

Pedro R. Mondelo - Enrique Gregori  
Joan Blasco - Pedro Barrau

# Ergonomía 3

## Diseño de puestos de trabajo

Primera edición: mayo de 1998  
Segunda edición: septiembre de 1999

Diseño de la cubierta: Manuel Andreu

© los autores, 1998  
© Mutua Universal, 1998

© Edicions UPC, 1998  
Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL  
Jordi Girona Salgado 31, 08034 Barcelona  
Tel. 934 016 883 Fax. 934 015 885  
Edicions Virtuals: [www.edicionsupc.es](http://www.edicionsupc.es)  
e-mail: [edupc@sg.upc.es](mailto:edupc@sg.upc.es)

Producción: CPDA  
Av. Diagonal 647, ETSEIB, 08028 Barcelona

Depósito legal: B-43.365-99  
ISBN: 84-8301-317-7  
ISBN (Obra completa): 84-8301-194-8

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos, así como la exportación e importación de ejemplares para su distribución y venta fuera del ámbito de la Unión Europea.

A comienzos de siglo, la principal preocupación de ingenieros y diseñadores era la técnica, que presentaba nuevas facetas y un nuevo poder en manos de la humanidad. A inicios de un nuevo milenio, el ser humano, poseedor de amplios conocimientos técnicos, es capaz de invertir el orden y poner la técnica al servicio de sí mismo, diseñando puestos de trabajo no tan sólo seguros y sanos, sino también confortables, que permitan el máximo rendimiento con el mínimo esfuerzo. Quedan atrás los años en los que se suponía que era la persona quien debía hacer el esfuerzo de adaptarse a un puesto de trabajo que por su concepción espacial, por sus requerimientos psicofísicos o por su entorno, era origen de molestias, dificultades y lesiones. Actualmente, es el entorno el que debe adaptarse a cada individuo, facilitando así su realización en un trabajo interesante, agradable y confortable, en el que pueda verter sus capacidades.

Este libro está orientado a los ingenieros que diseñan puestos de trabajo, así como a aquellos que estudian los daños sufridos por algunas personas debido a sus condiciones de trabajo inadecuadas. A lo largo de los diez capítulos que lo componen, se procede a un análisis profundo de los factores a tener en cuenta en el diseño: las dimensiones corporales, la concepción espacial del entorno de trabajo, los esfuerzos realizados en las operaciones y la consecuente fatiga que producen en el individuo, la ubicación y diseño de mandos y señales, el ambiente físico en que se desenvuelve el trabajo... Todos estos factores, debidamente explicados, permitirán al ingeniero diseñar puestos de trabajo que garanticen el máximo rendimiento y calidad en el trabajo, así como un entorno agradable en el que trabajar se convierta en una ilusión y un reto diario.

Los autores son profesionales con amplia experiencia en el diseño de puestos de trabajo, lo cual aporta un toque eminentemente práctico a esta obra, huyendo de complicados desarrollos teóricos, para centrar los contenidos en los conceptos fundamentales de diseño.

Desde Mutua Universal, una empresa de servicios dedicada desde su creación a la mejora de las condiciones de trabajo, esperamos que esta aportación al conocimiento y a la divulgación de la ergonomía, sea fructífera.

Juan Aicart Manzanares  
Director Gerente  
MUTUA UNIVERSAL



## Índice

<b>1. Introducción</b> .....	<b>13</b>
1.1 Sistema persona-máquina (P-M) .....	13
1.2 Puestos de actividad o trabajo (PP.TT.) .....	14
<b>2. Relaciones dimensionales. Antropometría.</b> .....	<b>25</b>
2.1 Espacios de actividad .....	25
2.2 Información antropométrica .....	35
2.3 Dimensiones antropométricas .....	38
2.4 Análisis preliminar para diseñar puestos de trabajo .....	40
2.5 Métodos de medición e instrumentos .....	41
2.5.1 Instrumental para medir a mano .....	42
2.5.2 Puntos antropométricos .....	42
2.5.3 Equipo de mediciones .....	44
2.5.4 Posiciones y condiciones para medir al sujeto .....	44
2.5.4.1 Posición de atención antropométrica (PAA) .....	45
2.5.5 Definiciones de las dimensiones antropométricas y método para efectuar sus mediciones .....	46
2.5.6 Protocolo para las mediciones antropométricas con cámara de vídeo .....	49
2.6 Principios del diseño antropométrico .....	52
2.6.1 Principio del diseño para el promedio .....	52
2.6.2 Principio del diseño para los extremos .....	52
2.6.3 Principio del diseño para un intervalo ajustable .....	54
2.7 Tamaño y selección de la muestra .....	55
2.7.1 Cálculo del tamaño de la muestra .....	55
2.7.2 Selección de los individuos que compondrán la muestra .....	57
2.8 Cálculo de los percentiles .....	57
2.9 La familia Maximín .....	60
2.10 Sillas, mesas y planos de trabajo .....	63
2.11 A modo de resumen .....	67

<b>3. Esfuerzos de trabajo</b> .....	<b>69</b>
3.1 Mecánica y biomecánica. ....	69
3.2 Terminología y conceptos básicos .....	70
3.3 Tipos de movimientos de los miembros del cuerpo .....	75
3.4 Ángulos límites .....	76
3.5 Ángulos de confort .....	79
3.6 Ángulos de visión .....	81
3.7 Ejemplo del cálculo de un levantamiento inclinado .....	83
3.8 Ejemplo simplificado del rediseño de un puesto de trabajo .....	86
<b>4. Herramientas manuales y patologías</b> .....	<b>91</b>
4.1 Consideraciones previas .....	91
4.2 Herramientas de mano .....	92
4.3 Principios generales para diseñar o comprar una herramienta manual .....	94
4.4 Sujeción de la herramienta .....	95
4.4.1 El mango de las herramientas .....	97
4.5 Patologías y microtraumatismos repetitivos .....	102
4.5.1 Traumatismos más usuales .....	102
<b>5. Métodos más usuales en la valoración de esfuerzos</b> .....	<b>105</b>
5.1 Esfuerzos físicos y trabajo .....	105
5.2 Método de AFNOR .....	106
5.2.1 Hipótesis y campo de aplicación .....	106
5.2.2 Variables que considera el método .....	108
5.2.3 Comentarios a AFNOR .....	109
5.3 Método de NIOSH .....	110
5.3.1 Hipótesis y campo de aplicación .....	110
5.3.2 Criterio biomecánico .....	111
5.3.3 Criterio fisiológico .....	111
5.3.4 Criterio psicofísico .....	111
5.3.5 Variables que considera .....	111
5.3.6 Comentarios a NIOSH .....	114
5.4 REFA (Siemens) .....	115
5.4.1 Hipótesis y campo de aplicación .....	116
5.4.2 Variables que considera REFA .....	116
5.4.3 Comentarios a REFA .....	120
5.5 Comparación AFNOR-NIOSH-REFA .....	121
5.6 Método REGI para diseñar regímenes de trabajo y descanso en actividades físicas en ambientes calurosos .....	122
5.6.1 Capacidad de Trabajo Físico Modificada (CTFM) .....	122
5.6.2 Límite de Gasto Energético (LGE) .....	123
5.6.3 Límite de Gasto Energético Acumulado (LGEa) .....	124
5.6.4 Barrera de Gasto Energético (BGE) .....	125

5.6.5	La Barrera de Tensión Térmica (BTT)	127
5.6.6	Pasos a seguir para la aplicación del método	133
5.6.7	Aplicación del Método REGI para la rotación de trabajadores	136
5.6.8	Conclusiones	139
<b>6.</b>	<b>Relaciones informativas</b>	<b>141</b>
6.1	La comunicación	141
6.2	Sensación, percepción, representación y acción	143
6.2.1	Los códigos	147
6.2.2	Tiempos de reacción	149
6.3	Canales y dispositivos informativos (DI)	151
6.4	Dispositivos informativos visuales (DIV)	154
6.4.1	Alarmas	155
6.4.2	Indicadores	155
6.4.3	Contadores	155
6.4.4	Diales y cuadrantes	156
6.4.5	Símbolos	157
6.4.6	Características generales de los DIV	158
6.4.7	Lenguaje escrito	160
6.4.8	Selección y ubicación de DIV	162
6.4.9	Las pantallas	167
6.4.10	Los gestos	169
6.5	Dispositivos informativos audibles (DIA)	170
6.5.1	Timbres, campanas, sirenas	171
6.5.2	El lenguaje hablado	172
6.5.3	Pruebas de inteligibilidad del habla	174
6.6	Dispositivos informativos táctiles (DIT)	176
<b>7.</b>	<b>Relaciones de Control</b>	<b>179</b>
7.1	La etapa de control	179
7.2	Tipos básicos de controles o mandos	182
7.3	Tipos específicos de controles	191
7.4	Compatibilidad	192
7.5	Relación Control/Display (C/D)	195
7.6	Accionamiento accidental de controles	196
7.6.1	Identificación de Controles	197
7.7	Reglas de selección y ubicación de controles	198
<b>8.</b>	<b>Otras variables relevantes en el diseño de PP.TT.:</b>	
	<b>ambiente físico y organización del trabajo</b>	<b>205</b>
8.1	Consideraciones generales	205
8.2	Ambiente térmico	208
8.3	Ambiente acústico y vibraciones	210

8.4 Ambiente lumínico . . . . .	213
8.4.1 Recomendaciones visión-iluminación-color . . . . .	215
8.5 Radiaciones. . . . .	216
8.5.1 Radiaciones no ionizantes . . . . .	217
8.5.2 Radiaciones ionizantes (radiactividad) . . . . .	218
8.6 Contaminantes químicos y biológicos . . . . .	219
8.7 La organización del trabajo . . . . .	221
8.7.1 Horarios de trabajo. . . . .	223
8.7.2 Los ritmos de trabajo . . . . .	226
8.7.3 La duración de la jornada. . . . .	229
8.7.4 Las pausas y las comidas . . . . .	232
8.7.5 Rotación de turnos de trabajo. . . . .	239
<b>9. Metodología . . . . .</b>	<b>241</b>
9.1 Aproximación al problema . . . . .	241
9.2 Desarrollo de un caso práctico mediante el programa TAYLOR (hecho a medida) . . . . .	242
9.3 Alternativas de TAYLOR a los problemas detectados. . . . .	249
<b>10. Soporte informático TAYLOR (hecho a medida) . . . . .</b>	<b>251</b>
10.1 Simulación y diseño de PP.TT. . . . .	251
10.2 Opciones de la demostración . . . . .	252
10.2.1 Base de datos antropométricos con Taylor 1.0. . . . .	252
10.2.2 Ejemplos con casos prácticos con Taylor 1.0. . . . .	253
10.2.3 Secuencia de Taylor 2.0 . . . . .	260
10.3 Otras utilidades de TAYLOR 2.0. . . . .	260
<b>Bibliografía . . . . .</b>	<b>263</b>

## 1. Introducción

### 1.1 Sistema persona-máquina (P-M)

El bienestar, la salud, la satisfacción, la calidad y la eficiencia en la actividad de las personas dependen de la correcta interrelación existente entre los múltiples factores que se presentan en sus espacios vitales y las relaciones que establecen con los objetos que les rodean.

Existen múltiples formas de análisis de los espacios de actividad o trabajo, de los objetos y del conjunto de acciones que las personas se verán obligadas a realizar, por ejemplo, clasificar el monto de interrelaciones P-M en los siguientes tipos:

- relaciones dimensionales
- relaciones informativas,
- relaciones de control,
- relaciones ambientales,
- relaciones temporales,
- relaciones sociales,
- relaciones de organización,
- relaciones culturales,
- etc...,

pero debemos señalar que todas las interacciones de los sistemas P-M ejercen una acción determinante sobre los factores psicosociológicos y fisiológicos residentes en las personas, provocando satisfacción o insatisfacción en el trabajo, desarrollo o involución de la personalidad, potenciando o inhibiendo la creatividad, cohesionando o disgregando el grupo de trabajo, etc...

Obviamente, ésta, como cualquier otra clasificación es un recurso metodológico utilizado con el objetivo de poder acceder al conocimiento de la estructura y el funcionamiento de un fenómeno altamente complejo y complicado, como es el sistema persona-máquina, cuyas interacciones se manifiestan sinérgicamente y aparecen ante los ojos de los observadores de manera hipercompleja y formando un todo.

Por ejemplo: las relaciones informativas, mediante las cuales una persona se informa (suficiente o insuficientemente) de la marcha de la actividad de un sistema a través de los sentidos (visión, oído, tacto...), producen reacciones fisiológicas y psicológicas, que inciden sobre las relaciones de control (las que posibilitan o dificultan el control del sistema), sobre las relaciones organizativas en general (que determinan la forma que adopta la marcha del sistema), y sobre las relaciones sociales (que ponen de manifiesto la situación del individuo en la sociedad). Todas estas relaciones, que son inherentes a cualquier tipo de actividad, benefician o dañan al sistema y, en consecuencia, a la persona.

Por otra parte, determinadas relaciones dimensionales entre el usuario y la máquina, compatibles (o incompatibles), garantizarán o impedirán que éste se informe y controle satisfactoriamente la marcha del proceso.

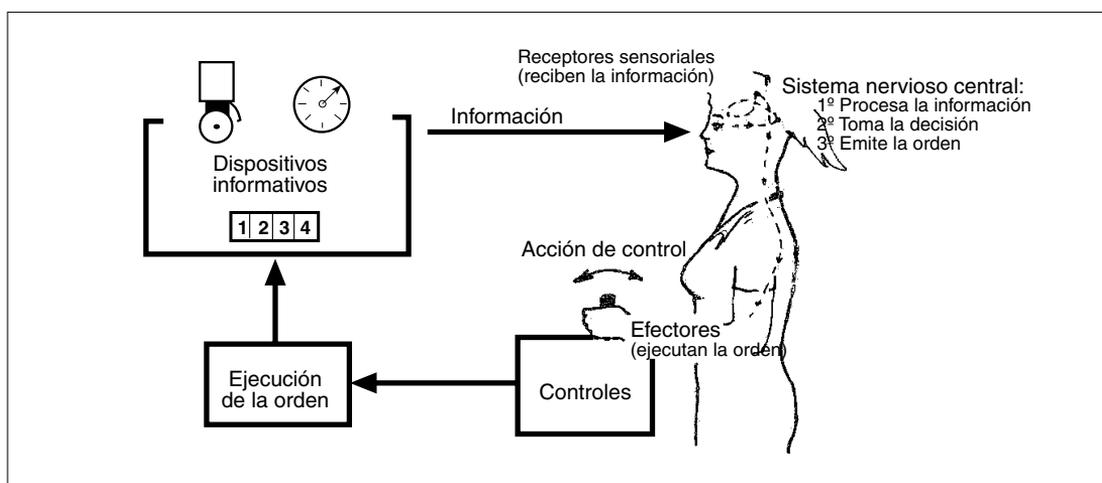


Fig. 1.1 Esquema simplificado de las relaciones informativas y de control

No cabe la menor duda de que la actividad iterativa y dinámica de los sistemas P-M, de una forma u otra, siempre está activada, y que no existen elementos que no pertenezcan a un sistema específico y definido, o sea, que todo elemento interactivo muestra, y a la vez limita, los grados de libertad de todo el sistema. Ya que la persona pertenece en todo momento a algún sistema podemos decir que los individuos, a lo largo del día y de su vida, van formando parte de múltiples subsistemas P-M, pasando de uno a otro con relativa frecuencia, y se ven obligados a responder a requerimientos diferentes en tiempos mínimos.

## 1.2 Puestos de actividad o trabajo (PP.TT.)

Para el diseño óptimo de puestos de actividad o trabajo (PP.TT.), como en cualquier otro tipo de diseño de producto, es necesario tener en cuenta desde el nacimiento de la idea, una serie de

conceptos o premisas básicas que si se ignoran o se insertan improvisadamente en el sistema, lo invalidan, lo lastran gravemente, o en el mejor de los casos propugnan la obtención de un resultado ramplón del mismo.

Por todo ello, para abordar cualquier proyecto de diseño de PP.TT. es necesario trazar *a priori* una línea de actuación de diseño conceptual, a manera de ruta, donde aparezcan debidamente señalizados todos aquellos hitos y aspectos básicos que no deben ser pasados por alto en el nuevo diseño o rediseño de PP.TT. Esta metodología de trabajo debe estar presente en cada etapa del proyecto, sin que, por otro lado, esta guía signifique una atadura que incapacite al equipo en su toma de decisiones, o constriña el aporte de ideas novedosas u originales.

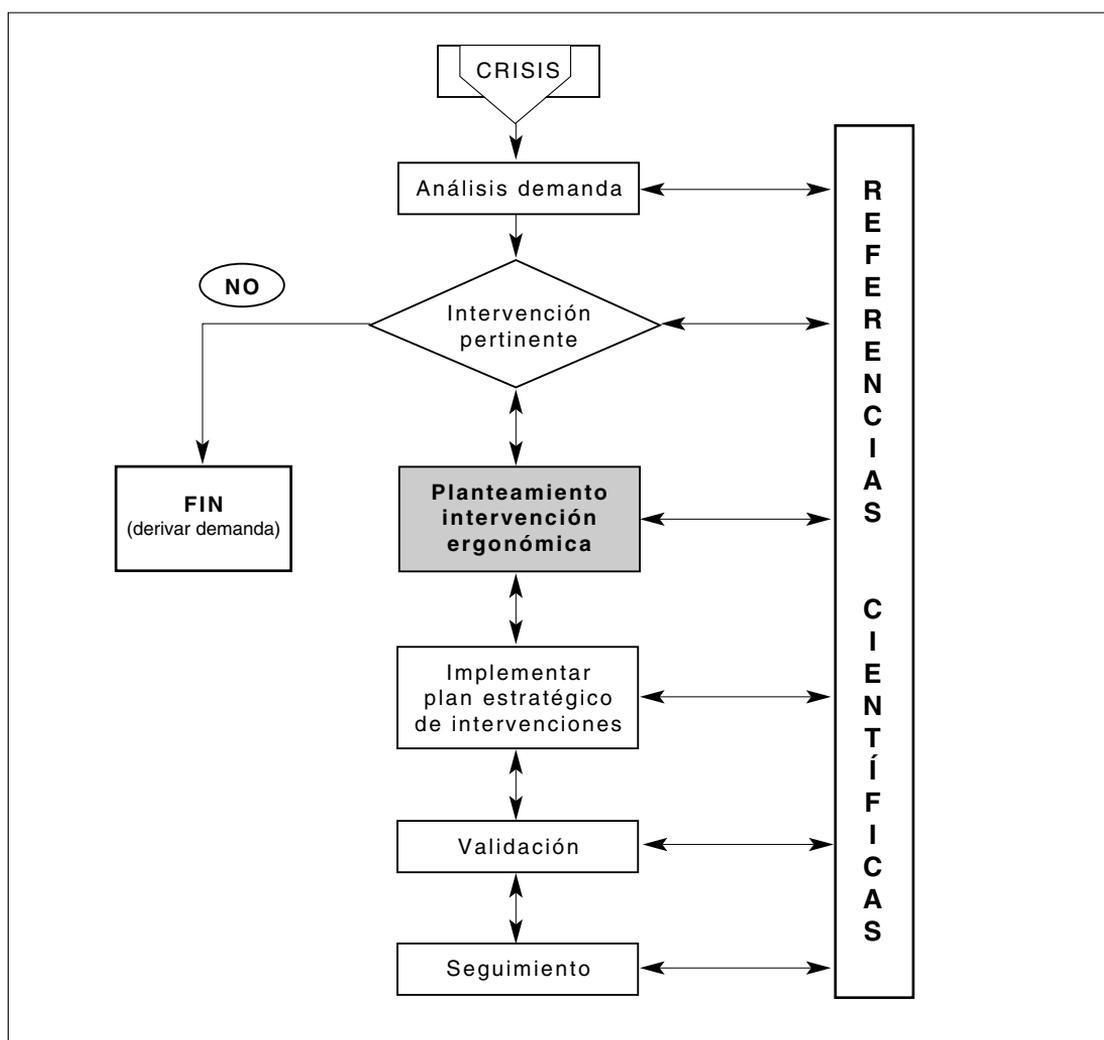


Fig. 1.2 Esquema de intervención ergonómica: de la crisis a la resolución

Las recomendaciones ergonómicas que aparecerán a lo largo del presente libro –a modo de guía o manual de diseño ergonómico de PP.TT.– pretenden servir de señuelo; por ello las sugerencias están secuenciadas, se busca interferir lo menos posible en la creatividad del equipo de ingeniería de diseño, y se advierte continuamente que todas y cada una las decisiones a que puedan conducir deben ser, además, rigurosamente compatibilizadas entre sí, al menos al final de cada etapa proyectual, ya que con frecuencia su aplicación rígida puede conducir a situaciones incoherentes y hasta, en algunos casos, absurdas.

Por ejemplo: se puede dar la situación paradójica de que, al realizar los cálculos para el diseño de un área de trabajo para un grupo de personas, el espesor de una mesa resulte negativo (la altura de la superficie inferior mayor que la altura de la superficie superior), al decidirse la altura de su superficie inferior por la altura muslo-suelo (sentado el individuo) de los valores mayores de la población –principio correcto–, y la altura de su superficie superior por la altura de codos-suelo de los valores menores de esa misma población –también correcto–, pues puede existir una contradicción en la rigurosa aplicación de ambos principios. En tal situación, el equipo de trabajo deberá, naturalmente, tomar decisiones propias, muchas veces complejas y en algunos casos provistas de una gran carga de creatividad.

Este libro aborda el diseño ergonómico de PP.TT. considerando en profundidad tres tipos de relaciones en el interfaz persona-máquina:

1. relaciones dimensionales,
2. relaciones informativas,
3. relaciones de control.

En las relaciones dimensionales se buscan la compatibilidad entre las medidas antropométricas dinámicas de los distintos usuarios potenciales de los PP.TT. objeto del diseño, y las dimensiones, formas y estructuras que habrán de tener éstos y sus distintas partes, de manera que pueda garantizarse que las personas que las utilizarán según sus actividades (operarios, instaladores, mantenimiento, limpieza...) se hallen en situación de bienestar físico y del bienestar psíquico que provoca éste, durante todo el tiempo que duren las actividades.

En las relaciones informativas se analiza la compatibilidad necesaria entre la capacidad de la percepción de la información de los trabajadores antes y durante el trabajo, la información que deben recibir y los dispositivos informativos (sonoros, visuales y táctiles) necesarios para ser transmitida esa información satisfactoriamente.

En las relaciones de control se analiza la compatibilidad entre las necesidades de los usuarios para poder regular las máquinas y los procesos con eficiencia, seguridad, rapidez y bienestar, mediante los mandos apropiados.

Pero en el libro también se abordan, aunque de forma sucinta, otro tipo de relaciones, como es el caso de las relaciones ambientales: se analiza aunque de forma muy somera, la compatibilidad entre los usuarios y el ambiente (ruido, microclima, iluminación) durante las actividades; el tema de la

biomecánica; el gasto energético y diferentes métodos de evaluación y cálculo del transporte de cargas, esfuerzos y cadencias, y momentos que debemos utilizar en el diseño holístico de PP.TT. De hecho, no se profundiza en extremo en estos temas ya que son tratados extensamente por otros libros de esta colección.

Como puede comprenderse, para el ergónomo es imprescindible prever la interacción armoniosa entre los diferentes tipos de relaciones, de ahí que aspectos tratados en un capítulo, aparezcan también referenciados en otros. Por ejemplo: el tamaño de las teclas es un asunto propio de las relaciones dimensionales, pero también lo es de las relaciones de control (facilidad para controlar) y de las relaciones informativas (identificación de la tecla apropiada mediante el tacto, la posición, la textura y el *feeling* –y la visión– el color, la posición y la forma).

Además, la coherencia intrínseca en el diseño solamente es posible cuando todos los estímulos exteriores están sintonizados y entran en resonancia con la personalidad del sujeto provocando una respuesta positiva de verdadera satisfacción integral, mediante sensaciones que desarrollan el intelecto de forma favorable. De ahí que se haga evidente que el control sobre los PP.TT., la máquina, el entorno... y la percepción de sus respuestas (información), más que simples necesidades para desarrollar la actividad, sean estímulos que cubran las necesidades humanas cuya satisfacción produzca un estado de bienestar generalizado en la persona, condición *sine qua non* para obtener sistemas productivos de calidad.

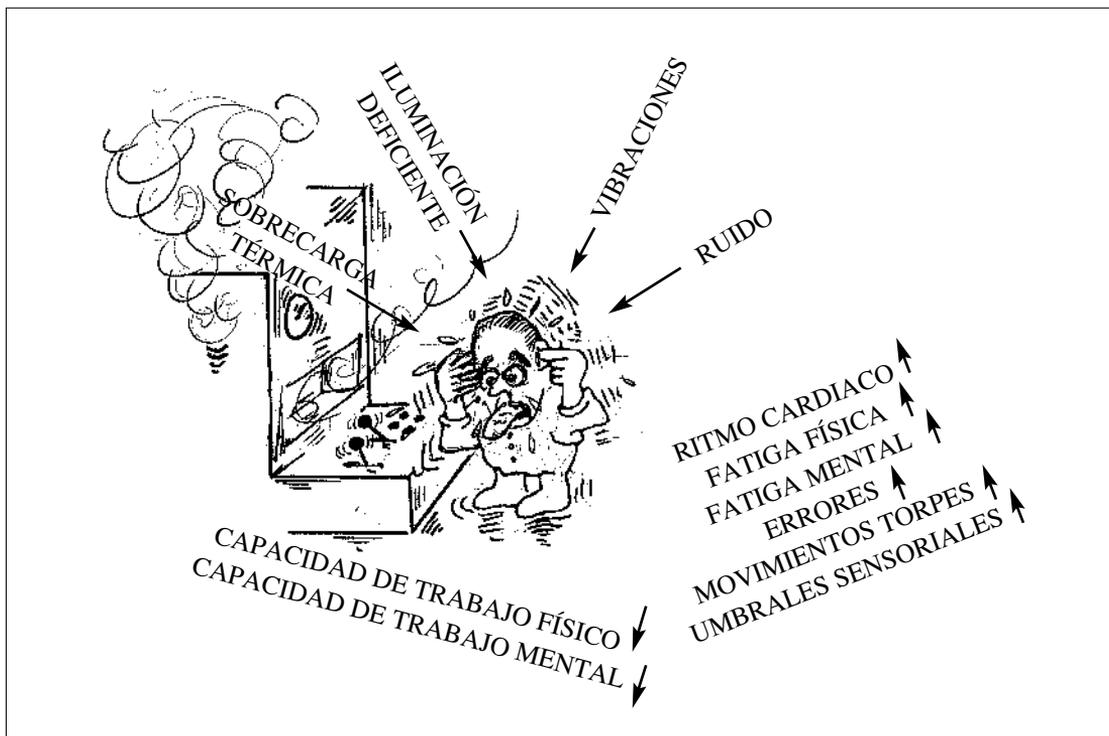


Fig.1.3 Efectos de un ambiente hostil

Sin duda que los aspectos del ser humano que poseen más latitud de diferenciación son las características psicofisiológicas, por lo que resulta difícil hallar patrones de estímulos que satisfagan por igual a una población numerosa, e incluso son muchas las contradicciones en las respuestas interindividuales. Sin embargo, partiendo de determinados aspectos comunes, es posible trazar pautas generales que faciliten el establecimiento de clases o grupos de respuestas similares. Cabe resaltar, además, que nuestra intención, al menos latente, es generar PP.TT. integradores y transgeneracionales, que consideren a todos los operarios sin sesgos de edad, sexo o discapacidad, aunque seamos conscientes de las dificultades que ello entraña y de lo limitado de nuestras aportaciones.

El conjunto de estímulos exteriores que actúan sobre el individuo lo hacen sistémicamente como un ente único (el ambiente) y sobre un ente único (la persona). La luz (niveles de iluminación, colores, contrastes, luminancias, distribución de las luminancias, difusión de la luz, tamaños de los objetos y distancias visuales, tiempos de duración y movimientos de los estímulos visuales) actúa integralmente sobre nuestro sistema visual, que se encarga de transmitir al cerebro un resultado y desarrollar complicadas y complejas respuestas, propias de la interacción entre la luz y la visión de cada persona, que pueden ser satisfactorias o indiferentes o desagradables o perjudiciales, todas en grados muy variados, en función del estímulo, de las capacidades fisiológicas, de la personalidad y las características del sujeto, etc.

Lo mismo ocurre con el sonido (frecuencia, nivel de presión sonora, compás, armonía, ritmo...) con el microclima o ambiente térmico (temperatura del aire, humedad, velocidad del aire y calor radiante), y con todos los estímulos del ambiente que actúan sobre el individuo.

Un puesto de actividad diseñado con un claro objetivo ergonómico debe considerarse en su totalidad, como un elemento que ocupa un lugar en el espacio físico y simbólico (el espacio interior de cada individuo). Es en este lugar donde tenemos que intentar ocupar una posición y conseguir una unidad físico-simbólica entre la persona y el resto del sistema.

Al proyectar puestos de trabajo o actividad no podemos pasar por alto que son múltiples las variables que se deben considerar: los PP.TT. colocados en distintos entornos, en situaciones espaciales totalmente diferentes y de difícil previsión, sobre las cuales no tenemos control. Una taquillera expuesta al público, un operario de prensas, un oficinista, una mecánica de automóviles... Ahora bien, estas situaciones laborales, por muy dispares que sean, siempre ponen en evidencia cualquier defecto conceptual por mínimo que sea, y se manifiesta y afecta a la totalidad de la jornada, lo cual hace que el individuo valore su puesto como un producto incompleto y defectuoso que le impide operar con el grado de calidad programado. De ahí la importancia de catalogar el tipo de proyecto que estamos desarrollando y el papel que debe desarrollar en él la persona.

Además, dado que nos manejamos en un espacio tridimensional, con una variabilidad inmensa de usuarios potenciales, para conseguir diseñar PP.TT. que mantengan una unidad físico-simbólica debemos integrar y armonizar el mayor número posible de variables, y recordar que cualquier movimiento, desplazamiento... siempre se deberá analizar con unas coordenadas espaciales (x, y, z), y que el resultado final será producto de una matriz de usuarios por unas situaciones espaciales y por unas características físicas, psicológicas y sociales de las actividades.

