montaje* es una copia tridimensional a escala natural de un lugar de trabajo, compuesto a veces de materiales improvisados, que resulta de gran utilidad para probar las posibilidades del diseño con el propio trabajador discapacitado: de hecho, la mayoría de los problemas de diseño se pueden identificar con la ayuda de este tipo de modelos. Otra ventaja de esta solución es que aumenta la motivación del trabajador, al hacerle participar en el diseño de su futuro puesto de trabajo.

Análisis de tareas

En el análisis de tareas se someten a observación analítica diferentes aspectos de un trabajo concreto. Entre los aspectos estudiados están la postura de trabajo, la definición de los movimientos efectuados, la interacción con otros trabajadores, el

Figura 29.47 • Diseño de sistemas.

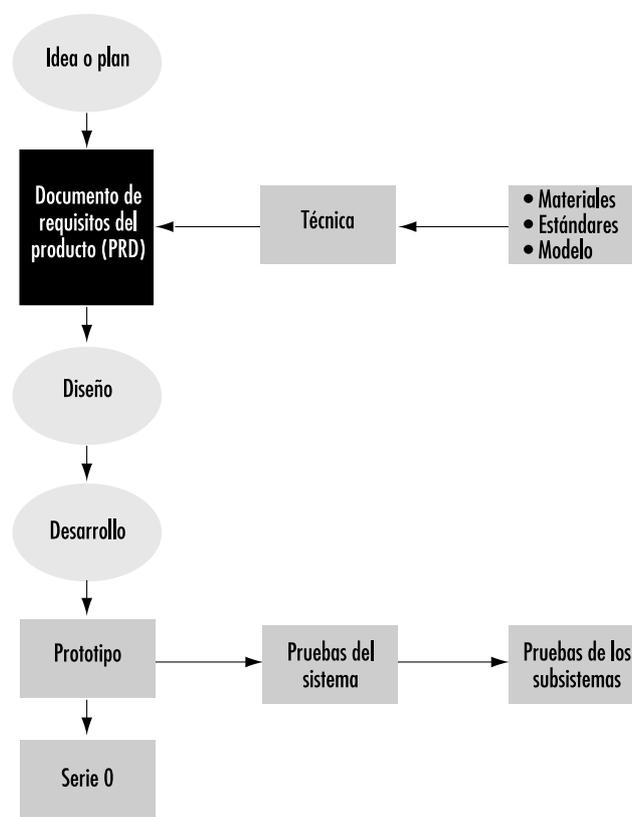
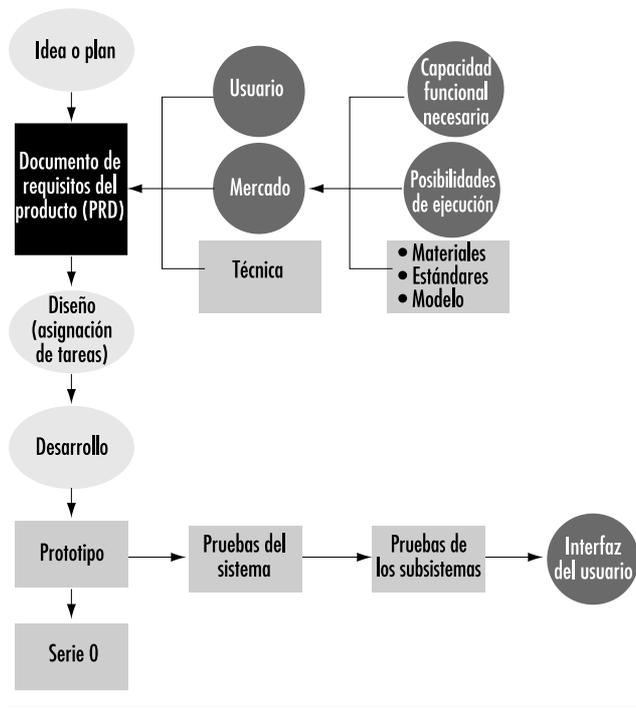


Figura 29.48 • Diseño ergonómico de sistemas.



manejo de herramientas y máquinas, el orden lógico de las tareas secundarias, la eficacia de las operaciones, las condiciones estáticas (si el trabajador tiene que realizar tareas en la misma postura durante largos periodos de tiempo, o con gran frecuencia), las condiciones dinámicas (las diferentes condiciones físicas requeridas de los trabajadores), las condiciones materiales del entorno (como el frío en un matadero) o las condiciones inmateriales (como el estrés provocado por el entorno laboral o la propia organización del trabajo).

El trabajo de diseño para las personas con discapacidades tiene que basarse en extensas tareas de análisis, así como en un examen completo de las capacidades funcionales de dichas personas. La solución del diseño básico es un punto crucial: es más eficaz elaborar todas las posibles soluciones del problema que se tiene entre manos, sin ningún prejuicio, que producir un único concepto de diseño o un número limitado de conceptos. Usando la terminología propia del diseño, esta solución se denomina *perspectiva general morfológica*. Dada la multiplicidad de conceptos originales de diseño, se puede proceder a un análisis de los pros y los contras de cada posibilidad con relación al material utilizado, al método de construcción, a las características de la producción técnica, a la facilidad de manejo, etc. No sería la primera vez que más de una solución reúne todos los requisitos en la fase de prototipo, y hay que tomar la decisión final en una fase relativamente avanzada del proyecto.

Aunque parezca una forma muy laboriosa y lenta de realizar proyectos de diseño, en realidad el tiempo adicional invertido se compensa con los pocos problemas que se plantean en la etapa de desarrollo; por no hablar de que el resultado, ya sea un producto o un puesto de trabajo, guardará un equilibrio entre las necesidades del trabajador con discapacidades y las exigencias de su entorno laboral. Lamentablemente, esta última ventaja no suele afectar de ninguna manera al diseñador, ni siquiera en forma de retroinformación facilitada por el usuario final.

Documento de requisitos del producto (PRD) y discapacidad

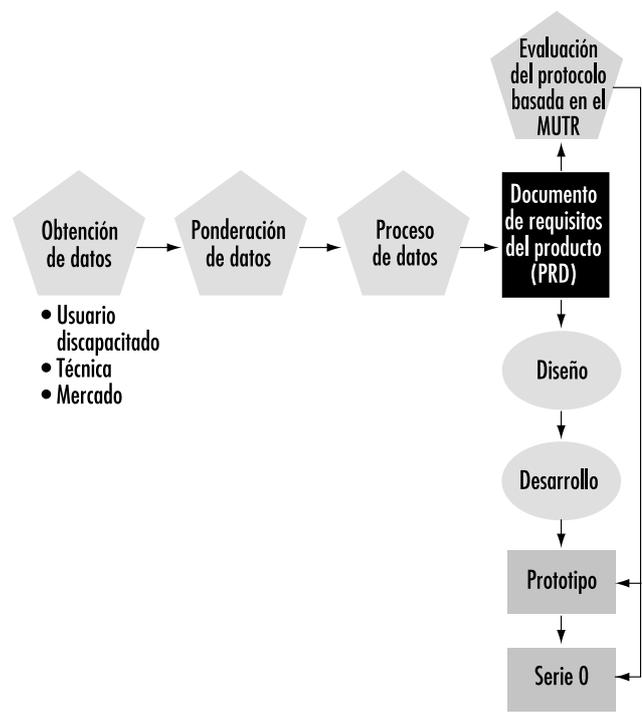
Una vez se ha reunido y organizado toda la información relacionada con un producto, se debería elaborar una descripción, no sólo del producto, sino también de lo que se va a exigir de él, independientemente de la fuente o naturaleza de dichas exigencias. Tales exigencias pueden tener diferentes características. El PRD deberá incluir las exigencias relacionadas con los datos del usuario u operador (medidas físicas, movilidad, fuerza muscular), datos técnicos (materiales, construcción, técnicas de producción, regulaciones de seguridad, etc.), e incluso conclusiones extraídas de estudios de posibilidad de realización.

El PRD es el marco de referencia para el diseño, por lo que algunos diseñadores lo consideran una restricción no deseada de su creatividad, más que una motivación. A la vista de las dificultades que a veces implica la ejecución del PRD, hay que tener en mente que un fallo de diseño puede ser causa de problemas para la persona con discapacidades, que puede llegar a desistir de todo esfuerzo por conseguir el éxito en el mundo laboral o volverse una víctima del curso de su condición de discapacitado, aparte de los costes adicionales de tener que rediseñar el producto. Con este fin se crean los equipos de diseño multidisciplinarios, de manera que el diseñador no esté sólo en el trabajo de diseño para las personas con discapacidades, sino que cuente con el apoyo de otras disciplinas que le proporcionen la información médica y funcional necesaria para crear un PRD completo e integrarlo como marco de referencia del diseño.

Pruebas de los prototipos

Cuando se construye un prototipo, es necesario probarlo para detectar posibles errores. Tales comprobaciones deben realizarse

Figura 29.49 • Modelo de utilidad de la tecnología de rehabilitación (MUTR) en combinación con el enfoque de diseño ergonómico de sistemas.



tanto desde el punto de vista de los sistemas y subsistemas técnicos, como desde el punto de vista de su utilidad en combinación con el usuario. Cuando el usuario es una persona con una discapacidad, habrá que tomar mayores precauciones. Cualquier error al que un trabajador sin discapacidad alguna puede responder con seguridad, podría dejar al trabajador con una discapacidad en una situación de riesgo, en la que quizá no podría evitar un accidente.

Las comprobaciones de los prototipos se deben realizar con un número reducido de trabajadores con una discapacidad (excepto si se trata de un único diseño), de acuerdo con un protocolo que se ajuste al PRD. Sólo por medio de estas pruebas empíricas se puede juzgar el grado de adecuación del diseño a las exigencias del PRD.

Aunque no siempre es posible generalizar los resultados obtenidos en grupos reducidos, éstos proporcionan información valiosa que el diseñador puede utilizar en la fase final del diseño o en futuros trabajos.

Evaluación

La evaluación de un sistema técnico (una situación de trabajo, máquina o herramienta) debe hacerse respecto a su PRD, no preguntando al usuario o comparándolo con diseños alternativos basados en su rendimiento físico. Por ejemplo, el diseñador de un refuerzo para la rodilla que base su diseño en investigaciones que demuestren que la inestabilidad en las rodillas se debe a una reacción tardía de los ligamentos posteriores, creará un producto que compense dicho retraso.

Otro refuerzo, sin embargo, puede tener una finalidad distinta. Los métodos de evaluación actuales no muestran ninguna preocupación sobre cuándo, a qué pacientes y en qué condiciones hay que prescribir ayudas técnicas para el tratamiento de las discapacidades; precisamente el tipo de información que más necesitan los profesionales sanitarios.

Las investigaciones actuales tienden a obtener este tipo de información. Un modelo utilizado con el fin de descubrir los factores que determinan si es necesario usar estas ayudas, si un puesto de trabajo está bien diseñado o equipado para un trabajador con discapacidades, es el modelo de utilidad de la tecnología de rehabilitación (MUTR). El modelo MUTR ofrece un marco de referencia para la evaluación de productos, máquinas o herramientas ya existentes, pero también se puede usar en combinación con un proceso de diseño como muestra la Figura 29.49.

La evaluación de los productos ya existentes demuestra que, por lo que respecta a las ayudas técnicas y puestos de trabajo, la calidad de los PRD es bastante pobre. A veces no se registran adecuadamente los requisitos del producto; otras no se desarrollan lo suficiente como para que tengan alguna utilidad.

Los diseñadores deben aprender a documentar los requisitos de sus productos, incluidos los que se refieren a los usuarios con discapacidades. Nótese que, como muestra la Figura 29.49, la combinación del MUTR con el DES proporciona un marco de referencia que incluye los requisitos para los usuarios con discapacidades.

Los organismos responsables de la prescripción de dichos productos deben exigir a los fabricantes que evalúen sus productos antes de lanzarlos al mercado, una misión imposible ante la ausencia de verdaderos PRD.

La Figura 29.49 también muestra cómo garantizar que el resultado sea evaluado adecuadamente (según su PRD) con la ayuda del posible usuario a quien vaya dirigido. Depende de los organismos nacionales de salud el motivar a los diseñadores para que dirijan sus esfuerzos hacia este tipo de diseño y establecer las normativas apropiadas.

DIFERENCIAS CULTURALES

Houshang Shahnava

La cultura y la tecnología son interdependientes. La cultura es un aspecto importante del diseño, del desarrollo y de la utilización de la tecnología. Sin embargo, la relación entre cultura y tecnología es extremadamente compleja. Es necesario analizarla desde diversas perspectivas para poder tenerla en cuenta durante el diseño y la aplicación de la tecnología. Kingsley (1983), basándose en el trabajo realizado en Zambia, divide la adaptación tecnológica en cambios y ajustes a tres niveles: el del individuo, el de la organización social y el del sistema de valores culturales de la sociedad. Cada nivel tiene una fuerte dimensión cultural que requiere una consideración especial en el campo del diseño.

Al mismo tiempo, la tecnología misma forma parte inseparable de la cultura. Se configura, total o parcialmente, alrededor de los valores culturales de una sociedad concreta. Y como parte de esta cultura, la tecnología se convierte en una expresión del modo de vida y de pensamiento de dicha sociedad. Así, para que esa sociedad acepte, utilice y reconozca una tecnología como propia, ésta deberá ser congruente con la imagen general de la cultura de esa sociedad. La tecnología debe ser un complemento de la cultura, no un antagonista.

En este artículo se expondrán algunas de las complejidades relacionadas con el aspecto cultural de los diseños tecnológicos y se analizarán los diferentes problemas que se plantean en la actualidad, así como los conceptos y principios dominantes y cómo se pueden aplicar.

Definición de cultura

La definición del término *cultura* ha sido debatida reiteradamente por sociólogos y antropólogos durante décadas. La cultura se puede definir en muchos términos. Kroeber y Kluckhohn (1952) analizaron en su libro más de cien definiciones de cultura. Williams (1976) señala que el término *cultura* es una de las palabras más complicadas del idioma inglés. La cultura se ha definido, incluso, como el modo de vida de un pueblo. Como tal, incluye su tecnología y sus artefactos materiales: cualquier cosa que deba saberse para llegar a convertirse en un miembro funcional de la sociedad (Geertz 1973). Incluso se puede describir como "las formas simbólicas disponibles a nivel público a través de las cuales la sociedad puede experimentar y expresar significados", (Keesing, 1974) En resumen, Elzinga y Jamison (1981) lo expresaron claramente cuando dijeron que "la palabra cultura tiene significados diferentes en cada disciplina intelectual y en cada sistema de pensamiento".

Tecnología: parte y producto de la cultura

La tecnología se puede considerar tanto parte como producto de la propia cultura. Hace más de 60 años, el conocido sociólogo Malinowsky ya incluía a la tecnología como parte de la cultura en la siguiente definición: "La cultura comprende artefactos, bienes, procesos técnicos, hábitos y valores, todos ellos heredados". Posteriormente, Leach (1965) consideró la tecnología como un producto cultural y "los artefactos, bienes y procesos técnicos" como "productos de la cultura".

En el ámbito tecnológico, el término "cultura" como elemento importante en el diseño, desarrollo y utilización de productos técnicos o sistemas, ha sido ignorado tanto por los proveedores como por los destinatarios de la tecnología. Una de las razones principales de tal actitud es la falta de información básica sobre las diferencias culturales.

En el pasado, los cambios tecnológicos han supuesto cambios significativos en las formas de vida, la organización social y los

sistemas de valores de la población. El proceso de industrialización ha provocado cambios profundos y permanentes en los estilos de vida tradicionales de muchas sociedades anteriormente agrícolas, ya que dichos estilos de vida se consideraban incompatibles con la forma de organización del trabajo industrial. En situaciones de gran diversidad cultural, esto ha tenido consecuencias socioeconómicas negativas (Shahnavaz, 1991). Es un hecho reconocido que no se puede imponer una tecnología a una sociedad y creer que será asimilada y utilizada con tan sólo con un esfuerzo de formación (Martin y cols. 1991). Es responsabilidad del diseñador de la tecnología tener en cuenta los efectos directos e indirectos de la cultura y hacer que el producto sea compatible con el sistema cultural de valores del usuario y con el entorno en el que se pretende aplicar.

El impacto de la tecnología en muchos "países en vías de desarrollo industrial" (PVDI) ha sido algo más que una mejoría en la eficacia. La industrialización no supuso sólo la modernización de la producción y del sector servicios, sino, hasta cierto punto, una occidentalización de la sociedad. La transferencia de tecnología implica también una transferencia cultural.

La cultura, además de religión, la tradición y el idioma, que son parámetros importantes para el diseño y utilización de la tecnología, abarca otros aspectos, como las actitudes específicas hacia ciertos productos y tareas, normas de conducta, normas de etiqueta, tabúes, hábitos y costumbres. Para conseguir un diseño óptimo deben tenerse en cuenta todos estos aspectos.

Se dice incluso que las personas son un producto de las diferentes culturas. Sin embargo, todas las culturas de este mundo están entremezcladas debido fundamentalmente a las migraciones humanas a lo largo de la historia. No es de extrañar, por tanto, que en el mundo existan más culturas que naciones. Sin embargo, se pueden hacer algunas distinciones generales en cuanto a las diferencias sociales, profesionales y de organización debidas a la cultura, que podrían influir el diseño en general.

Influencias restrictivas de la cultura

Existe muy poca información sobre el análisis tanto teórico como empírico de las influencias restrictivas de la cultura sobre la tecnología y sobre cómo incorporar este tema en el diseño tecnológico tanto de las aplicaciones como de los equipos. Aunque se haya reconocido la influencia de la cultura en la tecnología (Shahnavaz 1991; Abeysekera, Shahnavaz y Chapman 1990; Alvares 1980; Baranson 1969), hay muy poca información disponible sobre el análisis teórico de las diferencias culturales con relación al diseño y la utilización de la tecnología. Hay aún menos estudios empíricos que cuantifiquen la importancia de las variaciones culturales y proporcionen recomendaciones sobre cómo tener en cuenta tales factores en el diseño de productos o sistemas (Kedia y Bhagat, 1988). Sin embargo, cultura y tecnología se pueden analizar con cierto grado de claridad cuando se observan desde diferentes puntos de vista sociológicos.

Cultura y tecnología: compatibilidad y preferencias

La aplicación adecuada de la tecnología depende en gran medida de la compatibilidad de la cultura del usuario con las especificaciones del diseño. La compatibilidad se debe dar en todos los niveles de la cultura sociales, organizativos y profesionales. Por otro lado, la cultura puede tener una gran influencia en las preferencias o aptitudes de la gente a la hora de hacer uso de la tecnología. Esto se refiere a las preferencias por un determinado producto o sistema; a los conceptos de productividad y eficacia relativa; a la actitud hacia el cambio, a los logros y autoridad, así como con a la forma de utilizar la tecnología. Así pues, los valores culturales pueden afectar la capacidad y voluntad de las personas

a la hora de seleccionar, usar y controlar la tecnología: ésta tiene que ser compatible para que los usuarios la elijan.

Cultura social

La cultura nacional o social, que contribuye a la formación de un modelo mental colectivo de la sociedad, influye sobre todo el proceso de aplicación y diseño de la tecnología, proceso que va desde la planificación y establecimiento de objetivos, hasta la definición de las especificaciones de diseño, sistemas de producción, gestión y mantenimiento, así como de formación y evaluación. El diseño de la tecnología, tanto de equipos como de aplicaciones, debería reflejar las variaciones socioculturales para obtener el máximo beneficio. Sin embargo, definir tales factores para su consideración en el diseño de tecnología es una tarea muy complicada. Hofstede (1980) ha propuesto cuatro estructuras dimensionales de culturas nacionales.

1. *Oposición a la incertidumbre fuerte o débil.* Esto está relacionado con el deseo de la gente de evitar situaciones ambiguas y hasta qué punto ha desarrollado la sociedad medios oficiales (en forma de normas y reglamentos) con este fin. Hofstede (1980) dio, por ejemplo, una alta puntuación a países como Japón y Grecia, y una baja puntuación a países como Hong Kong y Escandinavia.
2. *Individualismo frente a colectivismo.* Se refiere a la relación entre individuos y organizaciones en la sociedad. En las sociedades individualistas, lo que se espera de cada persona es que cuide de sus propios intereses. En cambio, en una cultura colectivista los vínculos sociales son muy fuertes. Algunos ejemplos de países individualistas son Estados Unidos y Gran Bretaña, mientras Colombia y Venezuela pueden ser consideradas culturas colectivistas.
3. *Separación de poderes grande o pequeña.* Una gran "separación de poderes" entre clases es característica de aquellas culturas donde las personas menos poderosas aceptan la distribución desigual del poder, de las jerarquías sociales y de su organización. Ejemplos de tal situación serían la India y Filipinas. Una pequeña separación de poderes es típica de países como Suecia o Austria.
4. *Masculinas frente a femeninas.* Las culturas que dan más importancia a los logros materiales se considera que pertenecen al primer grupo. Aquellas que dan más valor a la calidad de vida y otros logros menos tangibles pertenecen al segundo.

Glenn y Glenn (1981) han distinguido también entre tendencias "abstractas" y "de asociación" en una cultura nacional concreta. Argumentan que cuando personas pertenecientes a una cultura de asociación (como la oriental) tienen que resolver un problema cognitivo, dan mayor importancia al contexto, hacen un razonamiento global e intentan asociar varios hechos. En las sociedades occidentales predomina una cultura más abstracta y un pensamiento más racional. Basándose en estas dimensiones culturales, Kedia y Bhagat (1988) han desarrollado un modelo conceptual para entender las limitaciones culturales en la transferencia de tecnología. Estos autores han formulado varias "propuestas" descriptivas que proporcionan información sobre las variaciones culturales entre diferentes países y su receptividad a la tecnología. La mayoría de las culturas se inclinan moderadamente hacia una u otra de estas categorías, pero tienen algunas características comunes.

El punto de vista tanto de los consumidores como el de los productores sobre el diseño y la utilización de la tecnología está muy influido por la cultura social. Las normas de seguridad de los productos para la protección de los consumidores y productores, así como para el cumplimiento de las normativas laborales, sistemas de inspección y aplicación son, en gran medida, el reflejo de la cultura social y del sistema de valores.

Cultura organizativa

La organización de una empresa, su estructura, su sistema de valores, función y comportamiento son productos culturales de la sociedad en la que lleva a cabo sus actividades. Esto significa que lo que ocurre dentro de una empresa es fundamentalmente un reflejo directo de lo que ocurre en la sociedad en la que se encuentra (Hofstede 1983). La organización imperante en muchas empresas que llevan a cabo sus actividades en países en vías de desarrollo está influenciada tanto por las características del país productor de la tecnología como las del país receptor. Las organizaciones interpretan la sociedad en términos de su propia cultura, y hasta su grado de control depende, entre otras cosas, de los modelos de transferencia tecnológica.

Dada la naturaleza cambiante de la organización actual y de la diversidad cultural de la población trabajadora, es más importante que nunca adoptar un programa organizativo adecuado para obtener unos resultados satisfactorios. Solomon (1989) describe un ejemplo de un programa para gestionar la diversidad cultural de una plantilla.

Cultura profesional

Los trabajadores que pertenecen a ciertas categorías profesionales pueden utilizar la tecnología de una manera específica. En un proyecto cuyo objetivo era desarrollar herramientas manuales, Wikström y cols. (1991) observaron que, contrariamente a lo que suponían los diseñadores en cuanto a la forma de utilizar y agarrar las cizallas (es decir, moviéndolas en sentido contrario a nuestro cuerpo), los profesionales las sostenían y manejaban en sentido contrario, como se muestra en la Figura 29.50. La conclusión fue que se debían hacer estudios de campo sobre las herramientas en los que participasen los usuarios reales para así obtener datos más importantes sobre las características de las herramientas que se desea diseñar.