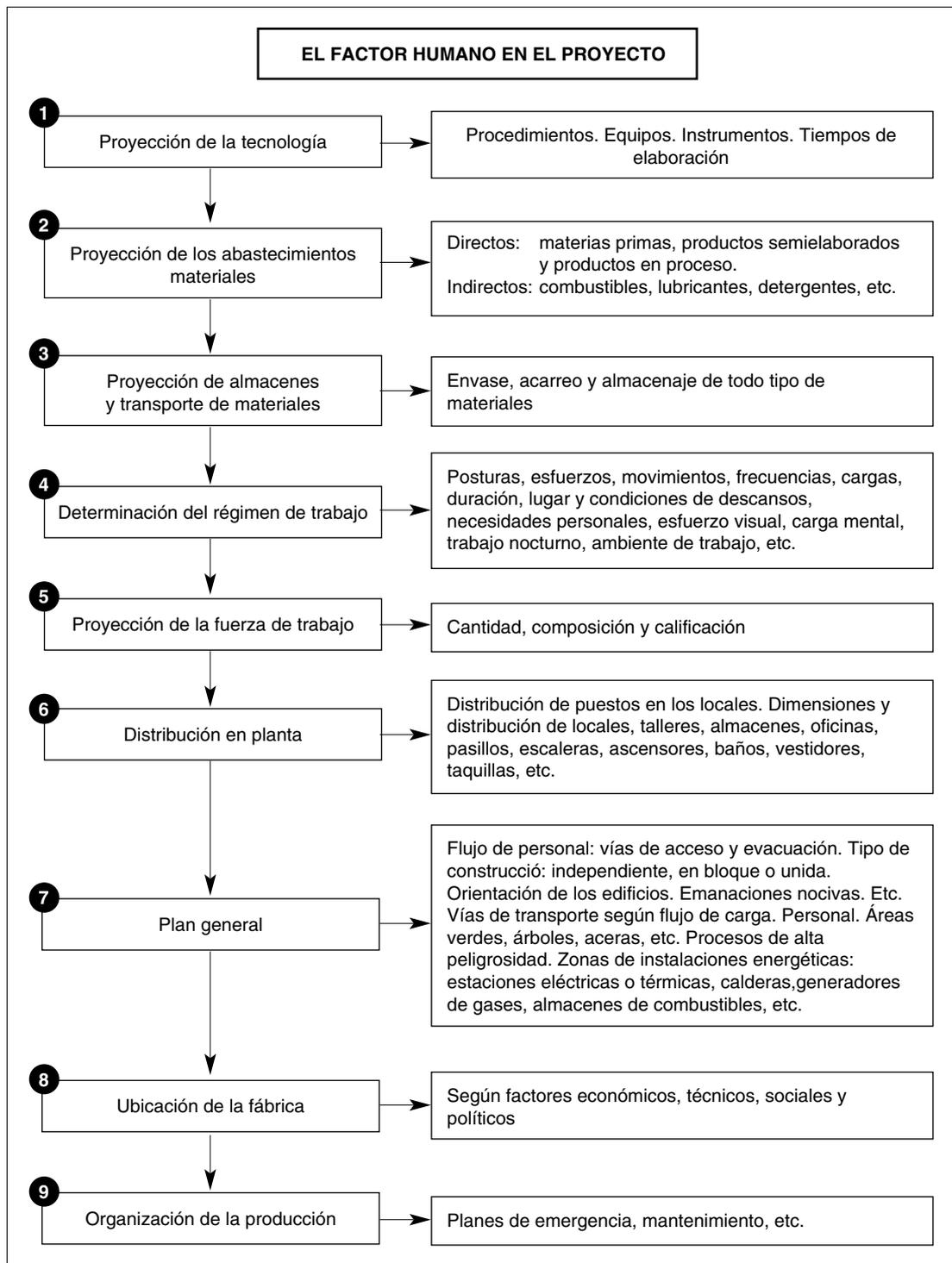


Fig. 1.4 El factor humano en el proyecto

Por otro lado, las máquinas son sensibles al ambiente, pero también al carácter y al estado emocional de las personas que las manipulan, que se manifiestan en la forma de operarlas y tratarlas. Todo esto lo saben perfectamente los equipos de diseñadores, por ejemplo los de máquinas electrónicas, especialmente las dirigidas a las actividades militares, que tienen que “sufrir” ambientes y tratamientos muy alejados de las zonas de uso deseables. De ahí que al diseñarlas se deban considerar también las situaciones críticas y de emergencia, las puntas de trabajo, las diferencias interculturales de los operarios, los posibles países de ubicación, y todo tipo de idiosincracia, para evitar que nuestros proyectos puedan generar situaciones patógenas para el trabajador, o sorpresas que puedan desembocar en accidentes e incidentes (materiales o humanos).

A modo de ejemplo, resulta interesante comprobar cómo el ambiente actúa sobre las personas y las máquinas eléctricas y electrónicas; pero esta verdad de perogrullo en el caso de las personas, se convierte en sorprendente en las reacciones pseudohumanas de algunas máquinas. Sorprende a los neófitos, que un receptor de televisión fabricado en y para un país frío, que funcionaba perfectamente, al ser trasladado a un país tropical “enferme” y comience a funcionar defectuosamente. Pero impresiona aún más el hecho de que al ser conducido al taller para su reparación, los técnicos no sólo no hallen el origen de los fallos, sino que éstos desaparezcan. De ahí que los técnicos finalmente descubran que la “enfermedad” del televisor es la falta de aclimatación, como ocurre con las personas, y que el taller, que obviamente está climatizado, restituye el ambiente óptimo al televisor. El “enfermo” se cura al serle sustituidos varios componentes y protegidos otros mediante barnices aislantes de determinado tipo. Así se “aclimata” al equipo: tropicalizándolo. Y si esta sensibilidad de las máquinas al ambiente, aunque sorprenda, es real, obviamente en las personas se hace mucho más clara y crítica.

Así pues, luz, sonido, calor o frío, vibraciones, ropa, características psíquicas y físicas de la actividad, espacios para los movimientos, dimensiones, formas, colores, texturas de los objetos que la rodean y con los que la persona puede estar en contacto físico, visual, olfativo, auditivo y gustativo, componen con el hombre un único sistema, en el cual el individuo, que es la parte más importante, está sometido a una constante acción de los restantes componentes del sistema, que lo obligan a sentir permanentemente su influencia (luces, colores, formas, sonidos, texturas), adoptar posturas y posiciones, a efectuar movimientos, a tomar decisiones o a asimilar pasivamente una situación emocional que puede provocarle placer o molestia, sentimientos agradables o desagradables...

Respecto a los espacios y las dimensiones de los objetos componentes de un sistema persona-máquina, para analizar sus dimensiones y las de sus subsistemas, y la necesaria compatibilidad entre ellos, se utiliza la antropometría como herramienta y la persona como patrón de medida, de la misma forma que para todo tipo de relación en el sistema persona-máquina; respecto a los esfuerzos, se utiliza la biomecánica como instrumento de análisis y cálculo.

Aún no existen estudios antropométricos completos en todos los países, por lo que la información antropométrica utilizada para las recomendaciones ofrecidas en este libro está tomada de las mediciones efectuadas en muestras de la población seleccionada por los autores para la intervención en diversos proyectos y durante trabajos realizados en distintas empresas españolas.

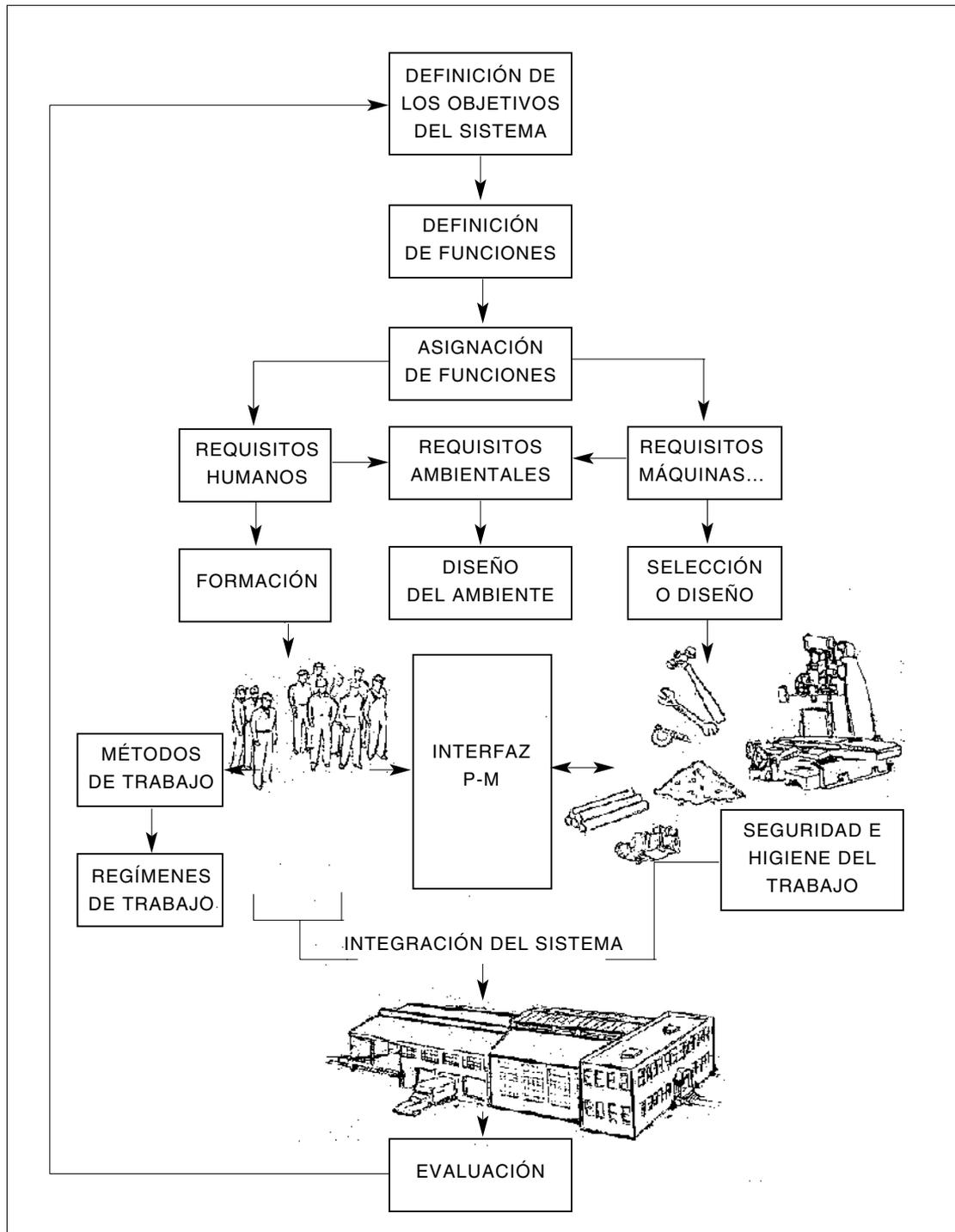


Fig. 1.5 Desarrollo de un proyecto

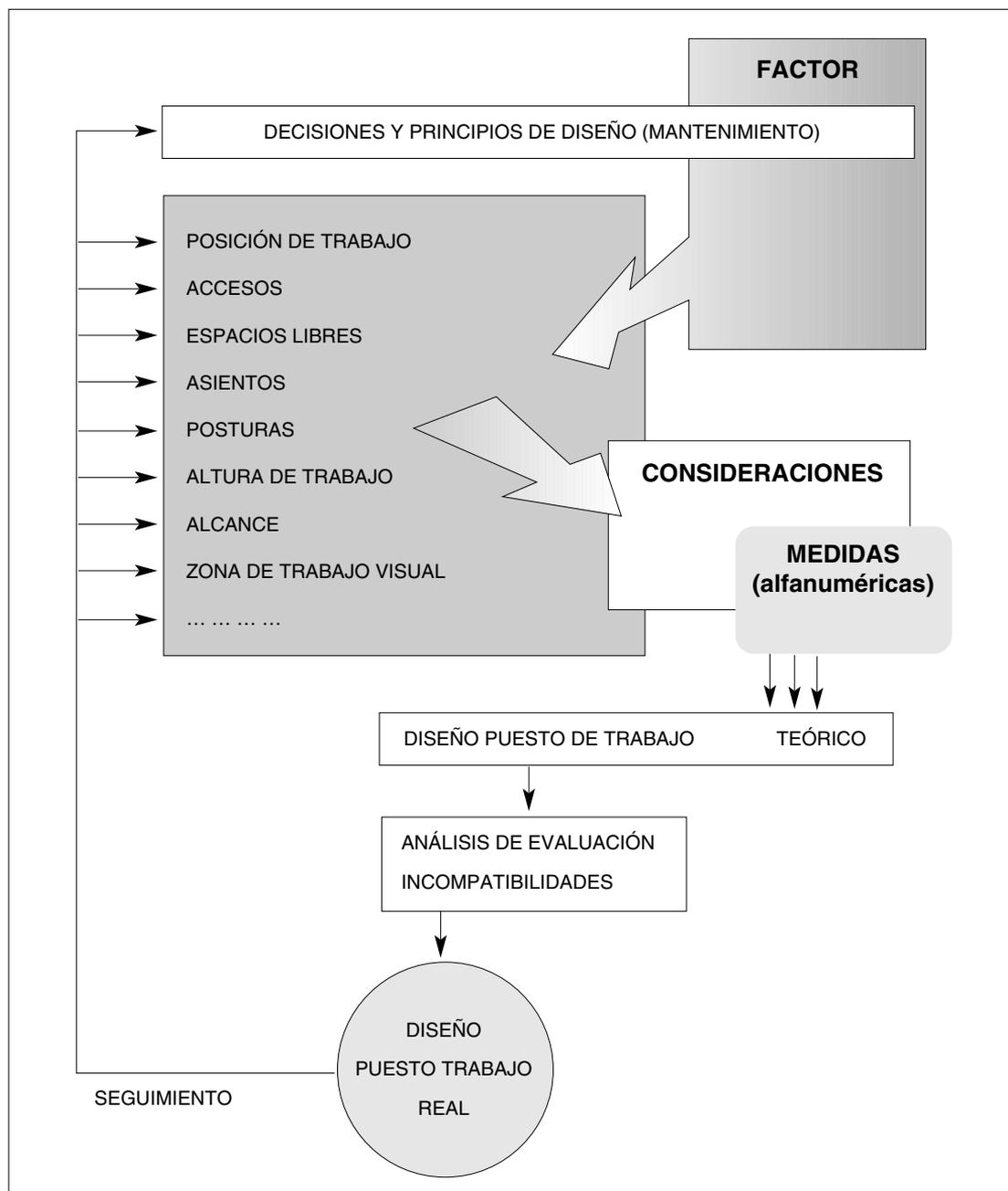


Fig. 1.6 Esquema simplificado del proceso de diseño de un puesto de mantenimiento y su evaluación

Creemos que es de suma importancia aclarar que la información antropométrica, biomecánica y biofísica de las personas debe ser manejada ante todo con espíritu creador y como un dato relevante pero no único, así como la matemática estadística empleada en su procesamiento, ya que no son más

que herramientas, y los resultados dependen de la capacidad, experiencia, creatividad y habilidad de quien los utilice. Cabe remarcar que de nada vale una rigurosa precisión milimétrica en el diseño físico de los PP.TT. cuando el ser humano es sumamente inexacto, impreciso y cambiante a lo largo del día y de su vida, tanto en sus dimensiones estáticas como dinámicas, y en su comportamiento psicológico.

Por último, recordar que cualquier intervención que realizemos en un sistema P-M debe tener prevista su evaluación, ya que todo proyecto debe asegurar su calidad y grado de pertinencia, mediante mecanismos de planificación y control. Al menos, en la fase conceptual, deberemos controlar que nuestro proyecto tenga viabilidad económica y sea tecnológicamente factible. Cuando hayamos implementado nuestro diseño deberemos, necesariamente, elaborar un informe del grado de efectividad del mismo; de ahí la necesidad de dotarnos de unos mecanismos de registro coherentes con los objetivos, que nos permitan evaluar los resultados obtenidos sobre los previstos, y que faciliten algún tipo de *ratio* entre el coste (material, económico, social, político...) y el beneficio, para de esta forma comprobar si nuestra intervención ha tenido algún tipo de recompensa.

No debemos olvidar que toda intervención ergonómica se debe caracterizar por poseer dos niveles de bondad en los resultados: por un lado, cómo y en qué grado se ha mejorado la calidad de vida de los operarios, y por otro, cómo y en cuánto hemos mejorado la efectividad del sistema. Sólo cuando nuestra intervención mejora estos dos aspectos podemos hablar de una intervención ergonómica en el sistema, ya que cualquier optimización que solamente considere una parte, pierde, a nuestro entender, el carácter ergonómico de la intervención para asentarse en otros campos, algunas veces afines y próximos a la ergonomía, pero carentes de los principios básicos que deben regir las intervenciones de esta ciencia en los sistemas.

## 2 Relaciones dimensionales. Antropometría

### 2.1 Espacios de actividad

Un par de zapatos incómodos, irritan, dañan el pie, y provocan mal humor hasta que decidimos tirarlos a la basura o ponerlos en la horma; un puesto de trabajo incómodo daña el organismo, afecta la productividad y la calidad del trabajo y provoca mal humor, pero no podemos abandonarlo. Más aún, en muchas ocasiones no tenemos consciencia del mal diseño de un puesto de trabajo y de los contratiempos que éste provoca, lo soportamos abnegadamente día a día durante la jornada laboral, y sus defectos acostumbran a estar enmascarados tras dolores cervicales, lumbares, de hombros, de cabeza, varices, accidentes, baja productividad, mala calidad de los productos, absentismo sin explicación o simple apatía por el trabajo.

El principio ergonómico fundamental que debe regir todas nuestras intervenciones es el de adaptar la actividad a las capacidades y limitaciones de los usuarios, y no a la inversa.

Durante las veinticuatro horas del día, minuto a minuto, todos los años de nuestras vidas, estamos formando parte de múltiples sistemas y ocupando los más variados espacios en diversos lugares donde realizamos todas nuestras actividades, alguna de las cuales, ciertamente, jamás podemos dejar de hacer. Las relaciones dimensionales que se establecen entre nuestros cuerpos y muchos de estos espacios y objetos generalmente no se ajustan a nuestras necesidades antropométricas.

En el dormitorio, en la ducha y el baño, en el comedor, en el coche, metro o autobús; en la fábrica, mina, aula, u oficina; en la biblioteca, en casa realizando un sinnúmero de actividades domésticas, viendo la televisión, leyendo la prensa, descansando; en la calle, en la montaña, en la playa, en la discoteca, en el bar, en el restorán; las personas con mucha frecuencia deben, aunque a veces inconscientemente, adaptarse físicamente para integrarse a los sistemas, golpeándose, estirándose, encogiéndose, agachándose...

La revolución industrial trajo consigo la producción masiva, lo que provocó una derrota para las compatibilidades dimensionales que existían entre las personas y sus entornos, cuando el diseño de los mismos dependía de los artesanos; lo mismo en los productos y herramientas, como en los

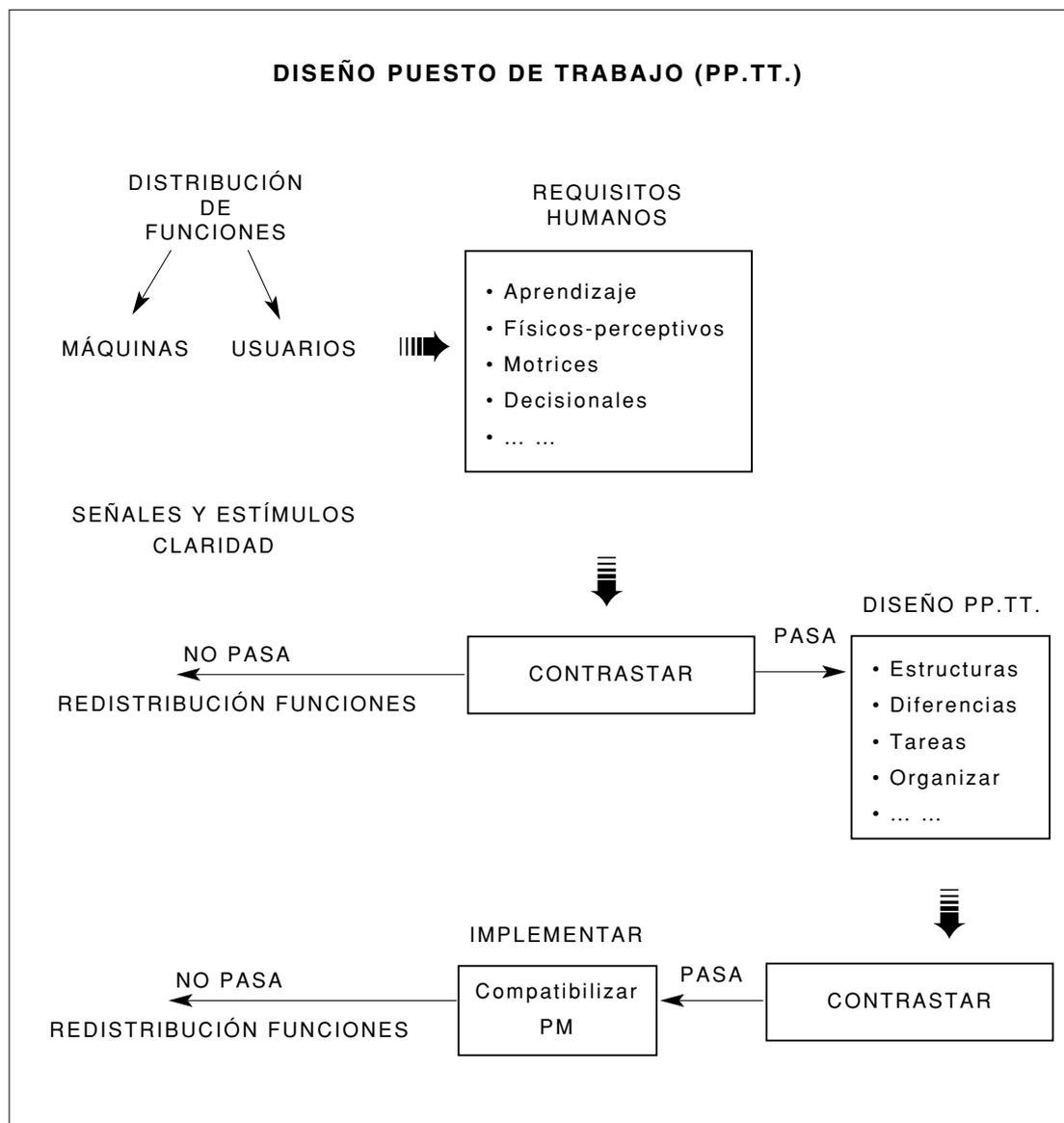


Fig. 2.1 Diseño de puestos de trabajo (PP.TT.)

espacios de actividad en todos los ámbitos de la vida. Por los objetos y el mobiliario dejados por nuestros antepasados es posible saber, más o menos, cómo eran, porque todo se hacía a su medida. Incluso las unidades utilizadas partían de las personas: el codo, el pie, la pulgada, el palmo..., cuando las personas eran la medida de todas las cosas (figura 2.3). Por el tamaño de sus armaduras sabemos que los valientes guerreros de la edad media eran mucho menos corpulentos que lo supuesto y por los muebles de la casa del Greco en Toledo sabemos que el ilustre pintor no era tan esbelto como lo imaginamos al compararlo con los cánones actuales.

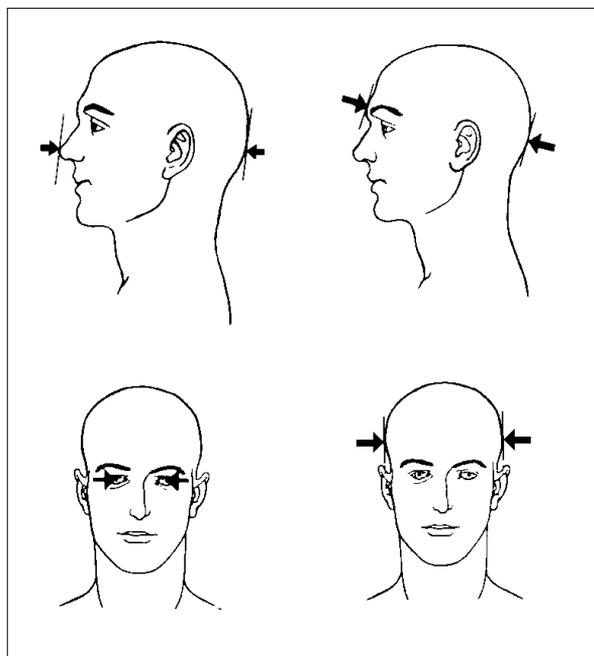


Fig. 2.2 Antropometría en función de necesidades

Pero con la revolución industrial desapareció el antropocentrismo y las “maravillosas” máquinas pasaron a ser los elementos más importantes y costosos dentro de los sistemas P-M, mientras que las personas se convirtieron en las piezas menos importantes, fácilmente sustituibles y más baratas.

Porque, paradójicamente, diseñar y construir una máquina resulta caro, mientras que a las personas las diseña, construye, desactiva y recicla, “gratuitamente” la naturaleza; los seres humanos abundan y, por el trato que reciben de algunos diseñadores de puestos de trabajo, algunas veces parece hasta que sobran. Este gran absurdo es nuestro lastre conceptual al proyectar puestos de actividad y trabajo.

Existen muchos ejemplos de máquina en que sólo se tienen en cuenta las funciones que ésta debe desempeñar: cortar, taladrar, moler, pulir, comprimir, golpear, trasladar..., mientras que las funciones que deben realizar las personas “sirvientes” de la máquina están absolutamente supeditadas a ésta y corren por cuenta y riesgo de su “esclavo humano”. Recordemos el film “Tiempos modernos” de Chaplin en el que se nos muestra una parodia excelente del dominio de la máquina sobre la persona.

De manera que las personas muchas veces aún tienen que moverse como pueden, en espacios totalmente agresivos para con sus cuerpos y mentes, adoptando posturas aberrantes, ajustándose a la máquina, golpeándose, rozándose, retorciéndose y realizando esfuerzos excesivos que nadie tuvo en cuenta al diseñar la máquina. Y no hablemos de los ambientes sonoro, térmico y visual, de las vibraciones, la contaminación, y un gran etcétera: las personas pasaron a ser una pieza más del sistema.

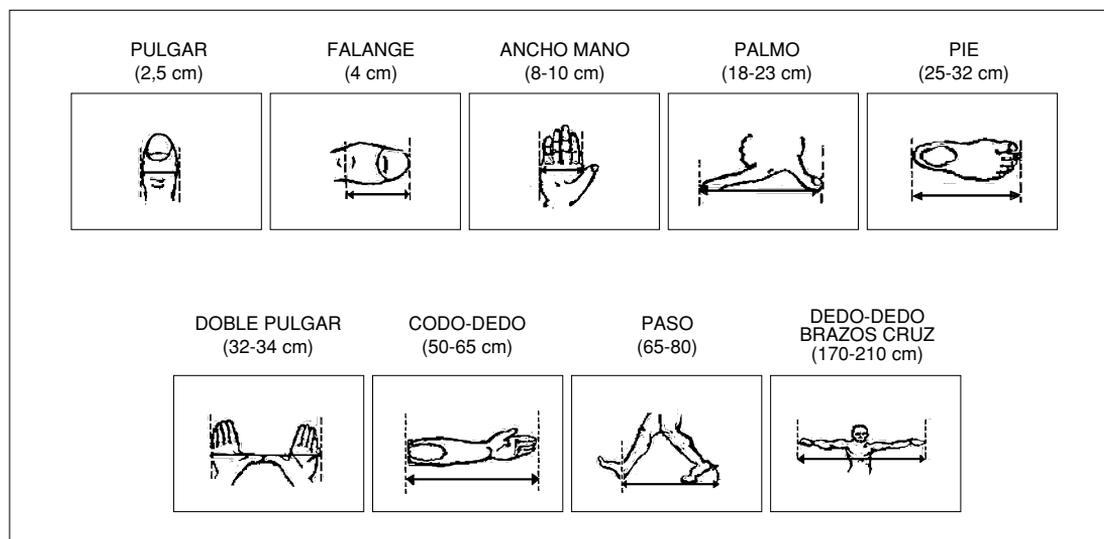


Fig. 2.3 La persona es la medida de todas las cosas

Durante un largo período de tiempo una parte de la humanidad ha ido ganando conciencia de este disparate y ha comenzado a centrar el diseño nuevamente en las personas, aunque ahora tiene que ser de otro modo, ya que la producción debe ser más masiva y muy pocas veces individual. Pero hasta el momento esta toma de conciencia es relativa, porque la mayoría de las veces la consideración de medidas humanas a implementar vienen impuestas por las leyes y las normas, y no como un proceso conceptual previo del equipo de proyectos.

Además, asombrosamente existen muy buenos libros (muy buenos sin ironía) donde sus autores afirman que las actividades físicas intensas en estos tiempos son cosa rara. Esto, desgraciadamente, es falso: la mayoría de la humanidad continúa practicando el trabajo físico bruto, incluso con máquinas del llamado mundo tecnológicamente desarrollado.

Quien dude de ello que visite con ojo crítico fábricas modernas, que dicen tener en cuenta el factor humano en su organización, y que observe no sólo los maravillosos ingenios que hacen de todo y a una velocidad asombrosa, sino a los operarios que trabajan con ellas; se encontrará con posturas, esfuerzos, movimientos y velocidad de movimientos muy ilustrativos que desmienten a quienes afirman que el maquinocentrismo y el taylorismo, en el sentido perverso del término, son hechos del pasado.

Los diseñadores de máquinas, puestos, espacios, productos, envases, tienen muy claros los conceptos de la mecánica, del diseño como arte, de la estética, pero algunos tienen poco o nada claras las ideas sobre las relaciones entre los puestos de trabajo (espacios y dimensiones, usabilidad de las herramientas, esfuerzos físicos...) y las personas, la antropometría y la biomecánica. Incluso, en ocasiones, se encuentran diseños de puestos de trabajo en los cuales sus proyectistas han creído haber aplicado conceptos ergonómicos, cuando realmente no ha sido así o los han aplicado mal, y obligan a

los trabajadores a manipular cajas de cartón de un peso irrelevante, pero de dimensiones enormes y sin asas, y apilarlas a dos metros y medio de altura haciendo cabriolas en las puntas de los pies, o a enroscar manualmente tapas de plásticos de botes de crema con una cadencia de uno por segundo durante una o más horas, sólo por citar dos ejemplos reales tomados de nuestra reciente memoria en industrias tecnológicamente muy avanzadas.

Es por todo ello y más, que el primer principio que debemos interiorizar en ergonomía aplicada al diseño de PP.TT. es el de la supremacía de la persona como el elemento más importante de cualquier proyecto de concepción o rediseño, y la obligación de mantener el referente humano en todas y cada una de las etapas del proyecto, o sea, desde la conceptualización hasta la retirada.

El segundo principio es reconocer nuestra limitada capacidad para modificar psicofísicamente a las personas y que más allá del entrenamiento y la alimentación para mejorar sus aptitudes físicas y mentales, nada se puede hacer. Por lo tanto, la solución realista es diseñar correctamente el puesto y el trabajo, es decir, adaptarlos a los segmentos corporales relevantes del grupo de operarios que debe intervenir, considerando alcances, tiempos de reacción, esfuerzos, momentos, cadencias, etc., admitiendo que la variable persona es flexible pero frágil, y aceptando que el grupo de operarios de que disponemos y del cual partimos es el mejor que tendremos durante toda la vida útil de nuestro proyecto.

El tercer principio es dejar por sentado que la persona nunca debe de ser dañada por su actividad dentro de un sistema, ni siquiera con molestias psicológicas, y que incluso una actividad sencillamente aburrida afecta, y que el perjuicio no se limita a la incomodidad de una mala postura, sino que es mucho más serio; involucra al sistema músculo esquelético, pero también a los sistemas cardiovascular, respiratorio, gastrointestinal y nervioso, por citar los más evidentes. La adaptación de la persona a posiciones incómodas es una falacia: jamás nos adaptamos, simplemente nos resignamos y sacrificamos nuestra salud y la calidad del trabajo en aras de una falsa productividad, y culpamos a las máquinas de obsoletas o nos autoculpamos como incapaces, enfermizos, viejos, etc., y acabamos pensando en los “años que pasan”. Resignación y baja productividad son sinónimos del mal funcionamiento del sistema.

Estar seis u ocho horas de pie es una barbaridad, pero estar ese mismo tiempo sentado, también lo es. El ser humano está “diseñado” para estar en movimiento, por lo que es imprescindible que cambie continuamente de postura, incluso cuando duerme. Cuando llevamos un buen rato sentados nos ponemos de pie para estirar las piernas, y cuando pasamos un buen rato de pie nos sentamos para descansarlas.

Haga usted un sencillo experimento: recuerde cómo nos decían en el colegio cuando éramos niños y cómo se les continúa diciendo a nuestros hijos: ‘manténgase sentado en una posición “correcta”: espalda recta perpendicular al suelo, pies bien apoyados sobre el suelo, etc., durante quince minutos. No cruce las piernas, no desplace sus glúteos hacia delante en el asiento, no estire las piernas..., manténgase firme en su posición “correcta”, son solamente 15 minutos... Le rogamos que haga la prueba, es muy fácil y verá cuán rápidamente deja de ser “correcta”. Lo aprenderá más que oyéndolo decir o leyéndolo.