Aplicación de las características culturales para un diseño óptimo

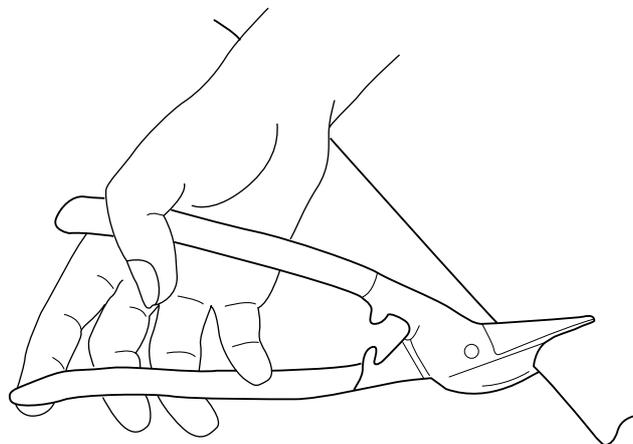
De lo mencionado anteriormente se deduce que la cultura proporciona identidad y confianza y ayuda a formar una opinión sobre los objetivos y características de un "sistema humano-tecnológico" y sobre la forma en que debería funcionar en un entorno concreto. En cualquier cultura existen características valiosas para el avance tecnológico. Si se consideran estas características en el diseño de los equipos y las aplicaciones, pueden servir de fuerza directriz para que la sociedad acepte la tecnología.

Un buen ejemplo serían las culturas de algunos países del sudeste asiático, muy influenciadas por el confucianismo y el budismo. La primera religión da mucha importancia, entre otras cosas, al aprendizaje y la lealtad, y considera como una virtud el adquirir nuevos conceptos.

El budismo nos muestra la importancia que tiene la armonía y el respeto por los seres humanos. Se dice que estas características culturales únicas han contribuido a crear el entorno adecuado para la introducción y aplicación de los equipos más avanzados y la tecnología organizativa que han aportado los japoneses (Matthews 1982).

Una estrategia bien pensada permitirá utilizar de la mejor manera las características de la cultura de una sociedad para promover los principios e ideas de la ergonomía. De acuerdo con McWhinney: (1990) "Los hechos, para que se comprendan y usen con eficacia, deben estar integrados en historias. Es necesario recorrer diferentes caminos para liberar esa energía productiva, para liberar a la sociedad u organización de sus

Figura 29.50 • Uso de las tijeras para chapa por hojalateros profesionales (agarre inverso de la herramienta).



rasgos inhibitorios, para encontrar los caminos por los que fluya de forma natural. Ningún plan ni cambio puede ser eficaz sin incluirlo, conscientemente, en un proceso narrativo".

Un buen ejemplo del valor de la cultura en la estrategia de diseño es la mejora de la técnica de las "siete herramientas" para el control de calidad en Japón. Las "siete herramientas" son las armas que, como mínimo, tiene que llevar un samurai cuando sale a luchar. Los pioneros de los "grupos de control de calidad", cuando adaptaron sus nueve recomendaciones al entorno japonés, redujeron este número para aprovechar las ventajas de un término tan familiar, "las siete herramientas", para estimular la participación de todos los trabajadores en la estrategia de control de calidad (Lillrank y Kano 1989).

Sin embargo, otras características culturales pueden no ser tan beneficiosas para el desarrollo tecnológico. La discriminación femenina, la observación estricta del sistema de castas, los prejuicios racistas o de otro tipo, el considerar algunas tareas como denigrantes, son ejemplos de influencia negativa en el desarrollo de la tecnología.

En algunas culturas tradicionales, es el hombre el que debe aportar la mayor parte de los ingresos para el mantenimiento familiar. Estos hombres consideran el papel de las mujeres como trabajadoras al mismo nivel, y no digamos como supervisoras, con una clara falta de sensibilidad e incluso hostilidad. Negar la igualdad de derechos laborales de las mujeres y cuestionar la legitimidad de su autoridad laboral no parece muy apropiado para las necesidades actuales de organización, en las que se requiere la óptima utilización de los recursos humanos.

En relación al diseño de tareas y al contenido de trabajo, algunas culturas consideran denigrante el trabajo manual y de servicios. Esta situación se puede atribuir a experiencias pasadas relacionadas con el colonialismo, que recuerdan la relación amo-esclavo. En otras culturas existen fuertes prejuicios hacia tareas u ocupaciones relacionadas con "las manos sucias". Estas actitudes se reflejan en salarios más bajos que la media, lo que ha contribuido a la escasez de técnicos y trabajadores de mantenimiento (Sinaiko 1975).

Dado que son necesarias varias generaciones para cambiar los valores culturales con respecto a las nuevas tecnologías, lo más eficaz y menos costoso sería adaptar la tecnología a la cultura

receptora de dicha tecnología, teniendo en cuenta las diferencias culturales en el diseño de equipos y aplicaciones.

Consideraciones culturales en el diseño de productos y sistemas

Es obvio que la tecnología está compuesta tanto por el hardware como por el software. Los componentes del hardware incluyen los bienes de capital y medios de producción, tales como productos industriales, equipos, edificios, lugares de trabajo y diseños físicos, la mayoría de los cuales se incluyen en el campo de la microergonomía. El software está compuesto por la programación y la planificación, las técnicas de gestión y organización, la administración, mantenimiento, formación y educación, la documentación y los servicios. De todos estos conceptos se ocupa la macroergonomía.

A continuación se muestran algunos ejemplos de influencias culturales que requieren una consideración especial a la hora del diseño desde el punto de vista de la micro y macroergonomía.

Aspectos microergonómicos

La microergonomía se ocupa del diseño de productos y sistemas con el objetivo de crear una interacción hombre-máquina-entorno que sea "útil". El concepto principal del diseño de un producto es su utilidad. Este concepto no sólo tiene en cuenta su fiabilidad y utilidad, sino también aspectos como la seguridad, la comodidad y el gusto.

El modelo interno del usuario (su modelo mental o cognitivo) tiene un papel importante en el diseño de la utilidad del producto. Para manejar o controlar un sistema de forma segura y eficaz, el usuario debe tener un modelo mental seguro y representativo del sistema en uso. Wisner (1983) asegura que: "La industrialización exigirá, en mayor o menor grado, un nuevo modelo mental". Es por esta razón por lo que la enseñanza oficial y la formación profesional, las experiencias y la cultura, se convierten en factores muy importantes a la hora de determinar la formación de un modelo cognitivo adecuado.

Meshkati (1989), al estudiar los factores micro y macroergonómicos del accidente de 1984 en Union Carbide Bhopal, subrayó la importancia de la cultura de los operadores indios en el modelo mental inadecuado que tenían del funcionamiento de la planta. Confirmó que parte del problema se pudo haber debido a "La actuación de los trabajadores poco cualificados del Tercer Mundo, que estaban usando avanzados sistemas tecnológicos diseñados por otras personas con un historial educativo, cultural y psicosocial totalmente diferente". De hecho, muchos aspectos sobre la utilidad del diseño están influidos por la cultura del usuario. Por este motivo, un análisis cuidadoso del comportamiento, percepción y preferencias del usuario debería tener como resultado una mayor comprensión de las necesidades del usuario y de los requisitos necesarios para diseñar un producto o sistema tanto eficaz como aceptable.

Algunos de los aspectos microergonómicos relacionados con la cultura son:

1. *Diseño de interfaces.* Los aspectos emocionales humanos son un elemento esencial en el diseño de los productos. Factores como el color o la forma están incluidos en este grupo (Kwon, Lee y Ahn 1993; Nagamachi 1992). El color se considera como el factor emocional más importante en el diseño de un producto. El tratamiento del color en el diseño de los productos refleja la disposición sentimental y psicológica de los usuarios, que varía dependiendo de los cada país. El simbolismo del color puede variar también. Por ejemplo, el color rojo, indicativo de peligro en los países occidentales,

simboliza un hecho favorable o de buen augurio en la India (Sen, 1984) y significa gozo o alegría en China.

El diseño de las señales y símbolos visuales que se usan en los espacios públicos están fuertemente relacionados con la cultura. La información visual occidental es difícil de interpretar para los no occidentales (Daftuar 1975; Fuglesang 1982).

2. *Compatibilidad entre el control y la representación visual.* La compatibilidad es la medida de cómo los movimientos espaciales de control, la representación visual o las relaciones conceptuales cumplen las expectativas del ser humano (Stamler 1993). Se refiere a lo que espera el usuario de la relación estímulo-respuesta, un tema fundamental en ergonomía para el manejo seguro y eficaz de un producto o sistema. Un sistema compatible es aquel que tiene en cuenta el comportamiento motor perceptual de las personas (del ciudadano medio). Sin embargo, como otros comportamientos humanos, el comportamiento motor perceptual también puede verse influido por la cultura. Hsu y Peng (1993) compararon el comportamiento de individuos chinos y americanos en el control de los quemadores de una cocina con cuatro quemadores. Se observaron diferentes estereotipos. Sus conclusiones fueron que los estereotipos se debían a las diferencias culturales, probablemente relacionadas con los hábitos de lectura y de exploración visual.
3. *Diseño del lugar de trabajo.* El diseño de los puestos de trabajo en la industria tiene como objetivo eliminar las posturas perjudiciales y mejorar el rendimiento del trabajador en relación a las necesidades biológicas y las preferencias del usuario, así como en relación a los requisitos de la tarea. Las personas de diferentes culturas pueden preferir diferentes modos de sentarse o alturas de trabajo. En los países occidentales, las alturas de trabajo se sitúan al nivel del codo, en posición de sentado, para lograr el mayor confort y eficacia. Sin embargo, en muchas partes del mundo la gente se sienta en el suelo. Los trabajadores hindúes prefieren sentarse en cuclillas o cruzados de piernas, antes que permanecer de pie o sentarse en una silla. De hecho, se observa que incluso cuando se les proporcionan sillas, prefieren mantenerse fieles a sus costumbres. Daftuar (1975) y Sen (1984) han estudiado las ventajas e implicaciones de la postura india. Tras describir sus ventajas, Sen concluyó que: "Puesto que una gran parte de la población que forma parte del mercado mundial son miembros de sociedades donde el sentarse en cuclillas o en el suelo es la postura predominante, es poco afortunado que hasta ahora no se haya diseñado ninguna máquina para ser utilizada en esta posición". Así pues, las variaciones en el modo de sentarse se deberían considerar a la hora de diseñar máquinas y lugares de trabajo para mejorar el rendimiento y la comodidad del operario.
4. *Diseño de equipos de protección.* Existen limitaciones, tanto psicológicas como físicas, respecto a la obligación de llevar equipos de protección en algunas culturas. Por ejemplo, en ciertos países, los trabajos que necesitan ropa de protección se consideran como trabajos exclusivamente físicos, apropiados sólo para los trabajadores sin capacitación alguna. Consecuentemente, los ingenieros no suelen llevar ropa de protección. Por lo que se refiere a las limitaciones físicas, algunos grupos religiosos se ven obligados por su religión a llevar la cabeza cubierta (como los turbantes de los sijs de la India o el velo de las mujeres musulmanas), lo que dificulta el llevar cascos protectores. Así pues, es necesario realizar nuevos diseños de ropa de trabajo protectora que solucionen los problemas de seguridad laboral provocados por los aspectos culturales.

Aspectos macroergonómicos

El término macroergonomía se refiere al diseño de la tecnología de software; es decir, el diseño adecuado de los sistemas de organización y gestión. Existen pruebas de que debido a las diferencias culturales, políticas y sociales, así como en los niveles de educación, muchos métodos de organización y dirección desarrollados en los países industrializados no se pueden aplicar en los países en vías de desarrollo (Negandhi 1975). En la mayoría de estos países, la organización jerárquica se caracteriza por una estructura en que la autoridad fluye de arriba abajo. No se da mucho valor a cuestiones como la democracia o la toma de decisiones compartida, que son temas clave en la gestión de la empresa actual, esenciales para la utilización adecuada de recursos humanos como la inteligencia, creatividad, ingenuidad y el potencial de resolución de problemas.

El sistema feudal de jerarquía social y su sistema de valores se practican también en la mayoría de las zonas industriales de los países en vías de desarrollo. Por ello, una organización y forma de gestión abiertas a la participación, de crucial importancia para el nuevo modelo de producción flexible y de motivación de la fuerza laboral parece un logro difícil de alcanzar. Sin embargo, también hay informes que confirman la conveniencia de introducir el sistema de trabajo autónomo, incluso en estas culturas (Ketchum 1984).

1. *Ergonomía abierta a la participación.* Este es un enfoque macroergonómico útil para solucionar algunos problemas relacionados con el trabajo (Shahnavaz, Abeysekera y Johansson 1993; Noro e Imada 1991; Wilson 1991). Esta solución, muy utilizada en los países industrializados, se ha aplicado de diferentes formas, dependiendo de la cultura organizativa en que se haya incluido. En un estudio, Liker, Nagamachi y Lifshitz (1988) compararon los programas de ergonomía abierta a la participación para disminuir los efectos del estrés en dos fábricas estadounidenses y dos japonesas. Su conclusión fue que: "Un programa de ergonomía abierta a la participación puede adquirir muchas formas. El mejor programa para cualquier fábrica en cualquier país dependerá de su historia, su estructura y su cultura".
2. *Sistemas de software.* Las diferencias sociales y de organización debidas a la cultura deben ser un factor importante en el diseño de software y en la introducción de cambios en la organización. Respecto a la tecnología de la información, De Lisi (1990) nos indica que no se podrán obtener todas las ventajas del trabajo en red hasta que las redes se ajusten a la cultura de organización existente.
3. *Organización y gestión del trabajo.* En ciertas culturas, la familia es una institución tan importante que desempeña un papel fundamental en la organización del trabajo. Por ejemplo, entre algunas comunidades de la India, una profesión se considera responsabilidad de la familia y todos los miembros de la familia realizan el mismo trabajo (Chapanis 1975).
4. *Sistema de mantenimiento.* Los programas de mantenimiento (preventivos y regulares) son ejemplos en los que se debe adaptar la organización laboral a las restricciones culturales. La cultura tradicional en las sociedades agrícolas, predominante en muchos países en vías de desarrollo, no suele ser compatible con las exigencias del trabajo industrial y su organización. La actividad agrícola tradicional no requiere, por ejemplo, un programa de mantenimiento formal ni trabajo de precisión. No se suele realizar presionado por el horario. En el campo, el trabajo de mantenimiento se deja al poder reciclador de la naturaleza. El diseño de los programas de mantenimiento y los manuales para las actividades industriales deberían tener en cuenta estos límites culturales y proporcionar la supervisión y la formación adecuadas.

Zhang y Tyler (1990), en un estudio sobre el éxito de la instalación de una fábrica de producción de cables telefónicos en China, dirigida por una empresa estadounidense (Essex Company) afirmaron que: "Ambas partes son conscientes de que la aplicación directa de los modos de trabajo de la Essex no son siempre prácticos ni deseables debido a las diferencias culturales, filosóficas y políticas. Así, el socio chino se encargaba de modificar la información e instrucciones dadas por Essex para hacerlas compatibles con las condiciones existentes en China". También argumentan que la clave del éxito, a pesar de todas estas diferencias, fue la dedicación y el compromiso de ambas partes con un objetivo común, así como el respeto mutuo, la confianza y la amistad, que permitieron superar las diferencias.

La planificación de los turnos y horarios de trabajo es otro ejemplo de la organización del trabajo. En la mayoría de los países en vías de desarrollo existen problemas socioculturales asociados al trabajo por turnos. Entre estos problemas se incluyen las pésimas condiciones de vida y vivienda, la falta de servicios, el ambiente ruidoso y otros factores, que requieren el diseño de programas especiales para el trabajo por turnos. Además, en el caso de las trabajadoras, la jornada de trabajo suele durar más que las ocho horas que dura el turno de los hombres debido a la suma de las horas de trabajo, desplazamiento, el trabajo en casa y el cuidado de toda la familia. Por la influencia de la cultura, el trabajo por turnos y otros tipos de trabajo especiales requieren el diseño de horarios de descanso especiales para ser realmente eficaces y viables.

La flexibilidad en la jornada laboral debe tener en cuenta las diferencias entre culturas, como la siesta de los trabajadores chinos o las actividades religiosas como la oración de los musulmanes. En la cultura islámica, los trabajadores deben parar el trabajo para rezar varias veces al día y tienen que ayunar un mes al año desde la salida del sol hasta el ocaso. Todas estas restricciones culturales necesitan consideración especial.

Queda claro que muchas características macroergonómicas están influenciadas por la cultura y que estas características deben tenerse en cuenta si se quieren diseñar sistemas de software que funcionen eficazmente.

Conclusión: diferencias culturales en el diseño

Diseñar un producto o sistema útil no es tarea fácil. No existe un patrón que garantice el éxito. El trabajo del diseñador es crear la interacción óptima y armónica entre los cuatro componentes básicos de cualquier sistema tecnológico-humano: el usuario, la tarea, la tecnología y el entorno. Un sistema de trabajo puede ajustarse a una determinada combinación de estos factores, pero ser poco apropiado para otro. Uno de los aspectos de diseño que puede contribuir a la utilidad del mismo, tanto si se trata de un producto individual o de un sistema complejo, es la consideración de los aspectos culturales que tienen una gran influencia sobre el usuario y sobre el entorno de trabajo.

Incluso si un ingeniero meticuloso diseña una interfaz hombre-máquina adecuada para ser utilizada en un entorno concreto, a menudo le es imposible prever los efectos de una cultura diferente sobre la utilidad del producto. Es difícil prevenir los posibles efectos culturales negativos cuando un producto se usa en un entorno diferente del inicialmente previsto. Y puesto que no existen datos cuantitativos que reflejen las restricciones culturales, la única forma de que el ingeniero pueda hacer el diseño compatible con los factores culturales es integrar activamente a los usuarios en el proceso de diseño.

La mejor manera de integrar los aspectos culturales en el diseño es que el diseñador adopte una solución centrada en el usuario. El enfoque de diseño adaptado es un factor esencial que tiene una influencia inmediata en la utilidad del sistema diseñado. El diseñador debe tener en cuenta la importancia de este

concepto básico y aplicarlo desde el comienzo mismo del proceso de diseño. Los principios básicos del diseño centrado en el usuario se pueden resumir así (Gould y Lewis 1985; Shackel 1986; Gould y cols. 1987; Gould 1988; Wang 1992):

1. *Atención continua centrada en el usuario.* El usuario debe formar parte activa del equipo de diseño durante todo el proceso (a saber, prediseño, diseño de detalles, fase de verificación y prueba del sistema).
2. *Diseño integrado.* El sistema se debe considerar como un todo, garantizando una solución completa. El equipo de diseño debe asegurarse de que todos los aspectos de la utilidad del sistema se desarrollen en paralelo.
3. *Pruebas por parte del usuario desde los primeros pasos del diseño.* Hay que conocer las reacciones del usuario probando prototipos o simulaciones mientras se lleva a cabo el trabajo en un entorno real, desde la fase de desarrollo inicial hasta que se obtenga el producto final.
4. *Diseño iterativo.* Los procesos de diseño, prueba y rediseño deben repetirse en ciclos regulares hasta que se consigan resultados de utilidad satisfactorios.

Cuando se trata de diseñar un producto a escala mundial, el diseñador tiene que pensar en las necesidades de los consumidores de todo el mundo. En este caso, quizá no sea posible adoptar la solución centrada en el usuario para conseguir que sea útil para todos los que vayan a utilizarlo y en múltiples entornos. El diseñador debe recurrir a una gran variedad de información, tanto formal como informal, referencias literarias, normas, directrices, principios prácticos y experiencias, para hacer una evaluación del diseño y debe garantizar la suficiente flexibilidad en el producto para satisfacer las necesidades de una población más amplia.

Otro punto que debe considerarse es el hecho de que los diseñadores no lo saben todo. Necesitan la información proporcionada no sólo por los usuarios, sino también por las otras partes que participan en el proyecto: directivos, técnicos, trabajadores de mantenimiento y reparaciones, etc. En un proceso participativo, se deben compartir los conocimientos y experiencias para desarrollar un producto o sistema útil y aceptar la responsabilidad colectiva por su funcionalidad y seguridad. Al fin y al cabo, a todos les conviene que funcione.

● TRABAJADORES DE EDAD AVANZADA

Antoine Laille y Serge Volkoff

La categoría de los trabajadores de edad avanzada varía según su condición funcional, que a su vez está influida por su historial laboral anterior. También depende del puesto de trabajo que ocupan y de la situación social, cultural y económica del país en el que viven.

Así pues, aquellos trabajadores que realizan un trabajo puramente físico son, con frecuencia, los que menor nivel de escolarización y preparación profesional tienen. Están sujetos al estrés causado por un trabajo agotador, que puede ser causa de enfermedades, y expuestos al riesgo de accidentes de trabajo. En este contexto, es más que probable que su capacidad física decline al final de su vida activa, un hecho que los convierte en trabajadores más vulnerables.

Por el contrario, aquellos que han tenido la ventaja de tener un período más largo de escolarización seguido por una formación profesional que los prepara para el trabajo, suelen dedicarse a actividades en las que pueden poner en práctica los

conocimientos adquiridos y aumentar progresivamente su experiencia. Con frecuencia, no trabajan en entornos de trabajo peligrosos y sus capacidades se aprecian y valoran más con el paso del tiempo.

Durante los períodos de expansión económica y escasez de mano de obra, se reconoce que los trabajadores de edad avanzada poseen mayor "conciencia laboral", realizan su trabajo con mayor regularidad y pueden mantener actualizada su experiencia. En los períodos de recesión y desempleo, sin embargo, se resaltarán el hecho de que su rendimiento laboral es inferior al de los trabajadores más jóvenes y tienen menos capacidad para adaptarse a los cambios en las técnicas y organización del trabajo.

Dependiendo de los diferentes países, sus tradiciones culturales, sus costumbres y nivel de desarrollo económico, la consideración que reciben los trabajadores de edad avanzada y la solidaridad para con ellos resulta más o menos evidente y su protección está más o menos asegurada.

La dimensión temporal en la relación edad-trabajo

La relación entre los procesos de envejecimiento y el trabajo engloba una gran variedad de situaciones que se pueden considerar desde dos puntos de vista. Por una parte, el trabajo parece ser un factor de transformación para el trabajador a lo largo de su vida activa. Estas transformaciones pueden ser tanto negativas (por ejemplo, desgaste, pérdida de habilidad, enfermedades y accidentes) como positivas (por ejemplo, adquisición de conocimientos y experiencia). Por otra parte, es el trabajo el que revela los cambios relacionados con la edad, lo que da como resultado la marginación e incluso la exclusión del sistema laboral de aquellos trabajadores mayores expuestos a exigencias laborales excesivas para su capacidad de trabajo en decadencia o, por el contrario, les permite avanzar en su carrera profesional si en el contenido del trabajo se valora mucho la experiencia.

Así pues, la edad avanzada desempeña la función de "vector" en el que se registran cronológicamente los hechos de la vida de un trabajador, tanto dentro como fuera del trabajo. Alrededor de este eje se engranan los procesos de decadencia y progreso, que varían de un trabajador a otro. Para considerar los problemas de los trabajadores de edad avanzada dentro del concepto de capacidad de trabajo, es necesario tener en cuenta las características dinámicas de los cambios relacionados con la edad y la variabilidad de estos cambios a nivel individual.

La relación edad-trabajo se puede considerar a la luz de la evolución de tres elementos fundamentales:

1. *El trabajo evoluciona.* La tecnología avanza; la mecanización, la automatización, la informatización y los métodos de transferencia de información, entre otros factores, se están convirtiendo en algo generalizado. Los nuevos productos aparecen y desaparecen. Se descubren o se amplían nuevos factores de riesgo (por ejemplo, las radiaciones y los productos químicos), mientras que otros pierden importancia. Se transforma la organización del trabajo y gestión de la mano de obra, la distribución de las tareas y los horarios de trabajo. Algunos sectores de la producción se desarrollan, mientras que otros entran en declive. De una generación a otra, cambian las situaciones laborales que un trabajador debe afrontar durante su vida activa, sus demandas y las habilidades que de él se requieren.
2. *La población laboral cambia.* Las estructuras de edad se modifican a la par que los cambios demográficos, los medios de acceso al mercado laboral, la jubilación y la actitud ante el trabajo. El número de mujeres que se incorporan al mercado laboral sigue creciendo. Entre tanto, se produce una

revolución en el campo de la educación, la formación profesional y el acceso a los sistemas de seguridad social. Todas estas transformaciones crean, al mismo tiempo, efectos generacionales y periódicos que tienen una influencia evidente en la relación edad-trabajo y que pueden preverse hasta cierto punto.