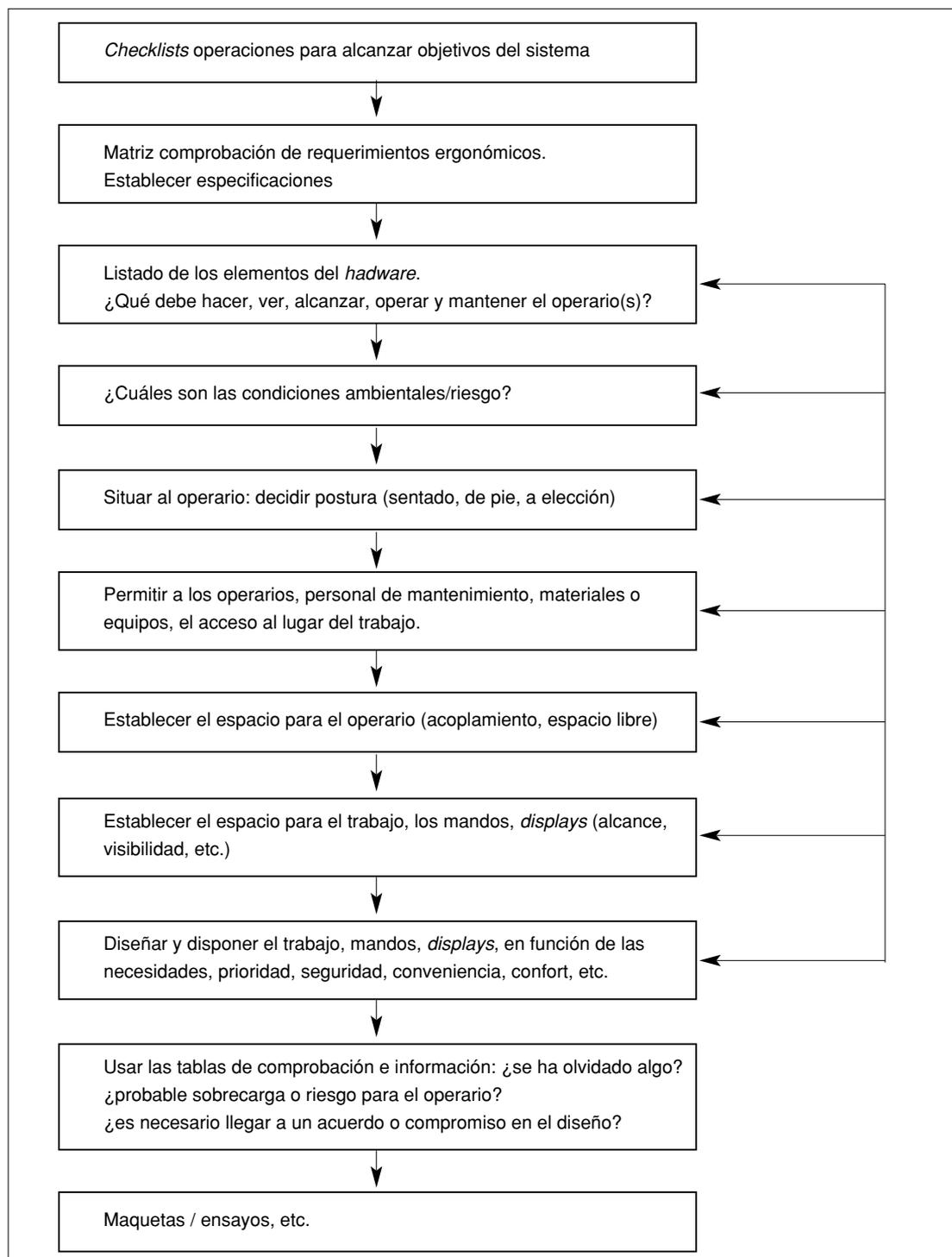
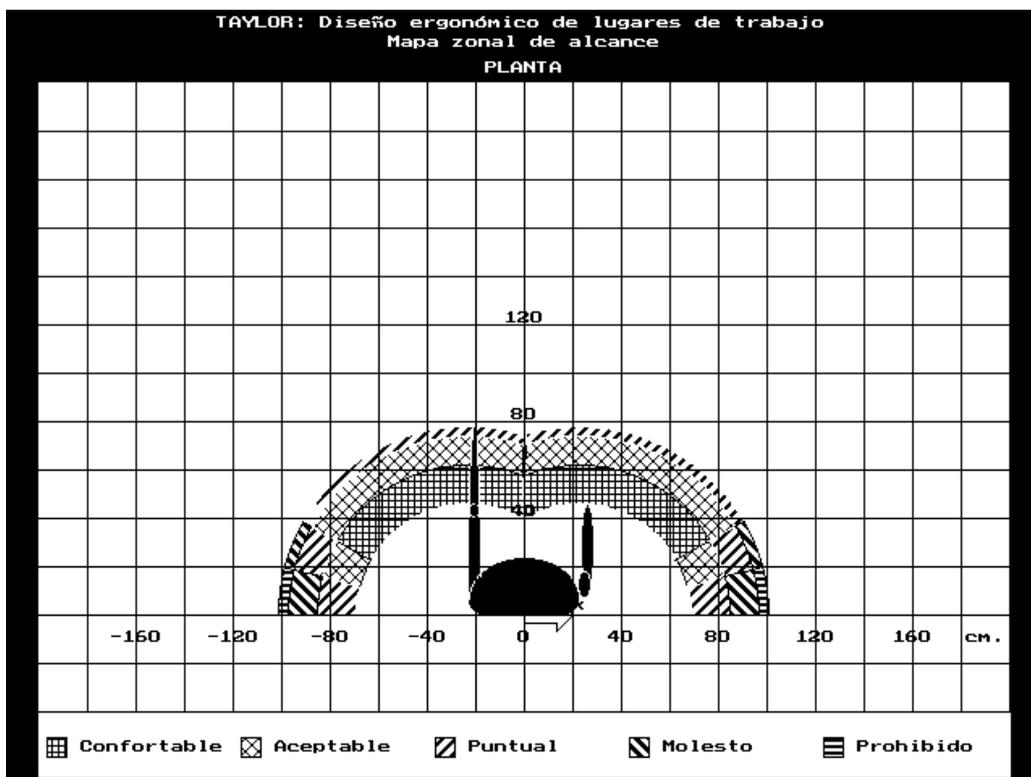


Fig. 2.4 Aproximación iterativa al diseño de PP.TT.



lugar más alejado donde debe instalarse un botón de mando lo determina la longitud del brazo de la persona tendido hacia delante; pero además, si este botón debe ser accionado con determinada frecuencia, digamos diez veces por minuto, tampoco éste será el sitio idóneo para colocar el botón, sino bastante más cerca. Haga usted otra prueba: extienda el brazo al máximo hacia delante con una frecuencia de seis veces por minuto durante diez minutos. De esta manera, cada dimensión del puesto dependerá de una o más dimensiones antropométricas específicas de la persona o personas que lo utilizarán y de sus movimientos y frecuencias.



*Fig. 2.5 b) Interacción persona-lugar de trabajo, vista en planta*

Si las personas somos seres creados para vivir en movimiento, es obvio que la antropometría que necesitamos para diseñar herramientas, objetos y puestos de trabajo es la antropometría dinámica, y no la estática. Por lo mismo, podemos definir la antropometría que utiliza la ergonomía, como la ciencia encargada de estudiar tanto las dimensiones del ser humano incluidos sus movimientos, como su peso, su volumen, sus fuerzas, sus desplazamientos angulares, etc.

Otro aspecto que caracteriza a la antropometría como herramienta de la ergonomía es su precisión que, por lo general, puede ser menor que la utilizada con fines antropológicos. En nuestro caso los milímetros no dicen mucho, aunque hay que tener en cuenta que las mediciones pueden ser más bastas en la estatura, por ejemplo, y deben ser más cuidadosas cuando se mide el diámetro de los

dedos de la mano o la distancia interpupilar. En general, la precisión de las mediciones puede ser del 0,3%, sin que el estudio sufra por ello. Ello se debe no sólo a que no se requiere una gran precisión, sino también a que el hombre modifica fácilmente sus dimensiones con las posturas, los esfuerzos y los movimientos. Observemos que nuestra estatura es mayor cuando nos levantamos por la mañana que cuando volvemos a la cama por la noche después de haber estado de pie 16 horas, nuestros dedos son más cortos antes que después de estirárnoslos, el brazo se acorta cuando lo bajamos después de tocar la pared con la punta de los dedos extendido e intentamos volver a tocar la pared de nuevo, etc.

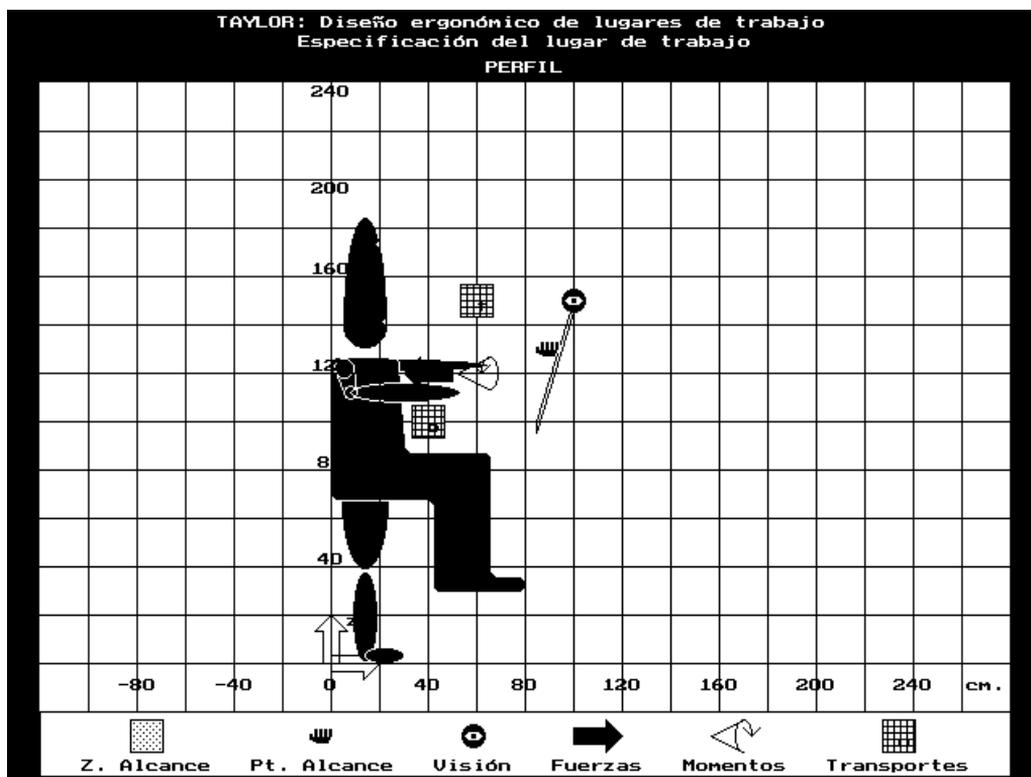


Fig. 2.5 c) Interacción persona-lugar de trabajo, vista en perfil

Pero, además, las personas modifican sus dimensiones a lo largo de su vida y no sólo durante su etapa inicial de crecimiento hasta determinada edad. Nuestras medidas antropométricas a los veinticinco años de edad, por ejemplo, no son válidas por mucho tiempo, pues no sólo engordamos y adelgazamos con relativa facilidad, sino que con los años también varían todas las dimensiones. No es un falso alarde si un anciano nos dice que cuando joven era unos centímetros más alto. No obstante, esto no debe hacernos caer en modo alguno en la ligereza durante las mediciones de la persona, que deben efectuarse como se explicará más adelante.

Por otra parte, no es lo mismo diseñar un puesto de trabajo para una persona específica, que para un grupo, que para una población muy numerosa. Estas tres situaciones requieren decisiones y métodos

de trabajo diferentes, pues el diseño se complica cuantas más personas haya que tener en cuenta, aunque muchas veces nos engañemos resolviendo un diseño sin considerar la gran variedad de usuarios potenciales que existen. Y, por cierto, desistamos de encontrar un individuo dentro del grupo o población que los represente a todos, porque ello nos llevaría al desastre. En todo caso, el único representante sería un ser imaginario llamado Maximín, descubierto por los autores y cuyos apellidos (sexo, edad, etc.) dependerán de la composición del grupo o población que represente.

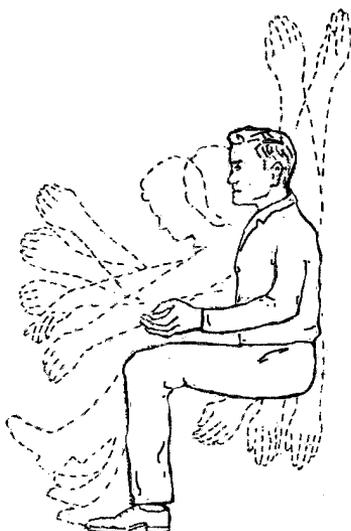


Fig. 2.6 El operador funcional

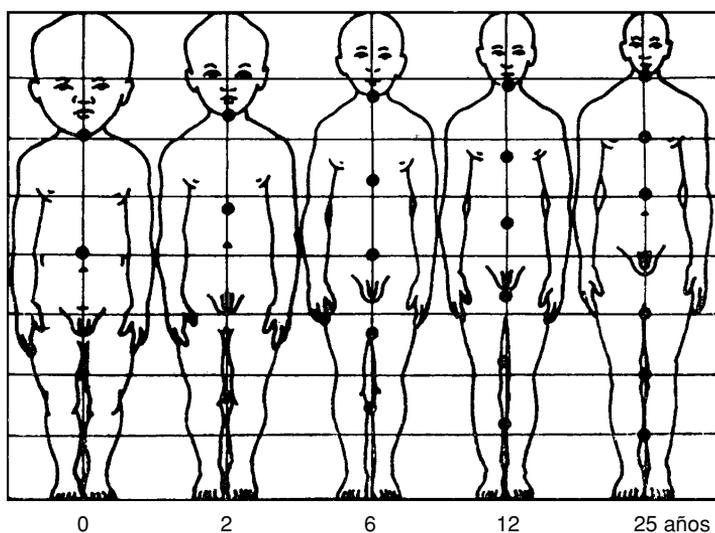


Fig. 2.7 Evolución de los parámetros antropométricos con la edad

## 2.2 Información antropométrica

Las diferencias antropométricas se hacen más evidentes entre etnias, países y hasta entre regiones. Por razones genéticas, de alimentación, climáticas..., que no entraremos a analizar, el ser humano posee características diferenciales que se manifiestan de formas más o menos acentuadas. De ahí que cuando pretendamos utilizar tablas de información antropométrica ajenas a la población para la cual necesitamos diseñar un puesto de trabajo, haya que tener en cuenta que su aplicación no garantiza en modo alguno el éxito de nuestro diseño. Un esquimal no puede representar físicamente a un senegalés, a un español o a un sueco. Por supuesto no vamos a dedicar ni una línea a explicar que es una tontería lo que en ocasiones se ha escrito que es posible determinar las dimensiones del cuerpo humano a partir de la estatura; al menos en ergonomía eso no vale, ya que para el correcto diseño de PP.TT. siempre nos apoyaremos en los segmentos corporales relevantes para el caso.

Así pues, la utilización de información antropométrica no autóctona, ante la ausencia de información de la población para la cual se diseña, constituye un elevado riesgo si no se tienen en cuenta importantes aspectos (desgraciadamente los resultados negativos de esta aplicación equivocada abundan). Sólo citaremos dos ejemplos: los bancos de muchos parques, donde un elevado número de personas no pueden apoyar sus espaldas porque los respaldos están muy distantes, y los asientos de algunos vagones de metro y autobuses, en los que a muchas personas, generalmente mujeres, no les llegan los pies al suelo y tienen que “bailar ballet en puntas” para no ser proyectadas frontalmente cuando el vehículo frena o inicia la marcha.

Por lo mismo, y con más motivo, debemos estar alertas sobre la aplicación de valores contenidos en manuales en los que se sugiere, por ejemplo, que la altura del asiento debe ser de 43,5 cm; entre 36-45 cm; 41-46 cm; 36-46 cm; 40-41 cm; etc. Estos valores que hemos citado son ejemplos reales tomados de diferentes fuentes. ¿Por qué no debemos creer, por ejemplo, que el asiento debe estar a una altura del suelo de 40-41 cm? Sencillamente porque no es cierto, ni la explicación que nos da el autor tiene credibilidad. Él dice que es el valor que propone teniendo en cuenta la bibliografía internacional. Cuidado, porque el hombre internacional no existe.

Si hubiésemos aceptado este valor recomendado habríamos cometido un importante error, al menos en dos fábricas barcelonesas donde trabajan un total de 120 mujeres, ya que, después de haber efectuado un gran número de mediciones y calculado estadísticamente los valores para sillas de altura ajustable, la altura mínima del asiento que propusimos para ambas fábricas fue de 34 cm y la máxima 40,5 cm (redondeado a 41). Es decir, el asiento debía desplazarse al menos 6,5 cm a partir de los 34 cm del suelo. Dicho de una manera más clara: si hubiésemos aplicado los consejos de algunas citas bibliográficas, en una silla a 40 cm de altura aproximadamente al 90% de las trabajadoras de esas fábricas (108 mujeres) les colgarían las piernas y no podrían apoyar los pies en el suelo, lo cual, al cabo de unos pocos años, habría provocado al menos, serios trastornos circulatorios. Quizás puede parecer un ejemplo irreal sacado de la manga, pero es un caso absolutamente verídico y desafortunadamente cotidiano y muy fácil de comprobar.

De manera que si carecemos de información antropométrica de la población para la cual necesitamos diseñar puestos de trabajo, debemos ser muy cautelosos con la información ajena y con las

recomendaciones bibliográficas, vengan de donde vengan, porque quienes recomiendan no poseen información de la población específica para la cual queremos diseñar, o en el caso más común provienen de una traducción de un manual. Seguramente el autor del original se quedaría atónito si viera la utilización mimética de sus datos en otra población ajena al estudio.

<i>Dim</i>	<i>Media</i>	<i>D.E.</i>	$P_1$	$P_5$	$P_{10}$	$P_{90}$	$P_{95}$	$P_{99}$
<i>SENTADO</i>								
<sup>1</sup> AP	37,33	1,82	33,08	34,33	34,99	39,67	40,33	41,57
<sup>2</sup> SP	47,47	2,06	42,68	44,08	44,83	50,11	50,86	52,27
<sup>3</sup> SR	57,84	2,66	51,65	53,46	54,43	61,26	62,22	64,03
<sup>4</sup> MA	13,54	1,78	9,40	10,61	11,26	15,83	16,48	17,69
<sup>5</sup> MS	56,31	2,06	51,52	52,92	53,67	58,96	59,70	61,11
<sup>6</sup> CA	21,71	2,20	16,59	18,09	18,91	24,53	25,33	26,83
<sup>7</sup> AmiB	40,70	4,02	31,34	34,08	35,54	45,86	47,32	50,06
<sup>8</sup> AmáB	68,20	2,73	61,86	63,72	64,71	71,69	72,68	74,54
<sup>9</sup> AOs	112,30	3,15	105,00	107,10	108,20	116,30	117,50	119,60
<sup>10</sup> ACs	39,94	3,77	31,18	33,74	35,11	44,77	46,14	48,71
<sup>11</sup> CC	46,73	5,57	33,77	37,56	39,58	53,87	55,90	59,69
<i>DE PIE</i>								
<sup>12</sup> CSp	97,64	2,56	91,68	93,42	94,36	100,90	101,90	103,60
<sup>13</sup> AOp	153,90	4,65	143,10	146,30	148,00	159,90	161,60	164,80
<sup>14</sup> EST	163,30	4,21	153,60	156,40	158,00	168,70	170,30	173,10

Fig. 2.8 a) Tabla antropométrica de trabajadoras de una fábrica de Barcelona

Para ello debemos tener en cuenta nuestra experiencia con la población específica y la información antropométrica limitada que poseamos de la misma, ya sea tomada por nosotros mismos o por otros especialistas, en fábricas, oficinas, hospitales, etc., que nos permita estimar las diferencias más importantes en relación con la información antropométrica ajena.

<i>Dim</i>	<i>Media</i>	<i>D.E.</i>	$P_1$	$P_5$	$P_{10}$	$P_{90}$	$P_{95}$	$P_{99}$
<i>SENTADO</i>								
<sup>1</sup> <sub>AP</sub>	37,07	1,61	33,32	34,42	35,00	39,13	39,72	40,82
<sup>2</sup> <sub>SP</sub>	48,28	2,84	41,67	43,60	44,63	51,92	52,96	54,89
<sup>3</sup> <sub>SR</sub>	57,95	3,29	50,30	52,54	53,73	62,17	63,37	65,61
<sup>4</sup> <sub>MA</sub>	13,71	1,30	10,69	11,58	12,05	15,37	15,84	16,73
<sup>5</sup> <sub>MS</sub>	53,12	1,94	48,61	49,93	50,63	55,60	56,30	57,62
<sup>6</sup> <sub>CA</sub>	19,97	2,49	14,18	15,87	16,78	23,16	24,07	25,76
<sup>7</sup> <sub>AmiB</sub>	40,15	2,84	33,54	35,47	36,50	43,79	44,82	46,76
<sup>8</sup> <sub>AmáB</sub>	67,88	3,82	58,98	61,59	62,98	72,78	74,17	76,77
<sup>9</sup> <sub>AOs</sub>	109,60	3,71	101,00	103,50	104,90	114,40	115,70	118,20
<sup>10</sup> <sub>ACs</sub>	38,55	2,96	31,66	33,67	34,75	42,34	43,42	45,44
<sup>11</sup> <sub>CC</sub>	44,71	3,86	35,73	38,36	39,76	49,66	51,07	53,70
<i>DE PIE</i>								
<sup>12</sup> <sub>CSp</sub>	95,81	4,05	86,38	89,14	90,61	101,00	102,50	105,20
<sup>13</sup> <sub>AOp</sub>	150,20	5,19	138,10	141,60	143,50	156,80	158,70	162,30
<sup>14</sup> <sub>EST</sub>	160,70	5,33	148,3	151,90	153,80	167,50	169,40	173,00

Fig. 2.8 b) Tabla antropométrica de trabajadoras de una fábrica de Sant Feliu de Llobregat

Pero atención. Nunca hay que olvidar que si necesitamos diseñar los puestos de trabajo para una industria específica, la existencia de información nacional no nos libera de la necesidad de efectuar mediciones del personal de la misma, independientemente de que poseamos la mejor información antropométrica propia del país. La información antropométrica de una población muy numerosa es útil cuando nuestro diseño está destinado a toda o a una gran parte de esa población, pero va perdiendo fiabilidad a medida que nuestro diseño está dirigido a subpoblaciones menores o más específicas.

La información antropométrica generalmente está expresada en tablas con los percentiles más usuales de cada dimensión, aunque también puede estar expresada implícitamente con la media y la

desviación estándar solamente, o mediante curvas o figuras. En las figuras que se muestran más adelante se pueden ver estos ejemplos.

### 2.3 Dimensiones antropométricas

Las dimensiones del cuerpo humano son numerosas, pero para diseñar un puesto de trabajo específico sólo se deben tener en cuenta las necesarias para el mismo. Por ejemplo, para diseñar un puesto sentado de videoterminals no se utiliza en ningún momento la estatura, por lo que sería absurdo tenerla en cuenta y perder tiempo y dinero midiéndola. Esta dimensión no es relevante para ese puesto de actividad, aunque sí para otros, como es la altura de la puerta de un vagón de metro; mientras que para el diseño del puesto de videoterminals son imprescindibles entre otras, la altura ojos-suelo, sentado el trabajador, y la altura de codos-suelo, sentado el trabajador, que se denominarían dimensiones relevantes, relacionadas siempre, además, con el tipo de tarea que se deban desarrollar en esos puestos de actividad.

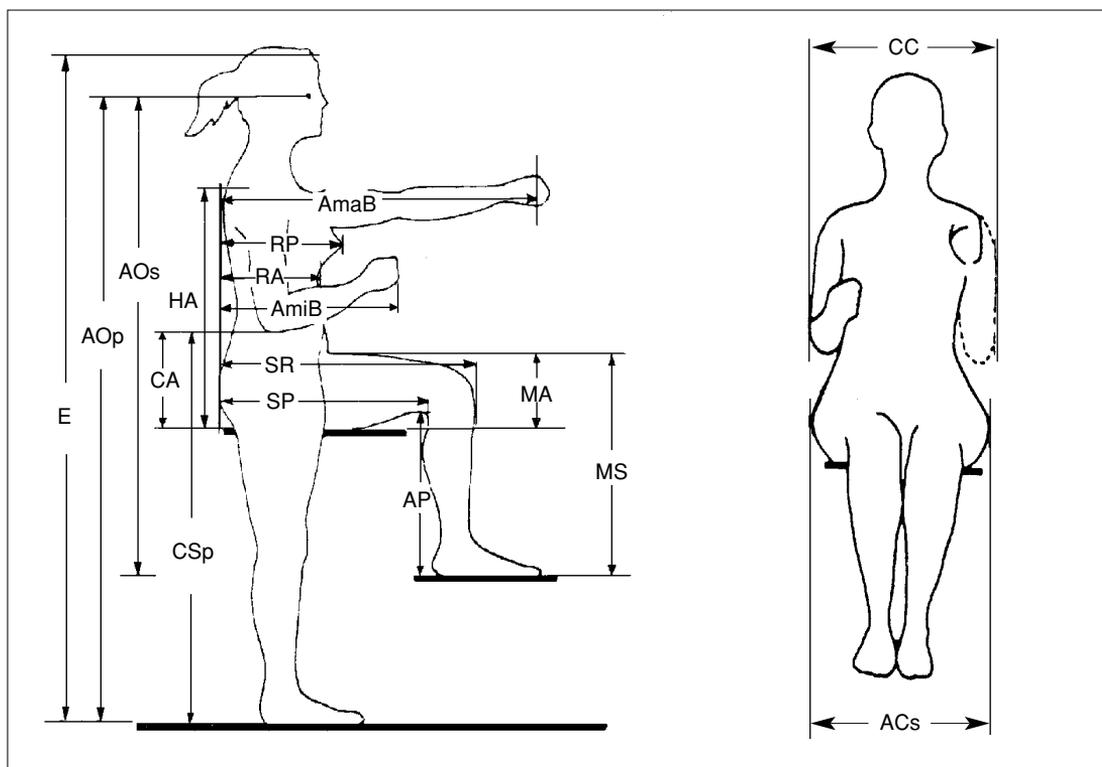


Fig. 2.9 Algunas de las medidas antropométricas más utilizadas para el diseño de puestos de trabajo:  
a) sentado y de pie, de perfil b) sentado de frente

Es por ello que antes de comenzar a efectuar las mediciones se deben analizar con rigor las medidas antropométricas que se quieran tomar, pues su cantidad guarda relación con la viabilidad económica del estudio, mientras que si se obvia una medida relevante para un diseño, su carencia hará imposible una solución satisfactoria.

En la figura 2.9 se ofrece una relación de algunas de las medidas antropométricas más utilizadas para el diseño de puestos de trabajo y las posiciones y posturas para su tomas. Para las tomas de perfil se recomienda tomar el lado derecho del sujeto.

Una relación de medidas antropométricas más completa, y de gran ayuda en el diseño de PP.TT., es la siguiente:

1. Altura poplítea (AP)
2. Distancia sacro-poplítea (SP)
3. Distancia sacro-rótula (SR)
4. Altura muslo-asiento (MA)
5. Altura muslo-suelo (MS)
6. Altura rodillas-suelo (RS)
7. Altura codo-asiento (CA)
8. Alcance mínimo del brazo hacia delante con agarre (AmínBa)
9. Alcance mínimo del brazo hacia delante sin agarre (AmínB)
10. Distancia codo-mano (CM)
11. Alcance máximo del brazo hacia delante con agarre (AmáxBa)
12. Alcance máximo del brazo hacia delante sin agarre (AmáxB)
13. Altura ojos-suelo, sentado (OSs)
14. Altura hombros-asiento (HA)
15. Anchura de caderas (muslos), sentado (CdCd)
16. Ancho de rodillas, sentado (RRs)
17. Altura subescapular (AS)
18. Altura iliocrestal (AI)
19. Ancho codo-codo (CC)
20. Profundidad del pecho (PP)
21. Profundidad del abdomen (PA)
22. Anchura de hombros (HH)
23. Altura hombros-suelo, de pie (HSp)
24. Altura codo-suelo, de pie (CSp)
25. Altura ojos-suelo, de pie (OSp)
26. Ancho de torax (AT)
27. Estatura (E)

Otras dimensiones:

28. Largo del pie (LP)
29. Ancho del pie (AP)
30. Longitud de la mano (LM)

31. Ancho de la mano desde el metacarpio (AMm)
32. Ancho de la mano desde el pulgar (AMp)
33. Espesor de la mano desde el tercer metacarpio (EMm)
34. Profundidad de la cabeza (PC)
35. Ancho de la cabeza (AC)

Además: sexo, edad, peso, superficie corporal, fuerzas a desarrollar, etc.

## 2.4 Análisis preliminar para diseñar puestos de trabajo

Las personas no somos objetos ni nuestro entorno es una caja donde debemos estar envasados. Hay exigencias que es imprescindible considerar antes de tomar decisiones sobre las relaciones que vinculan las distintas dimensiones del cuerpo humano con las de nuestro entorno, con el fin de lograr una correcta compatibilidad. Por ejemplo, en una silla, el asiento debe estar a una altura del suelo que posibilite al apoyar los pies cómodamente en él, dejando libre de presiones la región poplíteica, situada entre la pantorrilla y el muslo, pues de otro modo la circulación sanguínea quedaría afectada. Recordemos a los niños sentados en sillas de adultos con las piernas colgando. En consecuencia, la altura del asiento debe ser ligeramente menor (pueden ser 2 ó 3 cm) que la altura poplíteica del sujeto sentado más los tacones o, de lo contrario, debe situarse un apoyapiés.

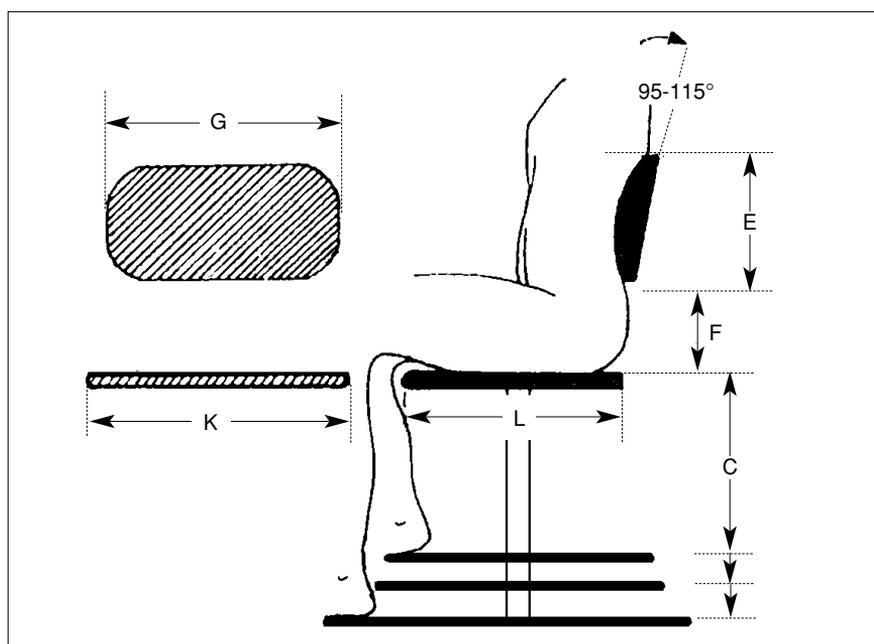


Fig. 2.10 Dimensiones de asientos y respaldos

Lo mismo ocurre con las demás dimensiones de la silla: la altura máxima del respaldo, si es rígido, no debe sobrepasar la altura subescapular en posición de sentado, y el respaldo debe permitir la acomodación del coxis sin presionarlo, por lo que resultará preferible que el respaldo comience, de abajo a arriba, a partir de la altura iliocrestal.

Para las mediciones antropométricas existen metodologías que garantizan homogeneidad y precisión adecuadas. Así pues, con vistas a determinar las dimensiones relevantes y otras características del puesto, ya sea existente o en proceso de diseño, como paso previo al estudio de las relaciones dimensionales, es necesario analizar los siguientes aspectos para todos los usuarios del mismo:

1. Métodos de trabajo que existen o que existirán en el puesto.
2. Posturas, movimientos, y sus tiempos y frecuencias.
3. Fuerzas y cadencias de éstas que deberá desarrollar el usuario.
4. Importancia y frecuencia de atención y manipulación de los dispositivos informativos y controles.
5. Regímenes de trabajo y descanso, sus tiempos y horarios.
6. Carga mental que exige el puesto.
7. Riesgos efectivos y riesgos potenciales implicados en el puesto.
8. Ropas, herramientas y equipos de uso personal.
9. Ambientes visual, acústico, térmico, etc., del entorno.
10. Otras características específicas del puesto que fuesen de interés.