3. Por último, un punto que merece la pena destacar es que *los cambios individuales se producen a lo largo de la vida laboral* y con frecuencia se cuestionan los procesos de ajuste entre las características de un trabajo determinado y las personas que pueden realizarlo.

Algunos procesos de envejecimiento orgánico y su relación con el trabajo

Las principales funciones orgánicas implicadas en el desempeño del trabajo se desarrollan hasta alcanzar su plenitud alrededor de los 20 ó 25 años y declinan de manera apreciable de los 40 ó 50 años en adelante.

En particular, se puede observar un decaimiento en la fuerza muscular máxima y en el recorrido de las articulaciones. La reducción en la fuerza es del orden del 15-20 % entre los 20 y los 60 años. Pero esto es únicamente una tendencia general y hay una variación muy considerable dependiendo de las personas. Además, esto ocurre con los esfuerzos y capacidades máximas; en trabajos que exigen un menor esfuerzo físico, el declive es mucho menor.

Una de las funciones más sensibles a la edad es la regulación postural. La dificultad no es evidente en las posturas de trabajo más comunes y estables (de pie o sentado), pero resulta obvia en situaciones de desequilibrio que requieren ajustes precisos, contracciones musculares bruscas o el movimientos de articulaciones con un ángulo muy pronunciado. Estos problemas se hacen mucho más graves cuando el trabajo se tiene que realizar sobre superficies inestables o resbaladizas, o cuando el trabajador sufre una sacudida inesperada. El resultado es que los accidentes debidos a pérdidas de equilibrio son más frecuente entre trabajadores de edad avanzada.

La regulación del sueño se hace más irregular de los 40 ó 45 años en adelante. Se es más sensible a los cambios del horario de trabajo (tales como el trabajo nocturno o el trabajo por turnos) y a los entornos molestos (por ejemplo, el ruido o la luz). A esto le siguen cambios en la duración y calidad del sueño.

La termorregulación también se hace más difícil con la edad, lo que provoca problemas específicos a los trabajadores de edad avanzada en entornos calurosos, especialmente cuando tienen que realizar trabajos de cierta intensidad física.

Las funciones sensoriales se ven afectadas desde muy pronto; sin embargo, las deficiencias que provocan no suelen manifestarse antes de los 40 ó 50 años. La vista, como tal, sufre diversos cambios: se da una reducción en el grado de acomodación (que se puede corregir con el uso de lentes apropiadas) y también en el campo visual periférico, en la percepción de la profundidad, en la resistencia al deslumbramiento y en la transmisión de la luz a través del cristalino. Los inconvenientes resultantes sólo son apreciables en ciertas condiciones: iluminación insuficiente, cerca de fuentes de excesiva luminosidad, con objetos o textos demasiado pequeños o con mala presentación, etc.

El deterioro de la función auditiva afecta al umbral auditivo a frecuencias altas (sonidos más agudos), pero se manifiesta especialmente en la dificultad para diferenciar y reconocer las señales sonoras en entornos especialmente ruidosos. Así pues, la inteligibilidad de las palabras se hace más difícil en presencia de ruido ambiental o de fuerte reverberación.

Las demás funciones sensoriales se ven poco afectadas durante esta etapa de la vida.

De un modo general, se puede observar un deterioro orgánico particularmente apreciable en situaciones extremas. En cualquier caso, este tipo de entornos se debería modificar para evitar dificultades incluso entre los trabajadores más jóvenes. Por otra parte, los trabajadores de edad avanzada pueden compensar sus deficiencias por medio de estrategias personales, que han adquirido con la experiencia, cuando las condiciones y la organización del trabajo lo permiten: el uso de apoyos adicionales para posturas desequilibradas, levantamiento y carga de pesos con el mínimo esfuerzo, organización y sistematización de la exploración visual para obtener información útil, entre otros medios.

Envejecimiento cognitivo: ralentización y aprendizaje

Por lo que se refiere a las funciones cognitivas, lo primero que cabe observar es que la actividad laboral pone en juego los mecanismos básicos para recibir y procesar información, por una parte, y los conocimientos adquiridos a lo largo de la vida, por otra. Este conocimiento tiene que ver principalmente con el significado de los objetos, señales, palabras y situaciones (conocimiento "declarativo") y también con la manera de hacer las cosas (conocimiento de "procedimientos").

La memoria a corto plazo nos permite retener, durante unos segundos o minutos, la información útil detectada. El procesamiento de esta información se lleva a cabo por comparación con el conocimiento memorizado de manera permanente. El envejecimiento actúa sobre estos mecanismos de varias formas: (1) en virtud de la experiencia, enriquece el conocimiento, así como la capacidad para seleccionar el conocimiento más útil y el mejor método para procesarlo, especialmente en aquellas tareas que se llevan a cabo con una cierta frecuencia; sin embargo, (2) el tiempo utilizado para procesar esta información se prolonga debido al envejecimiento del sistema nervioso central y a la mayor fragilidad de la memoria a corto plazo.

Estas funciones cognitivas dependen mucho del entorno en el que hayan vivido los trabajadores y, por tanto, de su historia pasada, su formación y las situaciones laborales que hayan tenido que afrontar. Los cambios que se producen con la edad se manifiestan, como hemos visto, en una combinación muy variada de fenómenos de deterioro y reconstrucción, en los que cada uno de estos dos factores puede estar más o menos acentuado.

Si en el curso de su vida laboral los trabajadores han recibido únicamente una formación muy básica y han tenido que realizar tareas simples y repetitivas, su conocimiento será muy restringido y tendrán dificultades cuando se les exija la realización de tareas nuevas o con las que estén poco familiarizados. Si además tienen que realizar su trabajo dentro de unos límites de tiempo muy justos, los cambios que se han producido en sus funciones sensoriales y la ralentización en el procesamiento de información les colocará en inferioridad de condiciones. Si, por el contrario, han tenido períodos de escolarización y formación completos y han realizado una amplia gama de tareas, serán capaces de sacar todo el partido a sus habilidades de forma que compense las posibles deficiencias sensoriales o cognitivas relacionadas con el proceso de envejecimiento.

Por lo tanto, es fácil comprender el papel que desempeña la formación continua en la situación laboral de los trabajadores de edad avanzada. Los cambios en el trabajo hacen cada vez más necesaria esta formación continua, pero los trabajadores de mayor edad no suelen tener acceso a ella. Las empresas no creen que merezca la pena impartir cursos de formación a los trabajadores que están a punto de finalizar su vida activa, especialmente porque se cree que las dificultades en el aprendizaje aumentan con la edad. Incluso los mismo trabajadores,

temerosos del fracaso, no se embarcan en un proceso de formación cuyos beneficios no ven claramente.

De hecho, con la edad, el modo de aprendizaje se modifica. Mientras una persona joven registra el conocimiento que se le ha transmitido, una persona mayor necesita comprender la forma de organizar este conocimiento en relación con el que ya posee, cuál es su lógica y su justificación para el trabajo que realiza. La respuesta al problema de la formación de los trabajadores de mayor edad es, en primer lugar, el uso de metodologías específicas para cada edad, conocimiento y experiencia de cada persona, con períodos más largos de formación para los más mayores.

Envejecimiento de hombres y mujeres en el trabajo

Las diferencias entre hombres y mujeres en función de la edad se sitúan en dos niveles diferentes. A nivel orgánico, las expectativas de vida suelen ser mayores para las mujeres, pero, la llamada expectativa de vida sin discapacidades es muy similar para ambos sexos: hasta los 65-70 años. Más allá de esa edad, las mujeres suelen estar en situación de desventaja. Además, la máxima capacidad física de las mujeres es un 30 % menor, como media, que la de los hombres, y esta diferencia generalmente persiste con el paso del tiempo: aunque hay una gran variabilidad en ambos grupos y superposiciones entre las dos distribuciones.

A nivel de carrera profesional hay grandes diferencias. En general, las mujeres han recibido menos formación profesional que los hombres cuando comienzan su vida laboral, suelen ocupar puestos para los que se requiere una menor capacitación y están peor pagadas y consideradas profesionalmente. Con la edad, estas personas tienden a ocupar puestos con mayores limitaciones, tanto a nivel de horarios, como en su contenido, que tiende a ser repetitivo. No se puede establecer ninguna diferencia en el desarrollo de la capacidad cognitiva entre los dos sexos sin tener en cuenta este contexto social en el que se desarrolla el trabajo.

Si la planificación de los puestos de trabajo ha de tener en cuenta estas diferencias, se debe favorecer especialmente la formación profesional inicial y continua de las mujeres y ayudarlas a desarrollar carreras en las que se aumente su experiencia y se reconozca su valor. Todas estas medidas se deben tomar, por supuesto, mucho antes de que finalice su vida activa.

Envejecimiento de la población activa: utilidad de los datos colectivos

Hay al menos dos razones para abordar de forma colectiva y cuantificable el problema del envejecimiento de la población activa. La primera razón es que estos datos son necesarios para evaluar y prever los efectos del envejecimiento en un taller, servicio, empresa, sector o país. La segunda razón es que los principales componentes del envejecimiento son, en sí mismos, fenómenos sujetos a la probabilidad: no todos los trabajadores envejecen al mismo tiempo o al mismo ritmo; así pues, por medio de herramientas estadísticas podremos revelar, confirmar o valorar diferentes aspectos del envejecimiento.

El instrumento más simple que se utiliza en este campo es la descripción de las estructuras de edad y su evolución, expresada en términos relevantes para el trabajo: el sector económico, profesión, grupo de trabajos, etc.

Por ejemplo, cuando se observa que la estructura de edad de la plantilla de un taller se mantiene estable y joven, cabe preguntarse qué características del trabajo pueden desempeñar un papel selectivo con respecto a la edad. Si, por el contrario, dicha estructura es estable pero la media de edad es mayor, la función del taller será recibir empleados de otras secciones de la empresa. Merece la pena estudiar las razones de tales traslados y

comprobar si el trabajo en este taller se ajusta a las características de una mano de obra de edad avanzada. Finalmente, si la estructura de edad cambia regularmente, reflejando únicamente los diferentes niveles de contratación de un año a otro, tendremos una situación donde los trabajadores "envejecen en su puesto de trabajo". A veces esta situación requiere un estudio especial, sobre todo si el número anual de contrataciones tiende a la baja, lo que orientará la estructura general hacia grupos de edad más avanzada.

La comprensión de estos fenómenos puede ser mayor si disponemos de datos cuantitativos sobre las condiciones de trabajo, los puestos que ocupan actualmente los trabajadores y, de ser posible, sobre los puestos de los que proceden. Los horarios, los períodos de estrés, la naturaleza de los esfuerzos realizados, el entorno de trabajo e incluso algunos componentes cognitivos, podrían ser objeto de un evaluación por parte de los propios trabajadores o de expertos. Es posible, pues, establecer una conexión entre las características del trabajo actual y el pasado y la edad de los trabajadores, y de esta manera dilucidar los mecanismos de selección que pueden desencadenar determinadas condiciones de trabajo a cierta edad.

Estas investigaciones se pueden mejorar también si se obtiene información sobre la salud de los trabajadores. Dicha información se puede obtener a partir de indicadores objetivos, tales como la tasa de accidentes de trabajo, o la tasa de absentismo laboral por enfermedad. Pero estos indicadores se deben usar con todo el cuidado metodológico posible porque, aunque reflejan las condiciones de salud relacionadas con el trabajo, también reflejan las estrategias de todos los implicados en dichas tasas: los propios trabajadores, la dirección y los médicos pueden tener estrategias al respecto, y no hay ninguna garantía de que estas estrategias no tengan en consideración la edad de los trabajadores. La comparación de estos indicadores entre diferentes edades es, con frecuencia, un proceso algo complejo.

Siempre que sea posible, se deberá recurrir a los datos obtenidos de la autoevaluación que los trabajadores realicen de su salud, o bien de las revisiones médicas. Los datos así obtenidos pueden referirse a ciertas enfermedades cuya prevalencia por edad hay que conocer mejor para poder prevenirlas. Pero el estudio del envejecimiento se basará, sobre todo, en la apreciación y observación de aquellas condiciones que todavía no han alcanzado el grado de enfermedad, tales como ciertos tipos de deterioros funcionales: de las articulaciones (dolor y limitaciones), de la vista y el oído, del sistema respiratorio, etc.; o incluso ciertas clases de dificultades o discapacidades: subir un escalón alto, hacer un movimiento preciso, mantener el equilibrio en una posición difícil, etc.

Establecer relaciones entre los datos de edad, trabajo y salud es un problema tan útil como complejo. Se pueden revelar varios tipos de conexiones o, al menos, se puede presumir su existencia. A veces se trata de una simple relación causal, en la que determinadas exigencias del trabajo aceleran algún tipo de deterioro funcional según se va envejeciendo. Pero éste no es el caso más habitual. Frecuentemente, podremos apreciar efectos de *acumulación* de restricciones en el conjunto de características de la salud, y al mismo tiempo el efecto de los mecanismos de selección, según los cuales aquellos trabajadores cuya salud se haya deteriorado podrían verse excluidos de ciertos tipos de trabajo (lo que los epidemiólogos llaman "el efecto del trabajador sano").

De esta manera se puede evaluar la fuerza de este conjunto de relaciones, confirmar ciertos conocimientos básicos de psicofisiología, y, sobre todo, obtener información útil para diseñar estrategias preventivas en relación con el envejecimiento en el trabajo.

Diferentes formas de acción

Las medidas encaminadas a mantener a los trabajadores de edad avanzada en el mundo laboral, sin consecuencias negativas para ellos, deben seguir unas líneas generales:

1. No se debe considerar a este grupo de edad como una categoría aparte, sino considerar la edad como un factor de diversidad, entre otros, en la población activa. Si las medidas de protección adoptadas están demasiado dirigidas o exageradas, tenderán a marginar y debilitar la posición de los grupos que se pretende proteger.
2. Se deben *anticipar* los cambios individuales y colectivos relacionados con la edad, así como los cambios en las técnicas y organización del trabajo. La gestión de los recursos humanos se puede planificar por anticipado y preparar así los ajustes necesarios en la formación y la vida laboral de los trabajadores. El concepto de capacidad de trabajo puede así tener en cuenta, al mismo tiempo, las soluciones técnicas y organizativas y las características de la futura población activa.
3. La diversidad del desarrollo individual durante la vida laboral es otro de los factores que se debe considerar para poder crear condiciones de diversidad equivalente entre situaciones y profesiones.
4. Se debe prestar atención a favorecer el proceso de aprendizaje de habilidades propias del trabajo y ralentizar el proceso de deterioro.

De acuerdo con estos principios, se pueden definir distintas formas de acción inmediata. La acción de mayor prioridad está relacionada con las condiciones de trabajo que pueden crear problemas especialmente graves a los trabajadores de edad avanzada. Como ya hemos dicho antes, entre estas condiciones están al estrés postural, al esfuerzo excesivo, a los tiempos de producción demasiado estrictos (ej., trabajo en cadena o metas de producción demasiado altas), a entornos dañinos (temperatura, ruidos) o inadecuados (condiciones de luminosidad) de trabajo o al trabajo nocturno o por turnos.

La identificación sistemática de este tipo de restricciones en los puestos ocupados por trabajadores de edad avanzada, nos permitirá crear un inventario de problemas y una lista de acciones prioritarias. Este proceso de identificación se puede llevar a cabo por medio de listas de comprobación de inspecciones empíricas. También puede ser útil analizar la actividad realizada por los trabajadores, lo que permitirá relacionar sus comportamientos con las explicaciones que ellos mismos dan de sus dificultades. En ambos casos, las medidas del esfuerzo o de los parámetros ambientales pueden complementar las observaciones.

Sin embargo, no se pueden describir aquí líneas de acción concretas, ya que son específicas de cada situación laboral. El uso de normas generales puede ser útil en algunas ocasiones, pero muy pocas normas tienen en cuenta los aspectos específicos del envejecimiento y cada una de estas normas se refiere a un campo específico, lo que inclina a considerar de forma individual a cada uno de los componentes de la actividad objeto de estudio.

Aparte de medidas inmediatas, tener en cuenta el envejecimiento implica una planificación a largo plazo dirigida a ampliar la flexibilidad en el diseño de las situaciones de trabajo.

Esta flexibilidad se debe buscar primero en el diseño de las situaciones y equipo de trabajo. Los espacios de trabajo demasiado restringidos, las herramientas que no se pueden adaptar, los procedimientos poco flexibles, en resumen, aquellas características del puesto de trabajo que limitan la expresión de la diversidad humana a la hora de realizar una tarea, pueden perjudicar a una gran proporción de trabajadores de edad

avanzada. Lo mismo se puede decir de determinadas organizaciones más restrictivas: una distribución de tareas completamente predeterminada, plazos de finalización del trabajo demasiado frecuentes y urgentes, u órdenes demasiado estrictas o numerosas (que deben, sin embargo, ser toleradas cuando sean necesarias para alcanzar unos niveles mínimos de calidad de producción o de seguridad en el trabajo). La búsqueda de esta flexibilidad se convierte en la búsqueda de ajustes individuales y colectivos que faciliten una integración completa de los trabajadores de edad avanzada en el sistema de producción. Una de las condiciones para introducir con éxito estos ajustes es, evidentemente, el establecimiento de programas de formación para trabajadores de todas las edades, dirigidos a las necesidades específicas de cada grupo.

Así pues, tener en cuenta el envejecimiento en el diseño de las situaciones de trabajo conlleva una serie de acciones coordinadas (reducción general de los esfuerzos excesivos, uso de todas las estrategias necesarias para la organización del trabajo y esfuerzo continuo por parte de los trabajadores para reciclarse y adquirir nuevas habilidades), que son más eficientes y baratas cuando se planifican a largo plazo y se ponen en marcha con tiempo. El envejecimiento de la población es un fenómeno lo suficientemente lento y previsible como para tomar las medidas adecuadas para reducir su incidencia en el trabajo.

TRABAJADORES CON NECESIDADES ESPECIALES

Joke H. Grady-van den Nieuwboer

Diseñar para las personas con discapacidades es diseñar para todos

Hay muchos productos en el mercado que son poco idóneos o inapropiados para la mayoría de los usuarios. ¿Qué podríamos decir de esas puertas tan estrechas por las que una mujer embarazada, o una persona corpulenta, apenas pueden pasar? ¿Se pueden poner objeciones a su diseño si pasa todas las pruebas de funcionamiento mecánico? Es evidente que esas personas no pueden ser consideradas discapacitadas en el sentido físico, puesto que es posible que gocen de un perfecto estado de salud. Algunos productos hay que manejarlos durante bastante tiempo, antes de conseguir que realicen la función que se esperaba de ellos; es el caso, por ejemplo, de algunos abrelatas baratos. Es evidente que a una persona sana, que tenga dificultades al utilizar este tipo de aparatos, no se le puede considerar discapacitada. El diseñador que introduce en sus diseños ciertos aspectos de la interacción entre las personas y los productos, aumenta la utilidad funcional de sus diseños. Si el producto no tiene un buen diseño funcional, cualquier persona con una discapacidad mínima se podría considerar a sí mismo seriamente impedido. Así pues, es la interacción hombre-máquina la que determina el valor de un diseño para *todos* los usuarios.

Es obvio que la tecnología está al servicio de los seres humanos y que su uso debe ampliar las capacidades de los mismos. Para las personas con discapacidades, esta ampliación debe ir un poco más lejos. Por ejemplo, en el decenio de 1980 se prestó especial atención al diseño de cocinas para personas con discapacidades. Toda la experiencia acumulada en este proceso tuvo influencia en los diseños de cocinas "normales"; en este aspecto, se puede considerar a la persona discapacitada un pionero. Las discapacidades y daños ocasionados en el trabajo (no se puede por menos que considerar como tales las quejas

sobre el aparato musculoesquelético que se escuchan de aquellos que trabajan sentados, algo muy frecuente hoy en día) requieren que se preste atención a los diseños, no sólo para evitar la repetición de las condiciones que causaron la dolencia, sino para desarrollar tecnologías compatibles con el usuario, adaptadas a las necesidades de aquellos ya afectados por trastornos relacionados con el trabajo.

Diseños para la mayoría de las personas

El diseñador no debe centrarse en grupos pequeños y poco representativos. Con determinados grupos, no se debe suponer que existan similitudes. Por ejemplo, un trabajador que haya sufrido un accidente, siendo adulto, no tiene por qué ser antropométricamente diferente a una persona sana y de similares características y puede considerarse que está dentro de la media. Pero si es un niño el que ha sufrido una lesión, cuando sea adulto tendrá una antropometría diferente, ya que los periodos de crecimiento habrán influido de forma regular y secuencial sobre su desarrollo muscular y mecánico. No se deben aventurar conclusiones al comparar a personas adultas de estos dos grupos. Se deben considerar dos grupos distintos, específicos, en el que uno pertenecería a la media normal. Pero cuando intentamos conseguir un diseño idóneo para, supongamos, el 90 % de la población, deberá hacerse un esfuerzo mayor para aumentar este margen hasta un 95 % con el fin de reducir la necesidad de realizar diseños para grupos específicos.

Otra manera de realizar un diseño para la población en general, es fabricar dos productos, con un diseño que se adapte de forma aproximada a los dos grupos de población con percentiles extremos. Se pueden construir sillas de dos tamaños, una con soportes que permitan ajustarla a una altura entre 38 y 46 cm, y la otra entre 46 y 54 cm. Ya existen, de hecho, dos tamaños de alicates, unos para la población con manos muy grandes y otros para las manos de las mujeres y de los hombres con manos más pequeñas.

Sería una buena política empresarial reservar anualmente una pequeña cantidad de dinero para analizar y mejorar la calidad de los puestos de trabajo, adaptándolos a los trabajadores, para prevenir enfermedades y discapacidades causadas por una excesiva carga física. Esto aumentaría la motivación de los trabajadores, que se darían cuenta de que la dirección trata de mejorar el entorno de trabajo, sobre todo cuando se toman medidas más

o menos elaboradas: análisis de puestos de trabajo, construcción de modelos, mediciones antropométricas e incluso el diseño de puestos específicos para los trabajadores. En una empresa determinada se llegó a la conclusión de que había que volver a diseñar todos y cada uno de los puestos de una unidad, ya que causaban sobrecarga física debido a que los trabajadores debían permanecer demasiado tiempo de pie y también por las dimensiones inapropiadas cuando los trabajadores estaban sentados, así como por algunas otras deficiencias.

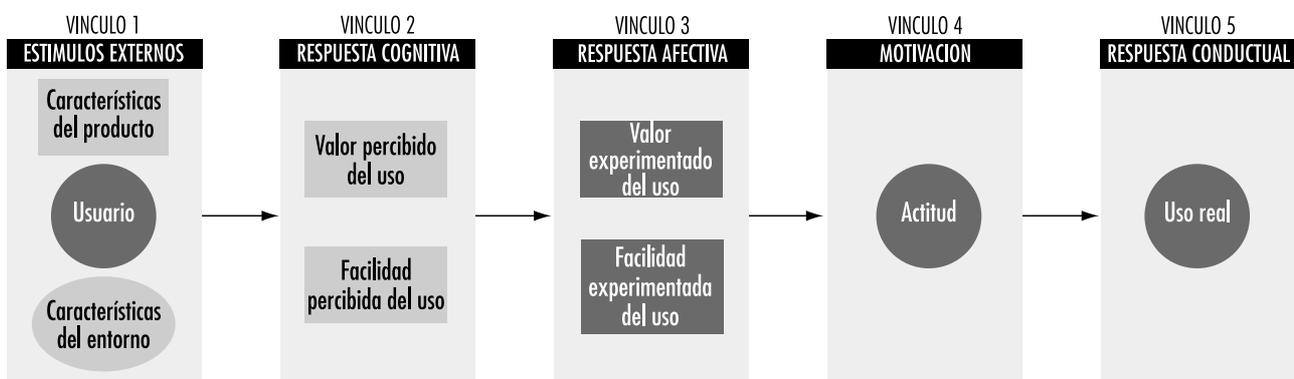
Costes, beneficios y utilidad del diseño

Los ergónomos realizan análisis de coste-beneficio para tener una visión interna de los resultados no económicos de las políticas económicas. Actualmente, la evaluación en el campo industrial y comercial, incluye el impacto positivo o negativo de una determinada política sobre el trabajador.