A partir de este análisis es posible conocer cuáles son las dimensiones relevantes que hay que considerar, teniendo en cuenta todas las personas y sus funciones que tienen y/o habrán de tener relación con el puesto de trabajo, como por ejemplo, en el caso de un molino de rodillos para moler tintas de imprenta, los transportistas, los instaladores, los molineros y los ayudantes, los operarios de mantenimiento, etc.

## 2.5 Métodos de medición e instrumentos

Los estudios antropométricos a partir de imágenes fotográficas y de vídeo generalmente habían tropezado con la inexactitud y la poca precisión de los resultados, actualmente con las nuevas tecnologías esos errores se han subsanado, y además, los tiempos de las tomas y posteriores mediciones con imágenes son considerablemente menores que los tiempos de las mediciones a mano, más cómodos y permiten acumular grandes volúmenes de información en tiempos razonablemente breves.

Esta inexactitud se debe a las diferentes aberraciones que introducen las lentes en las imágenes y a la poca precisión que permiten las pequeñas imágenes en las pantallas y fotografías (los equipos más precisos y exactos son muy caros). Sin embargo, como ventaja, se necesitan menos personas en las tareas de tomas y mediciones (una persona para las tomas y otra para efectuar las mediciones sobre las fotografías o sobre las pantallas del ordenador, que puede ser la misma). Las mediciones a mano continúan siendo las más fiables (los resultados son más exactos y la precisión mucho mayor), a pesar de que exigen más trabajo, tiempo y un equipo de varias personas.

### 2.5.1 Instrumental para medir a mano

Los instrumentos para efectuar las mediciones a mano son varios:

1. Antropómetro: es un pie de rey gigante, de tamaño proporcional al cuerpo humano.
2. Estadiómetro: se utiliza para medir la estatura.
3. Cinta métrica convencional y cartabones: son buenos instrumentos y fiables si son bien utilizados cuando se carece de antropómetro.
4. Plano vertical: se utiliza como fondo y respaldo del sujeto que permite establecer una referencia en mediciones tanto de pie como sentado.
5. Balanza clínica: se utiliza para obtener el peso del sujeto.
6. Silla antropométrica: se utiliza para la toma de medidas del sujeto sentado. Consiste en una silla, nada cómoda, con asiento perfectamente paralelo al suelo y respaldo en plano perpendicular que forme un ángulo recto con el asiento, con una altura desde el asiento hasta sobrepasar algo la cabeza del sujeto sentado más alto. Las superficies del asiento y del respaldo deben ser planas, duras, rígidas, fáciles de limpiar y desplazables mediante algún mecanismo, como se explica a continuación:
  - el asiento podrá desplazarse verticalmente para variar su altura del suelo, desde un mínimo hasta un máximo, dentro de un intervalo determinado durante su diseño a partir de las características antropométricas de la población que se quiera medir,
  - el respaldo se podrá desplazar horizontalmente dentro de un intervalo determinado que permita modificar su profundidad en relación con el borde del asiento,
  - se puede disponer un apoyabrazos de altura variable al lado derecho de la silla,
  - la silla debe ser instalada sobre un suelo totalmente a nivel.

### 2.5.2 Puntos antropométricos

Los puntos antropométricos son necesarios como referencias para la toma de mediciones. Son muy útiles cuando son localizables visualmente y/o al tacto. A continuación se relacionan los que generalmente son más importantes:

1. Depresión poplítea: es la superficie triangular del poplíteo limitada por la línea oblicua de la tibia.
2. Protuberancia superior del cóndilo exterior del fémur: es la extremidad inferior del fémur, cóndilo exterior en la cara lateral externa.
3. Protuberancia mayor del muslo: es el punto más alto del muslo a nivel inguinal, si se toma como referencia el pliegue cutáneo que se forma entre el muslo y la cintura pélvica.
4. Ángulo inferior de la escápula: es el ángulo inferior formado por los bordes externo e interno del omóplato.
5. Espina ilíaca anterior superior: es la extremidad anterior de la cresta ilíaca.

6. Vértex: es el punto más alto en la línea medio sagital cuando la cabeza está orientada en el plano de Frankfort.
7. Apófisis acromial: es el punto más lateral y superior de la apófisis acromial del omóplato.
8. Cresta ilíaca: es el borde superior sinuoso del hueso ilíaco; su extremidad anterior recibe el nombre de espina ilíaca anterior y posterior, y la extremidad posterior se denomina espina ilíaca posterior y superior.

En la figura 2.11 se muestra un esqueleto humano.

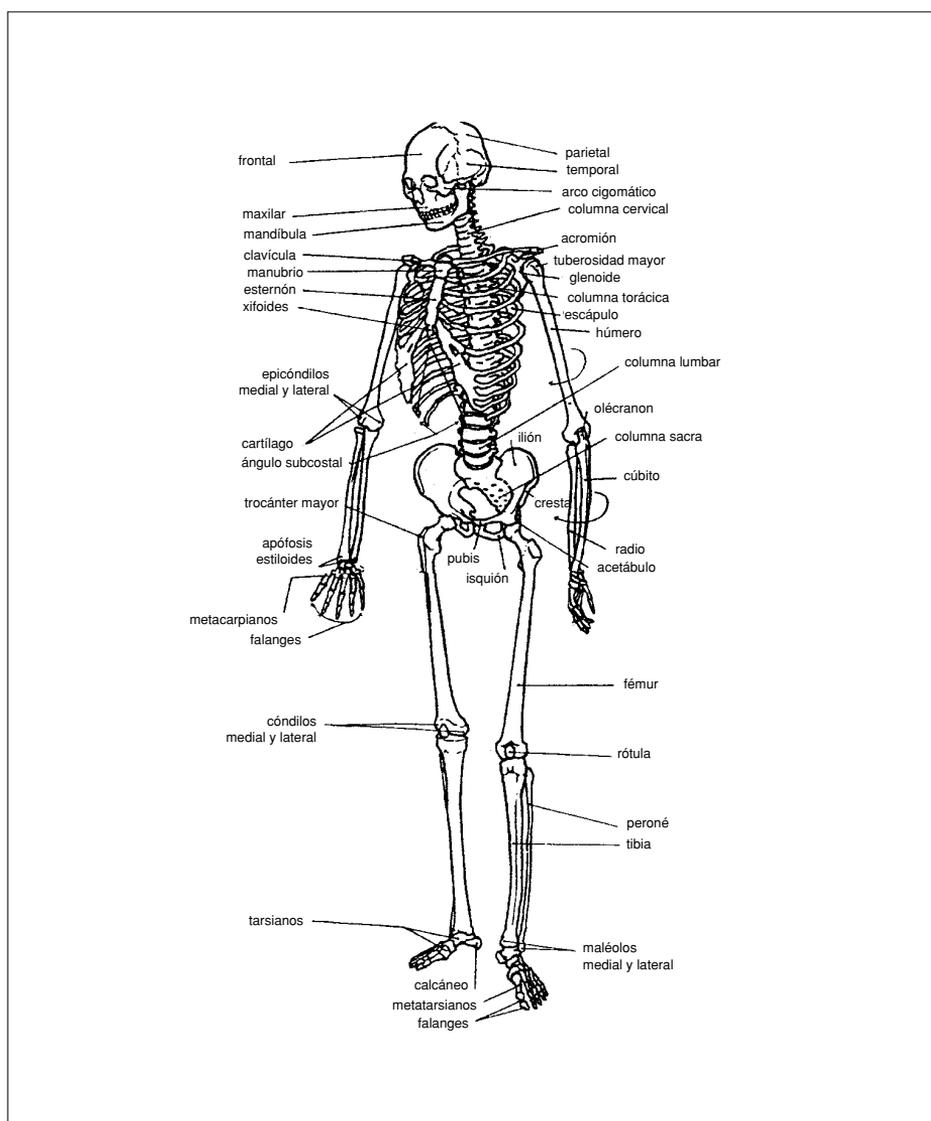


Fig. 2.11 Puntos antropométricos en un esqueleto

### **2.5.3 Equipo de mediciones**

El objetivo de las mediciones es lograr la información antropométrica de una, de varias, o de un gran número de personas, con un mínimo de errores, después de haber efectuado el análisis preliminar necesario según el puesto de trabajo que se quiere diseñar o rediseñar.

Para efectuar mediciones a mano de un grupo se requiere de un equipo de personas entrenadas y de una metodología; la que se propone a continuación ha sido empleada por los autores en diversos trabajos desarrollados con el objetivo de diseñar puestos de trabajo.

Considerando que la fatiga física y mental se manifiesta también en los miembros del equipo de mediciones en forma de torpeza manual, errores de percepción visual y auditiva, elevación de los umbrales sensoriales, etc., el equipo de medición deberá estar constituido por tres, cuatro, o más personas, según la cantidad de sujetos que haya que medir. El equipo estará formado por un medidor, un anotador, un auxiliar y uno o varios suplentes, que se rotarán en sus funciones según acuerden, por el cansancio y conveniencias de la actividad.

Las funciones de cada uno de estos componentes serán:

1. Medidor: posicionar y medir al sujeto y pronunciar en voz alta el valor de cada dimensión dígito a dígito.
2. Anotador: anotar el valor repitiéndolo en voz alta.
3. Auxiliar: ayudar al medidor a situar al sujeto y constatar la exactitud de la medición y que el valor pronunciado corresponda con la lectura.
4. Suplentes: sustituir a los miembros de los equipos que van rotando en sus tareas.

### **2.5.4 Posiciones y condiciones para medir al sujeto**

Cuando se efectúan mediciones antropométricas con vistas a disponer de información de grandes poblaciones con objetivos generales muy amplios o no especificados (objetivos futuros aún sin precisar), las mediciones se deben efectuar con el sujeto preferiblemente en bañador o ropa muy ligera y descalzo, de manera que puedan ser localizados fácilmente los puntos antropométricos de referencia y que los valores obtenidos sean independientes de la ropa y del calzado.

Sin embargo, si las mediciones se efectúan con objetivos muy específicos y sobre una persona, o un grupo o una pequeña población, es recomendable efectuar las mediciones con la ropa y el calzado propios de la actividad que se desempeña. Incluso existen situaciones en las que se imponen las mediciones con ropas especiales de obligada utilización, hasta con equipos como, por ejemplo, trajes con escafadras, guantes y botas, balones de oxígeno a la espalda, cascos, portaherramientas, orejeras, gafas, etc.

En caso de disponer de información antropométrica de personas desnudas o con bañador, y de resultar inviable, por cualquier motivo, una medición con la ropa específica del puesto que queremos diseñar, se deben añadir a las diferentes dimensiones de la información márgenes de holgura para la ropa y el calzado. Estos márgenes de holgura podrían estimarse con suficiente precisión efectuando mediciones sobre un mismo individuo seleccionado, que sea representativo del grupo o de la población para la que se está diseñando, midiéndolo desnudo y uniformado y calculando para cada dimensión la variación introducida por el uniforme, los accesorios, las herramientas, etc.

Por ejemplo:

Ancho de caderas sentado, con uniforme = 49 cm

Ancho de caderas sentado, sin ropa = 41 cm

Diferencia: 8 cm

Con la cual podemos corregir los valores de los anchos de cadera de todas las personas que han sido medidas sin ropa.

Con frecuencia es necesario tener en cuenta que en un puesto de trabajo una misma persona puede variar su ropa y calzado de una forma notable por distintos motivos, por ejemplo, según la estación del año. O es también el caso de algunas personas que pueden utilizar zapatos bajos o de tacones altos en su puesto de trabajo, según les exijan sus agendas o simplemente les apetezca, e incluso cambiarse varias veces el mismo día.

Sin olvidar los movimientos que deberá realizar el sujeto durante su actividad, las mediciones se efectuarán de pie y/o sentado, según sea necesario para el tipo de puesto que se quiera diseñar; en posición de atención antropométrica (PAA) y en PAA modificada respectivamente, tal como se muestra en la figura 2.9 antes expuesta, que se explican a continuación.

#### **2.5.4.1 Posición de atención antropométrica (PAA)**

La PAA exige los siguientes requisitos: de pie con los talones unidos y el cuerpo perpendicular al suelo, recostados los glúteos y la espalda a un plano imaginario perpendicular al suelo; los brazos descansando verticalmente a ambos lados del cuerpo con las manos extendidas, los hombros relajados, sin hundir el pecho, y con la cabeza en la posición del plano de Frankfort, que consiste en la adoptada de manera que un plano horizontal imaginario pase tangencialmente por el borde superior del conducto auditivo externo y por el pliegue del párpado inferior del ojo.

La PAA modificada es una posición similar pero con el sujeto sentado, con los glúteos y la espalda por lo tanto apoyados en el respaldo de la silla antropométrica y la cabeza en posición del plano de Frankfort, con los muslos, las rodillas, las pantorrillas y los talones unidos, y con los muslos formando un ángulo de 90° con las pantorrillas y los pies descansando totalmente sobre el suelo.

### 2.5.5 Definiciones de las dimensiones antropométricas y método para efectuar sus mediciones

La bibliografía aborda este tema con determinadas variantes, por lo que debe tenerse especial cuidado al tomar datos de la información de referencia. En este caso se encuentra, por ejemplo, la profundidad del abdomen, que algunos autores pueden definir como la distancia horizontal medida desde la espalda hasta el punto más adelantado del abdomen. Nosotros, a efectos prácticos, recomendamos la medición de la distancia horizontal medida desde el plano vertical que pasa por el occipital, la escápulas y los glúteos hasta el punto más alejado del abdomen, pues consideramos que más que el espesor del cuerpo, lo que interesa realmente para diseñar un puesto de trabajo es determinar la limitación del sujeto para acceder con sus brazos a los puntos más alejados y más cercanos frente a él. Las definiciones de las siguientes dimensiones y su método de medición responden a este criterio.

1. **Altura poplítea (AP):** es la distancia vertical medida desde el suelo hasta el punto más alto de la depresión poplítea, estando el individuo sentado con ambos pies apoyados de forma plana sobre el suelo y el borde anterior del asiento no ejerciendo presión en la cara posterior del muslo (los muslos tienen que estar en posición horizontal formando un ángulo de  $90^\circ$ ). Se sitúa el antropómetro haciendo contacto con el plano del suelo y el extremo de la rama móvil, en contacto con el punto más alto de la depresión poplítea, cuidando de mantener el instrumento vertical y paralelo al plano medio sagital del cuerpo.
2. **Distancia sacro-poplítea (SP):** es la distancia horizontal medida desde el punto correspondiente a la depresión poplítea de la pierna, hasta el plano vertical situado en la espalda del individuo, cuando tiene el muslo en posición horizontal y formando un ángulo de  $90^\circ$  con las piernas y el tronco. Se sitúa el extremo del antropómetro haciendo contacto con el plano vertical y se coloca la rama móvil en la depresión poplítea, y se verifica que la rama esté en contacto con la cara posterior del muslo.
3. **Distancia sacro-rótula (SR):** es la distancia horizontal medida desde el punto correspondiente al vértice de la rótula hasta el plano vertical situado en la espalda del individuo, cuando éste tenga su muslo en posición horizontal y formando un ángulo de  $90^\circ$  con las piernas y el tronco. La técnica para su medición es la misma que para la distancia sacro-poplítea, pero alargando la rama móvil hasta la rótula del individuo.
4. **Altura muslo-asiento (MA):** es la distancia vertical desde el punto más alto del muslo a nivel inguinal, tomando como referencia el pliegue cutáneo que se forma entre el muslo y la cintura pélvica, y el plano horizontal del asiento al estar el individuo sentado, con un ángulo de  $90^\circ$  entre el tórax y el muslo. Se coloca la rama móvil del antropómetro sobre el muslo, sin presionar, en el punto identificador indicado; la parte fija del antropómetro se situará en el plano del asiento.
5. **Altura muslo-suelo (MS), sentado:** es la distancia vertical medida desde el punto más alto del muslo a nivel inguinal, tomando como referencia el pliegue cutáneo que se forma entre el muslo y la cintura pélvica, y el plano horizontal del suelo al estar el individuo sentado, con un ángulo de  $90^\circ$  entre el tórax y el muslo. Se sigue el mismo proceso que la medida anterior, cambiando la

posición del extremo fijo del instrumento, que ahora se situará en el plano del suelo; la rama móvil continuará en el punto identificativo sobre el muslo.

6. Altura rodillas-suelo (RS), sentado: es la distancia vertical medida desde el punto más alto de la rodilla y el plano horizontal del suelo al estar el individuo sentado, con un ángulo de  $90^\circ$  entre el tórax y el muslo. Se sitúa el antropómetro haciendo contacto con el plano de la superficie del suelo en posición vertical y la rama móvil haciendo contacto con el punto más alto de la rodilla.
7. Altura codo-asiento (CA): es la distancia medida desde el plano del asiento hasta la depresión del codo, cuando el sujeto tiene su brazo paralelo a la línea media del tronco y el antebrazo formando un ángulo aproximadamente de  $90^\circ$ . Se sitúa el antropómetro haciendo contacto con el plano de la superficie del asiento en posición vertical y la rama móvil haciendo contacto con la depresión del codo.
8. Alcance mínimo del brazo hacia delante con agarre (AmínBa): es la distancia horizontal medida desde el respaldo del asiento hasta el eje vertical que se produce en la mano con el puño cerrado y sosteniendo un eje, cuando el individuo tiene su brazo paralelo a la línea media del tronco y el antebrazo formando un ángulo igual o un poco menor de  $90^\circ$  con el brazo, en posición cómoda. En posición PAA, agarrando un eje con el antebrazo sin modificar la posición vertical, y verificando la perpendicularidad con el brazo y el paralelismo con el suelo.
9. Alcance mínimo del brazo hacia delante sin agarre (AmínB): igual que con agarre, pero con los dedos unidos extendidos hacia delante. La distancia se mide hasta la punta de los dedos.
10. Distancia codo-mano (CM): es la distancia horizontal medida desde el codo hasta la punta de los dedos con la mano abierta, cuando el individuo tiene su brazo paralelo a la línea media del tronco y el antebrazo formando un ángulo igual o un poco menor de  $90^\circ$  con el brazo; en posición cómoda.
11. Alcance máximo del brazo hacia delante con agarre (AmáxBa): es la distancia horizontal medida desde el plano vertical que pasa por el occipital, las escápulas y los glúteos, hasta el eje vertical que se produce en la mano con el puño cerrado, cuando el individuo tiene su brazo extendido. La medición se realiza con la misma preparación que para la medida del alcance mínimo; por ello pediremos al individuo que extienda todo el brazo, y verificaremos los  $90^\circ$  en los sentidos vertical y horizontal. La distancia entre el plano vertical y el eje sujeto será el alcance máximo.
12. Alcance máximo del brazo hacia delante sin agarre (AmáxB): es la distancia horizontal medida desde el plano vertical que pasa por el occipital, las escápulas y los glúteos, hasta la punta de los dedos unidos con la mano abierta y el brazo extendido hacia delante.
13. Altura ojos-suelo, sentado (OSs): se coloca un cartabón sobre el plano vertical de tal forma que la rama del cartabón esté a la altura de la pupila del ojo. La rama fija del antropómetro se sitúa en el plano del suelo, y se alarga la móvil hasta la superficie inferior del cartabón.

14. **Altura hombros-asiento (HA):** es la distancia vertical medida desde la superficie del asiento hasta el punto equidistante del cuello y el acromión, cuando el individuo se encuentra sentado con el tórax perpendicular al plano del asiento. Se mide con la rama fija del antropómetro situada perpendicularmente sobre el plano del asiento y la móvil sobre la superficie del hombro, vigilando que mantenga los hombros en contacto con el plano vertical.
15. **Anchura de caderas (muslos), sentado (CdCd):** es la distancia horizontal que existe entre los muslos, encontrándose el sujeto sentado con el tórax perpendicular al plano de trabajo. Una vez localizados con los dedos los huecos de las caderas, se colocan las ramas del antropómetro sobre las crestas ilíacas, sin presionar, y se suben y bajan hasta encontrar el valor máximo del diámetro, manteniendo el instrumento en posición horizontal.
16. **Ancho de rodillas, sentado (RRs):** es la distancia horizontal que existe entre los puntos más exteriores de las rodillas, encontrándose la persona sentada con el tórax perpendicular al plano de trabajo. Se mide localizando con los dedos las protuberancias externas de las rodillas, se colocan las ramas del antropómetro sobre las mismas, sin presionar, y se suben y bajan hasta encontrar el valor máximo de la distancia, manteniendo el instrumento en posición horizontal.
17. **Altura subescapular, sentado (AS):** es la distancia vertical medida desde el ángulo inferior de la escápula hasta el plano del asiento, cuando el sujeto está en PAA modificada. Para su medición se coloca el extremo del antropómetro verticalmente en contacto con el plano del asiento y paralelo al plano medio sagital del cuerpo, y la rama móvil en contacto con el borde inferior de la escápula.
18. **Altura iliocrestal, sentado (AI):** es la distancia vertical desde la espina ilíaca anterior y superior hasta el plano del asiento, cuando la persona está en PAA modificada. Esta altura coincide con la altura sacrolumbar cuando el sujeto está sentado. Para su medición se coloca el extremo del antropómetro verticalmente en contacto con el plano del asiento y paralelo al plano medio sagital del cuerpo y la rama móvil en contacto con la espina ilíaca anterior y superior.
19. **Ancho codo-codo (CC):** es la distancia horizontal medida entre los codos, encontrándose el individuo sentado con los brazos colgando libremente y los antebrazos doblados sobre los muslos. El medidor se situará por detrás del individuo colocando las ramas del antropómetro en la superficie exterior de los codos y, sin ejercer presión, lo subirá y lo bajará horizontalmente hasta detectar el valor máximo.
20. **Profundidad del pecho (PP):** es la distancia horizontal medida desde el plano vertical que pasa por el occipital, las escápulas y los glúteos hasta el punto más alejado del pecho. Se mide con la espalda del individuo apoyada sobre el respaldo o el plano vertical, en una posición relajada, y tomando la distancia desde el plano vertical hasta el plano más alejado por el pecho.
21. **Profundidad del abdomen (PA):** es la distancia horizontal medida desde el plano vertical que pasa por el occipital, la escápulas y los glúteos hasta el punto más alejado del abdomen. Se mide con la espalda del individuo apoyada sobre el respaldo o el plano vertical, en una posición relajada, y

tomando la distancia desde el plano vertical hasta el plano más alejado por el abdomen.

22. Anchura de hombros (HH): distancia horizontal máxima que separa a los músculos deltoides. El medidor se situará por detrás del individuo colocando las ramas del antropómetro en la superficie exterior de los hombros y, sin ejercer presión, lo subirá y lo bajará horizontalmente hasta detectar el valor máximo.
23. Altura hombros-suelo, de pie (HSp): distancia vertical medida desde la superficie del suelo hasta un punto equidistante del cuello y el acromión, cuando el individuo se encuentra en posición PAA. Se mide con la rama fija del antropómetro situada perpendicularmente al plano del suelo y la móvil sobre la superficie del hombro, vigilando que mantenga los hombros en contacto con el plano vertical.
24. Altura codo-suelo de pie (CSp): es la distancia medida desde el suelo hasta la depresión del codo cuando el sujeto, de pie y en posición PAA, tiene su brazo paralelo a la línea media del tronco y el antebrazo formando un ángulo aproximado de 90°. Al igual que la altura del codo sentado, se extiende la rama móvil hasta la depresión del codo, manteniéndola fija y perpendicular sobre el plano del suelo.
25. Altura ojos-suelo, de pie (OSp): es la distancia vertical desde el eje horizontal que pasa por el centro de la pupila del ojo hasta la superficie del suelo, cuando la persona está en posición PAA. En posición PAA se coloca un cartabón sobre el plano vertical para señalar la altura de la pupila. La rama fija del antropómetro se situará perpendicular sobre el plano del suelo y la móvil en la superficie inferior del cartabón.
26. Ancho de tórax (AT): Es la distancia horizontal del ancho del tórax medido en la zona más externa de los pechos donde se encuentran con los brazos, con el sujeto en PAA, los brazos descansando normalmente a ambos lados del cuerpo y respirando con normalidad. Se mide situando en los puntos señalados los brazos del antropómetro dispuesto horizontalmente.
27. Estatura (E): es la altura máxima desde la cabeza hasta el plano horizontal de la base del estadiómetro o del suelo, con la persona en posición de atención antropométrica (PAA). Su medición se realiza haciendo coincidir la línea media sagital con la del instrumento, bajando la pieza móvil hasta colocarla en contacto con el cabeza y presionando ligeramente.

### 2.5.6 Protocolo para las mediciones antropométricas con cámara de vídeo

1. La cámara se sitúa a una distancia fija de la cuadrícula, que se mantendrá constante para todos los sujetos. Esta distancia debe permitir la toma holgada del puesto más alto de pie –por ejemplo, 210 cm de estatura– y debe marcarse en el suelo el emplazamiento de la cámara para garantizar dicha posición durante todo el tiempo que duren las mediciones.

2. El emplazamiento del set debe ser tan ancho como se indica en vista superior representada en la figura 2.12, en la que las dos luminarias de halógeno con difusores, deben situarse a ambos lados de la cámara, aproximadamente a un metro de altura del suelo y formando un ángulo aproximadamente de  $45^\circ$  con el plano de la retícula, con el objeto de evitar reflejos en la retícula y garantizar una iluminación homogénea sobre el sujeto.
3. Durante las tomas el foco de la cámara deberá situarse en el punto central de la cuadrícula (no en el sujeto).

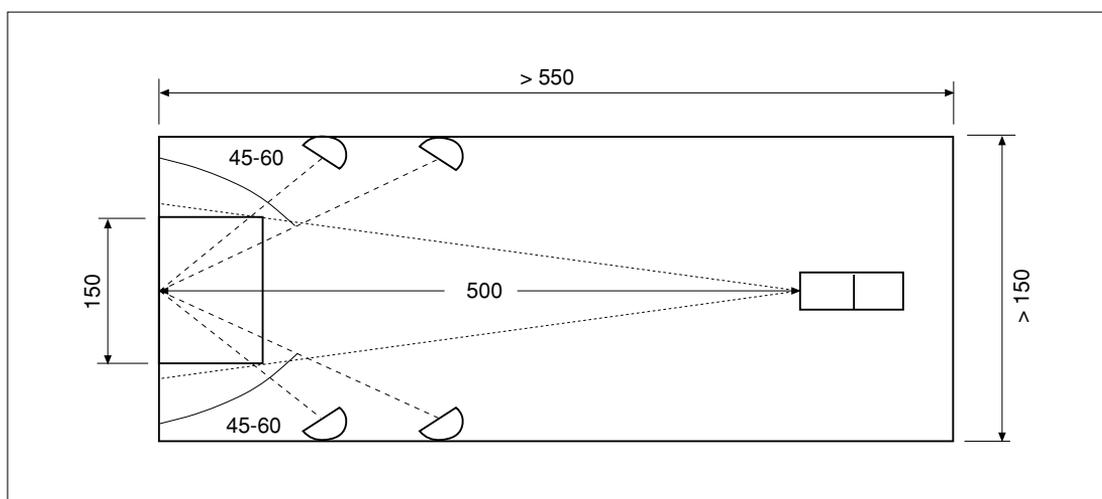


Fig. 2.12 Posicionamiento en planta del set

4. Las posiciones a tomar serán las tres indicadas en la figura 2.13 (A, B y C), que se describen a continuación:

Posición de sentado (figura 2.13 A)

- a) Se situarán las patas de la silla de manera que éstas no interfieran la vista de los talones del sujeto y con el borde izquierdo de la silla haciendo contacto completamente perpendicular con la retícula.
- b) Antes de sentarse el sujeto, el asiento de la silla se elevará a su nivel más alto.
- c) Se sentará el sujeto con muslos, pantorrillas y pies situados paralelos entre sí y los más unidos posible; el torso derecho y perpendicular al suelo, tomando como guía el respaldo de la silla, tocándolo con la espalda recta pero sin recostarse excesivamente para que éste no ceda más de  $90^\circ$  respecto al plano del asiento; hombros relajados, sin hundir el pecho, y la cabeza derecha y en el plano de Frankfort.
- d) Con la palanca reguladora se buscará la altura adecuada del asiento, de manera que, con los pies descansando cómodamente sobre el suelo, la recta imaginaria de la distancia sacro-rodilla (a lo largo del muslo) esté paralela al suelo y forme un ángulo de  $90^\circ$  con la recta imaginaria de la altura de la rodilla perpendicular al suelo. El sujeto doblará el brazo derecho formando un ángulo no superior a  $90^\circ$  con el antebrazo (el húmero) que se mantendrá perpendicular al suelo.

### Posición de pie frontal (figura 2.13 B)

El sujeto se situará de pie, de frente a la cámara, en el lugar del set indicado en la figura; con la espalda tocando la cuadrícula, con los pies paralelos entre sí; talones unidos, torso erguido; cuerpo perpendicular al suelo; el brazo derecho descansando a lo largo del cuerpo con la palma de la mano abierta y vuelta hacia adelante, y el brazo izquierdo doblado  $90^\circ$  hacia delante con la mano abierta y la palma vuelta hacia arriba –pidiendo– y el antebrazo perpendicular al suelo permitiendo que el epicóndilo sea visible por la cámara; hombros relajados; sin hundir el pecho y la cabeza derecha y en el plano de Frankfort.

### Posición de pie, de perfil (figura 2.13 C)

El sujeto se situará de pie mostrando su perfil izquierdo a la cámara, en el lugar del set indicado en la figura, con su brazo derecho extendido hacia delante y paralelo al suelo, con la palma de la mano abierta y vuelta hacia la cámara y el brao izquierdo doblado  $90^\circ$  respecto al antebrazo y la mano abierta. La posición del cuerpo debe seguir las mismas instrucciones ofrecidas para la postura anterior.

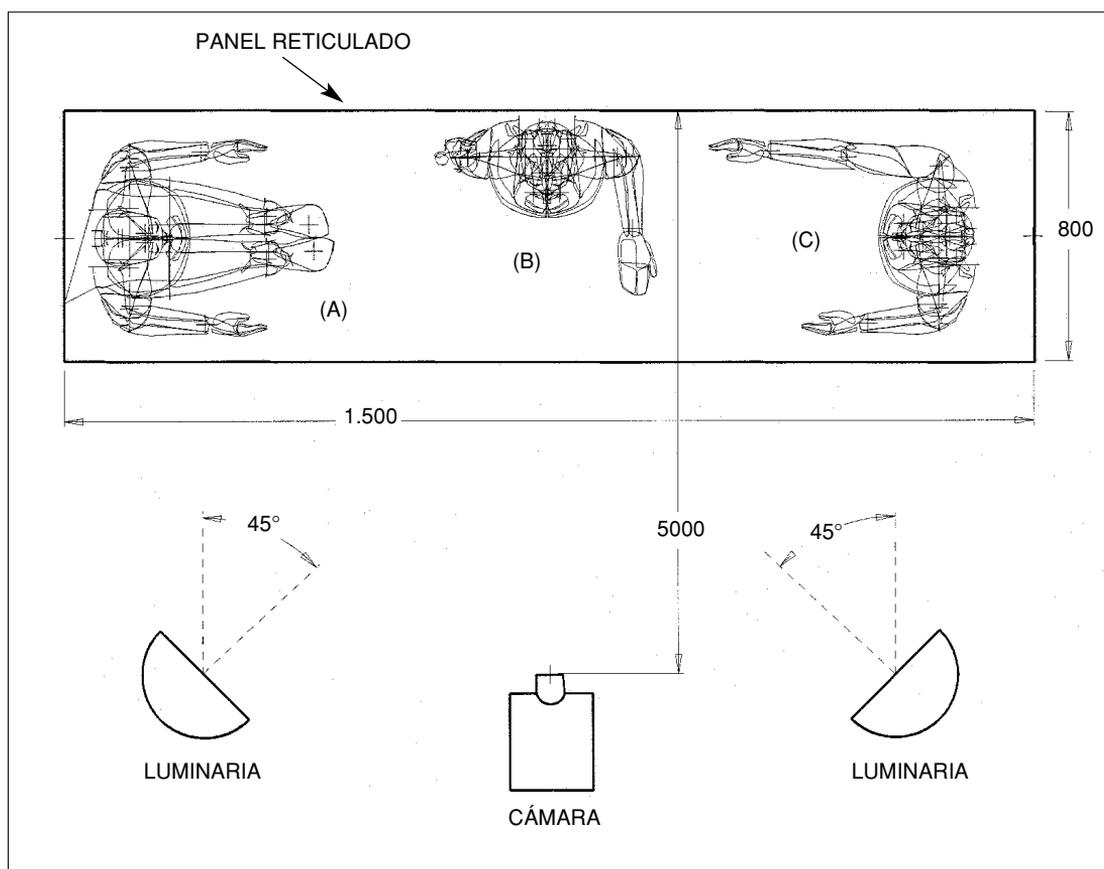


Fig. 2.13 Posiciones a filmar del sujeto

## 2.6 Principios del diseño antropométrico

Lo mejor y más exacto es diseñar el puesto de trabajo para una persona determinada, pero también lo más caro, por lo que sólo está justificado en casos específicos. En el diseño individual debemos actuar como los sastres o las modistas: tomamos las medidas antropométricas relevantes del sujeto y con ellas diseñamos el puesto exclusivo para él.