Los métodos de evaluación de la calidad y la utilidad son actualmente objeto de investigación. El modelo de utilidad de la tecnología de rehabilitación (MUTR), como se muestra en la Figura 29.51, se puede utilizar para evaluar la utilidad de un producto en la tecnología de la rehabilitación y para ilustrar los diferentes aspectos que determinan la utilidad del producto.

Desde un punto de vista estrictamente económico, se podrían especificar los costes de creación de un sistema en el que se pueda realizar una tarea, o en el que se pueda fabricar un cierto producto. Es innecesario decir que en estos términos, a cualquier empresa le interesa obtener el máximo beneficio de su inversión. Pero, ¿cómo se pueden determinar los costes reales de la realización de una tarea y la fabricación de un producto en relación con la inversión financiera, cuando se tienen en cuenta los distintos esfuerzos de los sistemas cognitivos, mentales y físicos de los trabajadores? De hecho, el juicio que se hace del rendimiento humano se basa, entre otros factores, en la percepción que los propios trabajadores tienen de lo que se debe hacer, en la visión de su propia valía al hacerlo y su opinión sobre la empresa. En realidad, la norma que tiene más validez en este contexto es la satisfacción intrínseca con el trabajo y esta satisfacción, junto con los objetivos de la empresa, constituye una de las principales razones para realizar este trabajo. El bienestar del trabajador y su rendimiento se basan en una amplia gama de experiencias, asociaciones y percepciones que determinan su

Figura 29.51 • Modelo de utilidad de la tecnología de rehabilitación (MUTR).



El modelo de utilidad de la tecnología de rehabilitación (MUTR) se desarrolló como una ayuda para el proceso de diseño (véase también la Figura 29.49)

Puede obtenerse información de los componentes vínculo 1 y 2 del MUTR en la fase previa al PRD. El prototipo puede evaluarse de acuerdo con los componentes 2 y 3 del MUTR y la serie 0 puede evaluarse de acuerdo con los componentes MUTR vínculos 2, 3, 4 y 5.

Fuente: Grady y de Vries 1994.

actitud hacia el trabajo y la calidad de su rendimiento. En esta teoría se basa el modelo MUTR.

Si no se acepta este punto de vista, será necesario considerar la inversión sólo en relación con resultados poco específicos y dudosos. Si ergónomos y médicos desean mejorar el entorno laboral de las personas con discapacidades para posibilitar una mejor y mayor utilización de las máquinas y herramientas utilizadas, encontrarán ciertas dificultades para justificar dichas inversiones financieras. Normalmente se ha intentado justificar el ahorro conseguido gracias a la prevención de accidentes y enfermedades laborales. Pero si los costes de las enfermedades laborales son sufragados por el estado y no por la empresa, financieramente aparecen como inexistentes y no se consideran como relacionados con el trabajo.

Sin embargo, cada vez existe una mayor conciencia de que la inversión que se realice para mejorar el entorno laboral es dinero bien empleado y se acepta que los costes "sociales" de las discapacidades laborales se traducen en costes adicionales para la economía del país, aparte de que se pierde algo más que dinero cuando un posible trabajador debe quedarse en casa, sin aportar nada a la sociedad. La inversión que se haga en los puestos de trabajo (adaptación de los puestos de trabajo, dotación de herramientas especiales o incluso ayudas para la higiene personal) puede no sólo dar al trabajador satisfacción laboral sino convertirle en alguien independiente y autosuficiente, sin necesidad de asistencia social.

Se puede realizar análisis de coste-beneficio para determinar si están justificadas las intervenciones en el puesto de trabajo en el caso de las personas con discapacidades. Los factores que se citan a continuación representan las fuentes de datos que deberían formar parte de tal análisis:

1. Personal

- Ausencia. ¿Tiene el trabajador con discapacidad una buena ficha de asistencia al trabajo?
- ¿Es posible que se generen costes adicionales por la enseñanza de tareas especiales?
- ¿Se requieren cambios de personal? Si es así, sus costes también se han de tener en cuenta.
- ¿Se espera que aumenten las compensaciones por accidente?

2. Seguridad

- ¿Implica el trabajo pensado para el trabajador discapacitado normativas de seguridad?
- ¿Se requieren normativas especiales de seguridad?
- ¿Se trata de un trabajo con un alto índice de accidentes o de situaciones de riesgo?

3. Factores médicos

- Se debe valorar la naturaleza y gravedad de la discapacidad del trabajador, con vistas a su posible reintegración al puesto de trabajo.
- También se debe tener en cuenta el alcance del absentismo laboral del trabajador en cuestión.
- ¿Cuál es el carácter y frecuencia de los síntomas "menores" del trabajador y cómo se tratan? ¿Se pueden prever las consecuencias negativas del desarrollo futuro de enfermedades "menores" relacionadas sobre la eficacia del trabajador?

Por lo que respecta a los cálculos sobre la pérdida de tiempo de trabajo, estos cálculos se pueden hacer en términos de salarios, gastos generales, compensaciones y pérdida de producción. Estos análisis, descritos anteriormente, representan una manera racional de abordar el problema por el cual una empresa puede tomar una decisión adecuada sobre la posición en que se encuentra el trabajador con alguna discapacidad, en el sentido

de si es mejor que vuelva a su puesto de trabajo y si la empresa ganará con su vuelta al trabajo.

En los párrafos anteriores, el diseño para un grupo más amplio de población se ha enfocado preferentemente desde el punto de vista de un diseño específico en relación con la utilidad, los costes y los beneficios de dicho diseño. Es especialmente complicado realizar los cálculos necesarios, en los que se incluyan todos los factores importantes, pero de momento, los investigadores continúan incorporando métodos que incluyen modelos nuevos en sus técnicas y estudios. En algunos países, como Holanda y Alemania, las políticas gubernamentales responsabilizan cada vez más a las empresas por los accidentes personales en el trabajo. Es de esperar que se produzcan cambios fundamentales en las políticas reguladoras y en las estructuras de los seguros laborales como resultado de esta tendencia. En estos países, es una política más o menos establecida que un trabajador que sufre un accidente que lo incapacita para el trabajo que realiza, debe ser provisto de un puesto de trabajo adaptado o desarrollar otro trabajo dentro de la empresa. Estas políticas han convertido el tratamiento del trabajador discapacitado en uno de los grandes logros en la humanización del trato al trabajador.

Trabajadores con capacidad funcional limitada

La escasez de datos de las investigaciones impide dar respuesta a la pregunta de si se diseña para las personas con discapacidades o para la media de la población. Casi no existen estudios sobre los trabajadores minusválidos. Sin embargo, para crear un documento de requisitos de un producto, o PRD, se necesita de un estudio empírico específico, en el que se recojan los datos por medio de observaciones y mediciones.

Al recopilar toda la información necesaria sobre el trabajador o usuario con discapacidades, debe considerarse no sólo su estado funcional actual, sino intentar prever cualquier posible cambio que se produzca como resultado del curso de esa condición crónica. De hecho, este tipo de información se puede obtener directamente del trabajador o lo puede proporcionar un médico especialista.

Al diseñar, por ejemplo, cualquier acción en el trabajo para la que sea necesario obtener determinados datos sobre la fuerza física de un trabajador, el diseñador no elegirá como dato para el cálculo la fuerza máxima que el trabajador discapacitado puede ejercer, sino que tendrá en cuenta cualquier posible disminución en la fuerza como resultado de la progresión de una condición crónica. De esta manera, el trabajador seguirá siendo capaz de utilizar las máquinas y herramientas adaptadas o diseñadas para él.

Además, los diseñadores deberían tratar de evitar aquellos diseños que supongan movimientos y posiciones extremas del cuerpo, acomodando sus diseños a los términos medios. La mayoría de los cajones tienen tiradores en forma de una pequeña concha bajo la cual se colocan los dedos; para abrirlos, es necesario ejercer fuerza hacia arriba y hacia afuera. Esta maniobra exige una posición supina de la muñeca de 180°, el grado máximo de rotación en una articulación de este tipo. Este movimiento no presenta ninguna dificultad para una persona sana, siempre que se pueda abrir el cajón ejerciendo un ligero esfuerzo y no tenga que adoptar una postura difícil, pero se convierte en algo ciertamente complicado cuando el recorrido del cajón no es suave, o no se puede realizar el movimiento de la muñeca anteriormente descrito, convirtiéndose en una dificultad innecesaria y evitable para una persona con alguna discapacidad. Una solución tan simple como un tirador situado en posición vertical sería mecánicamente más eficaz y más fácil de manipular para la mayor parte de la población.

Capacidad funcional física

Pasemos ahora a comentar las tres áreas principales de limitación de la capacidad funcional física; es decir, el sistema de locomoción, el sistema neurológico y el sistema energético. Los diseñadores comprenderían mejor las limitaciones del usuario o trabajador si consideraran los siguientes principios básicos de las funciones corporales.

El sistema locomotor. El sistema locomotor está formado por huesos, articulaciones, tejido conectivo y músculos. La naturaleza de la estructura de las articulaciones determina la gama de posibles movimientos. La rodilla, por ejemplo, tiene un grado de movimiento y estabilidad distinto al de la articulación de la cadera o el hombro. Las diferentes características de las articulaciones determinan las posibles acciones de brazos, manos, piernas, etc. También hay diferentes tipos de músculos. El tipo de músculo, si pasa sobre una o dos articulaciones y su localización es lo que determina el sentido del movimiento, su velocidad y la fuerza que es capaz de ejercer, para cada parte del cuerpo.

El hecho de que la velocidad, dirección y fuerza del músculo se puedan reconocer y calcular es de gran importancia para el diseño. Para las personas con discapacidades, se debe tener en cuenta que la localización "normal" de los músculos está alterada, al igual que el margen de movimiento de las articulaciones. En una amputación, por ejemplo, un músculo puede funcionar sólo de forma parcial, o quizá se haya cambiado su posición; así es que se debe examinar cuidadosamente la capacidad física del paciente para establecer las funciones que puede realizar, de qué forma y por cuánto tiempo. Veamos un ejemplo.

Un carpintero de 40 años de edad perdió el pulgar y el dedo corazón de la mano derecha en un accidente. En un intento por que el carpintero recuperara su capacidad para el trabajo, un cirujano le amputó uno de los dedos gordos del pie y se lo reimplantó en el lugar del pulgar. Tras un período de rehabilitación, el carpintero volvió al trabajo, pero le resultaba imposible desarrollar su tarea durante más de 3 ó 4 horas. Se procedió entonces a realizar un estudio de sus herramientas y se descubrió que eran inapropiadas para la estructura "anormal" de su mano. El especialista en rehabilitación, tras examinar la mano "rediseñada" del carpintero, desde el punto de vista de su nueva forma y capacidad funcional, pudo diseñar unas nuevas herramientas con una utilidad completa para la mano alterada. Se aligeró la carga sobre la mano del trabajador, que anteriormente era excesiva, y éste recobró su capacidad de trabajar durante largos períodos de tiempo.

El sistema neurológico. El sistema neurológico se suele comparar con una sofisticadísima sala de control, con recopiladores de datos cuya finalidad es iniciar y gobernar movimientos y acciones, interpretando la información relacionada con diversos aspectos de los componentes posturales, mecánicos y químicos del cuerpo, entre otros. Este sistema incorpora, no sólo un sistema de retroinformación (por ejemplo, el dolor) que permite que se pongan en marcha medidas correctoras de posibles fallos, sino también una capacidad de anticipación que nos permite mantener un estado de equilibrio. Consideremos por ejemplo el caso de un trabajador que sin pensarlo, adopta una postura determinada para protegerse de una caída o del contacto con las partes peligrosas de una máquina.

En las personas con discapacidades, el procesamiento fisiológico de la información se puede ver deteriorado. Tanto los mecanismos de retroalimentación de la información como los de anticipación de las personas con discapacidades visuales están debilitados o no existen; lo mismo ocurre, a nivel auditivo, en las personas con problemas de audición. Además, los circuitos reguladores más importantes son interactivos. Las señales sonoras tienen un efecto sobre el equilibrio de las personas, en combinación con los circuitos propioceptivos, que se encargan de situar

nuestro cuerpo en el espacio por medio de los datos recogidos de músculos y articulaciones con la ayuda de las señales visuales. El cerebro puede llegar a superar deficiencias importantes en estos sistemas, corrigiendo los errores en la codificación de la información y completando la que falte. Más allá de ciertos límites, sobreviene la incapacidad. Pongamos como ejemplo dos casos concretos.

Caso 1. Una mujer de 36 años sufrió una lesión de columna vertebral en un accidente de automóvil. Es capaz de sentarse sin ayuda alguna y puede manejar una silla de ruedas manual. Su tronco tiene la estabilidad necesaria, pero no tiene sensibilidad en las piernas; esta falta de sensibilidad incluye la incapacidad para detectar los cambios de temperatura.

Se le ha preparado un lugar de trabajo en su casa en el que tiene que estar sentada (la cocina está diseñada para que pueda trabajar sentada). Las medidas de seguridad incluyen la instalación de un fregadero en una posición lo suficientemente aislada como para reducir al mínimo el riesgo de quemaduras que puede producir en sus piernas el agua caliente, ya que su incapacidad para procesar la información de la temperatura en las piernas la expone a sufrir quemaduras sin notarlo.

Caso 2. Una madre estaba bañando a su hijo de 5 años, el cual tenía el lado izquierdo paralizado. Sonó el timbre y la madre dejó al niño solo para ir a abrir la puerta. Durante este tiempo, el niño abrió el grifo del agua caliente, sufriendo quemaduras. Por razones de seguridad, el baño debería haber tenido un termostato, preferiblemente uno que el niño no pudiera manipular.

El sistema de energía. Cuando el cuerpo humano tiene que realizar un esfuerzo físico, se producen diversos cambios fisiológicos, especialmente en forma de interacción entre las células musculares, aunque relativamente ineficaces. El "motor" humano convierte tan sólo el 25 % de sus reservas de energía en actividades de tipo mecánico, dejando el resto para pérdidas térmicas. El cuerpo humano no es, pues, especialmente idóneo para realizar tareas físicas pesadas. Al cabo de un tiempo, aparece el cansancio, y si se va a desarrollar un trabajo pesado, hay que recurrir a las reservas de energía. Estas fuentes de energía se utilizan siempre que se realiza algún trabajo con rapidez, se comienza repentinamente (sin el calentamiento previo) o implica un cansancio profundo.

El organismo humano obtiene energía aeróbicamente (por medio del oxígeno de la sangre) y anaeróbicamente (tras consumir el oxígeno aeróbico, se buscan las reservas, pequeñas pero importantes, de energía almacenadas en el tejido muscular). La necesidad de aire fresco en el puesto de trabajo nos lleva a prestar toda la atención al uso aeróbico del oxígeno. Las condiciones de trabajo que son lo suficientemente agotadoras como para requerir procesos anaeróbicos con mucha regularidad, son poco comunes, al menos en los países desarrollados. La disponibilidad de oxígeno atmosférico, relacionada directamente con el funcionamiento aeróbico, requiere ciertas condiciones:

- Presión atmosférica (aproximadamente 760 Torr. o 21,33 kPa a nivel del mar). La realización de tareas a determinada altitud se puede ver afectada por la falta de oxígeno; esta falta debería ser una consideración primordial cuando se trata de trabajadores que trabajan en tales condiciones.
- Para los trabajadores que realizan trabajos pesados, es necesario un sistema de ventilación para garantizar el recambio de aire y permitir que se incremente el volumen de aire respirado por minuto.
- El oxígeno ambiental llega al torrente sanguíneo a través de los alvéolos pulmonares, gracias a un proceso de difusión. A mayores presiones sanguíneas, la superficie de difusión es mayor, y aumenta la capacidad de oxígeno en la sangre.

- El incremento de la difusión de oxígeno hacia los tejidos provoca un incremento de la superficie de difusión y, consecuentemente, del nivel de oxígeno.
- Las personas con ciertos problemas cardíacos sufren cuando, debido a un mayor gasto cardíaco (junto con el nivel de oxígeno) la circulación sanguínea cambia en favor de los músculos.
- A diferencia de lo que ocurre con el oxígeno, el "combustible" (fuente de energía) no necesita ser siempre provisto desde el exterior debido a las grandes reservas de glucosa y en especial, de grasa. En los trabajos más pesados se utiliza exclusivamente glucosa, debido a su alto valor energético. En los trabajos menos pesados, se utiliza la grasa, en una proporción que depende de cada persona. Veamos brevemente un caso general.

Una persona que sufra de asma o bronquitis, enfermedades que afectan a los pulmones, tiene serias limitaciones en el trabajo. Se debería analizar la tarea concreta de este trabajador en relación con factores como la carga física. El entorno laboral también se debería analizar: un entorno con aire limpio contribuye sustancialmente al bienestar del trabajador. Además, la carga de trabajo se debería distribuir de manera equilibrada a lo largo del día, evitando los "picos" de cargas excesivas.

Diseño específico

En algunos casos, sin embargo, se deberán hacer diseños específicos o para grupos pequeños. Estas necesidades se plantearán cuando tanto las tareas como las necesidades para la persona discapacitada sean excesivas. Si los requisitos específicos necesarios no se pueden fabricar con los productos disponibles en el mercado, ni siquiera a través de adaptaciones, la solución es el diseño específico. Dejando aparte cuestiones humanitarias, sólo sabremos si estas soluciones son costosas o baratas a la luz de cuestiones como la capacidad de trabajo y su influencia en la viabilidad de la empresa. Diseñar un puesto de trabajo específico merecerá económicamente la pena cuando el trabajador con discapacidades tenga en mente continuar en dicho puesto durante largo tiempo y su trabajo, en términos de producción, represente un activo para la empresa. Si no es éste el caso, el trabajador siempre podría insistir en su derecho al trabajo, pero prevalecerá el sentido de la realidad y el pragmatismo. Estos problemas tan delicados se deben afrontar con un espíritu de cooperación y comunicación necesarios para buscar la solución más adecuada.

Las ventajas del diseño específico son las siguientes:

- El diseño se hace de forma personalizada: las soluciones y los problemas se ajustan a la perfección.
- El trabajador puede volver a la vida social y laboral.
- El trabajador puede ser autosuficiente, sin tener que depender de los servicios de asistencia social.
- Se evitan los cambios de personal que implicarían otras alternativas.

Las desventajas del diseño específico son:

- Es difícil que el diseño específico se pueda usar para otra persona, y menos aún para un gran grupo.
- A menudo es muy costoso.
- Estos productos de diseño suelen ser hechos a mano, por lo que no se aprovecha el ahorro que suponen los medios de producción en masa.

Caso 1. Por ejemplo, una recepcionista en silla de ruedas con problemas del habla. Este problema ocasionaba que sus conversaciones fueran lentas. Mientras la empresa fue pequeña, no hubo ningún problema y desarrolló su trabajo de forma intachable durante varios

años, pero cuando la empresa creció, sus discapacidades se convirtieron en algo problemático. Tenía que hablar más rápido y moverse con mayor rapidez, algo que no podía conseguir. Las soluciones que se buscaron se redujeron a dos alternativas: la instalación de un equipo especial para compensar las deficiencias que disminuían la calidad de su trabajo, o que ella escogiera otro tipo de tarea, más de despacho u oficina, que no implicara un contacto con el público. Eligió la segunda opción y aún trabaja para la misma empresa.

Caso 2. Un delineante joven sufrió una grave lesión de la columna vertebral por haberse lanzado de cabeza en aguas poco profundas. Su lesión era lo suficientemente grave como para necesitar ayuda en su actividad diaria. Sin embargo, con ayuda de un programa de diseño asistido por ordenador (CAD), es capaz de ganarse la vida con el dibujo técnico y actualmente vive con su pareja y mantiene su independencia económica. Su lugar de trabajo es un estudio adaptado a sus necesidades y trabaja para una empresa con la que se comunica a todos los niveles por medio del ordenador, el fax y el teléfono. Para poder manejar su ordenador se tuvieron que hacer algunas modificaciones en el teclado, pero gracias a estas mejoras técnicas puede ganarse la vida por sí mismo.

La estrategia para el diseño específico no es diferente de la de otros tipos de diseño comentados anteriormente. El único problema imposible de resolver que se podría presentar en un proyecto de diseño específico, es que no se pueda alcanzar el objetivo deseado por motivos técnicos, es decir, que no se pueda construir. Por ejemplo, es probable que un enfermo de Parkinson, en cierto punto de la evolución de su enfermedad, muestre una tendencia a caer de espaldas. Una ayuda que evitara este problema sería la solución deseada, pero en el actual estado de la técnica no es posible construirla.

Sistemas de diseño ergonómico y trabajadores con necesidades físicas especiales

Las lesiones corporales se pueden tratar con intervenciones médicas para restaurar la función dañada, pero el tratamiento de la discapacidad o la incapacidad para realizar determinadas tareas pueden requerir medidas menos desarrolladas en comparación con la ciencia médica. Por lo que respecta a la necesidad de tratamiento de la discapacidad, la decisión depende de la gravedad de la discapacidad. Una vez que se ha decidido la necesidad de tratamiento, el diseñador o gestor pueden optar por aplicar una o varias de las siguientes opciones:

- eliminar una tarea,
- compensar la incapacidad de un trabajador para realizar una determinada tarea con la ayuda de una máquina o de otra persona,
- diferenciar el orden en que se ha de realizar la tarea, dividiéndola en subtareas más manejables,
- modificar las herramientas que es necesario utilizar,
- diseño especial de máquinas y herramientas.

Desde el punto de vista estrictamente económico, el tratamiento de la discapacidad implica:

- la modificación de la tarea,
- la modificación de las herramientas,
- el diseño de nuevas máquinas y herramientas.

La cuestión de la eficacia es siempre el punto de partida de cualquier modificación de herramientas o máquinas y se relaciona frecuentemente con los costes derivados de tales modificaciones, las características técnicas requeridas y los cambios funcionales que se desea incorporar en el nuevo diseño. La comodidad y el atractivo son, entre otras, dos cualidades que no deben ser pasados por alto.

La siguiente consideración relacionada con los cambios que hay que realizar en máquinas o herramientas se refiere a si el aparato ha sido diseñado para uso general, en cuyo caso las modificaciones se harán sobre un producto ya existente, o si se va a diseñar para ajustarse a una discapacidad concreta. En este último caso, cada aspecto de la discapacidad del trabajador debe recibir una consideración ergonómica específica. Por ejemplo, un trabajador que haya sufrido un accidente cerebrovascular y que presente limitaciones en las funciones cerebrales como: afasia (dificultad para comunicarse), parálisis del brazo derecho y una paresia espástica que le impida elevar la pierna; requerirá los siguientes ajustes:

- un ordenador personal u otro dispositivo que permita al trabajador comunicarse,
- herramientas que se puedan utilizar con el brazo útil,
- una prótesis para recuperar la funcionalidad del pie afectado, así como para compensar la incapacidad del trabajador para andar.

¿Existe una respuesta general a la pregunta de cómo diseñar para el trabajador con alguna discapacidad? La solución del diseño ergonómico de sistemas (DES) es evidentemente ideal a este respecto. Las investigaciones relacionadas con la situación laboral o el tipo de producto, requieren de un equipo de diseño cuya finalidad es recopilar la información especial relacionada con un grupo específico de trabajadores con discapacidades o con un caso único de una persona con alguna discapacidad concreta. El equipo de diseño, al estar compuesto por diverso personal capacitado, tendrá una experiencia y una capacitación superiores a las de un único diseñador y sus conocimientos médicos y ergonómicos serán tan valiosos como los estrictamente técnicos.

Las limitaciones impuestas al diseño al recopilar los datos relacionados con los trabajadores con discapacidades se deben tratar con la misma objetividad y espíritu analítico que las impuestas por los datos equivalentes obtenidos de usuarios sin discapacidades. Al igual que se haría con estos últimos, se deben determinar los patrones de respuesta conductual, los perfiles antropométricos, los datos biomecánicos (alcance, fuerza, zona de movilidad, zona de manipulación, carga física, etc), los estándares ergonómicos y las normas de seguridad para los trabajadores discapacitados.

Lamentablemente, nos vemos obligados a admitir que hay pocas investigaciones en favor de los trabajadores con discapacidades. Hay, es cierto, algunos estudios de antropometría, algunos más sobre biomecánica en el campo de las prótesis y la ortopedia, pero casi ninguno sobre la capacidad de carga física. El lector encontrará las referencias de estas publicaciones en la sección "Otras lecturas recomendadas", al final del capítulo. Aunque en ocasiones resulta sencillo obtener y aplicar estos datos, la mayor parte de las veces es una tarea difícil y en ocasiones, imposible.

Para estar seguro, hay que obtener datos objetivos, por muy grande que sea el esfuerzo y pocas las posibilidades de tener éxito, teniendo en cuenta que el número de personas con discapacidades que intervienen en estas investigaciones es muy reducido. Sin embargo, estas personas suelen participar voluntariamente en cualquier tipo de investigación que se les proponga. Tienen una conciencia clara de la importancia de su aportación al diseño y la investigación en este campo, ya que representa una inversión, no sólo para ellos mismos, sino para toda la comunidad de los discapacitados.

DIVERSIDAD E IMPORTANCIA DE LA ERGONOMÍA: DOS EJEMPLOS

● DISEÑO DE SISTEMAS EN LA FABRICACION DE DIAMANTES

*Issachar Gilad**

El diseño de los bancos de trabajo accionados manualmente y los métodos de trabajo en la industria del tallado de diamantes no ha cambiado desde hace cientos de años. Los estudios sobre salud laboral de los talladores de diamantes han identificado frecuencias elevadas de trastornos musculoesqueléticos en las manos y brazos, en particular, neuropatía ulnar en el codo. Estos trastornos se deben a las altas exigencias musculoesqueléticas que tiene que soportar la parte superior del cuerpo en la práctica de esta profesión predominantemente manual. En un estudio realizado en el "Technion Israel Institute of Technology" se investigaron los aspectos ergonómicos y las enfermedades de origen profesional relativas a las condiciones de seguridad en los trabajadores de la industria del tallado de diamantes. Las tareas en esta industria exigen una gran cantidad de manipulaciones que

requieren movimientos rápidos y frecuentes de las manos. Un estudio epidemiológico realizado entre 1989 y 1992 en la industria israelí del diamante demostró que estos movimientos para el tallado de los diamantes son una causa frecuente de problemas de salud graves en las extremidades superiores y en la parte superior e inferior de la espalda. Cuando este tipo de riesgos profesionales afectan a los trabajadores, se produce una reacción en cadena que, a la larga, afecta también a la economía de esta industria.

Desde hace miles de años, los diamantes han sido objetos fascinantes, símbolos de belleza, riqueza y valor económico. Hábiles artesanos y artistas han intentado, a lo largo de los siglos, crear belleza mejorando la forma y el valor de esta formación única de cristal de carbono. En comparación con los continuos avances en la creación artística con la piedra bruta y el surgimiento de una gran industria internacional, la mejora en las condiciones de trabajo ha sido prácticamente nula. Cuando se visitan los museos de diamantes en Inglaterra, Sudáfrica e Israel, se llega a la conclusión histórica de que el lugar de trabajo tradicional para el tallado de diamantes no se ha modificado en cientos de años. Los bancos, herramientas y procesos de trabajo típicos para el tallado de diamantes descritos por Vleeschdrager (1986), son comunes en los talleres de tallado de todo el mundo.

La evaluación ergonómica realizada en los talleres de fabricación de diamantes revela una carencia de ingeniería de diseño

* El autor agradece la ayuda de E. Messer y al Prof. W. Laurig por su contribución en los aspectos biomecánicos y de diseño y al Prof. H. Stein y al Dr. R. Langer por su ayuda en los aspectos fisiológicos del proceso de tallado. La investigación fue subvencionada con un donativo del Comité para la Investigación y Prevención en la Salud y Seguridad en el Trabajo del Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales de Israel.

del puesto de trabajo de tallado, lo que ocasiona dolores de espalda y cuello y tensión en el brazo debido a la postura de trabajo. Un estudio de los micromovimientos y el análisis biomecánico de los patrones de movimiento involucrados en esta profesión indican movimientos muy intensos de las manos y los brazos que conllevan una gran aceleración, movimientos rápidos y un alto grado de repetitividad en ciclos muy cortos. Una investigación de los síntomas que presentan los talladores de diamantes muestra que a pesar de que el 45 % de los trabajadores eran menores de 40 años y de que formaban parte de una población joven y sana, el 64 % manifestaban dolores en los hombros, el 36 %, dolores en el brazo y el 27 %, dolores en el antebrazo. La acción de pulir se realiza con una gran presión de la mano sobre la herramienta, aplicada a un disco pulidor vibratorio.

La primera descripción conocida de un puesto de trabajo de tallado de diamantes data de 1568 y la realizó el orfebre italiano Benvenuto Cellini, quien escribió: "Un diamante se frota contra otro hasta que, por abrasión mutua, ambos adquieren la forma que el tallista experimentado desea conseguir". La descripción de Cellini podía haberse escrito en esta época: el papel del operador humano no ha cambiado en estos 400 años. Si se examinan las rutinas de trabajo, las herramientas manuales y la naturaleza de las decisiones involucradas en el proceso, se puede observar que la relación usuario-máquina prácticamente no ha cambiado. Esta situación es única en la industria, donde la aparición de los sistemas automatizados, la robótica y los sistemas informáticos ha cambiado completamente el papel del trabajador en el mundo actual. Sin embargo, el ciclo de trabajo del tallado ha resultado ser muy similar no sólo en Europa, donde comenzó el arte del tallado, sino también en el resto del mundo, ya sea en las modernas instalaciones de Estados Unidos, Bélgica o Israel, especializadas en sofisticadas geometrías y diamantes de gran valor, o en las instalaciones de la India, China o Tailandia, que generalmente producen formas más populares y de un valor medio.

El proceso de tallado consiste en desgastar el diamante en bruto con polvo de diamante unido a la superficie del disco de pulido. Debido a su dureza, sólo resulta eficaz el desgaste por fricción contra un material de carbono similar para dar forma al diamante y conseguir la geometría y el brillo finales. El equipamiento del puesto de trabajo consiste en dos grupos básicos de elementos: los mecanismos del puesto y las herramientas manuales. El primer grupo incluye un motor eléctrico que hace girar un disco pulidor sobre un eje vertical cilíndrico, probablemente mediante un simple accionamiento directo, un tablero plano y sólido que rodea al disco pulidor, un banco para sentarse y una fuente de luz. Las herramientas manuales consisten en un soporte o mordaza para diamantes, que sujeta la piedra en bruto durante todas las fases de pulido y que generalmente se sostiene en la palma izquierda. El trabajo se amplifica con una lente convexa que se sostiene entre los dedos primero, segundo y tercero de la mano derecha, por la cual mira el ojo izquierdo. Este método de trabajo se impone a través de un estricto proceso de formación que, en la mayoría de los casos, no tiene en cuenta si el trabajador es diestro o zurdo. Durante el trabajo, el tallador adopta una postura inclinada para presionar el soporte contra el disco pulidor. Esta postura requiere que los brazos se apoyen sobre el tablero de trabajo con el fin de estabilizar las manos. Como resultado, el nervio ulnar es vulnerable a lesiones externas debidas a su posición anatómica. Este tipo de lesión es frecuente entre los talladores de diamantes y se ha aceptado como una enfermedad de origen profesional desde el decenio de 1950. El número de talladores de diamantes que existe actualmente en todo el mundo es de unos 450.000, de los cuales aproximadamente el 75 % se localizan en el Lejano

Oriente, principalmente en la India, en donde la industria de los diamantes se ha expandido de forma importante en las dos últimas décadas. La acción de pulir se realiza manualmente, y cada una de las facetas se realiza por pulidores capacitados y experimentados en cierta parte de la geometría de la piedra. Los talladores constituyen la mayor parte (cerca de un 80 %) del total de la fuerza de trabajo de la industria del diamante. Por este motivo, es posible eliminar la mayor parte de los riesgos profesionales de esta industria mejorando el puesto de trabajo de los talladores de diamantes.

El análisis de los patrones de movimiento involucrados en el tallado muestra que la tarea incluye dos subtareas: la primera es una tarea sencilla, llamada el ciclo de pulido, que representa la operación básica de tallado del diamante, y la segunda es una tarea más importante, llamada el ciclo de las facetas, que implica una inspección final y un cambio de la posición de la piedra en el soporte. Todo el procedimiento incluye cuatro elementos básicos:

1. *Pulido.* La operación de tallado propiamente dicha.
2. *Inspección.* Cada pocos segundos, el operador inspecciona el avance en el tallado de la faceta con una lente de aumento.
3. *Ajuste de la mordaza.* Se realiza un ajuste angular en la cabeza del soporte del diamante (mordaza).
4. *Cambio de piedra.* El proceso de cambiar de faceta, que se realiza girando el diamante en un ángulo predeterminado. Pulir una faceta de un diamante requiere unas 25 repeticiones de estos cuatro elementos. El número de estas repeticiones depende de factores como la edad del operador, la dureza y las características de la piedra, la hora del día (debido a la fatiga del operador), etc. Como media, cada repetición dura unos cuatro segundos. El trabajo de Gilad (1993) muestra un estudio de micromovimientos realizado en el proceso de tallado y la metodología utilizada.

Dos de los elementos, el pulido y la inspección, se realizan en posturas de trabajo relativamente estáticas, mientras que las acciones llamadas "mano hacia el pulido" (M a P) y "mano hacia la inspección" (M a I) requieren movimientos cortos y rápidos del hombro, del codo y de la muñeca. La mayor parte de los movimientos de ambas manos se realizan por flexión-extensión y pronación-supinación del codo. La postura corporal, en especial de la espalda y cuello, y todos los demás movimientos con excepción de la desviación de la muñeca son relativamente invariables durante el trabajo normal. El soporte de la piedra, fabricado con una varilla de acero de sección cuadrada, se sostiene de forma que presiona los vasos sanguíneos y el hueso, lo que puede ocasionar una disminución del flujo sanguíneo a los dedos anular y meñique. La mano derecha sostiene la lente de aumento durante todo el ciclo de pulido, ejerciendo una presión isométrica sobre los tres primeros dedos. Durante la mayor parte del tiempo, las manos derecha e izquierda siguen patrones de movimiento paralelos, mientras que en el movimiento "mano hacia el pulido" la mano izquierda inicia el movimiento y la derecha comienza a moverse algo después. En el movimiento "mano hacia la inspección", este orden se invierte. Las tareas de la mano derecha son sujetar la lente de aumento sobre el ojo izquierdo, mientras tiene apoyada la mano izquierda (flexión del codo) o bien, presionar en la cabeza del soporte del diamante para mejorar el pulido (extensión del codo). Estos movimientos rápidos producen aceleraciones y desaceleraciones rápidas que tienen como finalidad la colocación precisa de la piedra en el disco de pulido, lo que requiere un alto nivel de destreza manual. Debe señalarse que han de pasar muchos años antes de que se alcanza la pericia necesaria para convertir los movimientos de trabajo en acciones casi reflejas realizadas automáticamente.

A primera vista, la tarea del tallado de diamantes es una tarea simple, y en cierto modo lo es, pero en realidad requiere una gran habilidad y experiencia. Al contrario de lo que sucede en las demás industrias, donde las materias primas y procesadas se controlan y fabrican de acuerdo con especificaciones precisas, el diamante en bruto no es homogéneo y cada cristal de diamante, grande o pequeño, debe comprobarse, clasificarse y tratarse individualmente. Además de la habilidad manual necesaria, el tallador debe tomar decisiones operativas en cada fase del pulido. Como resultado de la inspección visual, deben tomarse decisiones sobre factores como la corrección espacial angular (un juicio tridimensional), la cantidad y la duración de la presión que se debe aplicar, la posición angular de la piedra, el punto de contacto con el disco de pulido y otras más. Es necesario considerar un gran número de cuestiones importantes y todas en un tiempo medio de cuatro segundos. Es importante entender este proceso de toma de decisiones a la hora de diseñar las mejoras.

Antes de utilizar los resultados del análisis de movimientos para establecer mejores criterios de diseño ergonómico y de ingeniería en los puestos de trabajo de tallado, es necesario comprender otros aspectos involucrados en este sistema usuario-máquina único. En esta era de postautomatización, aún podemos encontrar que la fase de producción de la próspera y creciente industria del diamante permanece casi ajena a los enormes avances tecnológicos ocurridos en las últimas décadas. Mientras que los demás sectores industriales han atravesado un proceso de continuo cambio tecnológico, que ha definido no sólo los métodos de producción sino los propios productos, la industria del diamante ha permanecido prácticamente estática. Una razón plausible para esta estabilidad puede ser el hecho de que ni el producto ni el mercado han sufrido cambios a través de los años. El diseño y las formas de los diamantes son, en la práctica, casi invariables. Desde el punto de vista del comercio, no existe ninguna razón para cambiar el producto o los métodos. Además, puesto que la mayor parte del trabajo se realiza a través de la subcontratación de trabajadores individuales, la industria no tiene el problema de reglamentar la fuerza de trabajo, ni de ajustar el flujo de producción y el suministro de diamantes en bruto según las fluctuaciones del mercado. Mientras los métodos de trabajo no cambian, el producto tampoco cambiará. Una vez que la industria del diamante adopte una tecnología más avanzada y se automatice, el producto cambiará y se encontrará una mayor variedad de formas en el mercado. Sin embargo, los diamantes siguen teniendo una calidad casi mística que los distingue de otro tipo de productos, un valor que puede disminuir si llega a considerarse como otro elemento más de producción en serie. Recientemente, sin embargo, las presiones del mercado y el surgimiento de nuevos centros de producción, principalmente en el Lejano Oriente, están poniendo en peligro a los antiguos centros establecidos en Europa. Esto está obligando a la industria a explorar nuevos métodos y sistemas de producción, y a examinar el papel del operador humano.

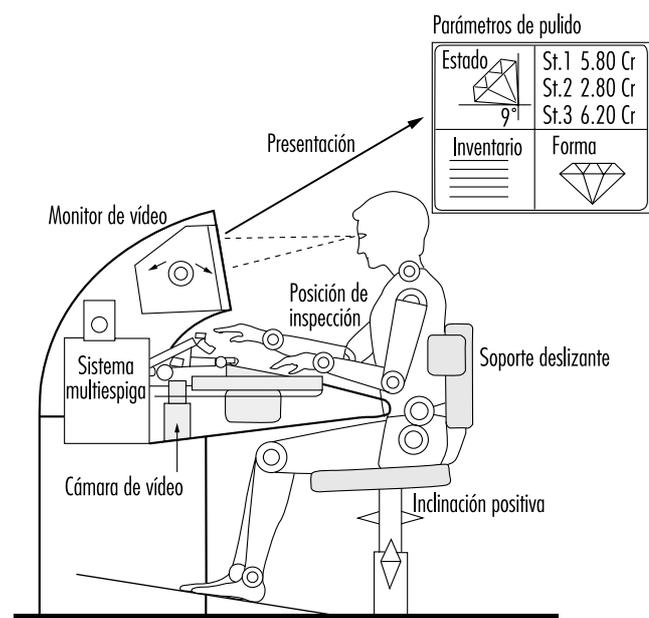
Al estudiar las posibilidades de mejora del puesto de trabajo del tallador, es preciso considerarlo como parte de un sistema usuario-máquina regido por tres factores principales: el factor humano, el factor tecnológico y el factor comercial. Un nuevo diseño que tenga en cuenta los principios ergonómicos proporcionará un punto de partida para una mejor "unidad" de producción en el sentido más amplio del término, es decir, un mayor confort durante la larga jornada laboral, un producto de mejor calidad y mayores tasas de producción. Se han considerado dos enfoques de diseño distintos. El primero de ellos conlleva el rediseño del puesto de trabajo existente, en el que el trabajador realizaría las mismas tareas. El segundo consiste en considerar la tarea de tallado de una forma imparcial, con el

objetivo de obtener un diseño óptimo de las tareas y de todo el puesto de trabajo. Un diseño global no debe basarse en el puesto de trabajo actual, sino en la futura tarea de tallado y debe generar soluciones de diseño que integren y optimicen las necesidades de los tres factores del sistema antes mencionados.

Actualmente, el operador humano realiza la mayoría de las tareas involucradas en el proceso de tallado. Estas tareas realizadas por el hombre dependen del "aprendizaje" y de la experiencia en el trabajo. Se trata de un complejo proceso psicofisiológico, sólo parcialmente consciente, basado en el principio de prueba y error que permite al operador ejecutar operaciones complejas con un buen nivel de predicción del resultado. Durante los ciclos periódicos diarios de miles de movimientos idénticos el "aprendizaje" se manifiesta en la activación automática de la memoria motora ejecutada con gran precisión. Para cada uno de estos movimientos automáticos, se realizan pequeñas correcciones en respuesta a la retroinformación recibida de los sentidos humanos como los ojos y los receptores de presión. En cualquier puesto de tallado de diamantes futuro, estas tareas se seguirán realizando de forma distinta. Por lo que respecta al propio material, en la industria del diamante, al contrario de lo que sucede en la mayoría de las demás industrias, el valor relativo de las materias primas es muy elevado. Esto explica la importancia de obtener el máximo partido posible al volumen (o peso) del diamante en bruto con el fin de conseguir una piedra neta lo mayor posible después del tallado. Esto es importante en todas las fases del proceso. La productividad y la eficacia no se miden con relación al tiempo únicamente, sino también al tamaño y precisión alcanzados.

Los cuatro elementos de trabajo repetitivos: "pulido", "mano a inspección", "inspección" y "mano a pulido" que se realizan en la acción de tallado, pueden clasificarse en las tres categorías principales: tareas motoras para los elementos de movimiento, tareas visuales para los elementos sensoriales, y control y gestión para los elementos de decisión. Gilad y Messer (1992) comentan las consideraciones de diseño para un puesto de trabajo ergonómico. La Figura 29.52 muestra un esquema de una unidad de

Figura 29.52 • Presentación esquemática de una celda de pulido.



pulido avanzada. Sólo se indica la construcción general, ya que los detalles de este diseño están considerados como "secretos" profesionales. Se utiliza el término "unidad de pulido" ya que este sistema usuario-máquina incluye un enfoque totalmente nuevo del tallado de diamantes. Además de las mejoras ergonómicas, el sistema consta de dispositivos mecánicos y optoelectrónicos que permiten la fabricación de tres a cinco piedras al mismo tiempo. Se han transferido partes de las tareas visuales y de control a operadores técnicos y la gestión de la unidad de producción está mediada por una pantalla de visualización que proporciona información momentánea sobre la geometría, el peso y las opciones de movimiento con el fin de realizar las acciones óptimas. Este diseño hace avanzar al puesto de trabajo de tallado algunos pasos hacia la modernización, incorporando un sistema experto y un sistema de control visual que sustituyen al ojo humano en todo el trabajo rutinario. Los operadores pueden intervenir en cualquier momento, definir los datos y enjuiciar el funcionamiento de la máquina. El manipulador mecánico y el sistema experto forman un sistema cerrado capaz de realizar todas las tareas de tallado. El operador seguirá encargándose de la manipulación de los materiales, el control de la calidad y la aprobación final. En este sistema avanzado, sería adecuado considerar el empleo de tecnología más avanzada, como un pulidor láser. Actualmente, los láseres se utilizan para dividir y cortar diamantes. El uso de un sistema tecnológicamente avanzado cambiará radicalmente la descripción de la tarea humana. Disminuirá la necesidad de talladores cualificados, que se dedicarán exclusivamente al pulido de los diamantes grandes y más valiosos, probablemente bajo supervisión.

● VIOLACION DE LOS PRINCIPIOS DEL DISEÑO ERGONOMICO: CHERNOBIL

Vladimir M. Munipov

Las causas del accidente de Chernobil, ocurrido en 1986, se han atribuido indistintamente a los operadores, a la dirección de la central, al diseño del reactor y a la falta de adecuada información sobre seguridad en la industria nuclear soviética. Este artículo examina algunos de los fallos de diseño, de las deficiencias en el manejo y de los errores humanos que produjeron el desastre. Se examina la secuencia de hechos que llevaron al accidente, los problemas de diseño del reactor y de las barras de refrigeración y el curso del accidente mismo. Se tienen en cuenta también aspectos ergonómicos, y se sostiene la opinión de que la causa principal del accidente fue una inadecuada interacción hombre máquina. Por último, se mencionan las deficiencias que aún existen en el sistema nuclear soviético y se pone especial énfasis en que, a menos que aprendamos las lecciones ergonómicas, podría ocurrir otro desastre de características similares.

Todavía no se conoce la verdadera historia de Chernobil. El secretismo, las reticencias a hablar, las verdades a medias e incluso las mentiras, mantienen ocultas las razones del accidente. Un amplio análisis de las causas del accidente resulta casi una tarea imposible. El principal problema que debe afrontar el investigador es la necesidad de reconstruir el accidente y el papel que desempeñó el factor humano en él, contando únicamente con los pequeños fragmentos de información disponibles para su estudio. El desastre de Chernobil es más que un grave accidente tecnológico; parte de las causas del desastre se encuentran en la administración y en la burocracia. Sin embargo, el objetivo principal de este artículo es considerar los fallos de diseño, las

deficiencias de manejo y los errores humanos que se combinaron en el accidente de Chernobil.

¿De quién fue la culpa?

El académico N.A. Dollezhal, diseñador en jefe de los tubos de presión de los reactores de agua en ebullición (RBMK) utilizados en la central nuclear de Chernobil presentó en 1989 su visión personal de las causas del accidente. Su diagnóstico fue tajante, atribuyendo el accidente al hecho de que el personal no siguió los procedimientos correctos o "disciplina de producción". Señaló que los abogados que investigaron el accidente habían llegado a la misma conclusión. Según su opinión, "el fallo estuvo en el personal y no en un error de diseño o de fabricación". El supervisor de investigación de los RBMK corroboró esta opinión. En ningún momento se consideró la posibilidad de una falta de adecuación ergonómica como factor causal.

Sin embargo, los operadores expresaron una opinión distinta. El supervisor de turno de la cuarta unidad, A.F. Akimov, mientras agonizaba en un hospital por la dosis de radiación recibida durante el accidente, superior a 1.500 rads (R) en un corto periodo de tiempo, seguía diciendo a sus padres que sus acciones habían sido correctas y que no entendía qué podía haber salido mal. Su insistencia reflejaba la absoluta confianza que tenía en un reactor, que se suponía totalmente seguro. Akimov aseguró que no tenía nada de qué culpar a su equipo. Los operadores estaban seguros de que sus acciones se ajustaban a las normas y en éstas ni siquiera se mencionaba la posibilidad de una explosión. (Curiosamente, la posibilidad de que el reactor se convirtiera en algo peligroso bajo ciertas condiciones sólo se introdujo en las normas de seguridad después del accidente de Chernobil). Sin embargo, a la luz de los problemas de diseño que se han revelado después, es muy significativo que los operarios no pudieran comprender por qué al introducir las barras en el núcleo se produjo tan terrible explosión, en lugar de detenerse la reacción nuclear como estaba previsto. En otras palabras, actuaron "correctamente" según las instrucciones para el mantenimiento y su modelo mental del sistema del reactor, pero el diseño del sistema no se ajustaba a ese modelo.

A la vista de las pérdidas humanas, seis personas (que representaban a la dirección de la central), fueron condenadas por haber violado las normas de seguridad de instalaciones potencialmente explosivas. El presidente del tribunal señaló que debían reanudarse las investigaciones sobre "quienes no tomaron las medidas necesarias para mejorar el diseño de la central". También mencionó la responsabilidad de los altos cargos del departamento, de las autoridades locales y de los servicios médicos. Pero, de hecho, el caso estaba cerrado. Nadie más fue declarado responsable del mayor desastre ocurrido en la historia de la tecnología nuclear.