Sin embargo, si este puesto debe ser utilizado por un grupo de 5, 20, 50... personas, habrá que tenerlas en cuenta a todas para hacer el diseño. Algo parecido, pero más complicado aún, se presenta cuando debemos diseñar para poblaciones numerosas y muy numerosas.

Para abordar estos casos es necesario hablar primero de los tres principios para el diseño antropométrico.

1. Principio del diseño para el promedio.
2. Principio del diseño para individuos extremos.
3. Principio del diseño para un intervalo ajustable.

### 2.6.1 Principio del diseño para el promedio

En las dimensiones antropométricas también el promedio generalmente es un engaño. Suponga que 5 personas miden de estatura 195, 190, 150, 151 y 156 cm; la media sería de 168,4 cm. Si se diseñara la puerta de una cabina de ducha para la estatura media de este grupo, dos de las personas tendrían que encorvarse bastante o se golpearán la cabeza a menudo: ese diseño habría resultado un engaño. Y hay casos peores. Por esto el promedio sólo se utiliza en contadas situaciones, cuando la precisión de la dimensión tiene poca importancia, no provoca dificultades o su frecuencia de uso es muy baja, si cualquier otra solución es o muy costosa o técnicamente muy compleja...

### 2.6.2 Principio del diseño para los extremos

Si se necesitara diseñar la puerta de la cabina de ducha para las 5 personas anteriores, sin duda habrá que hacerlo pensando en la más alta y propondríamos una puerta de 196 cm de altura, más al menos 4 cm de holgura. Si esta persona no se rompe la cabeza, las otras cuatro tampoco. Claro que, en este ejemplo, quizás finalmente tendríamos que acceder y hacerla de 190 cm por otros problemas: espaciales, tecnológicos, económicos..., y admitir, además, que la persona de 195 es un caso excepcional en ese lugar, y que con toda seguridad deberá estar más que acostumbrada, a fuerza de golpes, al pequeño mundo en que se encuentra.

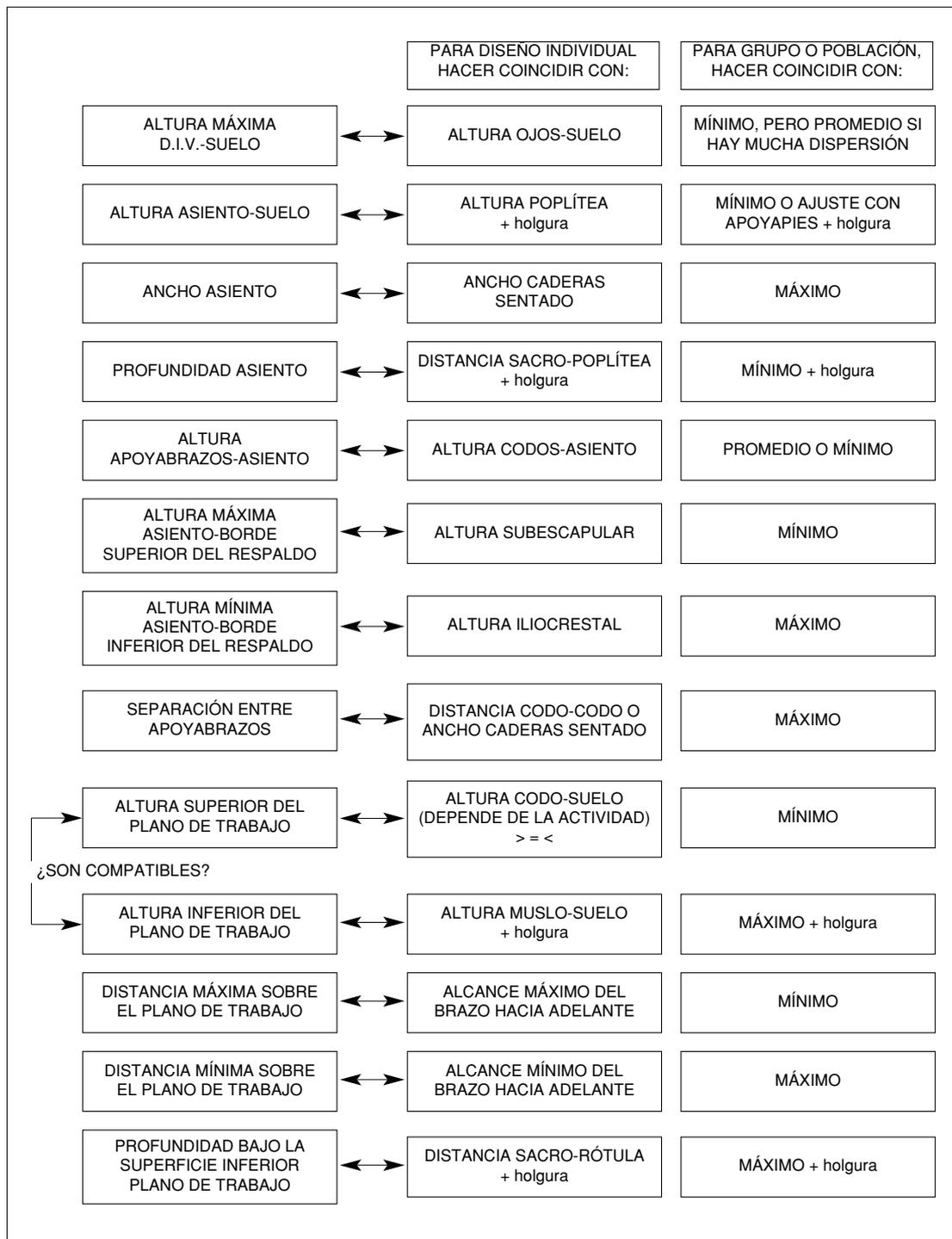


Fig. 2.14 Relaciones entre las dimensiones y espacios del puesto de trabajo y las dimensiones humanas.

Si lo que se quiere diseñar para ese mismo grupo es un panel de control donde el alcance del brazo hacia delante es una dimensión relevante, sin duda alguna habrá que determinar la distancia límite por la persona que tuviese dificultades para alcanzar un punto más alejado, es decir, de los 5, la que tuviese un alcance del brazo hacia delante menor y, de esta forma, los 5 alcanzarían el punto más distante en panel de control.

Sin embargo, si el sujeto poseedor de este mínimo tuviese el brazo demasiado corto y ofreciera un valor tan pequeño que pusiese en crisis el diseño o provocase incomodidades en los restantes trabajadores, se debería excluir del grupo y, si económicamente fuera viable o humanamente fuera necesario, se diseñaría aparte un puesto específico para él.

Pero supóngase que se necesita decidir el ancho del asiento. Ahora la decisión será la opuesta, pues son los más anchos de caderas cuando están sentados los afectados si el asiento no es lo suficientemente amplio. En este caso es necesario diseñar para el extremo máximo.

### **2.6.3 Principio del diseño para un intervalo ajustable**

Este diseño, cuando está destinado a un grupo de personas, es el idóneo, porque cada operario ajusta el objeto a su medida, a sus necesidades, aunque es el más caro por los mecanismos de ajuste. El objetivo es en este caso decidir los límites de los intervalos de cada dimensión que se quiera hacer ajustable. En la situación del ejemplo de los cinco hombres, la altura del asiento se regularía diseñando un intervalo de ajuste con un límite inferior para el de altura poplíteica menor y un límite superior para el de altura poplíteica mayor. Así, los 5 podrían ajustar el asiento exactamente a sus necesidades.

La situación es más compleja si la población es muy numerosa y se carece de información antropométrica, pues es imposible, económica y prácticamente, medir a todos los individuos que la componen. Lo ideal sería poder contar con los datos antropométricos fiables de la población. En primer lugar hay que decir que para los efectos del estudio antropométrico se puede considerar que las dimensiones del cuerpo humano de una población numerosa adoptan una distribución aproximadamente normal. Esto es lo suficientemente preciso para el diseño de puestos de trabajo.

En la figura 2.15 se muestra la distribución de las estaturas de una población hipotética, con las estaturas para los percentiles: 0,5; 2,5; 5; 95; 97,5; y 99,5 de mujeres y hombres.

Sin embargo, si somos un poco exigentes, esta normalidad es muy discutible, pues cuando se mezclan poblaciones con características muy distantes, como por ejemplo, estaturas de niños con adultos, o fuerzas de mujeres con hombres, las curvas de distribución normal se deforman, y pueden aparecer curvas con dos domos máximos, o con un domo no normal, o desplazado a la izquierda o a la derecha, etcétera.

En caso de no poseer la información antropométrica adecuada se parte de una muestra representativa de la población para la se quiere diseñar, para lo cual es necesario previamente determinar el tamaño de la muestra y las características que deben tener los sujetos seleccionados.

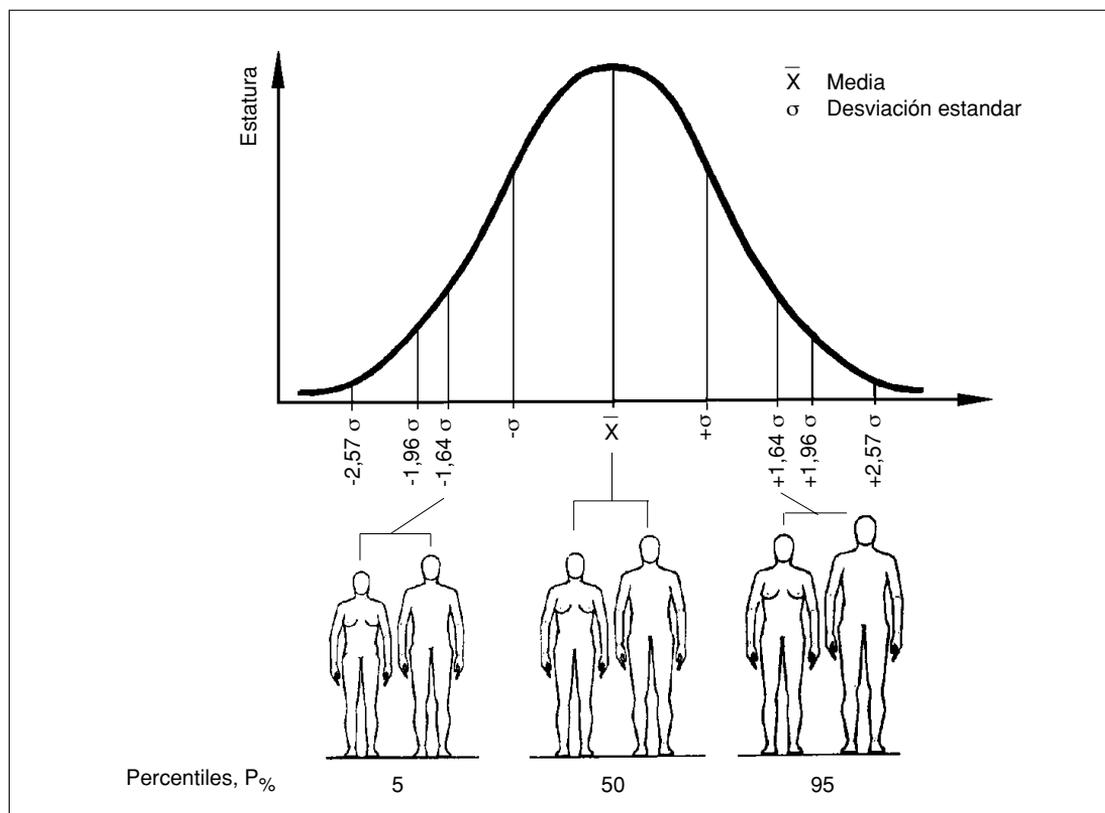


Fig. 2.15 Curva normal y de percentiles (5, 50 y 95) de las estaturas de mujeres y hombres de una población hipotética.

## 2.7 Tamaño y selección de la muestra

### 2.7.1 Cálculo del tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra que debemos seleccionar depende de nuestros propósitos estadísticos. Con la siguiente expresión es posible determinar el tamaño de la muestra, según se necesite conocer la desviación estándar, la media, o un percentil específico:

$$N = (k \sigma' / e)^2$$

donde

N: es el tamaño de la muestra,

$\sigma'$ : es la desviación estándar estimada,

e: es el grado de precisión,

## 3. Esfuerzos de trabajo

### 3.1 Mecánica y biomecánica

Para el estudio y análisis del movimiento humano se aplican los principios de la mecánica y la biomecánica al cuerpo humano. La mecánica se utiliza en el estudio de las fuerzas y sus efectos, mientras que la biomecánica se apoya en la aplicación de los principios de la mecánica, la anatomía, la antropometría, y la fisiología, para analizar a la persona tanto en movimiento como en reposo.

En otras palabras, podríamos adelantar una definición de la biomecánica como la ciencia que aplica las leyes del movimiento mecánico en los sistemas vivos, especialmente en el aparato locomotor, que intenta unir en los estudios humanos la mecánica al estudio de la anatomía y de la fisiología, y que cubre un gran abanico de sectores a analizar desde estudios teóricos del comportamiento de segmentos corporales a aplicaciones prácticas en el transporte de cargas. Al analizar el movimiento en la persona, la biomecánica trata de evaluar la efectividad en la aplicación de las fuerzas para asumir los objetivos con el menor coste para las personas y la máxima eficacia para el sistema productivo.

Ahora bien, un estudio completo de las fuerzas presentes en un cuerpo en movimiento es un problema complejo que no puede quedarse sólo en el aspecto biomecánico lato, ya que el movimiento del cuerpo se realiza con la participación (con una alta implicación) de los sistemas nervioso y cardiovascular, y una colaboración, en mayor o menor medida, del resto de los sistemas del organismo.

Un examen elemental del sistema muscular permite comprobar que las fibras musculares no están dispuestas de la misma forma. La estructura interna de los músculos determina la fuerza que pueden producir, así como la distancia sobre la que pueden contraerse. El resultado de una contracción muscular depende además de los puntos de unión de un músculo sobre el segmento óseo del esqueleto, ya que el ángulo con el que un músculo ejerce una tracción sobre una palanca ósea sirve para establecer sus componentes de rotación y tracción.

Por otro lado, debemos considerar el punto de aplicación, o sea, la distancia entre el punto donde un músculo está unido a un hueso y el eje articular, lo cual determina el valor del momento de la fuerza

que puede producirse. Cuando dos o más músculos actúan sobre un mismo hueso, el resultado final de la fuerza desarrollada por cada músculo depende de sus ángulos de tracción y de sus posiciones con respecto al eje articular.

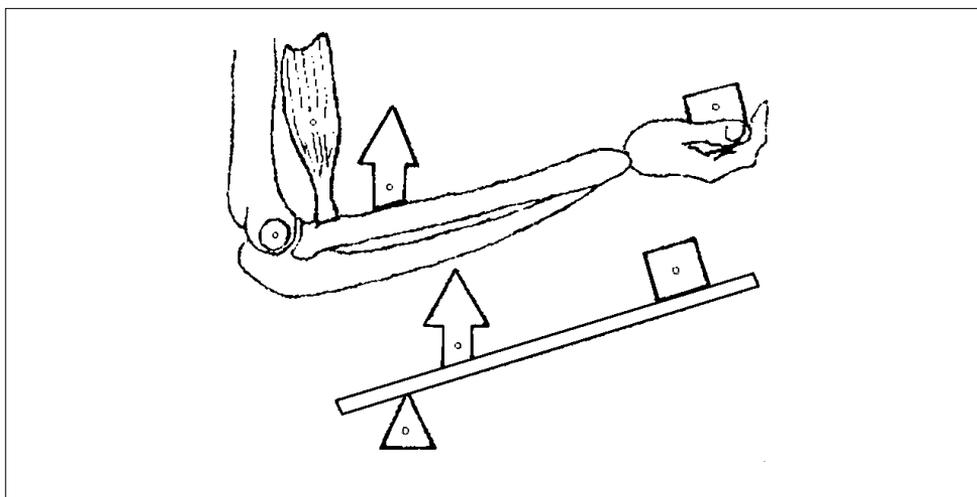


Fig. 3.1 Mecánica del movimiento: palanca de tercer grado

### 3.2 Terminología y conceptos básicos

La mecánica se puede dividir en dos partes: la estática y la dinámica. La estática estudia los cuerpos en equilibrio, en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme (este estado resulta de la anulación de las fuerzas y momentos que actúan sobre los cuerpos), mientras que la dinámica se interesa por los cuerpos en movimiento y comprende la cinética y la cinemática.

La cinética tiene por objeto de estudio los cuerpos en movimiento y las fuerzas que lo producen, mientras que la cinemática estudia las relaciones entre desplazamientos, velocidades y aceleraciones en los movimientos de traslación y rotación; por tanto, describe los movimientos por ellos mismos sin tener en cuenta las fuerzas que los causan. Podríamos tipificarla como a la ciencia del movimiento.

Uno de los conceptos básicos en mecánica es la fuerza. Esta se puede representar como el resultado de interacción entre dos cuerpos. Existen interacciones a distancia y otras por contacto. El peso de un cuerpo, interacción entre la tierra y el cuerpo, representa interacción a distancia. Por el contrario, la fuerza ejercida en una mesa por un destornillador que se deposita en ella representa una interacción por contacto.

Para obtener la descripción completa de una fuerza, independientemente de cual sea la naturaleza que origina, se debe conocer, además, la línea de aplicación o línea de acción. Como el efecto es diferente, según se empuje o se tire, el sentido de la acción se convierte en un parámetro esencial en el análisis.

Finalmente, el último factor significativo que se debe determinar es el punto de aplicación de la fuerza.

Las cuatro características de una fuerza son, pues, magnitud, línea de acción o dirección, sentido y punto de aplicación. Describir una fuerza completamente es conocer estas cuatro variables.

Por lo tanto, si se quiere obtener una representación completa de la aplicación de una fuerza en una parte del cuerpo humano, por ejemplo en el antebrazo, se deberá precisar su magnitud, su punto de aplicación, su línea de acción y su sentido, ya que toda variación de uno de estos elementos produce efectos diferentes sobre el antebrazo.

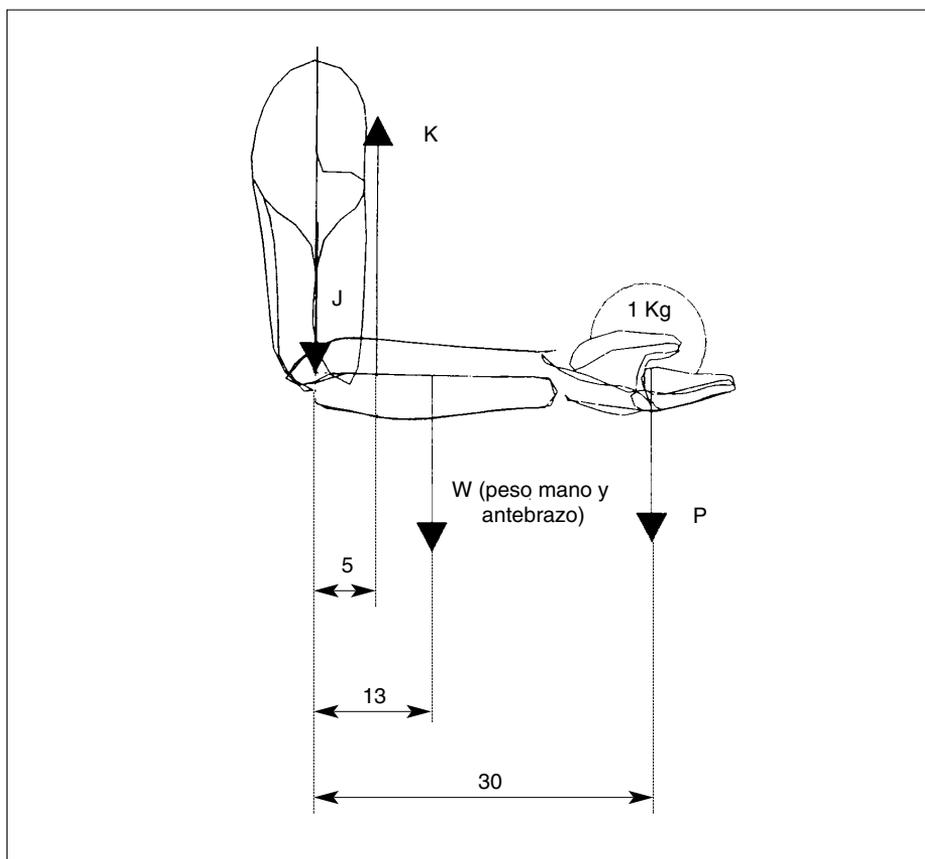


Fig. 3.2 Cálculo de fuerzas. 1) ejemplificado sin sujetar nada en la mano 2) sosteniendo una bola de 1kg

Observemos el siguiente ejemplo: cuando no se sostiene ningún objeto en la mano,  $K$  se calcula mediante la ecuación del equilibrio de momentos. Los momentos en el sentido de las agujas del reloj se consideran positivos, y los de sentido contrario negativos. Para ello supongamos que el peso de la mano y el antebrazo están centrados en un punto a 13 cm del codo, y que la reacción ( $K$ ) se produce a 5 cm del codo:

$$\begin{aligned}\Sigma M &= 0 \\ (13 \text{ cm} \times W) - (5 \text{ cm} \times K) &= 0\end{aligned}$$

si

$$\begin{aligned}W &= 20 \text{ N}, P = 0 \text{ N} \\ K &= 52 \text{ N}\end{aligned}$$

La reacción  $J$  se puede calcular utilizando la ecuación de equilibrio de fuerzas.

$$\begin{aligned}\Sigma F &= 0 \\ K - J - W &= 0 \\ J &= 52 - 20 - 0 = 32 \text{ N} \\ J &= 32 \text{ N}\end{aligned}$$

Las fuerzas gravitacionales se consideran negativas y las de sentido contrario positivas.

Observando la figura 3.2 y suponiendo que la persona sostiene la bola que pesa 1 kilogramo, que provoca una fuerza de 10 N, obtenemos:

$$\begin{aligned}\Sigma M &= 0 \\ (13 \text{ cm} \times W) - (5 \text{ cm} \times K) &= 0\end{aligned}$$

si

$$\begin{aligned}W &= 20 \text{ N}, P = 10 \text{ N} \\ K &= 112 \text{ N}\end{aligned}$$

La fuerza de reacción en la articulación se puede calcular del siguiente modo:

$$\begin{aligned}\Sigma F &= 0 \\ K - J - W &= 0 \\ J &= 112 \text{ N} - 20 \text{ N} - 10 \text{ N} \\ J &= 82 \text{ N}\end{aligned}$$

Éste es un ejemplo simple en el que se comprueba que la sustentación de 1 kg en la mano con una flexión de codo de 90° provoca un incremento de la fuerza de reacción en la articulación de 50 N.

Por supuesto que si cambiamos el ángulo del codo, tal como aparece en la figura 3.3, varían las fuerzas generadas por la flexión del mismo. Pero para poder realizar un buen análisis de las fuerzas que deberán sostener y desarrollar las personas, tal y como se muestra en la figura 3.4, deberemos además considerar que cada segmento corporal tiene su peso: mano, antebrazo, brazo, cabeza, etc.,

que podemos aproximar porcentualmente por el peso total del sujeto. Por último, tenemos que calcular el centro de gravedad para poder resolver matemáticamente la ecuación.

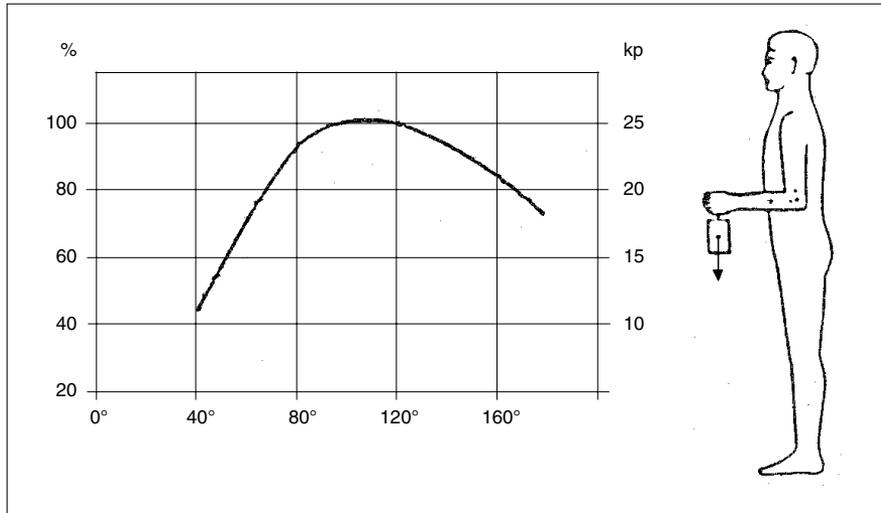


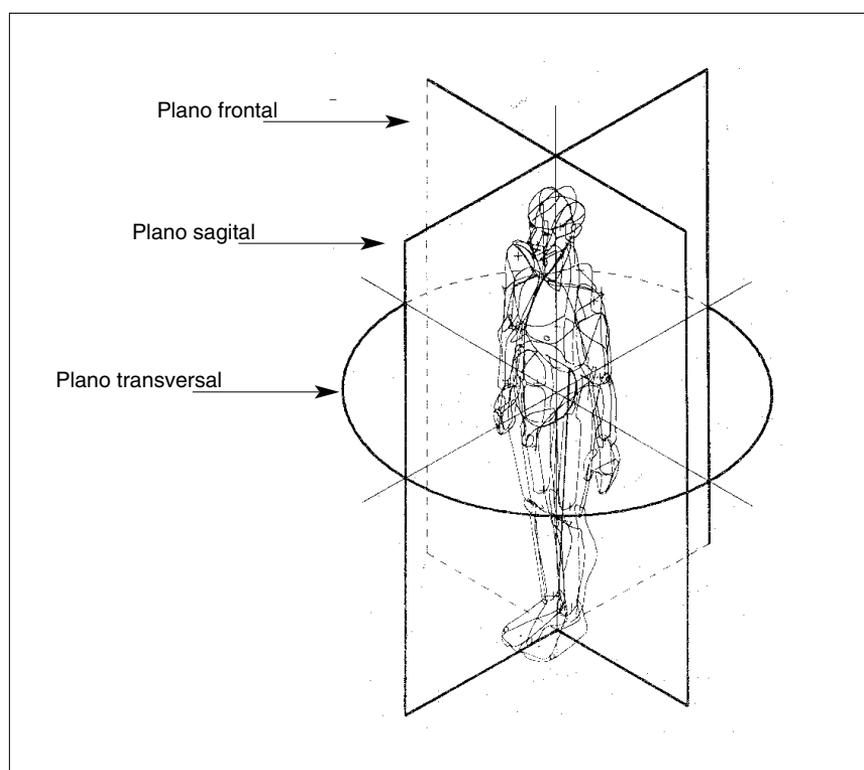
Fig. 3.3 Fuerzas máximas de flexión del codo

Segmento	Hombres	Mujeres
Cabeza	8,26	8,20
Tronco completo	55,10	53,20
Tórax	20,10	17,02
Abdomen	13,06	12,24
Pelvis	13,66	15,90
Miembro superior completo	5,77	4,97
Brazo	3,25	2,90
Antebrazo	1,87	1,57
Mano	0,65	0,50
Antebrazo y mano	2,52	2,07
Miembro inferior completo	16,68	18,43
Muslo	10,50	11,75
Pierna	4,95	5,35
Pie	1,43	1,33
Pierna y pie	6,18	6,68

Fig. 3.4 Porcentajes de los segmentos corporales respecto a la masa del cuerpo (Plagenhoef,1983)

Al actuar en ergonomía y analizar los espacios de actividad (también llamados volúmenes de trabajo o estratosferas), otro elemento crítico que se debe tener en cuenta es el espacio recorrido por los segmentos corporales implicados en las tareas. Para hacer un análisis del recorrido debemos conocer las coordenadas de un punto, medida espacial, respecto a un sistema de referencia, generalmente (X,Y,Z), ya que para estudiar movimientos es imprescindible conocer la posición inicial en que comienza el movimiento, la posición final, así como una serie de posiciones intermedias que adopta el cuerpo o el segmento corporal durante el recorrido, para de este modo hallar la ley del movimiento del segmento implicado y poder establecer la posición del punto del sistema en cualquier instante.

De hecho, las fuerzas que se analizan pueden actuar a lo largo de una sola línea, en un plano único o en cualquier dirección del espacio, y los resultados sobre la persona, obviamente, son diferentes.



*Fig. 3.5 Planos de referencia*

Como para el estudio de los movimientos se tiene la necesidad de localizar las fuerzas a lo largo de un línea, en un plano o en el espacio, es imprescindible tener una referencia y, como ya hemos dicho anteriormente, utilizaremos un sistema de coordenadas tridimensional. Para describir, por ejemplo, el movimiento del cuerpo humano con la ayuda de este sistema de coordenadas, colocaremos el origen en el centro de gravedad del cuerpo, situado aproximadamente delante de la segunda vértebra sacra.

Se acostumbran a representar tres planos de referencia para estudiar la movilidad en cada articulación con respecto a las coordenadas X, Y, Z: el plano frontal que divide al cuerpo en parte anterior y posterior (plano X-Y); el plano sagital que lo separa en dos mitades, derecha e izquierda (plano Y-Z); y el plano horizontal o transversal (paralelo al suelo) que lo corta en parte superior e inferior (plano X-Z) tal como aparece en la figura 3.5.

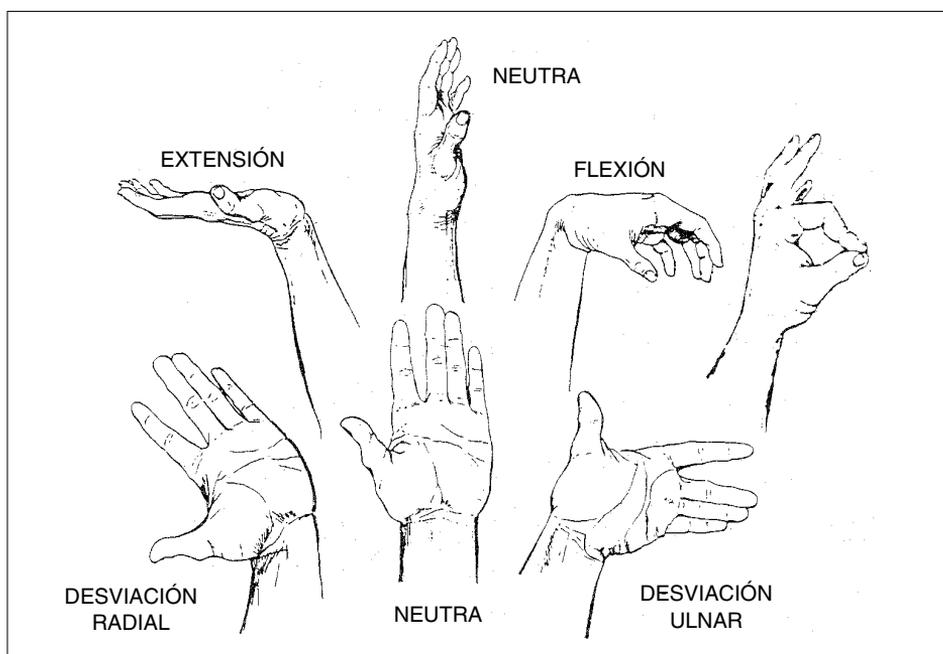
Este sistema convencional de planos y de coordenadas de referencia facilita la descripción de los movimientos de los segmentos del cuerpo y permite definir exactamente cualquier punto en el espacio. Cabe recordar que los planos se definen considerando a la persona de pie, son perpendiculares entre ellos, pasan por el teórico centro de gravedad (a nivel de la segunda vértebra sacra), y obviamente son planos de referencia anatómica.