Sin embargo, es necesario investigar todos los factores causales que se combinaron para producir el desastre con el fin de aprender una lección importante para el funcionamiento seguro de las plantas nucleares en el futuro.

Secretismo: el monopolio de la información en la investigación y la industria

El fallo en la relación usuario-máquina que provocó el accidente de Chernobil en 1986 se puede atribuir, en alguna medida, a la política de secretismo, —la imposición de un monopolio informativo—, que regía la comunicación tecnológica en las clases dirigentes de la energía nuclear soviética. Un pequeño grupo de científicos e investigadores tenían el derecho a definir los principios y procedimientos básicos en la energía nuclear, un monopolio protegido por una política de secretismo. Como consecuencia de ello, las afirmaciones de los científicos soviéticos sobre la absoluta seguridad de las centrales nucleares no se

pusieron en duda durante 35 años y el secretismo contribuía a ocultar la incompetencia de los encargados de la política nuclear civil. Casualmente, se ha llegado a saber que el secretismo se extendió también a la información relacionada con el accidente de Three Mile Island; el personal del resto de las centrales nucleares soviéticas no fue bien informado de este accidente. Únicamente se conocieron aquellos detalles que no contradecían la versión oficial sobre la seguridad de las centrales nucleares. Un informe sobre los aspectos de ingeniería humana en el accidente de Three Mile Island, presentado por el autor de este artículo en 1985, nunca se distribuyó a las personas relacionadas con la seguridad y la fiabilidad de las centrales nucleares.

Jamás se hizo público ningún accidente nuclear en la Unión Soviética, excepto los de las centrales nucleares de Armenia y Chernobil (1982), que merecieron una pequeña mención en el periódico *Pravda*. Al ocultar el verdadero estado del problema y no aprovechar las lecciones basadas en el análisis de accidentes, los dirigentes de la industria nuclear estaban allanando el camino para el accidente del 86 en Chernobil, a lo que favorecieron además la idea simplificada que se había implantado sobre las actividades de los operadores y la subestimación del riesgo implícito en el funcionamiento de las centrales nucleares.

Como señaló en 1990 un miembro del Comité de Expertos Estatales sobre las Consecuencias del Accidente de Chernobil: "Para no cometer más errores, hay que admitir y analizar todos nuestros errores anteriores. Es esencial determinar qué errores se debieron a nuestra inexperiencia y cuáles se debieron a un intento deliberado de esconder la verdad".

El accidente de Chernobil de 1986

Planificación defectuosa de las pruebas

El 25 de abril de 1986, la cuarta unidad de la central nuclear de Chernobil (Chernobil 4) estaba siendo preparada para una operación de mantenimiento rutinario. El plan era parar la unidad y realizar una prueba con los sistemas de seguridad desconectados y totalmente desprovistos de los suministros normales de energía. Esta prueba se debía haber llevado a cabo *antes* de la puesta en marcha inicial de Chernobil 4. Sin embargo, el Comité Estatal tenía tanta prisa por inaugurar la central, que decidió posponer indefinidamente algunas pruebas "insignificantes". El Certificado de Conformidad se firmó a finales de 1982. Así, el ingeniero jefe suplente actuó según los planes primeros, que presuponían la unidad totalmente inactiva; la planificación y orden de ejecución de la prueba se basaron en este supuesto implícito. En ningún momento realizó la prueba por iniciativa propia.

El programa de la prueba fue aprobado por el director de ingeniería. La energía durante la prueba debía provenir del rotor de la turbina después de apagarlo (durante su fase de rotación inducida por la inercia). Mientras sigue girando, la rueda móvil de la turbina genera energía que se puede usar en casos de emergencia. La falta total de energía en una central nuclear hace que se paren todos los mecanismos, incluidas las bombas de refrigeración del núcleo del reactor, lo que provocaría un grave accidente, ya que haría fundirse el núcleo. El objetivo de la prueba era comprobar la posibilidad de utilizar otros medios de generación de energía: la rotación por inercia de la turbina. No está prohibido llevar a cabo tales pruebas en centrales en producción, siempre que se haya elaborado el procedimiento adecuado y se hayan adoptado las precauciones de seguridad adicionales. El programa debe asegurar que dispone de una fuente de energía de seguridad durante todo el tiempo que dure la prueba. En otras palabras, la pérdida de energía se simula pero no es real. El experimento sólo se puede realizar cuando el

reactor está parado, esto es, una vez que se ha pulsado el botón de parada de emergencia y se han introducido las barras de control en el núcleo del reactor. Antes de esto, el reactor deberá estar en una condición estable y controlada, con el margen de reactividad especificado en el procedimiento operativo, con al menos 28 ó 30 barras de control introducidas en el núcleo.

El programa aprobado por el ingeniero jefe de la planta de Chernobil no cumplía ninguno de los requisitos anteriores. Además, dicho programa proponía bloquear el sistema de refrigeración de emergencia del núcleo, poniendo así en peligro la seguridad de la central durante todo el tiempo que durara la prueba (unas cuatro horas). Cuando desarrollaron el programa, se dieron cuenta de que existía la posibilidad de que se disparase el sistema de refrigeración de emergencia del núcleo, lo que impediría completar la prueba. En el programa no se especificaba el método de purga de la alimentación de vapor a la turbina, puesto que la turbina ya no necesitaría vapor. Evidentemente, los implicados no conocían en absoluto la física del reactor. Los encargados de la energía nuclear estaban por lo visto tan poco cualificados como los que lo diseñaron, lo que explica por qué, cuando se remitió el programa a las autoridades responsables para su aprobación en enero de 1986, nunca se comentó esta deficiencia. También contribuyó la poca sensación de peligro. Debido a la ya citada política de secretismo alrededor de la energía nuclear, se había formado una opinión acerca de que las centrales nucleares eran seguras y fiables, y su funcionamiento estaba libre de todo accidente. La falta de respuesta oficial al programa no alertó al director de Chernobil sobre la posibilidad de riesgo. Decidió seguir adelante con la prueba, llevando a cabo el programa sin ser certificado, aunque esto estuviera prohibido.

Cambios en el programa de la prueba

Mientras se llevaba a cabo la prueba, el personal no respetó las indicaciones incluidas en el programa, creando así nuevas posibilidades de accidente. El personal de Chernobil cometió seis infracciones o errores graves. De acuerdo con el programa original, el sistema de refrigeración de emergencia del núcleo estaba fuera de servicio, y éste fue uno de los errores mayores y más graves. Las válvulas de control de la entrada de agua se habían cerrado y bloqueado con anterioridad, de manera que era imposible abrirlas incluso manualmente. El sistema de refrigeración de emergencia se había desconectado para evitar una reacción térmica por la entrada de agua fría en el núcleo caliente del reactor. Tal decisión se basó en la firme creencia de que el reactor aguantaría. La "fe" en el reactor se apoyaba en el uso sin problemas del reactor en los diez años de funcionamiento de la planta. Se ignoró incluso un serio aviso: la fusión parcial del núcleo del reactor en la primera unidad de Chernobil en septiembre de 1982.

De acuerdo con el programa de prueba original, la parada del rotor se debía hacer desde una potencia entre 700 y 1.000 MW_{th} (megavatios térmicos). La parada del rotor se debía haber realizado con el reactor parado, pero se eligió otro camino, completamente desastroso: llevar a cabo la prueba con el reactor aún en marcha. Se hizo así para asegurar la "pureza" de la prueba.

En determinadas condiciones de funcionamiento, es necesario cambiar o desconectar el control local de un conjunto de barras de control. Cuando se desconectó uno de estos sistemas locales (en los procedimientos para puesta en funcionamiento con baja energía se especifica la manera de hacerlo), el ingeniero de control del reactor principal no actuó rápidamente para corregir el desequilibrio en el sistema de control. Como consecuencia, la potencia cayó por debajo de 30 MW_{th}, lo que causó el envenenamiento del reactor por los productos procedentes de la fisión (xenón y yodo). Si esto ocurre, es casi imposible restaurar las

condiciones normales sin parar la prueba y esperar un día hasta que se elimine el envenenamiento. El ingeniero jefe de operaciones no quiso interrumpir la prueba y, a gritos, obligó a los operadores de la sala de control a comenzar a elevar el nivel de potencia (que se había estabilizado en 200 MW_{th}). El envenenamiento continuó, pero no se podía seguir aumentando la potencia debido al poco margen de reactividad, de sólo 30 barras para un gran reactor. El reactor se hizo prácticamente incontrolable y potencialmente explosivo, porque, al intentar eliminar el envenenamiento, los controladores retiraron varias barras necesarias para mantener el margen de reactividad de seguridad, dejando inoperativo el sistema de parada de emergencia. Sin embargo, se decidió seguir adelante con la prueba. Este comportamiento se debió, quizá, al deseo de completar la prueba cuanto antes.

Problemas debidos al diseño inadecuado del reactor y de las barras de control

Para comprender mejor las causas del accidente es necesario señalar las graves deficiencias de diseño en las barras de control y del sistema de parada de emergencia. El núcleo del reactor tiene una longitud de 7 m, mientras que la longitud absorbente de las barras es de 5 m, con 1 m de zonas huecas en las partes superior e inferior. Los extremos inferiores de las barras, que se sitúan bajo el núcleo cuando se insertan por completo, están rellenos de grafito. Con este diseño, al entrar las barras de control en el núcleo hay primero un metro de zonas huecas seguido de las partes absorbentes. En Chernobil 4, se habían retirado por completo 205 de un total de 211 barras. La reinsertión simultánea de tantas barras provoca, en principio, un gran subida de la reactividad (un pico en la actividad de fisión), con la entrada en el núcleo de las partes de grafito y las partes huecas. En un reactor estable y controlado, esta subida no es preocupante, pero cuando se combinan tantas condiciones adversas se puede convertir en algo fatal, ya que provoca un escape inmediato de neutrones del reactor. La causa inmediata de este aumento de reactividad inicial es que el agua rompe a hervir en el núcleo del reactor. El crecimiento inicial en la reactividad reflejaba un inconveniente en particular: un coeficiente de vapor positivo debido al diseño del núcleo del reactor. Esta deficiencia en el diseño es uno de los fallos que provocaron errores de los operadores.

Estos graves fallos de diseño en el reactor y en las barras de control predeterminaron en realidad el accidente de Chernobil. En 1975, después del accidente de la central de Leningrado, y posteriormente, los especialistas avisaron de la posibilidad de otro accidente, en vista de las deficiencias de diseño del núcleo. Seis meses antes del desastre de Chernobil, A.A. Yadrikinsky, inspector de seguridad de la central de Kursk, envió una carta a Moscú en la que señalaba a los jefes de investigación y diseño ciertos defectos de diseño del reactor y del sistema de las barras de control y protección. El Comité Estatal de Supervisión de la Energía Nuclear hizo caso omiso de estos argumentos, considerándolos poco fundados.

El curso del accidente

El curso de los hechos fue el siguiente. Con la cavitación de la bomba de refrigeración del reactor, disminuyó la velocidad de flujo en el núcleo del reactor y el refrigerante comenzó a hervir en los tubos de presión. Entonces el supervisor de turno pulsó el botón de parada de emergencia. Como respuesta, todas las barras de control (que se habían retirado) y las barras de parada de emergencia se introdujeron en el núcleo del reactor. Sin embargo, al ser las partes de grafito y las huecas las primeras en entrar en el núcleo, crearon un aumento de la reactividad; además entraron en el núcleo justo al principio de la generación masiva de vapor. La subida de la temperatura del núcleo

produjo también el mismo efecto. Así pues, se combinaron tres condiciones adversas para el núcleo. Inmediatamente, el reactor se puso fuera de control. Esto se debió básicamente a los graves defectos de diseño del reactor RBMK. Hay que recordar aquí que el sistema de refrigeración de emergencia del núcleo estaba fuera de servicio, bloqueado y precintado.

Lo que ocurrió después es bien conocido. El reactor resultó dañado. La mayor parte del combustible, grafito y otros componentes del núcleo del reactor estallaron. Los niveles de radiación en las proximidades de la unidad dañada se situaron entre los 1.000 y 15.000 R/h, aunque en áreas más distantes o protegidas los niveles de radiación fueron considerablemente menores.

Al principio, el personal no se dio cuenta de lo que había pasado y repetían una y otra vez, "¡Es imposible! ¡Lo hemos hecho todo como debíamos!".

Consideraciones ergonómicas en conexión con el informe soviético sobre el accidente

El informe presentado por la delegación soviética en la reunión de la Asociación Internacional de la Energía Atómica (AIEA) en el verano de 1986 proporcionó información verdadera sobre la explosión, pero sigue existiendo la duda de si se puso el énfasis en el lugar adecuado o si se trataron con demasiada benevolencia las deficiencias de diseño. El informe afirmaba que el comportamiento del personal se vio influido por el deseo de completar la prueba cuanto antes. A juzgar por el hecho de que el personal violó los procedimientos de preparación y realización de la prueba y fue poco cuidadoso al realizar el control del reactor, parecería que no estaba muy al tanto de los procesos que en realidad estaban acaeciendo en el reactor y que no tenía ninguna noción del peligro. De acuerdo con el informe:

"Los diseñadores del reactor no proporcionaron los sistemas de seguridad adicionales para prevenir un accidente en caso de que deliberadamente se anularan los sistemas de seguridad y conjuntamente se produjera un incumplimiento de los procedimientos operativos, ya que tal combinación se consideraba bastante improbable. Por lo tanto, la causa inicial del accidente fue una improbable combinación de las condiciones y la violación del procedimiento por parte del personal de la central."

Se sabe que en el texto inicial del informe las palabras "personal de la central" iban seguidas por la frase "que puso de manifiesto los errores de diseño del reactor y de las barras del sistema de protección y control".

Los diseñadores consideraban bastante improbable la intervención de gente no cualificada en el control de la central y, por ello, no diseñaron los medios de seguridad necesarios. Los diseñadores, según su informe, consideraron lo sucedido como una situación improbable; pero surgen algunas preguntas: "¿Habían tenido en cuenta los diseñadores todas las posibles situaciones asociadas a la actuación humana en la central? Si la respuesta fuese positiva, ¿cómo se plasmaron en el diseño de la central?". Lamentablemente, la respuesta a la primera pregunta es negativa y deja áreas de la interacción usuario máquina indeterminadas. Como resultado, la formación para situaciones de emergencia, tanto teórica como práctica, se realizaba de acuerdo con un algoritmo de control casi primitivo.

No se utilizaron los conceptos ergonómicos para diseñar los sistemas de control asistidos por ordenador, ni para diseñar las salas de control de las centrales nucleares. Sirva como ejemplo un caso particularmente grave: el indicador de uno de los parámetros esenciales del estado del núcleo del reactor (esto es, el número de barras de protección y control insertadas en el núcleo), estaba mal presentado en el panel de mandos de

Chernobil 4, haciendo muy difícil su localización y comprensión. Sólo los operarios con más experiencia sabían interpretar los dispositivos de presentación de datos.

Los cálculos erróneos del proyecto y la falta de consideración de los factores humanos tuvieron el mismo resultado que una bomba de acción retardada. Debe recalcar que los defectos del núcleo y del sistema de control fueron la base para las posteriores acciones erróneas atribuidas a los operadores, por lo que la causa principal del accidente fue el diseño inadecuado de la interacción usuario-máquina. Los investigadores del desastre hicieron una llamada al "respeto para la ingeniería humana y la interacción hombre máquina; esta es la lección que nos enseñó Chernobil". Lamentablemente, es difícil abandonar las viejas ideas y los planteamientos estereotipados.

Desde 1976, el académico P.L. Kapitza pareció prever un desastre por razones que podrían haberse evitado en Chernobil, pero sus estudios no se publicaron hasta 1989. En febrero de 1976, *US News and World Report*, una revista semanal de noticias, publicó un reportaje sobre el incendio de la instalación nuclear de Browns Ferry en California. Kapitza estaba tan preocupado por este accidente que lo mencionó en su informe titulado "Problemas globales y energía", presentado en Estocolmo en mayo de 1976. Kapitza dijo en concreto:

"El accidente puso de relieve que los métodos matemáticos utilizados para calcular la probabilidad de este tipo de sucesos no fueron los adecuados, ya que no tuvieron en cuenta los posibles errores humanos. Para resolver este problema es necesario tomar medidas para prevenir que el más mínimo accidente nuclear tome un rumbo desastroso."

A su vuelta de Estocolmo, Kapitza intentó publicar este trabajo en la revista *Nauka i Zhizn* (Ciencia y Vida), pero el trabajo fue rechazado, ya que se consideró que no era conveniente "alarmar a la gente". La revista sueca *Ambio* pidió a Kapitza el artículo, pero al final tampoco lo publicó.

La Academia de Ciencias aseguró a Kapitza que no podía ocurrir este tipo de accidentes en la URSS y como "prueba" definitiva, le entregaron las Normas de Seguridad para Centrales Nucleares recién publicadas. Estas normas contenían, por ejemplo, el siguiente artículo: "8.1. Las acciones del personal en caso de accidente nuclear se regirán por el procedimiento para hacer frente a las consecuencias del accidente".

Después de Chernobil

Como consecuencia directa o indirecta del accidente de Chernobil, se están elaborando y poniendo en marcha medidas para hacer más seguro el funcionamiento de las instalaciones nucleares actuales y para mejorar el diseño y construcción de las futuras. En particular, se han tomado medidas para hacer que el sistema de parada de emergencia sea más rápido y para que el personal no pueda desconectarlo deliberadamente. El diseño de las barras de control se ha modificado también y se ha incrementado su número.

Además, el procedimiento para condiciones anormales anterior a Chernobil indicaba a los operadores que mantuvieran el reactor en marcha, mientras que según el actual, se debe parar. Los nuevos reactores que se diseñan hoy en día son, por así decirlo, inherentemente seguros. Han aparecido nuevas áreas de investigación que antes de Chernobil se ignoraban o no existían, como el análisis probabilístico de seguridad y los ensayos de seguridad en bancos de prueba.

Sin embargo, según el anterior ministro de Industria y Energía Nuclear de la URSS, V. Konovalov, el número de deficiencias, paradas e incidentes en las centrales nucleares es todavía alto. Los estudios muestran que esto se debe, principalmente, a la baja calidad de los componentes, a los errores

humanos y a las soluciones inadecuadas dadas por los cuerpos de ingenieros y diseñadores. La calidad de los trabajos de construcción y de las instalaciones deja también mucho que desear.

Las modificaciones y los cambios en el diseño se han convertido en algo habitual. Como resultado, y en combinación con una formación inadecuada, las cualificaciones de los operadores son bajas. El personal debe mejorar sus conocimientos y habilidades en el curso de su trabajo, basándose en la experiencia adquirida durante el funcionamiento de la central.

Aún quedan muchas lecciones ergonómicas por aprender

Incluso los sistemas de control de seguridad más efectivos y sofisticados no aseguran una total fiabilidad de las centrales si no se tienen en cuenta los factores humanos. Se preparan ya programas para la formación profesional del personal en el Instituto Federal de Ciencia e Investigación, y hay planes de aumentar este esfuerzo considerablemente. Hay que admitir, sin embargo, que la ingeniería humana aún no forma parte integral del diseño, construcción, pruebas y funcionamiento de las centrales nucleares.

En 1988, el antiguo Ministerio de Energía Nuclear de la URSS contestó, a una pregunta oficial, que durante el período 1990-2000 no habría ninguna necesidad de especialistas en ingeniería humana con titulación de grado secundario o superior, puesto que no se había producido ninguna petición por parte de las centrales nucleares o de las empresas.

Para resolver muchos de los problemas mencionados en este artículo, es necesario llevar a cabo investigaciones multidisciplinarias en las que participen físicos, diseñadores, ingenieros industriales, operadores, especialistas en ingeniería humana, psicólogos y expertos en otros campos. Organizar este trabajo conjunto conlleva grandes dificultades, en especial las relacionadas con el monopolio de algunos científicos sobre la "verdad" en el campo de la energía nuclear y del monopolio de los operadores sobre la información de la puesta en funcionamiento de las centrales nucleares. Sin una completa información, no se pueden dar diagnósticos sobre las centrales nucleares, desde el punto de vista de la ingeniería humana, ni proponer, en caso necesario, formas para eliminar sus deficiencias, ni tampoco desarrollar un sistema de medidas para prevenir accidentes.

En las centrales nucleares de la antigua Unión Soviética, el estado de los medios técnicos de diagnóstico, control e informatización actuales están muy lejos de las normas internacionales aceptadas; los métodos de control de las centrales son innecesariamente complicados y confusos; no hay programas avanzados para la formación del personal; el apoyo que los diseñadores ofrecen a los operarios es mínimo y los formatos de los manuales de funcionamiento son bastante anticuados.

Conclusiones

En septiembre de 1990, tras una investigación más completa, dos antiguos empleados de Chernobil fueron liberados de prisión antes de cumplir sus condenas. Algún tiempo después, se liberó al resto del personal antes del tiempo previsto. Muchas de las personas relacionadas con la fiabilidad y seguridad de las centrales nucleares piensan actualmente que el personal actuó correctamente, aunque estas acciones correctas hayan producido la explosión. El personal de Chernobil no puede considerarse responsable de la inesperada magnitud del accidente.

En un intento por identificar a los responsables del desastre, el tribunal se basó en la opinión de los especialistas técnicos que, en este caso, eran los diseñadores de la central nuclear de Chernobil. Como resultado de esto, se puede aprender una importante lección de Chernobil: mientras el principal documento legal, para identificar la responsabilidad en caso de desastre en instalaciones tan complejas como las centrales nucleares, sea

algo así como un manual de mantenimiento producido y modificado exclusivamente por los diseñadores de estas instalaciones, será técnicamente muy difícil determinar las causas reales de los desastres y tomar todas las precauciones necesarias para evitarlos.

Además, persiste la duda de si los operadores deben seguir estrictamente las instrucciones de mantenimiento en caso de desastre o si deben actuar de acuerdo con sus conocimientos, experiencia e intuición, en una forma que puede llegar incluso a ser opuesta a las instrucciones o estar ligada inconscientemente con el riesgo de una sanción grave.

Por desgracia, debemos reconocer que todavía no se ha encontrado la respuesta a la pregunta clave: "¿Quién tuvo la culpa del accidente de Chernobil?". Se busca a los responsables entre los políticos, físicos, administradores y operadores, así como entre los ingenieros encargados del desarrollo del proyecto. El condenar a simples obreros, como en el caso de Chernobil, o pedir a un sacerdote que bendiga la central nuclear, como se hizo en la unidad de Smolensk en 1991, no son las medidas más adecuadas para garantizar un funcionamiento seguro y fiable de las centrales nucleares.

Quiénes consideran el desastre de Chernobil como un desafortunado incidente que no puede volver a ocurrir deben tener en cuenta que una de las características humanas fundamentales es cometer errores, y esto se aplica no sólo a los operadores, sino también a los científicos e ingenieros. Hacer caso omiso de los principios ergonómicos sobre las interacciones usuario-máquina en cualquier campo técnico o industrial puede producir errores cada vez más frecuentes y más graves.

Así, es necesario diseñar instalaciones técnicas como las centrales nucleares de forma que los posibles errores puedan descubrirse antes de que ocurra un accidente grave. Muchos

principios ergonómicos se han originado al tratar de prevenir errores, por ejemplo, en el diseño de indicadores y controles. Sin embargo, incluso en la actualidad se violan estos principios en muchas de las instalaciones técnicas de todo el mundo.

Los operadores de instalaciones complejas deben estar altamente cualificados, no sólo para las operaciones de rutina, sino también en cuanto a los procedimientos necesarios en caso de que se produzca una desviación en el funcionamiento normal. Un conocimiento sólido de la física y de la tecnología de los procesos ayudarán al personal a reaccionar mejor en una situación crítica. Este tipo de cualificaciones sólo puede obtenerse a través de una intensa formación.

Los avances constantes de las interfaces usuario-máquina en todos los tipos de aplicaciones técnicas, con frecuencia como resultado de accidentes más o menos graves, muestran que el problema de los errores humanos y por lo tanto, de la interacción usuario-máquina, aún no está totalmente resuelto. Es necesaria la continua investigación ergonómica y la consiguiente aplicación de los resultados obtenidos con el fin de hacer que la interacción usuario-máquina sea más fiable, especialmente en el caso de las tecnologías con un alto potencial destructivo, como las centrales nucleares. Chernobil constituye un serio aviso de lo que puede pasar si la gente, tanto científicos e ingenieros como administradores y políticos, olvida la necesidad de incluir la ergonomía en el proceso de diseño y operación de las instalaciones técnicas complejas.

Hans Blix, Director General de la AIEA, ha recalado este problema con el siguiente símil: se dice que el problema de la guerra es demasiado grave como para dejarlo sólo en manos de los generales, y Blix añade "Los problemas de la energía nuclear son demasiado graves como para dejarlos sólo en manos de los expertos nucleares".

Referencias

- Abeysekera, JDA, H Shahnavaz, LJ Chapman. 1990. Ergonomics in developing countries. En *Advances in Industrial Ergonomics and Safety*, dirigido por B Das. Londres: Taylor & Francis.
- Ahonen, M, M Launis, T Kuorinka. 1989. *Ergonomic Workplace Analysis*. Helsinki: Instituto Finlandés de Medicina del Trabajo.
- Alvares, C. 1980. *Homo Faber. Technology and Culture in India, China and the West from 1500 to Present Day*. La Haya: Martinus Nijhoff.
- Amalberti, R, M Bataille, G Deblon, A Guengant, JM Paquay, C Valot, JP Menu. 1989. *Développement d'aides intelligentes au pilotage: Formalisation psychologique et informatique d'un modèle de comportement du pilotage de combat engagé en mission de pénétration*. Paris: Rapport CERMA.
- Amalberti, R. 1991. Savoir-faire de l'opérateur: aspects théoriques et pratiques en ergonomie. En *Modèle en analyse du travail*, dirigido por R Amalberti, M de Montmollin y J Thereau. Liège: Mardaga.
- Åstrand, I. 1960. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol Scand* 49 Supl. 169:1-92.
- Bainbridge, L. 1981. Le contrôleur de processus. *B Psychol* XXXIV:813-832.
- . 1986. Asking questions and accessing knowledge. *Future Comput Sys* 1:143-149.
- Baitsch, C. 1985. *Kompetenzentwicklung und partizipative Arbeitsgestaltung*. Berna: Huber.
- Banks, MH, RL Miller. 1984. Reliability and convergent validity of the job component inventory. *J Occup Psychol* 57:181-184.
- Baranson, J. 1969. *Industrial Technology for Developing Economies*. Nueva York: Praeger.
- Bartenwerfer, H. 1970. Psychische Beanspruchung und Ermüdung. En *Handbuch der Psychologie*, dirigido por A Mayer y B Herwig. Göttingen: Hogrefe.
- Bartlett, CS, E Locke. 1981. The Coch and French study: A critique and reinterpretation. *Hum Relat* 34:555-566.
- Blumberg, M. 1988. Towards a new theory of job design. En *Ergonomics of Hybrid Automated Systems*, dirigido por W Karwowski, HR Parsaei y MR Wilhelm. Amsterdam: Elsevier.
- Bourdon, F, A Weill Fassina. 1994. Réseau et processus de coopération dans la gestion du trafic ferroviaire. *Travail Hum*. Numéro spécial consacré au travail collectif.
- Brehmer, B. 1990. Towards a taxonomy for microworlds. En *Taxonomy for an Analysis of Work Domains. Proceedings of the First MOHAWC Workshop*, dirigido por B Brehmer, M de Montmollin y J Leplat. Roskilde: Riso National Laboratory.
- Brown DA, R Mitchell. 1986. *The Pocket Ergonomist*. Sidney: Group Occupational Health Centre.
- Bruder. 1993. *Entwicklung eines wissenschaftlichen Systems zur belastungsanalytisch unterscheidbaren Erholungszeit*. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Campion, MA, PW Thayer. 1985. Development and field evaluation of an inter-disciplinary measure of job design. *J Appl Psychol* 70:29-43.
- Campion, MA. 1988. Interdisciplinary approaches to job design: A constructive replication with extensions. *J Appl Psychol* 73:467-481.
- Carter, RC, RJ Biersner. 1987. Job requirements derived from the Position Analysis Questionnaire and validity using military aptitude test scores. *J Occup Psychol* 60:311-321.
- Caverni, JP. 1988. La verbalisation comme source d'observables pour l'étude du fonctionnement cognitif. En *Psychologie cognitive: Modèles et méthodes*, dirigido por JP Caverni, C Bastien, P Mendelson y G Tiberghien. Grenoble: Presses Univ. de Grenoble.
- Chaffin, DB, G Andersson. 1984. *Occupational Biomechanics*. Nueva York: Wiley.
- Chaffin, DB. 1969. A computerized biomechanical model-development of and use in studying gross body actions. *J Biomech* 2:429-441.
- Chapanis, A. 1975. *Ethnic Variables in Human Factors Engineering*. Baltimore: Johns Hopkins University.
- Coch, L, JRP French. 1948. Overcoming resistance to change. *Hum Relat* 1:512-532.
- Comité Europeo de Normalización (CEN). 1990. *Ergonomic Principles of the Design of Work Systems. EEC Council Directive 90/269/EEC, Minimal health and safety requirements for manual handling of loads*. Bruselas: CEN.
- . 1991. *CEN Catalogue 1991: Catalogue of European Standards*. Bruselas: CEN.
- . 1994. *Safety of Machinery: Ergonomic Design Principles. Part 1: Terminology and General Principles*. Bruselas: CEN.
- Corlett, EN, RP Bishop. 1976. A technique for assessing postural discomfort. *Ergonomics* 19:175-182.
- Corlett, N. 1988. The investigation and evaluation of work and workplaces. *Ergonomics* 31:727-734.

- Costa, G, G Cesana, K Kogi, A Wedderburn. 1990. *Shiftwork: health, sleep and performance*. Frankfurt: Peter Lang.
- Cotton, JL, DA Vollrath, KL Froggatt, ML Lengnick-Hall, KR Jennings. 1988. Employee participation: Diverse forms and different outcomes. *Acad Manage Rev* 13:8-22.
- Cushman, WH, DJ Rosenberg. 1991. *Human Factors in Product Design*. Amsterdam: Elsevier.
- Dachler, HP, B Wilpert. 1978. Conceptual dimensions and boundaries of participation in organizations: A critical evaluation. *Adm Sci Q* 23:1-39.
- Daftuar, CN. 1975. The role of human factors in underdeveloped countries, with special reference to India. En *Ethnic Variable in Human Factor Engineering*, dirigido por Chapanis. Baltimore: Johns Hopkins University.
- Das, B, RM Grady. 1983a. Industrial workplace layout design. An application of engineering anthropometry. *Ergonomics* 26:433-447.
- . 1983b. The normal working area in the horizontal plane. A comparative study between Farley's and Squire's concepts. *Ergonomics* 26:449-459.
- De Keyser, V, A Housiaux. 1989. *The Nature of Human Expertise. Rapport Intermédiaire Politique Scientifique*. Liège: Universidad de Liège.
- De Keyser, V, AS Nyssen. 1993. Les erreurs humaines en anesthésie. *Travail Hum* 56:243-266.
- De Keyser, V. 1986. De l'évolution des métiers. En *Traité de psychologie du travail*, dirigido por C Levy-Leboyer y JC Sperandio. París: Presses Universitaires de France.
- . 1992. *Man within the Production Line. Actas de la 4ª Conferencia Brite-EuRam, 25-27 de mayo, Sevilla, España*. Bruselas: CEE.
- De Lisi, PS. 1990. Lesson from the steel axe: Culture, technology and organizational change. *Sloan Manage Rev* 32:83-93.
- Deci, EL. 1975. *Intrinsic Motivation*. Nueva York: Plenum Press.
- Decortis, F, PC Cacciabue. 1990. Modélisation cognitive et analyse de l'activité. En *Modèles et pratiques de l'analyse du travail*, dirigido por R Amalberti, M Montmollin y J Theureau. Bruselas: Mardaga.
- DeGreve, TB, MM Ayoub. 1987. A workplace design expert system. *Int J Ind Erg* 2:37-48.
- Dillon, A. 1992. Reading from paper versus screen: A critical review of the empirical literature. *Ergonomics* 35:1297-1326.
- Dinges, DF. 1992. Probing the limits of functional capacity: The effects of sleep loss on short-duration tasks. En *Sleep, Arousal, and Performance*, dirigido por RJ Broughton y RD Ogilvie. Boston: Birkhäuser.
- Drury, CG. 1987. A biomechanical evaluation of the repetitive motion injury potential of industrial jobs. *Sem Occup Med* 2:41-49.
- Edholm, OG. 1966. The assessment of habitual activity. En *Physical Activity in Health and Disease*, dirigido por K Evang y K Lange-Andersen. Oslo: Universitetsforlaget.
- Eilers, K, F Nachreiner, K Hänicke. 1986. Entwicklung und Überprüfung einer Skala zur Erfassung subjektiv erlebter Anstrengung. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 40:215-224.
- Elias, R. 1978. A medicobiological approach to workload. Note No. 1118-9178 in *Cahiers De Notes Documentaires—Sécurité Et Hygiène Du Travail*. París: INRS.
- Elzinga, A, A Jamison. 1981. *Cultural Components in the Scientific Attitude to Nature: Eastern and Western Mode*. Discussion paper No. 146. Lund: Univ. de Lund, Instituto de Política de Investigación.
- Emery, FE. 1959. *Characteristics of Socio-Technical Systems*. Documento núm. 527. Londres: Tavistock.
- Empson, J. 1993. *Sleep and Dreaming*. Nueva York: Harvester Wheatsheaf.
- Ericson, KA, HA Simon. 1984. *Protocol Analysis: Verbal Reports As Data*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Fadier, E. 1990. Fiabilité humaine: méthodes d'analyse et domaines d'application. En *Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*, dirigido por J Leplat y G De Terssac. Marsella: Octares.
- Falzon, P. 1991. Cooperative dialogues. En *Distributed Decision Making. Cognitive Models for Cooperative Works*, dirigido por J Rasmussen, B Brehmer y J Leplat. Chichester: Wiley.
- Faverge, JM. 1972. L'analyse du travail. En *Traité de psychologie appliquée*, dirigido por M Reuchlin. París: Presses Universitaires de France.
- Fisher, S. 1986. *Stress and Strategy*. Londres: Erlbaum.
- Flanagan, JL. 1954. The critical incident technique. *Psychol Bull* 51:327-358.
- Fleishman, EA, MK Quaintance. 1984. *Toxonomies of Human Performance: The Description of Human Tasks*. Nueva York: Academic Press.
- Flügel, B, H Greil, K Sommer. 1986. *Anthropologischer Atlas. Grundlagen und Daten. Deutsche Demokratische Republik*. Berlin: Verlag tribüne.
- Folkard, S, P Totterdell, D Minors, J Waterhouse. 1993. Dissecting circadian performance rhythms: Implications for shiftwork. *Ergonomics* 36(1-3):283-88.
- Folkard, S, T Akerstedt. 1992. A three-process model of the regulation of alertness sleepiness. En *Sleep, Arousal and Performance*, dirigido por RJ Broughton y BD Ogilvie. Boston: Birkhäuser.
- Folkard, S, TH Monk, MC Lobban. 1978. Short and long-term adjustment of circadian rhythms in "permanent" night nurses. *Ergonomics* 21:785-799.
- Folkard, S, TH Monk. 1985. *Hours of work: Temporal factors in work scheduling*. Chichester: Wiley.
- Fröberg, JE. 1985. Sleep deprivation and prolonged working hours. En *Hours of Work: Temporal Factors in Work Scheduling*, dirigido por S Folkard y TH Monk. Chichester: Wiley.
- Fuglesang, A. 1982. *About Understanding Ideas and Observations on Cross-Cultural Communication*. Uppsala: Dag Hammarskjöld Foundation.
- Geertz, C. 1973. *The Interpretation of Cultures*. Nueva York: Basic Books.
- Gilad, I, E Messer. 1992. Biomechanics considerations and ergonomic design in diamond polishing. En *Advances in Industrial Ergonomics and Safety*, dirigido por Kumar. Londres: Taylor & Francis.
- Gilad, I. 1993. Methodology for functional ergonomic evaluation of repetitive operations. En *Advances in Industrial Ergonomics and Safety*, dirigido por Nielsen y Jorgensen. Londres: Taylor & Francis.
- Glenn, ES, CG Glenn. 1981. *Man and Mankind: Conflict and Communication between Cultures*. Norwood, Nueva Jersey: Ablex.
- Gopher, D, E Donchin. 1986. Workload—An examination of the concept. En *Handbook of Perception and Human Performance*, dirigido por K Boff, L Kaufman y JP Thomas. Nueva York: Wiley.
- Gould, JD, C Lewis. 1985. Designing for usability: Key principles and what designers think. *Commun ACM* 28:300-311.
- Gould, JD, SJ Boies, S Levy, JT Richards, J Schoonard. 1987. The 1984 Olympic message system: A test of behavioral principles of the design. *Commun ACM* 30:758-769.
- Gould, JD. 1988. How to design usable systems. En *Handbook of Human Computer Interaction*, dirigido por M Helander. Amsterdam: Elsevier.
- Gowler, D, K Legge. 1978. Participation in context: Towards a synthesis of the theory and practice of organizational change, part I. *J Manage Stud* 16:150-175.
- Grady, JK, J de Vries. 1994. *RAM: The Rehabilitation Technology Acceptance Model as a Base for an Integral Product Evaluation*. Instituut voor Research, Ontwikkeling en Nascholing in de Gezondheidszorg (IRON) y Universidad de Twente, Departamento de Ingeniería Biomedica.
- Grandjean, E. 1988. *Fitting the Task to the Man*. Londres: Taylor & Francis.
- Grant, S, T Mayes. 1991. Cognitive task analysis? En *Human-Computer Interaction and Complex Systems*, dirigido por GS Weir y J Alty. Londres: Academic Press.
- Greenbaum, J, M Kyng. 1991. *Design At Work: Cooperative Design of Computer Systems*. Hillsdale, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Greuter, MA, JA Algera. 1989. Criterion development and job analysis. En *Assessment and Selection in Organizations*, dirigido por P Herlot. Chichester: Wiley.
- Grote, G. 1994. A participatory approach to the complementary design of highly automated work systems. En *Human Factors in Organizational Design and Management*, dirigido por G Bradley y HW Hendrick. Amsterdam: Elsevier.
- Guelaud, F, M-N Beauchesne, J Gautrat, G Roustang. 1977. *Pour une analyse des conditions du travail ouvrier dans l'entreprise*. París: A. Colin.
- Guillerm, R, E Radziszewski, A Reinberg. 1975. Circadian rhythms of six healthy young men over a 4-week period with night-work every 48 h and a 2 per cent Co2 atmosphere. En *Experimental Studies of Shiftwork*, dirigido por P Colquhoun, S Folkard, P Knauth y J Rutenfranz. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Hacker, W, P Richter. 1994. Psychische Fehlbeanspruchung. *Ermüdung, Monotonie, Sättigung, Stress*. Heidelberg: Springer.
- Hacker, W. 1986. Arbeitspsychologie. En *Schriften zur Arbeitspsychologie*, dirigido por E Ulich. Berna: Huber.
- Hackman, JR, GR Oldham. 1975. Development of the job diagnostic survey. *J Appl Psychol* 60:159-170.
- Hancock, PA, MH Chignell. 1986. *Toward a Theory of Mental Work Load: Stress and Adaptability in Human-Machine Systems. Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*. Nueva York: IEEE Society.
- Hancock, PA, N Meshkati. 1988. *Human Mental Workload*. Amsterdam: North Holland.
- Hanna, A (dir.). 1990. *Annual Design Review* 1D. 37 (4).
- Härmä, M. 1993. Individual differences in tolerance to shiftwork: a review. *Ergonomics* 36:101-109.
- Hart, S, LE Staveland. 1988. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. En *Human Mental Work Load*, dirigido por PA Hancock y N Meshkati. Amsterdam: North Holland.
- Hirschheim, R, HK Klein. 1989. Four paradigms of information systems development. *Commun ACM* 32:1199-1216.
- Hoc, JM. 1989. Cognitive approaches to process control. En *Advances in Cognitive Science*, dirigido por G Tiberghin. Chichester: Horwood.
- Hofstede, G. 1980. *Culture's Consequences: International Differences in Work-Related Values*. Beverly Hills, California: Sage Univ. Press.
- . 1983. The cultural relativity of organizational practices and theories. *J Int Stud*:75-89.
- Hornby, P, C Clegg. 1992. User participation in context: A case study in a UK bank. *Behav Inf Technol* 11:293-307.

- Hosni, DE. 1988. The transfer of microelectronics technology to the third world. *Tech Manage Pub TM* 1:391-3997.
- Hsu, S-H, Y Peng. 1993. Control/display relationship of the four-burner stove: A reexamination. *Hum Factors* 35:745-749.
- Jastrzebowski, W. 1857. Rys ergonomiji czyli Nauki o Pracy, opartej naprawdach poczerpnietych z Nauki Przyrody. *Przyroda i Przemysl* 29:227-231.
- Jeanneret, PR. 1980. Equitable job evaluation and classification with the Position Analysis Questionnaire. *Compens Rev* 1:32-42.
- Jürgens, HW, IA Aune, U Pieper. 1990. *International data on anthropometry*. Occupational Safety and Health Series. Ginebra: OIT.
- Kadefors, R. 1993. A model for assessment and design of workplaces for manual welding. En *The Ergonomics of Manual Work*, dirigido por WS Marras, W Karwowski y L Pacholski. Londres: Taylor & Francis.
- Kahneman, D. 1973. *Attention and Effort*. Englewood Cliffs, Nueva Jersey: Prentice Hall.
- Karhu, O, P Kansil, I Kuorinka. 1977. Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Appl Ergon* 8:199-201.
- Karhu, O, R Harkonen, P Sorvali, P Vepsäläinen. 1981. Observing working postures in industry: Examples of OWAS application. *Appl Ergon* 12:13-17.
- Kedia, BL, RS Bhagat. 1988. Cultural constraints on transfer of technology across nations: Implications for research in international and comparative management. *Acad Manage Rev* 13:559-571.
- Keesing, RM. 1974. Theories of culture. *Annu Rev Anthropol* 3:73-79.
- Kepenne, P. 1984. *La charge de travail dans une unité de soins de médecine*. Mémoire. Liège: Universidad de Liège.
- Kerguelen, A. 1986. L'observation systématique en ergonomie: Élaboration d'un logiciel d'aide au recueil et à l'analyse des données. Tesis doctoral sobre Ergonomía, Conservatoire National des Arts et Métiers, París.
- Ketchum, L. 1984. Sociotechnical design in a third world country: The railway maintenance depot at Sennar in Sudan. *Hum Relat* 37:135-154.
- Keyserling, WM. 1986. A computer-aided system to evaluate postural stress in the workplace. *Am Ind Hyg Assoc J* 47:641-649.
- Kingsley, PR. 1983. Technological development: Issues, roles and orientation for social psychology. En *Social Psychology and Developing Countries*, dirigido por Blacker. Nueva York: Wiley.
- Kinney, JS, BM Huey. 1990. *Application Principles for Multicolored Displays*. Washington, DC: National Academy Press.
- Kivi, P, M Mattila. 1991. Analysis and improvement of work postures in building industry: Application of the computerized OWAS method. *Appl Ergon* 22:43-48.
- Knauth, P, J Rutenfranz. 1981. Duration of sleep related to the type of shift work, en *Night and shiftwork: biological and social aspects*, dirigido por A Reinberg, N Vieux y P Andlauer. Oxford Pergamon Press.
- Knauth, P, W Rohmert, J Rutenfranz. 1979. Systemic selection of shift plans for continuous production with the aid of work-physiological criteria. *Appl Ergon* 10(1):9-15.
- Kogi, K, JE Thurman. 1993. Trends in approaches to night and shiftwork and new international standards. *Ergonomics* 36:3-13.
- Kogi, K. 1982. Sleep problems in night and shift work. II. Shiftwork: Its practice and improvement. *J Hum Ergol*:217-231.
- . 1981. Comparison of resting conditions between various shift rotation systems for industrial workers, en *Night and shift work. Biological and social aspects*, dirigido por A Reinberg, N Vieux y P Andlauer. Oxford: Pergamon.
- . 1985. Introduction to the problems of shiftwork. En *Hours of Work: Temporal Factors in Work-Scheduling*, dirigido por S Folkard y TH Monk. Chichester: Wiley.
- . 1991. Job content and working time: The scope for joint change. *Ergonomics* 34:757-773.
- Köhler, C, M von Behr, H Hirsch-Kreinsen, B Lutz, C Nuber, R Schultz-Wild. 1989. Alternativen der Gestaltung von Arbeits- und Personalstrukturen bei rechnerintegrierter Fertigung. En *Strategische Optionen der Organisations- und Personalentwicklung bei CIM Forschungsbericht KfK-PFT 148*, dirigido por Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung. Karlsruhe: Projektträgerschaft Fertigungstechnik.
- Koller, M. 1983. Health risks related to shift work. An example of time-contingent effects of long-term stress. *Int Arch Occ Env Health* 53:59-75.
- Konz, S. 1990. Workstation organization and design. *Ergonomics* 32:795-811.
- Kroeber, AL, C Kluckhohn. 1952. Culture, a critical review of concepts and definitions. En *Papers of the Peabody Museum*. Boston: Univ. de Harvard.
- Kroemer, KHE, HB Kroemer, KE Kroemer-Elbert. 1994. *Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency*. Englewood Cliffs, Nueva Jersey: Prentice Hall.
- Kroemer, KHE. 1993. Operation of ternary chorded keys. *Int J Hum Comput Interact* 5:267-288.
- . 1994a. Locating the computer screen: How high, how far? *Ergonomics in Design* (enero):40.
- . 1994b. Alternative keyboards. En *Proceedings of the Fourth International Scientific Conference WWDU '94*. Milán: Univ. de Milán.
- . 1995. Ergonomics. En *Fundamentals of Industrial Hygiene*, dirigido por BA Ploog. Chicago: National Safety Council.
- Kwon, KS, SY Lee, BH Ahn. 1993. An approach to fuzzy expert systems for product colour design. En *The Ergonomics of Manual Work*, dirigido por Maras, Karwowski, Smith y Pacholski. Londres: Taylor & Francis.
- Lacoste, M. 1983. Des situations de parole aux activités interprétives. *Psychol Franc* 28:231-238.
- Landau, K, W Rohmert. 1981. *AET-A New Job Analysis Method*. Detroit, Michigan: Conferencia Anual de la AIEE.
- Laurig, W, V Rombach. 1989. Expert systems in ergonomics: Requirements and an approach. *Ergonomics* 32:795-811.
- Laurig, W. 1970. *Elektromyographie als arbeitswissenschaftliche Untersuchungsmethode zur Beurteilung von statischer Muskelarbeit*. Berlin: Beuth.
- . 1974. *Beurteilung einseitig dynamischer Muskelarbeit*. Berlin: Beuth.
- . 1981. Belastung, Beanspruchung und Erholungszeit bei energetisch-muskulärer Arbeit—Literaturexpertise. In *Forschungsbericht Nr. 272 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung Dortmund*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- . 1992. *Grundzüge der Ergonomie. Erkenntnisse und Prinzipien*. Berlin, Köln: Beuth Verlag.
- Leach, ER. 1965. Culture and social cohesion: An anthropologist's view. En *Science and Culture*, dirigido por Holten. Boston: Houghton Mifflin.
- Leana, CR, EA Locke, DM Schweiger. 1990. Fact and fiction in analyzing research on participative decision making: A critique of Cotton, Vollrath, Froggatt, Lengnick-Hall, and Jennings. *Acad Manage Rev* 15:137-146.
- Lewin, K. 1951. *Field Theory in Social Science*. Nueva York: Harper.
- Liker, JK, M Nagamachi, YR Lifshitz. 1988. *A Comparative Analysis of Participatory Programs in US and Japan Manufacturing Plants*. Ann Arbor, Michigan: Univ. de Michigan, Center for Ergonomics, Industrial and Operational Engineering.
- Lillrank, B, N Kano. 1989. *Continuous Improvement: Quality Control Circles in Japanese Industries*. Ann Arbor, Michigan: Univ. de Michigan, Center for Japanese Studies.
- Locke, EA, DM Schweiger. 1979. Participation in decision making: One more look. En *Research in Organizational Behavior*, dirigido por BM Staw. Greenwich, Connecticut: JAI Press.
- Louhevaara, V, T Hakola, H Ollila. 1990. Physical work and strain involved in manual sorting of postal parcels. *Ergonomics* 33:1115-1130.
- Luczak, H. 1982. *Belastung, Beanspruchung und Erholungszeit bei informatorisch-mentaler Arbeit — Literaturexpertise. Forschungsbericht der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung Dortmund*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- . 1983. Ermüdung. En *Praktische Arbeitsphysiologie*, dirigido por W Rohmert y J Rutenfranz. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- . 1993. *Arbeitswissenschaft*. Berlin: Springer Verlag.
- Majchrzak, A. 1988. *The Human Side of Factory Automation*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Martin, T, J Kivinen, JE Rijnsdorp, MG Rodd, WB Rouse. 1991. Appropriate automation-integrating technical, human, organization, economic and cultural factors. *Automatica* 27:901-917.
- Matsumoto, K, M Harada. 1994. The effect of night-time naps on recovery from fatigue following night work. *Ergonomics* 37:899-907.
- Matthews, R. 1982. *Divergent conditions in the technological development of India and Japan*. Lund Letters on Technology and Culture, No. 4. Lund: Univ. de Lund, Instituto de Política de Investigación.
- McCormick, EJ. 1979. *Job Analysis: Methods and Applications*. Nueva York: American Management Association.
- McIntosh, DJ. 1994. Integration of VDUs into the US office work environment. En *Proceedings of the Fourth International Conference WWDU '94*. Milán: Univ. de Milán.
- McWhinney. 1990. *The Power of Myth in Planning and Organizational Change, 1989 IEEE Technics, Culture and Consequences*. Torrence, California: IEEE Los Angeles Council.
- Meshkati, N. 1989. An etiological investigation of micro and macroergonomics factors in the Bhopal disaster: Lessons for industries of both industrialized and developing countries. *Int J Ind Erg* 4:161-175.
- Minors, DS, JM Waterhouse. 1981. Anchor sleep as a synchronizer of rhythms on abnormal routines. *Int J Chronobiology*: 165-188.
- Mital, A, W Karwowski. 1991. *Advances in Human Factors/Ergonomics*. Amsterdam: Elsevier.
- Monk, TH. 1991. *Sleep, Sleepiness and Performance*. Chichester: Wiley.
- Moray, N, PM Sanderson, K Vincente. 1989. Cognitive task analysis for a team in a complex work domain: A case study. Actas del 2º Congreso europeo sobre los enfoques de la ciencia cognitiva al control de procesos, Siena, Italia.
- Morgan, CT, A Chapanis, JS III Cork, MW Lund. 1963. *Human Engineering Guide to Equipment Design*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Mossholder, KW, RD Arvey. 1984. Synthetic validity: A conceptual and comparative review. *J Appl Psychol* 69:322-333.
- Mumford, E, Henshall. 1979. *A Participative Approach to Computer Systems Design*. Londres: Associated Business Press.