### 3.3 Tipos de movimientos de los miembros del cuerpo

Algunos de los movimientos que hacemos con los brazos, las piernas y otros miembros se consideran básicos. Enumeremos parte de estos movimientos con su denominación en biomecánica:

- Posición de referencia anatómica: es aquella a partir de la cual se miden los movimientos articulares.
- Flexión: consiste en doblarse o disminuir el ángulo entre las partes del cuerpo, movimiento en el que un segmento corporal se desplaza en un plano sagital respecto a un eje transversal, aproximándose al segmento corporal adyacente.
- Extensión: consiste en enderezarse o aumentar el ángulo entre las partes del cuerpo, movimiento sagital respecto a un eje transversal tal que, desde una posición de flexión, se vuelve a la posición de referencia anatómica o se sobrepasa.
- Adducción: consiste en acercarse a la línea media del cuerpo, movimiento que se realiza en el plano frontal, en derredor de un eje antero-posterior, que aproxima el segmento a la línea media.
- Abducción: consiste en alejarse de la línea media del cuerpo, movimiento que se realiza en un plano frontal, en derredor de un eje antero-posterior, que aleja el segmento de la línea media.
- Pronación: consiste en girar el antebrazo de modo que la palma de la mano quede hacia abajo.
- Supinación: consiste en girar el antebrazo de modo que la palma de la mano quede hacia arriba.
- Circunducción: movimiento en el que una parte del cuerpo describe un cono cuyo vértice está en la articulación y su base en la extremidad distal de esa parte y no requiere rotación.

Esencialmente, estos movimientos de los miembros del cuerpo están descritos en términos del funcionamiento de los músculos (ej., flexión y extensión), y de la dirección de los movimientos respecto al cuerpo (ej., adducción y abducción).



*Fig. 3.6 Muestra de diferentes posturas de la mano y la muñeca*

Tanto en los movimientos como en otros aspectos que estudia la biomecánica, hay que tener siempre presentes las diferencias individuales, incluidos los efectos de la condición física, sexo, edad, peso, estatura, las limitaciones funcionales subyacentes a una tarea, etc.

### 3.4 Ángulos límites

Los movimientos que podemos realizar con las diversas articulaciones de las personas tienen unos ángulos límites, fuera de los cuales no se puede llevar ningún miembro, si bien es cierto que también aquí existen diferencias en función de los individuos, podemos caracterizar los ángulos con unos valores de referencia que agrupan a la mayoría de la población, excepción hecha de algunas patologías específicas que pueden aumentar la elasticidad de contorsionistas, de roturas de huesos mal soldadas.

Seguidamente presentamos una serie de gráficos con estos ángulos límites en posición de pie que pueden servir como referencia inicial en el análisis de algunas tareas, o en el uso de ciertos artefactos.

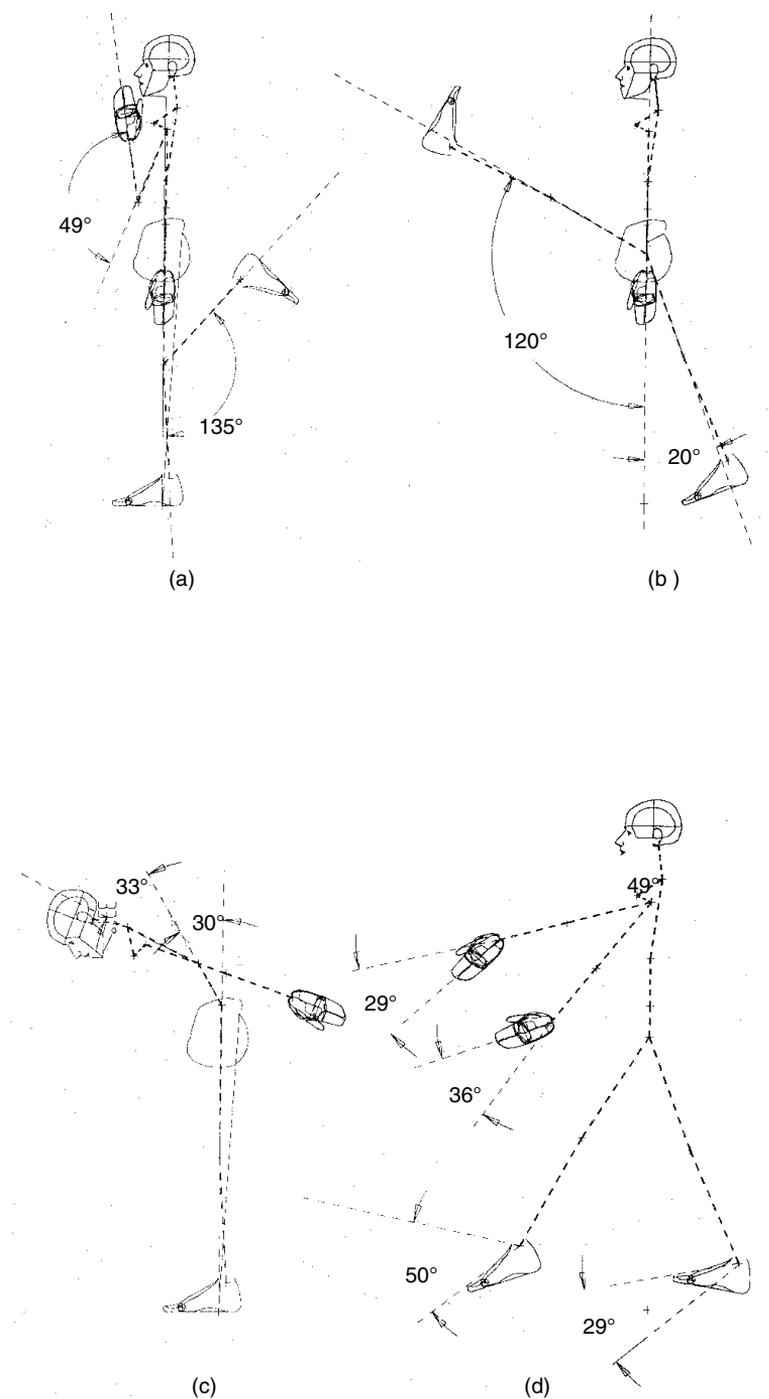


Fig. 3.7 Figuras de algunos ángulos límites relevantes

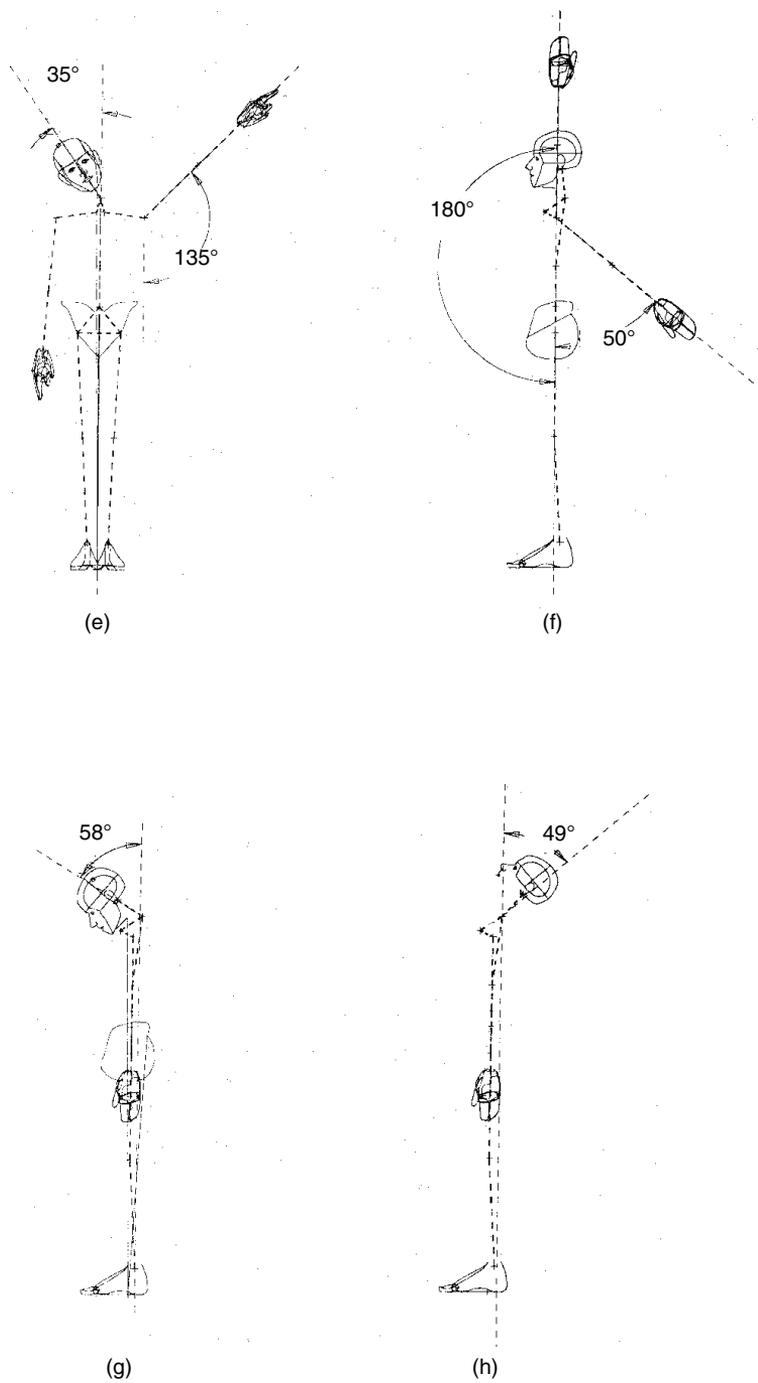


Fig. 3.8 Figuras de algunos ángulos límites en posición de pie

### 3.5 Ángulos de confort

Cuando analizamos movimientos, hemos de tener presente que la mayoría de las veces no nos interesa el rango máximo de la articulación, sino los valores de confort de los ángulos que tienen las diversas articulaciones, fuera de los cuales el trabajo a realizar es más difícil, penoso o incluso peligroso para las personas. Cabe destacar que la orquilla de ajuste de los ángulos de confort dependerá también de la edad, el entrenamiento físico, las diferencias anatómico-funcionales, etc.

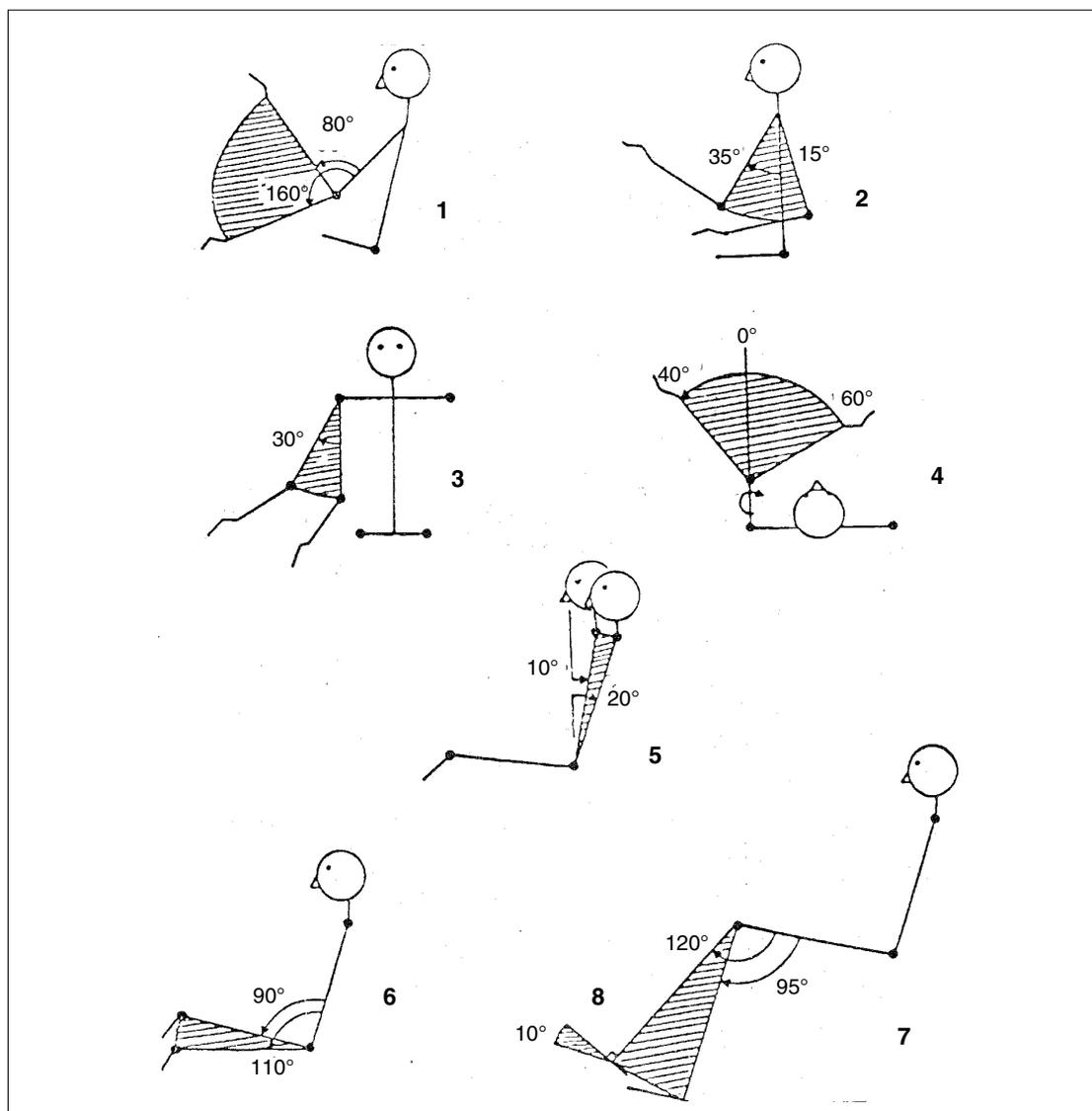


Fig. 3.9 Principales ángulos de confort (Grandjean)

Para ejemplificar la situación nos centraremos en los ángulos de confort para un puesto de conducción.

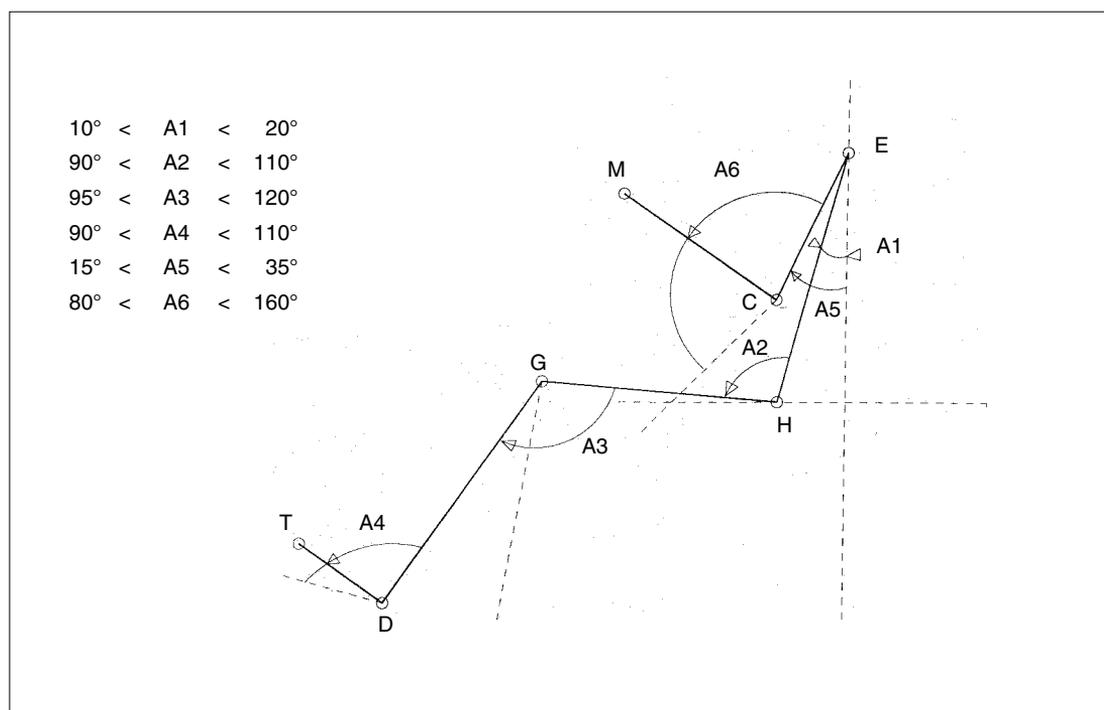


Fig. 3.10 Rangos de confort de algunos ángulos del puesto de trabajo de conducción

### Ángulo A.1

Delimitado por la vertical y el segmento hombro-cadera, varía en función de la tarea que se deba desarrollar. En efecto, se sabe que los ojos no pueden estar mucho tiempo fuera de la posición de equilibrio (ángulo de confort visual) entre los diversos músculos oculares. La cabeza se colocará en una posición tal, que la visión se haga en condiciones satisfactorias. El ángulo entre el cuello y el segmento espalda-cadera no podrá ser superior a  $25^\circ$ , ni inferior a  $10^\circ$ . Fuera de estos límites, aparece una fatiga importante a nivel de nuca.

En la práctica, el valor A.1 está alrededor de  $15^\circ$ .

### Ángulo A.2

Está definido por los segmentos hombro-cadera, y cadera-rodilla. El muslo debe quedar paralelo al suelo, y no debe, en ningún caso, estar inclinado hacia abajo, so pena de comprimir el paquete neurovascular de la cara posterior del muslo, por el borde de la silla.

El ángulo A.2 debe estar comprendido entre  $90^\circ$  y  $110^\circ$ .

### Ángulo A.3

Está delimitado por los segmentos cadera-rodilla y rodilla-tobillo. Los valores límites de este ángulo están comprendidos entre  $95^\circ$  y  $120^\circ$ , con el fin de evitar un riesgo circulatorio, así como una hiperextensión de la pierna.

### Ángulo A.4

Es el que forma el segmento rodilla-tobillo con una recta paralela a la planta del pie.

Se trata de una dimensión crítica, como testimonian los calambres sufridos por algunas personas después de un trabajo prolongado. El valor del ángulo debe estar comprendido entre  $90^\circ$  y  $110^\circ$  máximo.

### Ángulo A.5

Este ángulo está limitado por el segmento hombro-codo y la vertical pasando por el hombro.

Hemos visto que el segmento hombro-cadera forma con la vertical un ángulo A.1 de  $15^\circ$  cuando la persona está sentada normalmente.

El brazo no puede encontrarse detrás del segmento cadera-hombro, pues es proyectado hacia adelante por la forma del respaldo. Para evitar una fatiga de los músculos de los miembros superiores, el ángulo A.5. no debe de pasar de un valor máximo de  $35^\circ$ .

Los valores límites del ángulo A.5 serán, pues, de  $15^\circ$  y  $35^\circ$ . El ángulo puede ser de  $45^\circ$  cuando los codos reposen sobre un apoyo.

### Ángulo A.6

El ángulo A.6. está limitado por el segmento hombro-codo y el segmento codo-muñeca. Los límites de los movimientos son muy largos; estos límites de confort han sido evaluados de  $80^\circ$  a  $160^\circ$ .

### Ángulo A.7

Está limitado por el segmento codo-muñeca y el segmento puño-articulación metacarpo-falanges. En lo que concierne al puesto de trabajo, se dará al ángulo A.7 un valor de  $180^\circ$ .

## 3.6 Ángulos de visión

Casi todos los puestos de actividad a que se ven sometidas las personas, además, tienen una implicación alta con el campo de visión, y esto lleva a que tengamos que analizar la posición de la cabeza y los ojos en las diferentes tareas que se deban desarrollar. Algunas veces al diseñar un PP.TT. el elemento del que partimos para componer la arquitectura del puesto es precisamente la distancia entre el ojo y la mano, o la distancia del ojo a un punto crítico de la pieza. Los ángulos definidos a continuación suponen el ojo inmóvil. Los límites angulares, en función del desplazamiento del globo ocular son netamente superiores, tal y como indicamos seguidamente.

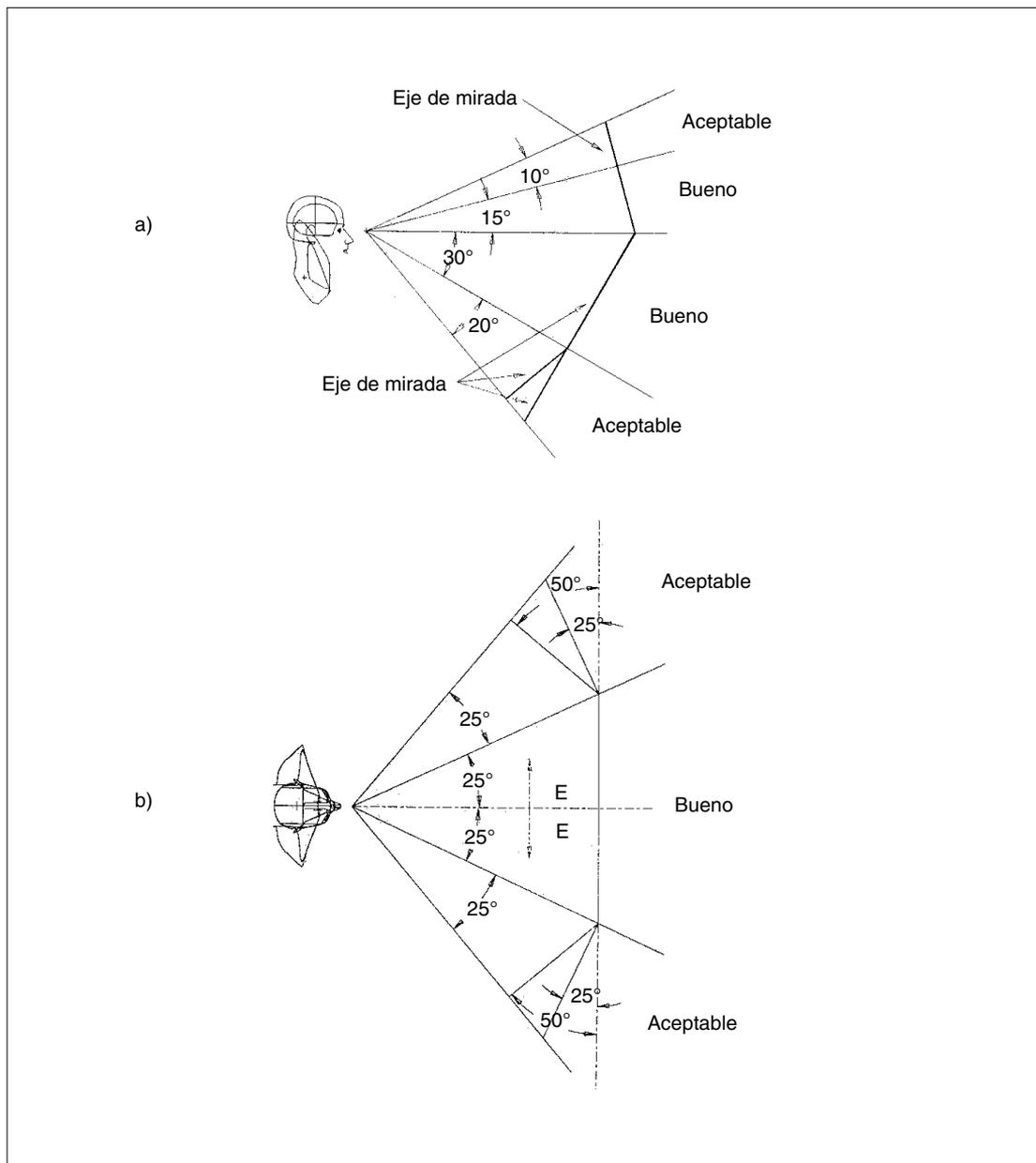


Fig. 3.11 Ángulos de visión a) perfil b) planta

En el plano sagital, el campo visual está comprendido en un ángulo que, respecto a la paralela al suelo, varía de  $+15^\circ$  a  $-30^\circ$ .

En el plano horizontal, el campo visual se considera como satisfactorio en los límites de  $25^\circ$  a derecha y  $25^\circ$  a izquierda del eje que pasa por la nariz.

La representación en el campo de visión también se debe definir por la elipses de visión binocular, como las de la figura 3.12.

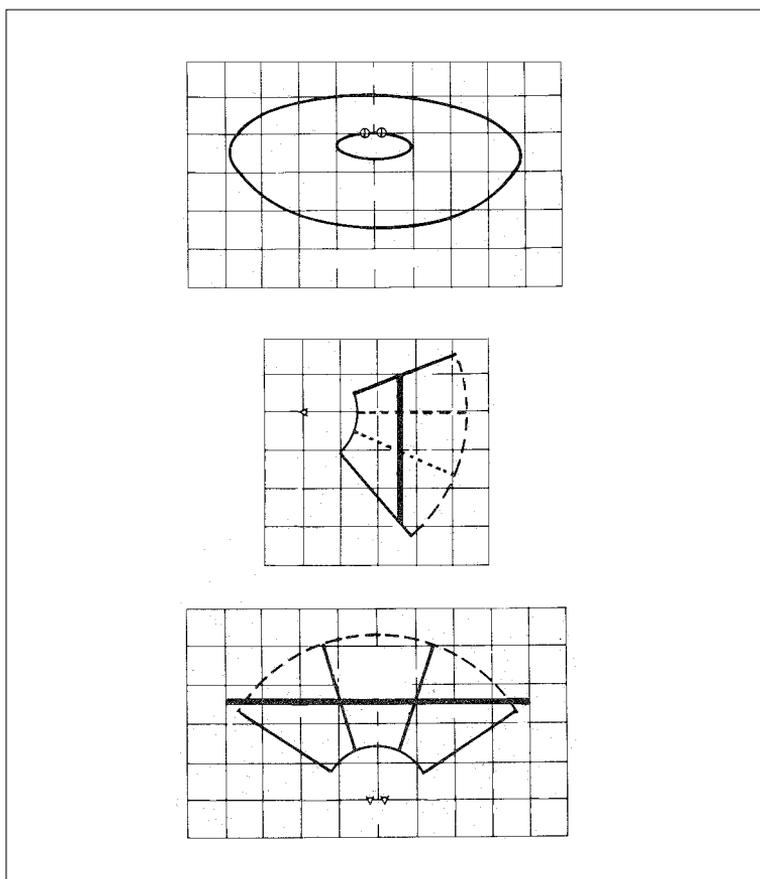


Fig. 3.12 Diferentes planos de análisis de tareas referidos a la visión

### 3.7 Ejemplo del cálculo de un levantamiento inclinado

Uno de los problemas más frecuentes con los que acostumbramos a tropezar en Ergonomía al diseñar los PP.TT. es a la hora de proyectar los límites de los esfuerzos a que se verán sometidos los operarios en la manipulación de cargas. La identificación del problema nos proporciona un buen punto de partida para intentar reducirlo en la concepción del puesto, ya sea mediante el diseño de planos de trabajo alternativos, suministro de polipastos, proveyendo de puertos de descanso en el recorrido para el transporte de la carga, mediante planos inclinados de deslizamiento, rodillos, palancas, etc, y aunque el tema de transportes de cargas y levantamientos se trata en los capítulos siguientes, cabe

resaltar aquí un pequeño ejemplo de las fuerzas que soportaría el disco vertebral si el sujeto de la figura 3.13 tuviera que realizar esa tarea.

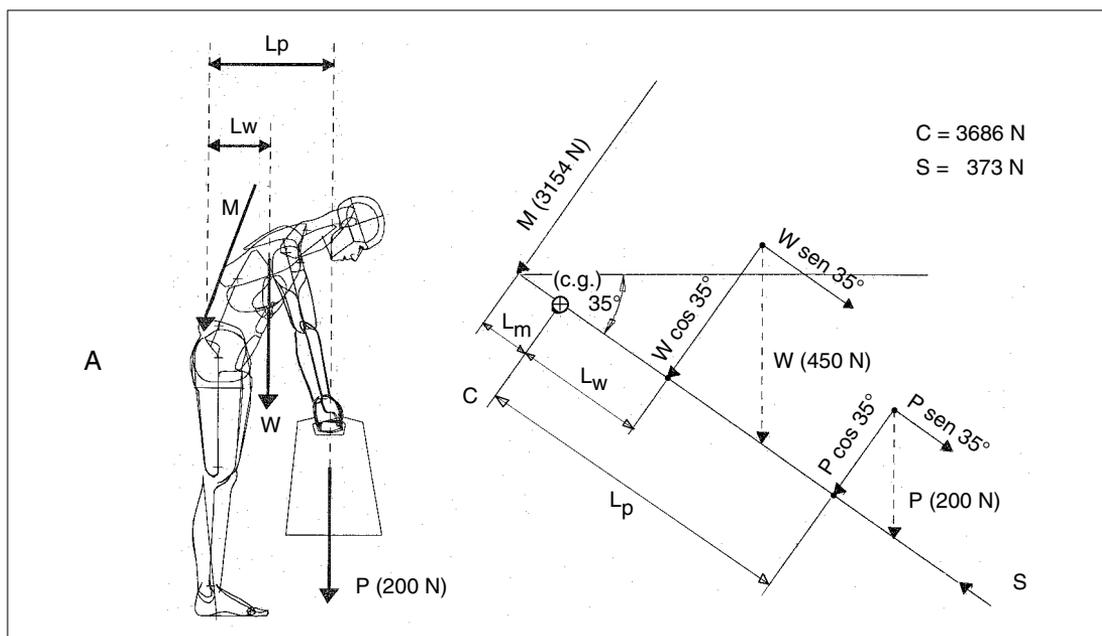


Fig. 3.13 Levantamiento inclinado de  $P = 200$  N

Analizemos el ejemplo suponiendo los valores que damos a continuación, tres son las fuerzas que actúan en la columna vertebral y en el nivel lumbo-sacro:

- 1 La fuerza producida por el peso de la parte superior del cuerpo,  $W = 450$  N.
- 2 La fuerza producida por el peso del objeto,  $P = 200$  N.
- 3 La fuerza producida por los músculos erectores de la columna vertebral ( $M$ ), magnitud desconocida

Además deberemos considerar dos momentos de giro ( $W \times L_w$  y  $P \times L_p$ ) que se originan por las fuerzas ( $W$  y  $P$ ) y sus distancias hasta el centro instantáneo.

Supongamos que el brazo de giro para  $P$  ( $L_p$ ) es de 40 cm, y el brazo de giro para  $W$  ( $L_w$ ) es de 25 cm.

El momento para el equilibrio ( $M \times L_m$ ) estará producido por ( $M$ ) y su distancia al centro instantáneo.

Si el brazo de giro ( $L_m$ ) es de 5 cm.

Recordemos que  $\sum Mc = 0$ , tenemos

$$M \cdot 0,05 = W \cos 35 \cdot 0,25 + P \cos 35 \cdot 0,4$$

$$M = 1/0,05 \cdot (450 \cos 35 \cdot 0,25 + 200 \cos 35 \cdot 0,4)$$

De donde  $M = 3153,73$ .

Si el disco vertebral está inclinado  $35^\circ$ , (W y P) se descomponen en una componente de compresión ( $W \cos 35^\circ$ ) y ( $P \cos 35^\circ$ ) respectivamente, y en una componente de cizallamiento ( $W \sin 35^\circ$ ) y ( $P \sin 35^\circ$ ) respectivamente.

La fuerza de compresión (C) se encuentra resolviendo la ecuación de equilibrio.

$$\sum F_i = 0$$

$$\sum F_x \rightarrow S = W \sin 35 + P \sin 35$$

$$\sum F_y \rightarrow C = M + W \cos 35 + P \cos 35$$

$$C = 3153,73 + 450 \cos 35 + 200 \cos 35$$

$$C = 3686,18$$

Y la fuerza de cizallamiento (S) se halla de la misma forma.

$$S = W \sin 35^\circ + P \sin 35^\circ$$

$$S = (450 \text{ N} \times \sin 35^\circ) + (200 \text{ N} \times \sin 35^\circ) = 372,82$$

La resultante sobre el disco (R) será:

$$R = 3705 \text{ N}$$

La dirección de R se determina mediante:

$$\sin a = C/R = 3686 / 3705 = 0,9964$$

$$a = 84,2^\circ$$

Así la línea de aplicación de R forma un ángulo de  $84,2^\circ$  con la inclinación del disco.

Como podemos comprobar el cálculo es laborioso y, además, este ejemplo está muy simplificado, ya que usualmente los operarios manipulan cargas de tamaños y pesos muy diferentes, con centros de gravedad cambiante (garrafas de líquidos, etc.); de ahí, que el transporte y la manipulación de cargas deba ser tratado de forma global y considerando el máximo de variables pertinentes al caso, tales como cadencia, estado físico de la persona, peso máximo, alturas de agarre y de desprendimiento, asibilidad de la carga, giros del raquis, duración de la tarea, temperatura de la carga, etcétera.

De todas formas y como medida preventiva, si observamos que en un área donde se desarrollan actividades físicas pesadas aparecen problemas de lumbalgias, cervicalgias, etcétera, lo primero que debemos intentar es reducir al máximo el riesgo, ya sea mediante el rediseño de la tarea (cambiando ritmos, cadencias y pausas de trabajo, rotando a los operarios y ampliando el tipo de tareas,



A pesar de ello, lo primero que se realiza es una visita al puesto, “pisar el terreno”, ya que dentro de la metodología del equipo de intervención se descarta el realizar teleergonomía: el equipo se plantea conocer la situación real y rechaza el suponer o dar por buenos los comentarios y datos aportados por profesionales ajenos. Se pretende de esta forma evitar el recibir datos distorsionados en origen. En un primer contacto se toman medidas del mobiliario y del área de actividad.

Posteriormente se pasa a la recogida de datos antropométricos pertinentes al caso y como la operaria, en principio, no comparte su puesto se realiza una recogida de datos directos sobre la persona, en función de los segmentos corporales implicados en el trabajo que realiza.

Además se recuperan del historial de la trabajadora los datos médicos de las algias, así como de todos los partes de incidentes y accidentes de este puesto, y se añaden todos los comentarios relevantes que la operaria manifiesta durante el análisis de la situación. La siguiente figura muestra la posición crítica de alcance y las zonas de quejas más habituales.

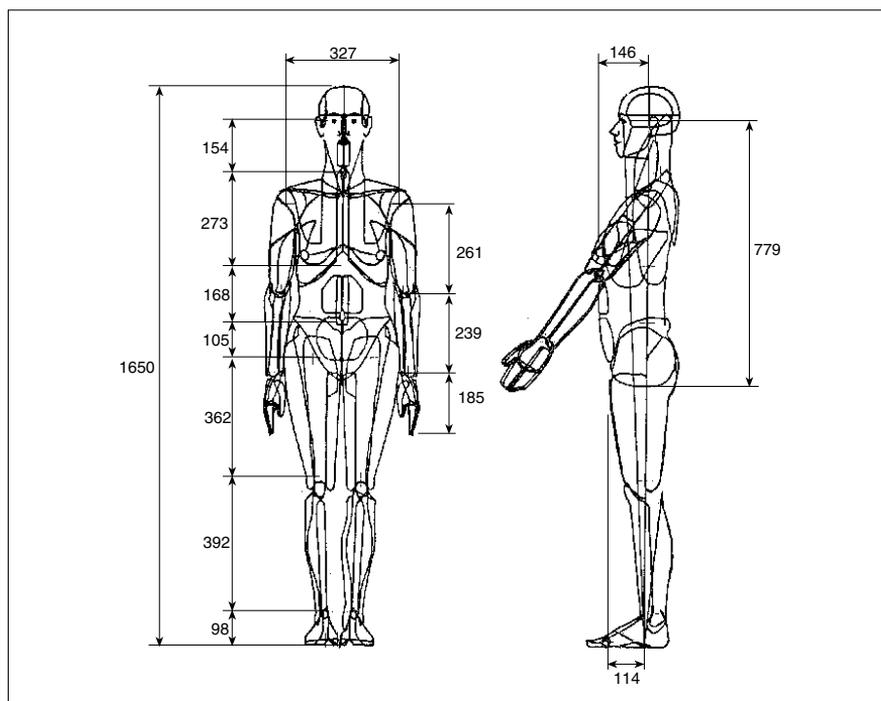


Fig. 3.15 Medidas antropométricas de la operaria

Se buscan las soluciones que contenga viabilidad económica y tecnológica, y que respeten al máximo los límites que nos han impuesto en la fase de petición original, sin dejar en el tintero aquellas ideas colindantes y que no se separan radicalmente del objetivo del encargo. Toda solución que se plantea a la dirección por el equipo de ergonomía lleva un análisis económico y un plan de seguimiento.

Finalmente, la solución implementada consiste en un rebaje en la mesa que permita que la operaria alcance las zonas sin tener que forzar la postura, si bien es cierto que la solución es primitiva y comporta una gran dosis de economía tanto material como de movimientos de la operaria, y soluciona en un primer momento el problema más crítico y visible del puesto.

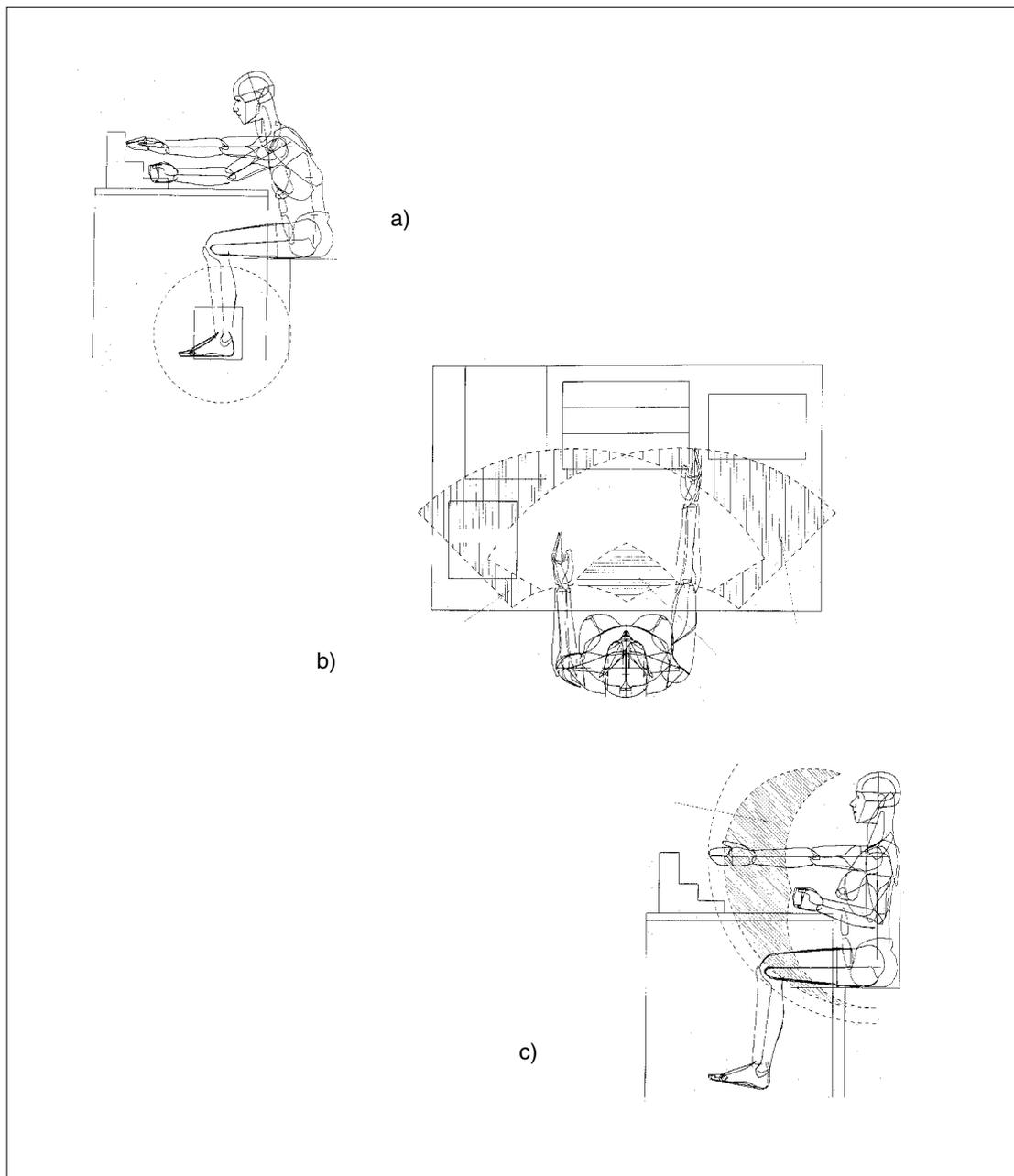
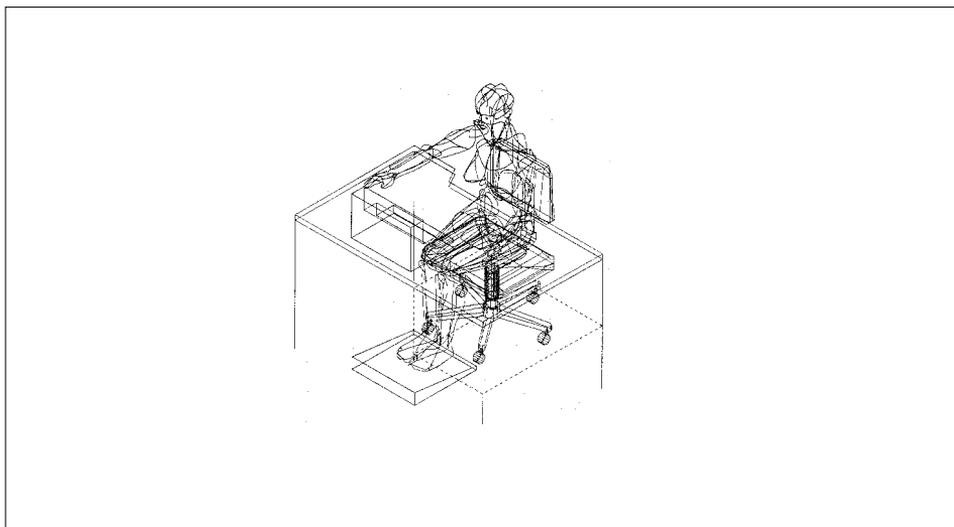


Fig. 3.16 Posicionamiento y zonas afectadas a) perfil b) planta c) zona funcional y de alcance

Además se ha propuesto un sistema mínimo y fácil de registro de la intervención para que la empresa tenga conocimiento de la inversión y pueda prever otros PP.TT. posibles de mejora. De todas formas, esta primera solución admitida sólo se ha mantenido en un parámetro, aunque se diseñaron otras soluciones más complejas que poseían un análisis de otras variables y un cambio integral del área de actividad, incluyendo, obviamente, soluciones que implicaban cambios tecnológicos, pero que en un primer momento no fueron consideradas interesantes por la empresa.



*Fig. 3.17 Rebaje en la mesa para permitir la aproximación de la operaria a la centralita y el fax*

## 4 Herramientas manuales y patologías

### 4.1 Consideraciones previas

De la biomecánica se derivan directamente dos aspectos fundamentales en el diseño de puestos de trabajo como causa y efecto de los esfuerzos realizados por lo operarios: las herramientas manuales y las patologías que ocasionan.

Si bien gran parte de las patologías laborales podemos preverlas en su origen por la concepción defectuosa del puesto de trabajo (por un posicionamiento defectuoso del operario, por ejemplo una abducción innecesaria de brazos mantenida en tiempos largos producirá fatiga y/o daño que pueden dar lugar a errores, accidentes, y con toda seguridad acabará generando problemas osteomusculares). Casi siempre encontramos ligado el mantenimiento de posturas forzadas a la concepción negligente de PP.TT., ya sea debido a que los planos de trabajo obligan a levantar en exceso los hombros con la consiguiente carga estática, lo que desemboca en el aumento del metabolismo y en la pérdida de la eficacia muscular, o a que el tipo de herramienta utilizado no es compatible con el tipo de actividad propuesta, o a otros múltiples factores considerados erróneamente en la concepción y el diseño del área de trabajo.

De ahí que como primeras medidas profilácticas para evitar lesiones en las extremidades superiores, que son las más castigadas estadísticamente en el trabajo, debieramos tratar de:

1. Favorecer el trabajo dinámico, o lo que es lo mismo: no restringir la circulación sanguínea, ya sea porque una herramienta está diseñada defectuosamente y obliga a mantener el dedo en el gatillo durante largos períodos de tiempo entumeciendo el dedo, o porque otro segmento corporal cualquiera está privado de la movilidad mínima requerida para la buena circulación sanguínea.
2. Controlar las desviaciones excesivas de la mano (radial, cubital o ulnar, hiperflexiones o hiperextensiones), sobre todo cuando van acompañadas además de movimiento rotativos del antebrazo (pronación -supinación).
3. Evitar restricciones en los movimientos del hombro provocados por las ropas de trabajo muy ajustadas. Un elemento de diseño tal como la manga ranglán puede ayudar a evitar la pérdida de holgura necesaria cuando el operario lleva ropas gruesas debajo de las de trabajo.

4. Bloquear las vibraciones para que no se transmitan de la herramienta al cuerpo; debemos romper la frecuencia de vibración en la máquina.
5. Eliminar esfuerzos excesivos sobre pequeñas superficies: coger en pinza puede ser un postura suprimible sobre todo si se debe realizar con alta cadencia, precisión y presiones de los dedos importantes.
6. Considerar el tipo de herramienta y la temperatura de las superficies a soportar, ya que a veces la obligatoriedad de utilizar guantes u otro elemento de sostén invalida el diseño prístino.

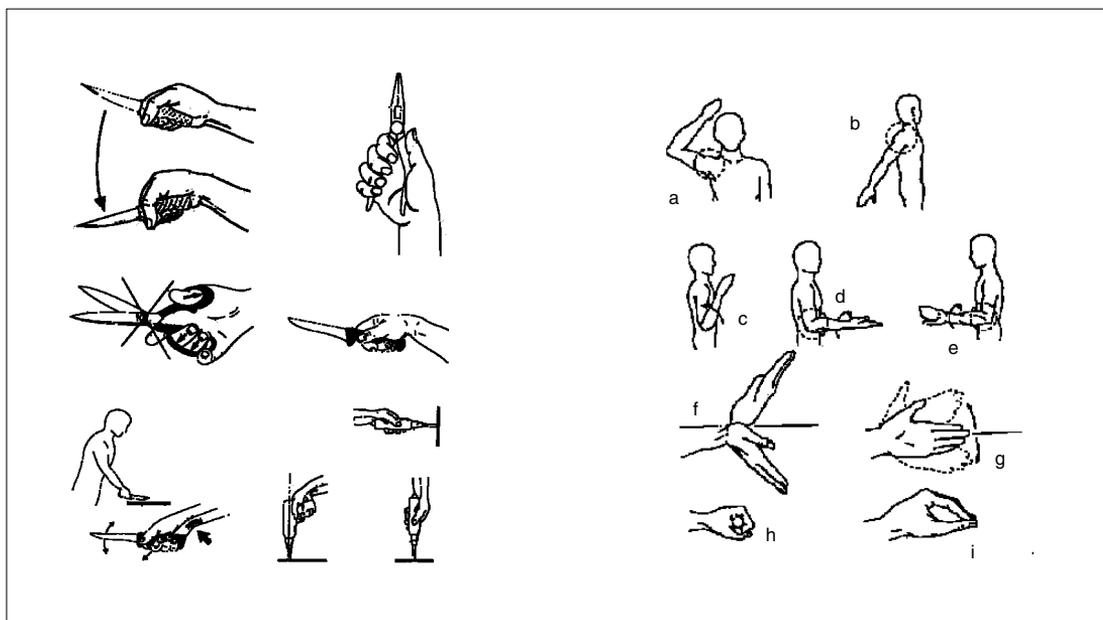


Fig. 4.1 Algunas posturas asociadas con lesiones

## 4.2 Herramientas de mano

Las herramientas de mano son artefactos que ayudan al trabajo, y que se caracterizan por amplificar o reducir alguna de las funciones propias de la mano, aumentando la funcionalidad de las mismas: ya sea incrementando la fuerza, la precisión, la superficie, generando mayor potencia a la torsión y al impacto, mayor resistencia a la temperatura, etc.

La negligencia en el diseño de las herramientas manuales provoca problemas físicos que se manifiestan en accidentes, lesiones, golpes, microtraumatismos repetitivos, excesivo cansancio, actuaciones deficientes, errores, etcétera. Además deben considerarse las pérdidas económicas que se generan en paralelo y que acostumbran a manifestarse por bajas tasas en la eficacia y eficiencia del

sistema mediante la generación de pausas disfrazadas (para recuperarse del cansancio) que demoran las acciones, ya sea por baja calidad del producto (pares fuera de rango), o de cualquier otra forma que pueda desestabilizar el nivel competitivo de la empresa.

Cualquier error que cometamos en la fase conceptual y/o de diseño de las herramientas, o en la adquisición de las mismas, aparecerá reflejado en el análisis global de la actividad, bien en una baja productividad, en un alto porcentaje de material de desecho, bien en un índice elevado de microtraumatismos repetitivos, etc. En el diseño y/o selección de herramientas manuales debemos tener siempre presentes el máximo de parámetros a evaluar si queremos obtener un sistema productivo óptimo que respete las capacidades de actuación de las personas y los ritmos de producción programados.

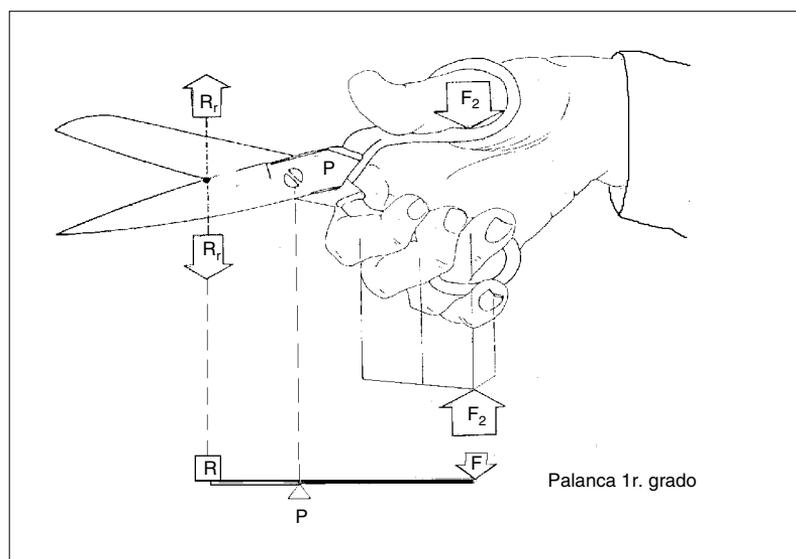


Fig. 4.2 Tijeras. Palanca de primer orden

Ejemplifiquemos con un taller de confección donde se utilizan unas tijeras (máquina caracterizada por ser una palanca de primer género que mantiene el punto de apoyo entre la potencia y la resistencia) con una frecuencia muy elevada; supongamos un proceso de patronaje en el que se utilizan las tijeras una vez cada 5 segundos, lo cual implica una frecuencia diaria aproximada de 6.000 veces (si esta cadencia le parece elevada piense que en los análisis efectuados en los trabajadores de poda de viñedos se detecta que éstos llegan a realizar con las tijeras hasta 10.000 cortes por jornada. Suponiendo que las tijeras del taller de confección pesen 200 gr esto indica, que sólo en el transporte de ellas se moviliza más de 1 Tm al día, pero además deberemos sumar los esfuerzos a realizar tanto al cerrar la mano, que dependerán del material que se deba cortar, la forma, la fricción..., como al abrir las tijeras, que implicará sobre todo al tipo de unión que utilizemos en las tijeras. Con este primer ejemplo intentamos ejemplificar lo complejo del análisis, y la conveniencia de prever todas las variables en la fase de diseño o compra de este elemento mecánico tan simple como es una tijera.

O sea, para realizar una primera aproximación al análisis de las tijeras, cabe recordar que estamos hablando de una palanca de primer orden, y que las variables mínimas que debemos considerar son:

- 1) Al cerrar la mano: tipo de músculos fuertes (flexor común superficial, flexor común profundo e interóseos palmares), peso de las tijeras, resistencia, cadencia, material, forma, fricción, temperatura...
- 2) Al abrir la mano: tipo de músculos débiles (extensor común de los dedos, extensor propio del quinto dedo y del pulgar), esfuerzos anteriores, unión, revabas, riesgos para las manos, temperatura, cadencia, forma...

### **4.3 Principios generales para diseñar o comprar una herramienta manual**

Salvedad hecha de herramientas manuales hiperespeciales (láser, instrumental de microcirugía, armas sofisticadas, etc.), la mayoría de herramientas manuales que se utilizan en la industria acostumbra a tener un precio que de ninguna manera se puede caracterizar de prohibitivo, lo cual conlleva muchas veces a una adquisición poco meditada y que se apoya más en ideas preconcebidas y lastradas por la experiencia, que en un proceso reflexivo y analítico. Además, la paradoja aparece debido a que el bajo precio de algunas herramientas manuales (tijeras, martillos, remachadoras, etc.), que podríamos pensar como una característica muy positiva, arrastra con un grave problema: la decisión de compra se realiza sin un pliego de especificaciones funcionales, lo que puede provocar errores de bulto en la elección y adquisición de éstas.

A la hora de diseñar o comprar herramientas manuales se debe exigir un análisis inicial de ergonomía; de esta manera la repercusión para las manos y brazos de los operarios será beneficiosa y se mostrará, por ejemplo, en una reducción de presiones a ejercer, mangos más anatómicos y adaptados al tipo de tarea, menos hiperextensiones, flexiones y desviación cubital de muñeca, reducción del número de operaciones y movimientos, etc.

A veces, un análisis ergonómico fino de la tarea puede llevar a la necesidad de utilizar herramientas especiales: la inversión a hacer en estas herramientas es, generalmente, pequeña, y se obtienen beneficios rápidamente. El diseño de herramientas especiales puede consistir en cambiar ángulos de empuñaduras, ángulos de incidencia, motorizarlas, combinar funciones y usos en una misma herramienta, dotarlas de doble botonera para poder ser utilizadas con ambas manos..., lo que permite ahorrar tiempo en la ejecución de una tarea, la reducción de esfuerzos y de movimientos y, por consiguiente, la mejora de las condiciones de trabajo e incremento de la calidad, y la productividad.

Una mejora ergonómica evidente se obtiene, por ejemplo, con el uso de un destornillador eléctrico en lugar de uno manual. Ahora bien, el uso de una herramienta nueva puede comportar la aparición de nuevos problemas (vibraciones, un mayor peso, ser más frágil, requerir calibración, incrementar el riesgo de accidente, etc.). Por todo ello, para el diseño o la compra de herramientas manuales debemos considerar premisas de partida tales como:

1. Potenciar el uso de ambas manos, lo cual ayuda a mitigar los problemas de las personas zurdas y del cansancio cuando la mano dominante está fatigada. Aunque no debemos olvidar que para más del 90% de los usuarios la mano dominante es la derecha.
2. Diseñar las herramientas para ser utilizadas por el grupo muscular adecuado (debemos, por ejemplo, recordar que los músculos del antebrazo transmiten más potencia que los de los dedos y se cansan menos). Asimismo, en el triángulo precisión, fuerza y repetición se encuentran los problemas de casi todas las enfermedades profesionales correlacionadas con las tareas manuales; de ahí, que siempre que podamos procuraremos, por ejemplo, para reducir la precisión que la herramienta impone, que se pueda usar con todos los dedos de la mano, que los gatillos se puedan accionar con cuatro dedos mejor que con uno; para ejercer menos fuerza, utilizar los músculos que cierran la mano antes que los que la abren ya que los primeros son más fuertes; y, por último, dotar de sistemas motorizados a las herramientas que bajen la cadencia de uso de los músculos implicados.
3. Que el propio diseño de la herramienta contenga los grados que debemos girar la muñeca, ya que de esta forma la fuerza del antebrazo discurrirá paralela a la normal y evitaremos giros que mantenidos provoquen lesiones (por ejemplo, las empuñaduras de máquinas herramientas tales como taladradoras, remachadoras... tendrán un ángulo aproximado de 78°).
4. Analizar correctamente la forma de uso, ya que recomendaciones tales como la anterior quedan completamente invalidadas si el uso de las máquinas cambia el plano de ataque y pasa de estar perpendicular a requerir cualquier otra posición.
5. Generar guías para reducir la precisión del operario y para ayudar a discurrir el avance; suministrar polipastos que reduzcan la fuerza, para evitar que el operario tenga que cargar con el peso de la herramienta durante la jornada de trabajo, o durante todo el tiempo que dure la operación.
6. Suministrar elementos de impulso motorizados para que la fatiga afecte lo menos posible a los músculos.
7. Por último, recordar que las herramientas requieren de un correcto mantenimiento en cada una de sus partes: el abandono de alguna de ellas puede invalidar todo el diseño. Así una taladradora cuyas brocas no tuvieran los ángulos bien definidos, o una sierra cuyos dientes no estuvieran bien afilados, podrían ser dos casos paradigmáticos de errores usuales que invalidarían un diseño correcto en su origen.

#### 4.4 Sujeción de la herramienta

Para evitar sobrepresiones en las manos debemos recordar que las dos variables que entran en juego, aparte del tiempo de uso, son fuerza y superficie. Como la primera prácticamente viene fijada por la necesidad de asir la herramienta, la única variable a manipular es la superficie de contacto; si ésta es suficientemente amplia reducirá la comprensión y distribuirá las presiones por una área de piel mayor, lo que minimizará los problemas.

Por lo tanto, se debe extremar el cuidado en el diseño y uso de la empuñadura de las herramientas

para evitar la compresión intensa sobre las áreas sensitivas de la mano que puedan llevar a la inflamación de las vainas tendinosas, a comprometer la irrigación sanguínea (vasos sanguíneos) y a compresiones excesivas de los nervios críticos. Si la sobrecarga compresiva es suficientemente elevada, y el tiempo de exposición a ella alto, habrá inflamación de los tendones (tendinitis), mala vasculación muscular (fatiga) y parestesias, neuropraxis (calambres, hormigueos,...), que conllevarán falta de destreza y sensibilidad, fatiga muscular y disminución muscular (fuerza), y disminuirán drásticamente las capacidades funcionales del individuo.



Fig. 4.3 Distribución de presiones en la superficie de la mano

Por otra parte, no debemos olvidar que existen trabajos que comportan el uso de guantes, ya sea durante toda la operación, durante una parte, o en unas estaciones del año; en todos los casos, se deben analizar los mangos y los propios guantes, ya que un diseño equivocado puede llevar a que el operario actúe sin ellos, lo que incrementará la probabilidad de accidente o incidente, o incluso que un guante que no se adapta correctamente a la mano puede acabar produciendo una lesión.

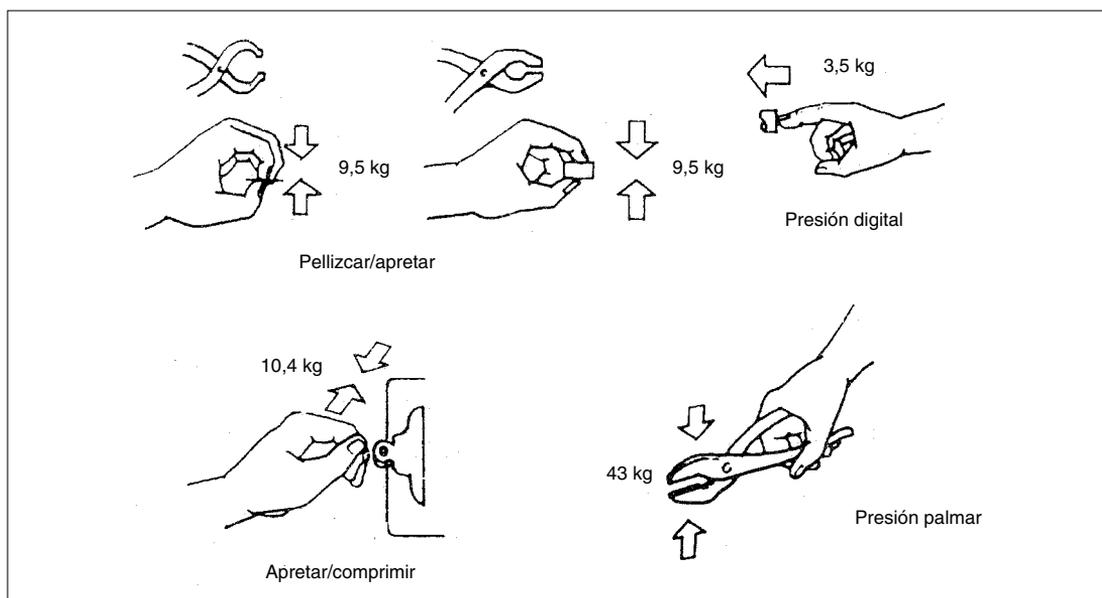


Fig. 4.4 Valores límites de fuerzas

#### 4.4.1 El mango de las herramientas

Para el correcto dimensionamiento de los mangos de las herramientas debemos, necesariamente, saber los datos antropométricos de las manos. Ésto requiere de un conocimiento de longitudes de las falanges de los dedos, así como, de características tales como el tipo de piel, las callosidades, el sudor de la mano, las deformaciones... Diferentes autores han sugerido medidas para mangos de fuerza que suelen ir de un diámetro de 40 mm a 65 mm, con recomendación de reducir el 20% si se han de utilizar con guantes. De todas formas, una vez más hemos de insistir en la bondad de la adaptabilidad a las medidas concretas del operario, y al tipo de tarea que debe realizar; no es lo mismo la operación de debastar una pieza con una lima, que hacer un ajuste fino de matricero con un limatón, o ajustar un tornillo de métrica 1ø, ya que la utilización de un tipo u otro de mango variará radicalmente el tiempo y la calidad de la operación; las diferencias en las medidas de los mangos tienen un rango en función del tipo de tarea tan amplio que no vale la pena sugerir números. Dependerá de la mano, del tipo de ésta, de la precisión, rapidez, cadencia, adaptabilidad, pericia del operario, etc.