- Nagamachi, M. 1992. Pleasantness and Kansei engineering. En *Measurement Standards*. Taejon, Corea: Instituto Coreano de Investigación de Normas y Publicaciones Científicas.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1981. *Work Practices Guide for Manual Lifting*. Cincinnati, Ohio: US Department of Health and Human Services.
- . 1990. *OSHA Instruction CPL 2.85: Directorate of Compliance Programs: Appendix C, Guidelines Suggested By NIOSH for Videotape Evaluation of Work Station for Upper Extremities Cumulative Trauma Disorders*. Washington, DC: US Department of Health and Human Services.
- Navarro, C. 1990. Functional communication and problem-solving in a bus traffic-regulation task. *Psychol Rep* 67:403-409.
- Negandhi, ART. 1975. *Modern Organizational Behaviour*. Kent: Kent Univ..
- Nisbett, RE, TD De Camp Wilson. 1977. Telling more than we know. *Psychol Rev* 84:231-259.
- Norman, DA. 1993. *Things That Make Us Smart*. Reading: Addison-Wesley.
- Noro, K, AS Imada. 1991. *Participatory Ergonomics*. Londres: Taylor & Francis.
- O'Donnell, RD, FT Eggemeier. 1986. Work load assessment methodology. En *Handbook of Perception and Human Performance. Cognitive Processes and Performance*, dirigido por K Boff, L Kaufman y JP Thomas. Nueva York: Wiley.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). 1992. *Ergonomics Impact of Science on Society*. Vol. 165. Londres: Taylor & Francis.
- Organización Internacional de Normalización (ISO). 1980. *Draft Proposal for Core List of Anthropometric Measurements ISO/TC 159/SC 3 N 28 DP 7250*. Ginebra: ISO.
- . 1996. *ISO/DIS 7250 Basic Human Body Measurements for Technological Design*. Ginebra: ISO.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). 1990. The hours we work: new work schedules in policy and practice. *Cand Wor Dig* 9.
- Organización Japonesa para la Promoción del Diseño Industrial (JIDPO). 1990. *Good Design Products 1989*. Tokio: JIDPO.
- Pagels, HR. 1984. Computer culture: The scientific, intellectual and social impact of the computer. *Ann NY Acad Sci*:426.
- Persson, J, Å Kilbom. 1983. *VIRA—En Enkel Videofilmt teknik För Registrering Och Analys Av Arbetsställningar Och—Rörelser*. Solna, Suecia: Undersökningsrapport, Arbetraskyddsstyrelsen.
- Pham, DT, HH Onder. 1992. A knowledge-based system for optimizing workplace layouts using a genetic algorithm. *Ergonomics* 35:1479-1487.
- Pheasant, S. 1986. *Bodyspace, Anthropometry, Ergonomics and Design*. Londres: Taylor & Francis.
- Poole, CJM. 1993. Seamstress' finger. *Brit J Ind Med* 50:668-669.
- Putz-Anderson, V. 1988. *Cumulative Trauma Disorders. A Manual for Musculoskeletal Diseases of the Upper Limbs*. Londres: Taylor & Francis.
- Rasmussen, J, A Pejtersen, K Schmidts. 1990. En *Taxonomy for Analysis of Work Domains. Proceedings of the First MOHAWC Workshop*, dirigido por B Brehmer, M de Montmollin y J Leplat. Roskilde: Riso National Laboratory.
- Rasmussen, J. 1983. Skills, rules, and knowledge: Sinds, signs, symbols and other distinctions in human performance models. *IEEE T Syst Man Cyb* 13:257-266.
- . 1986. A framework for cognitive task analysis in systems design. In *Intelligent Decision Support in Process Environments*, dirigido por E Hollnagel, G Mancini y DD Woods. Berlin: Springer.
- Reason, J. 1989. *Human Error*. Cambridge: CUP.
- Rebiffé, R, O Zayana, C Tarrère. 1969. Détermination des zones optimales pour l'emplacement des commandes manuelles dans l'espace de travail. *Ergonomics* 12:913-924.
- Régie nationale des usines Renault (RNUR). 1976. *Les profils de poste: Methode d'analyse des conditions de travail*. Paris: Masson-Sirtes.
- Rogalski, J. 1991. Distributed decision making in emergency management: Using a method as a framework for analysing cooperative work and as a decision aid. En *Distributed Decision Making. Cognitive Models for Cooperative Work*, dirigido por J Rasmussen, B Brehmer y J Leplat. Chichester: Wiley.
- Rohmert, W, K Landau. 1985. *A New Technique of Job Analysis*. Londres: Taylor & Francis.
- Rohmert, W. 1962. *Untersuchungen über Muskelermüdung und Arbeitsgestaltung*. Berna: Beuth-Vertrieb.
- . 1973. Problems in determining rest allowances. Part I: Use of modern methods to evaluate stress and strain in static muscular work. *Appl Ergon* 4(2):91-95.
- . 1984. Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept. *Z Arb wiss* 38:193-200.
- Rolland, C. 1986. Introduction à la conception des systèmes d'information et panorama des méthodes disponibles. *Génie Logiciel* 4:6-11.
- Roth, EM, DD Woods. 1988. Aiding human performance. I. Cognitive analysis. *Travail Hum* 51:39-54.
- Rudolph, E, E Schönfelder, W Hacker. 1987. *Tätigkeitsbewertungssystem für geistige arbeit mit und ohne Rechnerunterstützung (TBS-GA)*. Berlin: Psychodiagnostisches Zentrum der Humboldt-Universität.
- Rutenfranz, J, J Ilmarinen, F Klimmer, H Kyllan. 1990. Work load and demanded physical performance capacity under different industrial working conditions. En *Fitness for Aged, Disabled, and Industrial Workers*, dirigido por M Kaneko. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books.
- Rutenfranz, J, P Knauth, D Angersbach. 1981. Shift work research issues. En *Biological Rhythms, Sleep and Shift Work*, dirigido por LC Johnson, DI Tepas, WP Colquhoun y MJ Colligan. Nueva York: Spectrum Publications Medical and Scientific Books.
- Rutenfranz, J. 1982. Occupational health measures for night- and shiftworkers. II. Shiftwork: Its practice and improvement. *J Hum Ergol*:67-86.
- Saito, Y, K Matsumoto. 1988. Variations of physiological functions and psychological measures and their relationship on delayed shift of sleeping time. *Jap J Ind Health* 30:196-205.
- Sakai, K, A Watanabe, N Onishi, H Shindo, K Kimotsuki, H Saito, K Kogi. 1984. Conditions of night naps effective to facilitate recovery from night work fatigue. *J Sci Lab* 60: 451-478.
- Savage, CM, D Appleton. 1988. *CIM and Fifth Generation Management*. Dearborn: CASA/SME Technical Council.
- Savoyant, A, J Leplat. 1983. Statut et fonction des communications dans l'activité des équipes de travail. *Psychol Franc* 28:247-253.
- Scarborough, H, JM Corbett. 1992. *Technology and Organization*. Londres: Routledge.
- Schmidtko, H. 1965. *Die Ermüdung*. Berna: Huber.
- . 1971. *Untersuchungen über den Erholungszeltbedarf bei verschiedenen Arten gewerblicher Tätigkeit*. Berlin: Beuth-Vertrieb.
- Sen, RN. 1984. Application of ergonomics to industrially developing countries. *Ergonomics* 27:1021-1032.
- Sergeant, R. 1971. *Managing Shiftwork*. Londres: Gower Press.
- Sethi, AA, DHJ Caro, RS Schuler. 1987. *Strategic Management of Technostress in an Information Society*. Lewiston: Hogrefe.
- Shackel, B. 1986. Ergonomics in design for usability. En *People and Computer: Design for Usability*, dirigido por MD Harrison y AF Monk. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Shahnavaz, H, J Abeysekera, A Johansson. 1993. Solving multi-factorial work-environment problems through participatory ergonomics: Case study: VDT operators. En *Ergonomics of Manual Work*, dirigido por E Williams, S Marrs, W Karwowski, JL Smith y L Pacholski. Londres: Taylor & Francis.
- Shahnavaz, H. 1991. *Transfer of Technology to Industrially Developing Countries and Human Factors Consideration TULEÁ 1991: 22, 23024*. Univ. de Luleå, Luleå, Suecia: Centro de Ergonomía de los Países Subdesarrollados.
- Shaw, JB, JH Riskind. 1983. Predicting job stress using data from the Position Analysis Questionnaire (PAQ). *J Appl Psychol* 68:253-261.
- Shugaar, A. 1990. Ecodesign: New products for a greener culture. *Int Herald Trib*, 17.
- Sinaiko, WH. 1975. Verbal factors in human engineering: Some cultural and psychological data. En *Ethnic Variables in Human Factors Engineering*, dirigido por A Chapanis. Baltimore: Johns Hopkins Univ..
- Singleton, WT. 1982. *The Body At Work*. Cambridge: CUP.
- Snyder, HL. 1985a. Image quality: Measures and visual performance. En *Flat Panel Displays and CRTs*, dirigido por LE Tannas. Nueva York: Van Nostrand Reinhold.
- . 1985b. The visual system: Capabilities and limitations. En *Flat Panel Displays and CRTs*, dirigido por LE Tannas. Nueva York: Van Nostrand Reinhold.
- Solomon, CM. 1989. The corporate response to work force diversity. *Pers J* 68:42-53.
- Sparke, P. 1987. *Modern Japanese Design*. Nueva York: EP Dutton.
- Sperandio, JC. 1972. Charge de travail et régulation des processus opératoires. *Travail Hum* 35:85-98.
- Sperling, L, S Dahلمان, L Wikström, A Kilbom, R Kadefors. 1993. A cube model for the classification of work with hand tools and the formulation of functional requirements. *Appl Ergon* 34:203-211.
- Spinas, P. 1989. User oriented software development and dialogue design. En *Work With Computers: Organizational, Management, Stress and Health Aspects*, dirigido por MJ Smith y G Salvendy. Amsterdam: Elsevier.
- Staramler, JH. 1993. *The Dictionary of Human Factors Ergonomics*. Boca Raton: CRC Press.
- Strohm, O, P Troxler, E Ulich. 1994. *Vorschlag für die Restrukturierung eines Produktionsbetriebes*. Zurich: Institut für Arbeitspsychologie der ETH.
- Strohm, O, JK Kuark, A Schilling. 1993. Integrierte Produktion: Arbeitspsychologische Konzepte und empirische Befunde, Schriftenreihe Mensch, Technik, Organisation. En *CIM—Herausforderung an Mensch, Technik, Organisation*, dirigido por G Cyranek y E Ulich. Stuttgart, Zurich: Verlag der Fachvereine.
- Sullivan, LP. 1986. Quality function deployment: A system to assure that customer needs drive the product design and production process. *Quality Progr*:39-50.
- Sundin, A, J Laring, J Bäck, G Nengtsson, R Kadefors. 1994. *An Ambulatory Workplace for Manual Welding: Productivity through Ergonomics*. Manuscript. Göteborg: Lindholmen Development.
- Tardieu, H, D Nanci, D Pascot. 1985. *Conception d'un système d'information*. Paris: Editions d'Organisation.

- Teiger, C, A Laville, J Durafourg. 1974. *Taches répétitives sous contrainte de temps et charge de travail*. Rapport n° 39. Laboratoire de physiologie du travail et d'ergonomie du CNAM.
- Torsvall, L, T Akerstedt, M. Gillberg. 1981. Age, sleep and irregular workhours: a field study with EEG recording, catecholamine excretion and self-ratings. *Scand J Wor Env Health* 7:196-203.
- Ulich, E, M Rauterberg, T Moll, T Greutmann, O Strohm. 1991. Task orientation and user-oriented dialogue design. En *Int J Human-Computer Interaction* 3:117-144.
- Ulich, E. 1994. *Arbeitspsychologie 3. Auflage*. Zurich: Verlag der Fachvereine and Schäffer-Poeschel.
- Van Daele, A. 1988. L'écran de visualisation ou la communication verbale? Analyse comparative de leur utilisation par des opérateurs de salle de contrôle en sidérurgie. *Travail Hum* 51(1):65-80.
- . 1992. *La réduction de la complexité par les opérateurs dans le contrôle de processus continus. contribution à l'étude du contrôle par anticipation et de ses conditions de mise en œuvre*. Liège: Universidad de Liège.
- Van der Beek, AJ, LC Van Gaalen, MHW Frings-Dresen. 1992. Working postures and activities of lorry drivers: A reliability study of on-site observation and recording on a pocket computer. *Appl Ergon* 23:331-336.
- Vleeschdrager, E. 1986. *Hardness 10: diamonds*. Paris.
- Volpert, W. 1987. Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. In *Arbeitspsychologie. Enzyklopädie der Psychologie*, dirigido por U Kleinbeck y J Rutenfranz. Göttingen: Hogrefe.
- Wagner, JA y RZ Gooding. 1987. Effects of societal trends on participation research. *Adm Sci Q* 32:241-262.
- Wagner, R. 1985. Job analysis at ARBED. *Ergonomics* 28:255-273.
- Wall, TD y JA Lischeron. 1977. *Worker Participation: A Critique of the Literature and Some Fresh Evidence*. Londres: McGraw-Hill.
- Wang, WM-Y. 1992. *Usability Evaluation for Human-Computer Interaction (HCI)*. Luleå, Suecia: Universidad Tecnológica de Luleå.
- Waters, TR, V Putz-Anderson, A Garg, LJ Fine. 1993. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual handling tasks. *Ergonomics* 36:749-776.
- Wedderburn, A. 1991. Guidelines for shiftworkers. *Bulletin of European Shiftwork Topics (BEST)* No. 3. Dublin: Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y de Trabajo.
- Welford, AT. 1986. Mental workload as a function of demand, capacity, strategy and skill. *Ergonomics* 21:151-176.
- White, PA. 1988. Knowing more about what we tell: 'Introspective access' and causal report accuracy, 10 years later. *Brit J Psychol* 79:13-45.
- Wickens, C. 1992. *Engineering Psychology and Human Performance*. Nueva York: Harper Collins.
- Wickens, CD, YY Yeh. 1983. The dissociation between subjective work load and performance: A multiple resources approach. En *Actas del 27º Congreso Anual de la Human Factors Society*. Santa Mónica, California: Human Factors Society.
- Wieland-Eckelmann, R. 1992. *Kognition, Emotion und Psychische Beanspruchung*. Göttingen: Hogrefe.
- Wikström, L, S Byström, S Dahlman, C Fransson, R Kadefors, Å Kilbom, E Landervik, L Lieberg, L Sperling, J Öster. 1991. *Criterion for Selection and Development of Hand Tools*. Estocolmo: Instituto Nacional de Medicina del Trabajo.
- Wilkinson, RT. 1964. Effects of up to 60 hours sleep deprivation on different types of work. *Ergonomics* 7:63-72.
- Williams, R. 1976. *Keywords: A Vocabulary of Culture and Society*. Glasgow: Fontana.
- Wilpert, B. 1989. Mitbestimmung. En *Arbeits- und Organisationspsychologie. Internationales Handbuch in Schlüsselbegriffen*, dirigido por S Greif, H Holling y N Nicholson. Munich: Psychologie Verlags Union.
- Wilson, JR, EN Corlett. 1990. *Evaluation of Human Work: A Practical Ergonomics Methodology*. Londres: Taylor & Francis.
- Wilson, JR. 1991. Participation: A framework and foundation for ergonomics. *J Occup Psychol* 64:67-80.
- Wisner, A. 1983. Ergonomics or anthropology: A limited or wide approach to working condition in technology transfer. En *Proceedings of the First International Conference on Ergonomics of Developing Countries*, dirigido por Shahnava y Babri. Luleå, Suecia: Universidad Tecnológica de Luleå.
- Womack, J, T Jones, D Roos. 1990. *The Machine That Changed the World*. Nueva York: Macmillan.
- Woodson, WE, B Tillman, P Tillman. 1991. *Human Factors Design Handbook*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Zhang, YK, JS Tyler. 1990. The establishment of a modern telephone cable production facility in a developing country. A case study. En las actas del simposio internacional sobre comunicaciones alámbricas y por cable. Illinois.
- Zinchenko, V, V Munipov. 1989. *Fundamentals of Ergonomics*. Moscú: Progress.

Otras lecturas recomendadas

- Amphoux, L. 1976. Fatigue. Instantanés médicaux, pathologie du travail, intoxications, maladies par agents physiques. En *Encyclopédie Médico-Chirurgicale*. Paris: Les éditions techniques.
- Birren, JE, K Warner Schaie. 1990. *Handbook of the Psychology of Aging*. Nueva York: Academic Press.
- Bourlière, F. 1982. *Gérontologie, Biologie Et Clinique*. Paris: Flammarion.
- Bugard, P, EJ Caille, L Crocq, B Ely, M Henry, L Petrescu, A Reinberg. 1974. *CIS 76-281 Stress, Fatigue, and Depression in Everyday Life*. Vol. 1 y 2. Paris: Editions Doin.
- Carter, FA, EN Corlett. 1982. *Accidents and Shiftwork*. Dublin: Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y de Trabajo.
- Charness, M. 1985. *Aging and Human Performance*. Nueva York: Wiley.
- Colligan, MJ, RR Rosa. 1990. Shiftwork effects on social and family life. En *Shiftwork*, dirigido por AJ Scott. Filadelfia: Hanley & Belfus.
- Davies, BT, H Shahnawaz. 1977. CIS 77-1774 An anthropometer for use in developing countries. *Ergonomics* 20(3):317-320.
- Drury, CG, B Paramore, HP Van Cott, SM Grey, EN Corlett. 1987. Task analysis. En *Handbook of Human Factors*, dirigido por G Salvendy. Nueva York: Wiley.
- Fraser, TM. 1989. *The Worker At Work*. Londres: Taylor & Francis.
- Freivalds, A. 1987. The ergonomics of tools. *Int Rev Ergon* 1:43-75.
- Gadbois, C. 1991. Round the clock operations in hospitals: Shift scheduling, task demands and work organisation. Resumen del Simposio internacional sobre turnos de trabajo y exigencias del puesto de trabajo, 11-12 de julio, París.
- Graf, O. 1922. Über lohnendste Arbeitspausen bei geistiger Arbeit. *Psychol Arbeiten* 7:548-611.
- Grieco, A, M Masali. 1971. Setting up a method for the measurement of anthropometric parameters with a view to the ergonomic design of workplaces. *Med Lavoro* 62(11):505-531.
- Hamelin, P. 1981. Les conditions temporelles de travail des conducteurs routiers et la sécurité routière. *Travail Hum* 44:5-21.
- ISSA. N.d. *W.G. 3 E.: Checklist for a Classification of Machines On the Basis of Ergonomic Principles, International Section 'Machine Safety' On the Prevention of Occupational Accidents and Diseases*. Mannheim: ISSA.
- Konz, S. 1979. Handtools. En *Work Design*. Columbus, Ohio: Grid.
- McEwan, YW. 1978. Flexible working arrangements in continuous shift production. *Pers Rev*:12-19.
- Minors, DS, JM Waterhouse. 1983. Circadian rhythm amplitude-is it related to rhythm adjustment and/or worker motivation? *Ergonomics* 26:229-241.
- Mital, A, A Kilborn. 1992. Design, selection and use of hand tools to alleviate trauma of the upper extremities: Part I- Guidelines for the practitioner. Part II- The scientific basis for the guide. *Int J Ind Erg* 10:1-21.
- Nowak, E. 1978. CIS 78-2068 Determination of the spatial reach area of the arms for workplace design purposes. *Ergonomics* 21(7) (julio):493-507.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). 1984. *Protection of Workers against Noise and Vibration in the Working Environment, an ILO Code of Practice*. Ginebra: OIT.
- Robinson, PK y cols. N.d. *Aging and Technological Advances. Presented At NATO Conference Series III, Human Factors, Volume 24*.
- Rohmert, W. 1975. Anthropometric elements of ergonomics. *Bulletin de l'AISS*:25-35.
- . 1983. Formen menschlicher Arbeit. En *Praktische Arbeitsphysiologie*, dirigido por W Rohmert y J Rutenfranz. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Tichauer, ER. 1978. *The Biomechanical Basis of Ergonomics*. Nueva York: Wiley Interscience.
- Vidacek, S, L Kaliterna, B Radosevic-Vidacek. 1987. Predictive validity of individual difference measures for health problems in shiftworkers: Preliminary results. En *Contemporary Advances in Shiftwork Research*, dirigido por A Oginski, J Pokorski y J Rutenfranz. Cracovia: Academia Médica.
- Vieillissement et travail. 1989. *Travail Hum* 52:1-3.
- Webb Associates. 1972. *CIS 74-802 Anthropometry for Respirator Sizing*. Cincinnati, Ohio: NIOSH.