X = valor medio

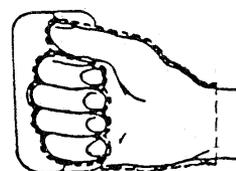
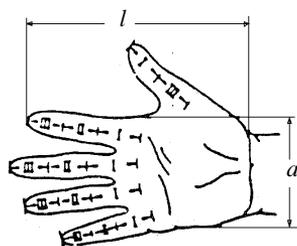
S = desviación estándar

I falange

II falangina

III falangeta

(medidas en mm)



95ª percentil  
+ guante protección

Per-centil	Pulgar		Índice			Corazón			Anular			Meñique			Largo <i>l</i>	Ancho <i>a</i>
	I	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III		
1ª	27,5	29	40,5	18	23,5	47,5	20,5	24,5	44	18,5	24,5	33,5	12,5	22	170	80
3ª	29	30	42	19	24,5	49	22	25	45	20	25,5	34,5	13,5	22,5	175	82
5ª	29,5	30,5	42,5	19,5	25	50	22,5	25,5	46	20,5	25,5	35	14	23	177	83
10ª	30,5	31,5	43,5	20,5	25,5	51	23,5	26,5	47	21,5	26,5	36	14,5	24	180	85
20ª	32	32,5	44,5	21	26,5	52	24,5	27	48,5	22,5	27	37,5	15,5	24,5	185	86
25ª	32,5	33	45	21,5	27	52,5	25	27,5	49	23	27,5	38	16	25	186	87
50ª	34,5	34,5	40,5	23	28	55	27	29	51	25	28	40	18	26	193	90
75ª	36	36	48,5	24,5	29,5	57	29	29,5	53,5	26,5	29,5	41,5	19	27	199	93
80ª	36,5	36,5	49	25	30	57,5	29	30	54	27	30	42	19,5	27,5	201	94
90ª	38	37,5	50	26	30,5	59	30,5	30,5	55,5	28,5	30,5	43	20,5	28	205	95
95ª	39	38	51	27	31	60	31,5	31,5	56,5	29,5	31	44,5	21	28,5	209	97
97ª	39,5	38,5	51,5	27,5	31,5	60,5	32	32	57	30	31,5	45	21,5	29	211	98
99ª	41	39,5	53	28,5	32,5	62	33	32,5	58,5	31	32,5	46	22,5	29,5	215	99

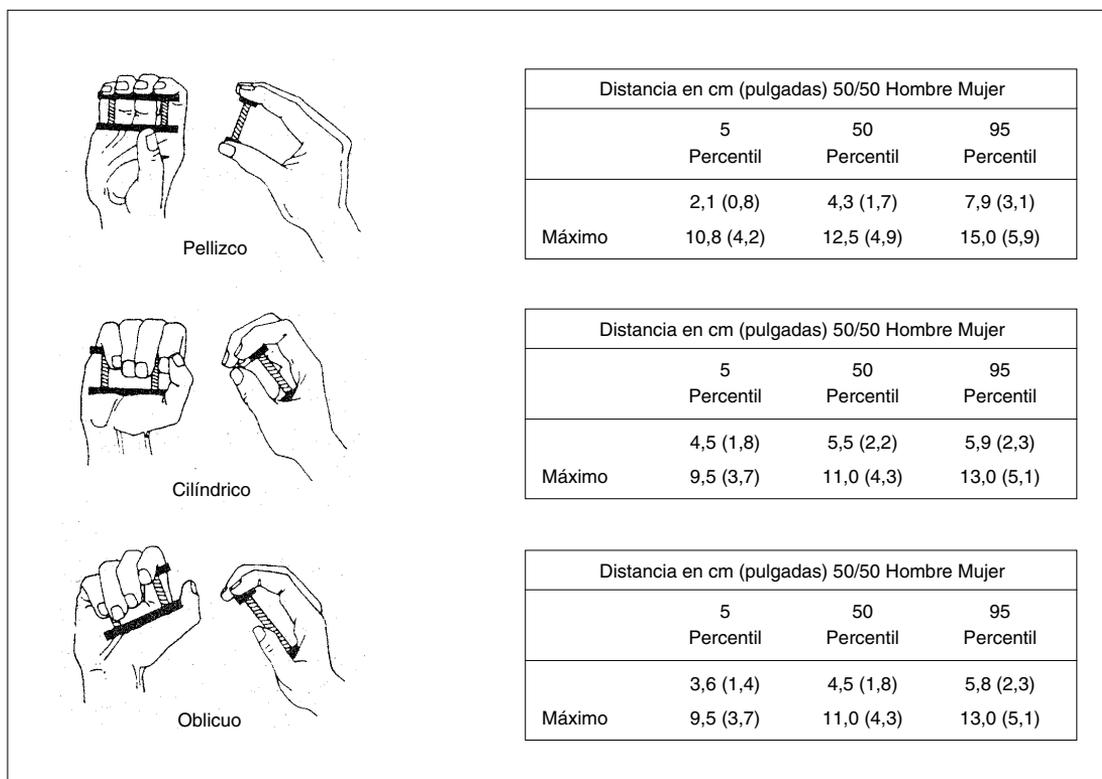


Fig. 4.5 Tabla de medidas antropométricas de las manos

En definitiva, se trata de conocer y utilizar las herramientas para aquello que se han diseñado, pues no tienen los mismos patrones conceptuales aquellas que se han concebido para disminuir esfuerzos del operario, que otras cuyo objetivo sea aumentar la precisión del esfuerzo, aunque formalmente se puedan confundir.

Además, cada clase de mango tendrá asociada una longitud idónea, un tipo de material a utilizar, según nos interese incrementar o decrementar el rozamiento, lo que vendrá regulado por el tipo de agarre: de contacto, de coger o de abarcar.

La composición de los mangos vendrá definida por las características básicas a conseguir: por ejemplo, los materiales compresibles amortiguan la vibración e impiden que el mango resbale, sobre todo si tiene un coeficiente de fricción elevado. Además podemos tener como premisa evitar la conducción del calor o de la electricidad... En función de estas características definiremos el tipo de material para la construcción del mango. Como vemos la textura es un parámetro importante ya que tiene que impedir que los mangos resbalen, reducir vibraciones, servir de dieléctrico, generar una barrera térmica, proporcionar información para identificar la herramienta (color, forma, logotipo...), servir de dispositivo informativo (destronillador busca polos), etc. En la actualidad existen materiales con tratamientos especiales que permiten en una primera etapa fijar la huella de la mano del operario

al mango, para después ser sometidos a un tratamiento que posibilita el ajustar el mango a la mano. Éste es un diseño a medida óptimo.

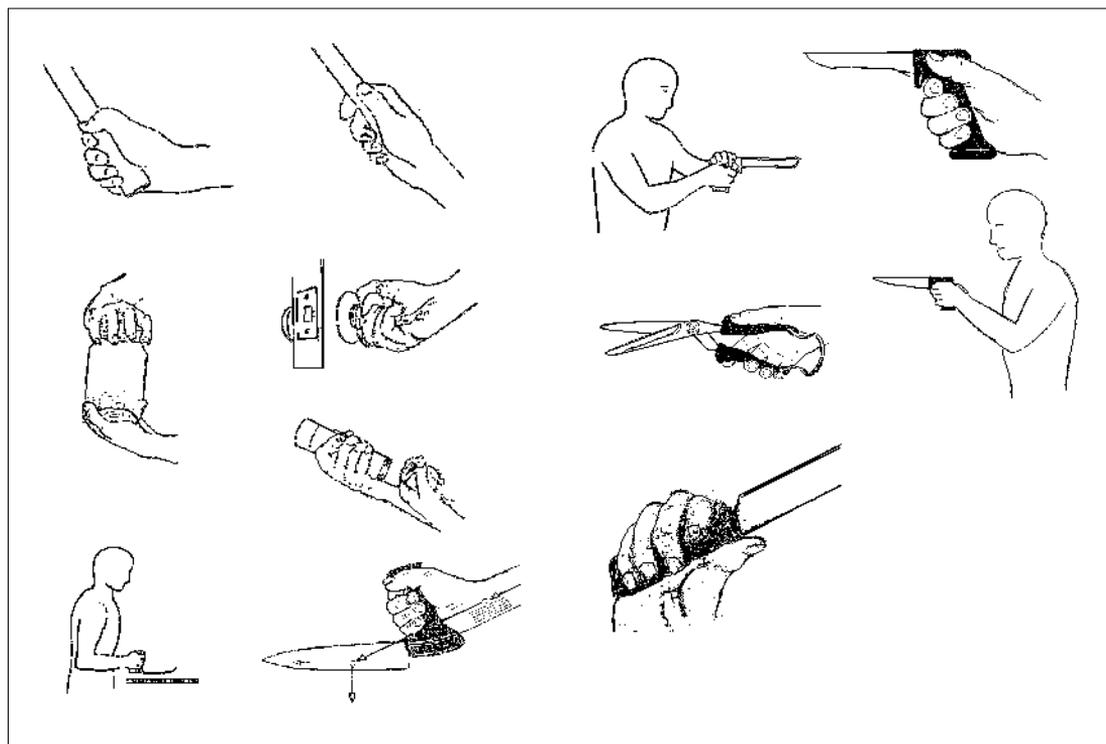


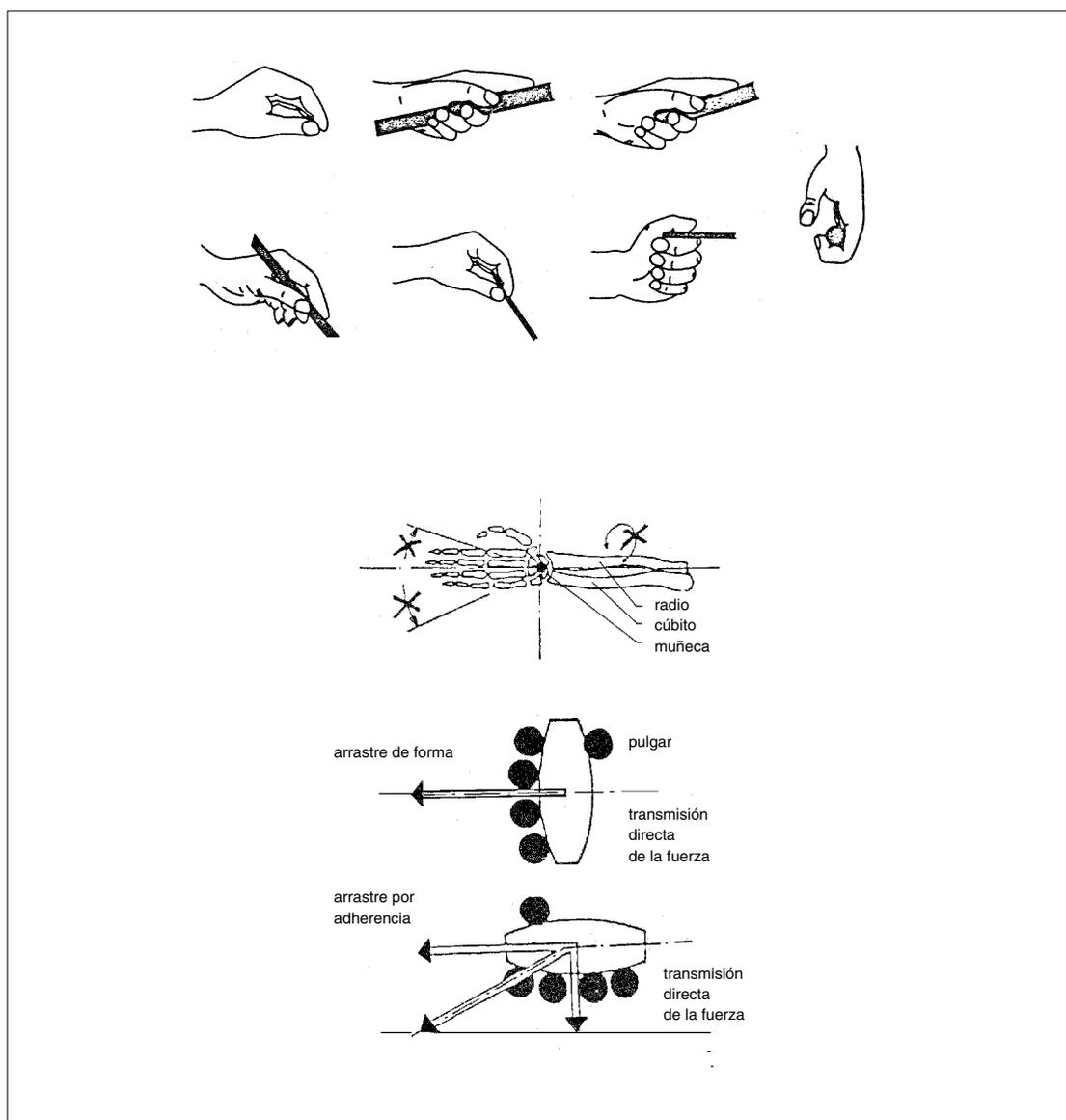
Fig. 4.6 Tipos de mangos y formas de asir

La forma es otro parámetro a considerar. La sección perpendicular es fundamental en los casos en los que se tiene que ejercer una torsión sobre la herramienta, mientras que la sección transversal es usual para evitar el movimiento adelante-atrás del instrumento. No se recomiendan las marcas para los dedos, pues no se adaptan a una gran parte de la población y generan más problemas que soluciones. Sólo son recomendables para herramientas personales hechas a medida. La mejor solución al problema originado por las diferencias de las manos de los operarios estriba en variar el diámetro del mango gradualmente haciéndolo troncocónico. De esta manera el operario puede asir en diferentes diámetros.

Por último, una clasificación muy recurrida es la de mangos de precisión y de fuerza. Los mangos de precisión tales como los de cuchillos, bisturis, lápices... se sujetan “de pellizco” entre el pulgar y el primer o segundo dedo, y se apoya en el dedo pequeño o en el costado de la mano, con el mango en el interior de la mano. En muchos casos la mano descansa sobre la superficie y sirve para guiar, transmitir presión... Hay que tener en cuenta que en muchas situaciones este tipo de mangos tienden a clavarse en la mano, sobre todo cuando necesitamos precisión y fuerza. Para evitar este problema debemos alargar la longitud y redondearla al máximo. La precisión aumenta si se puede colocar el

índice a lo largo del mismo (cuchillo, lápiz...). Otro tipo de sujeción en los mangos de precisión es de pellizco entre el pulgar y el primer dedo, el segundo soporte se hace en el lado del segundo dedo, sobresaliendo el mango de la superficie de la mano.

Los mangos de fuerza se sujetan con cuatro dedos a un lado y el pulgar rodeándolos por el otro lado. Existen diferentes categorías de este tipo, como son los mangos de pistola donde la fuerza para realizar la tarea se lleva a cabo a lo largo del antebrazo como en la sierra, o se opone a la fuerza como en el taladro. La forma de los mangos de asir de mazos y martillos dependerá de la función que se deba desarrollar y de la relación fuerza/precisión necesaria para la tarea.



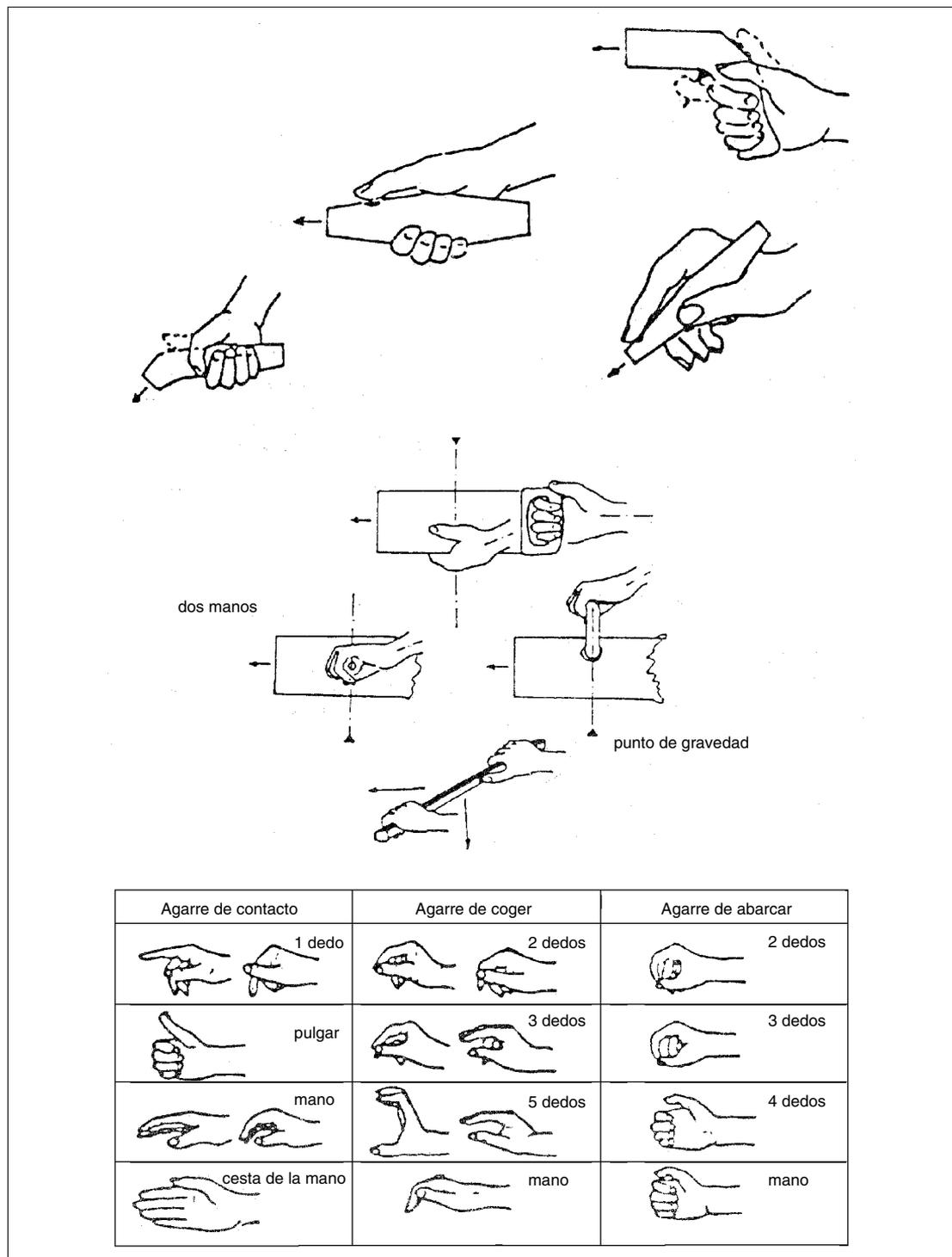


Fig. 4.7 Formas de agarre y formas de empuñadura

## 4.5 Patologías y microtraumatismos repetitivos

Teniendo en cuenta que los trabajadores normalmente sólo utilizan la mano en que tienen destreza, se hipertrofia la musculatura de ese hemicuerpo, y aunque no haya fatiga, se ocasionan molestias osteomusculares, semejantes a las de la práctica de deportes que son asimétricos. Además, desde hace mucho tiempo se conoce en mecánica la teoría de la fatiga de los materiales, que explica que una pequeña fuerza aplicada muchas veces puede producir el efecto de rotura del material. La aparición de molestias en la zonas de hombros, codos y de la mano-muñeca de carácter acumulativo tiene su origen sobre todo en la excesiva extensión y flexión o desviación radial o cubital de la muñeca, unas posturas de flexión, extensión y abducción exageradas de los brazos, unidas a una repetitividad excesiva de la tarea, que cobran mayor importancia cuando aparece ligadas, además, a esfuerzos excesivos.

Podemos decir que la suma de postura, fuerza y repetitividad configurarían el círculo de fatiga de la persona que acaba en el traumatismo repetitivo, que provoca insuficiente circulación vascular en las partes blandas, inflamación en los tendones por exceso de rozamiento de los mismos en los corredores anatómicos, compresión de los nervios como consecuencia de la inflamación de los músculos, ligamentos y tendones, inestabilidad de las articulaciones por las posturas forzadas, lesiones o roturas de las partes blandas,... De ahí que las soluciones óptimas pasen por corregir posturas, reducir esfuerzos y bajar las cadencias de las actividades mediante el diseño de PP.TT. y herramientas adaptables a los usuarios.

De todas formas, no es siempre fiable asociar efecto y causa última ocurrida, ya que podríamos caer en el error de creer que el último grupo de esfuerzos, posturas o frecuencias han producido la lesión y olvidar, por ejemplo, el histórico del operario en el taller; o por el contrario, enrocarnos en la hipótesis de que o bien no había pasado nunca, o que, cadencias y esfuerzos más elevados no han desencadenado jamás consecuencias similares. Ergo no debemos buscar ahí el problema.

A parte de este problema conceptual sobre la fiabilidad de la utilización de la hipótesis causa-efecto en la lesión, un trabajo que no haya sido proyectado correctamente, para nosotros ergonómicamente, puede producir una serie de patologías tales como: fatiga muscular, caracterizada por la incapacidad del músculo de responder a los estímulos; un tirón, que es una ruptura de fibras musculares de uno a varios haces con hemorragia localizada; una contractura, que es una alteración histoquímica sin lesión anatomopatológica visible; la elongación o estiramiento excesivo de fibras musculares sin ruptura; y la rotura de fibras que interesa a la totalidad de un haz o de un músculo, existiendo separación de cabezas y retracción, las patologías de tendones y vainas.

### 4.5.1 Traumatismos más usuales

Existe una correlación positiva entre algunas profesiones y problemas fisiológicos, de ahí que podamos generar unas tablas taxonómicas en las que aparezcan reflejadas las tres variables: actividad

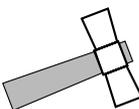
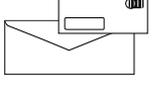
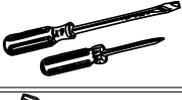
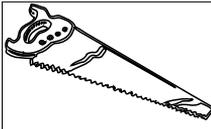
	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>MOVIMIENTOS</b>	<b>TRANSTORNO</b>
	Teclar, trabajos domésticos, trabajos de montaje, carpintería, cortar carne, cirugía, tocar instrumentos musicales.	Extensiones y flexiones de la muñeca; rotaciones rápidas de la muñeca; movimientos de la muñeca con fuerza y desviación.	Síndrome del túnel carpiano.
	Atornillar, montaje de pequeños componentes, jugar al tenis.	Pronación (giro) radial de la muñeca con extensión; extensión de la muñeca con fuerza; pronación del antebrazo.	Codo de tenista (epicondilitis)
	Teclar, montaje en cadena, transportar en el hombro o en la mano, empaquetar.	Postura estática prolongada de cuello, hombro y brazo; transporte de cargas de forma prolongada sobre el hombro y la mano.	Síndrome de tensión de la cervical.
	Soldar, pulimentar.	Rápida pronación del antebrazo; pronación con fuerza, pronación con flexión de la muñeca.	Síndrome del pronador redondo.
	Conducción de camiones, cadenas de montaje aéreas, soldar por encima de la cabeza, manipulación de cargas, transporte de cargas con los brazos extendidos.	Hiperextensión del brazo; alcances por encima de la cabeza; flexión del hombro; transporte de cargas en los hombros.	Síndrome del conducto torácico.
	Presionar gatillos, utilizar herramientas manuales que tienen mangos demasiado grandes para la mano.	Flexión repetida del dedo; mantener doblada la falange distal del dedo mientras permanecen rectas las falanges proximales.	Dedo en gatillo.
	Carpintería, albañilería; utilización de alicates; soldadura; tocar instrumentos musicales.	Extensión y flexión prolongada de la muñeca; flexión mantenida del codo con presión del encaste cubital.	Atrapamiento del nervio cubital; síndrome del canal de Guyón.
	Utilización de herramientas con vibración; ambientes fríos.	Agarre de herramientas con vibración; utilización de herramientas manuales que dificultan la circulación sanguínea.	Síndrome del dedo blanco; síndrome de Raynaud.
	Utilización de herramientas manuales.	Flexión de la muñeca con pronación del antebrazo.	Epicondilitis.
	Construcción; cadenas de montaje aéreas; soldadura por encima de la cabeza; transporte y reparto de cartas.	Abducción y flexión del hombro; brazo extendido o flexionado en el codo más de 60°; elevación continua del codo; trabajo con las manos por encima del hombro; transporte de carga en el hombro.	Tendinitis del hombro.
	Operación de presión con las manos; trabajos de montaje; trabajos con cables.	Extensión y flexión de la muñeca con fuerza; desviación cubital con fuerza.	Tendinitis en la muñeca.
	Pulimentación; operaciones de presión; cirugía; serrar; cortar; uso continuado de controles de acelerador de la motocicleta.	Movimientos de la muñeca; flexión y extensión de la muñeca con presión en la base palmar; rotaciones rápidas de la muñeca.	Tenosinovitis; síndrome de De Quervain; ganglión

Fig. 4.8 Cuadro de tipo de trabajo, patologías y factores ocupacionales

desarrollada, movimientos más frecuentes y trastornos que aparecen en las personas. Las más frecuentes son las siguientes:

1. Tendinitis: es la inflamación del tendón, por comprensión o rozamiento repetitivos. Puede suceder en las vainas tendinosas y los tejidos vecinos, o en las uniones con el hueso y el músculo y puede limitar la capacidad de movimiento. El ejemplo más conocidos es la tendinitis escápulo-humeral por trabajar por encima de los hombros.
2. Tenosinovitis: es la inflamación de las vainas tendinosas y de la cápsula articular (sinovial). Los extensores de los tendones sirven de lubricante cuando pasan por encima las articulaciones y la falta de lubricación genera una fricción del tendón sobre la funda. Afecta frecuentemente a la parte posterior de la muñeca y el más conocido es el síndrome De Quervain.
3. Síndrome del túnel carpiano: el nervio mediano, en su recorrido desde el antebrazo a la mano, pasa a través del túnel carpiano junto con los tendones flexores de los dedos así como también el plexo vascular que irriga la mano. El uso repetido de una herramienta con la muñeca en posiciones extremas, puede ocasionar la inflamación y dilatación de los tejidos a su paso por el estrecho canal óseo, así como la compresión del nervio mediano. La respuesta del organismo es la alteración sensitiva y motora de los músculos inervados por el nervio mediano, con el acompañamiento de hormigueo, endurecimiento y dolor en el miembro superior afectado.
4. Epicondilitis (es una tendinitis): es la inflamación dolorosa del codo por la realización de trabajos repetitivos con objetos o por movimientos repetidos de cargas pesadas asociado a la flexo extensión de la muñeca, en concreto la hiperextensión de la muñeca y por la prono supinación con carga, “codo de tenista”, “codo ama de casa”.
5. Dedo disparador (o engatillado, o en resorte): es el desarrollo de un nódulo en el tendón flexor al que llega la vaina. Se produce por que no se abarca bien la herramienta y en vez de presionar el interruptor con la falange media del dedo se presiona con la distal.

Como vemos, cada tipo de actividad lleva asociado unos movimientos característicos y unos requerimientos de esfuerzos, y además el sistema productivo marca unas frecuencias de producción. De no considerarse todas estas variables en la etapa de ergonomía preventiva, puede que estemos abonando el campo para producir una determinada patología o lesión, por lo tanto el equipo de proyectos deberá, adaptándolo a cada circunstancia, diseñar el área de trabajo, las herramientas, las pausas y descansos, las rotaciones... que considere necesarias para preservar los dos puntales básicos del sistema productivo: la salud de los operarios y la viabilidad económica de la organización.

## 5. Métodos más usuales en la valoración de esfuerzos

### 5.1 Esfuerzos físicos y trabajo

Para el estudio de los esfuerzos que las personas pueden realizar y la evaluación de los límites admisibles, recomendados, tolerables, exigibles y/o permitidos, sin peligrar su salud, existen actualmente, ante la falta de una buena y concluyente norma sobre solicitud de esfuerzos a las personas, diversos métodos de evaluación internacionalmente reconocidos que son los que se aplican por los responsables del proyecto del diseño en tareas tanto en la fase de concepción como en la de ergonomía correctiva.

Ahora bien, a nuestro entender, de momento la mejor solución para conocer si las solicitudes son o no excesivas para las personas pasa por la aplicación simultánea de diversas metodologías conocidas y contrastadas a una misma situación, ya que hemos comprobado que el multianálisis no siempre conduce a un solución unívoca, y que los rangos de variabilidad son, en algunos casos, tan importantes que invalidan intervenciones teóricamente óptimas. Las diferencias entre métodos pueden encontrarse en las restricciones que cada método prima, o en sus hipótesis iniciales, pues la mayoría de estas metodologías responden a límites establecidos mediante conceptos teóricos biomecánicos, fisiológicos o psicofísicos y la casi totalidad de ellos aplican modelos de ajuste que no siempre están estrictamente justificados. Otras veces, las discrepancias se deben a que las poblaciones de referencia no son representativas (pocos sujetos y/o ajenos a la población real), a que las pruebas se han hecho en situaciones de laboratorio (control del microclima, ruido, gases...), y otras muchas; a que la situación que estamos analizando no responde fidedignamente a las premisas de partida del método elegido.

Por todo ello, es aconsejable al hacer trabajos de ergonomía el aplicar diferentes metodologías a un mismo caso para extraer conclusiones lo más amplias posibles. Ciertos procedimientos serán más fácilmente aplicables, o más coherentes con nuestra situación; pero en todos los casos, la multiplicidad de métodos nos permitirá contrastar más hipótesis y afinar más en la toma de decisión.

De todas las metodologías internacionalmente reconocidas que se han desarrollado con los años, hemos escogido tres, que consideramos que son las que evalúan la problemática de manera más

precisa: la norma francesa AFNOR, el método del instituto alemán REFA (Siemens) y el método americano NIOSH. Además, no hemos podido ceder a la tentación de poner en el mismo nivel *Regímenes de trabajo y descanso con barrera de tensión térmica (REGI)* que es una metodología desarrollada por los autores del libro en los últimos años y que está pensada para obtener una visión individualizada del problema de la capacidad de trabajo físico y del gasto energético en situaciones laborales en las que el trabajo es de moderado a muy pesado.

Debemos hacer mención a que se han dejado en el tintero otros tipos de evaluación interesantes tales como el RULA de la Universidad de Nottingham, el método de *Niveles límite de fuerzas para trabajos manuales* de la Universidad de Surrey, el Ergonomic Layout and Optimazation of Manual work Systems (ERGOMAS), el método de NISSAN, el Ergonomics Balancing People & Technology de DOW, OWAS, etc., pero obviamente el tiempo y el espacio siempre obligan a realizar elecciones que muchas veces no son las más idóneas.

## 5.2 Método de AFNOR

El primero de los métodos que describiremos, es de hecho, la norma que para el estudio de las condiciones ergonómicas en los puestos de trabajo, ha desarrollado la Association Française de Normalisation (AFNOR), y que constituye la norma de homologación francesa (20 de julio de 1985) a falta de una norma internacional en la materia.

Esta norma ha sido desarrollada a partir de estudios efectuados por la Régie Nationale des Usines Renault.

### 5.2.1 Hipótesis y campo de aplicación

La norma AFNOR nos da los límites de esfuerzo recomendados por la acción sobre los controles, herramientas o útiles, excluidos los esfuerzos solicitados por el transporte de cargas con desplazamiento corporal del trabajador.

El campo de aplicación de esta norma es sobre las acciones elementales, en esfuerzos mantenidos menos de 7 segundos y dentro del volumen espacial aceptable, y no pretende una evaluación de la carga de trabajo global.

La aplicación práctica de la norma se basa en el cálculo del límite recomendado sobre unos ábacos, función del percentil de estudio, donde se grafican diferentes curvas en función de la posición del operario en el puesto de trabajo y de las características propias del esfuerzo. El ábaco base incluye el 80% de las mujeres y el 95% de los hombres; el rango llega hasta el 95% de las mujeres y el 100% de los hombres.

NATURALEZA DEL ESFUERZO	POSTURA	SENTIDO DEL ESFUERZO	REFERENCIA
PULSAR una mano	SENTADO con respaldo		B
	DE PIE		J
TIRAR una mano	SENTADO apoyo para los pies		G
	DE PIE		L
BAJAR una mano	SENTADO		N*
	DE PIE		K*
ELEVAR una mano	SENTADO		Q*
	DE PIE		M*
ROTACIÓN INTERNA	SENTADO o DE PIE		O*
ROTACIÓN EXTERNA			P*
CERRAR MANO			C
GIRAR VOLANTE dos manos	SENTADO		I*
	DE PIE		D* H* E*
PULSAR PEDAL un pie	SENTADO con respaldo		A
	DE PIE		F

Reglas de corrección:

- Para los esfuerzos señalados con un asterisco \*, dividir por 2 el valor obtenido en los ábacos, si estos esfuerzos no son realizados en el volumen de trabajo BUENO, sino en un volumen ACEPTABLE.
- Para esfuerzos realizados con las 2 manos:  
Multiplicar por 2 el valor obtenido para una mano, si el esfuerzo se realiza de pie.  
Mantener el valor obtenido para una mano si el esfuerzo se realiza sentado.
- Para el esfuerzo de empujar en postura sentado, en ausencia de respaldo que sirva de apoyo:  
Utilizar los valores J en lugar de B. Utilizar los valores F en lugar de A.
- Para un esfuerzo de tracción en postura sentado, en ausencia de un punto de apoyo para los pies, utilizar los valores L en lugar de G.

Fig. 5.1 Ábaco de AFNOR. a) Cuadro de identificación de esfuerzos

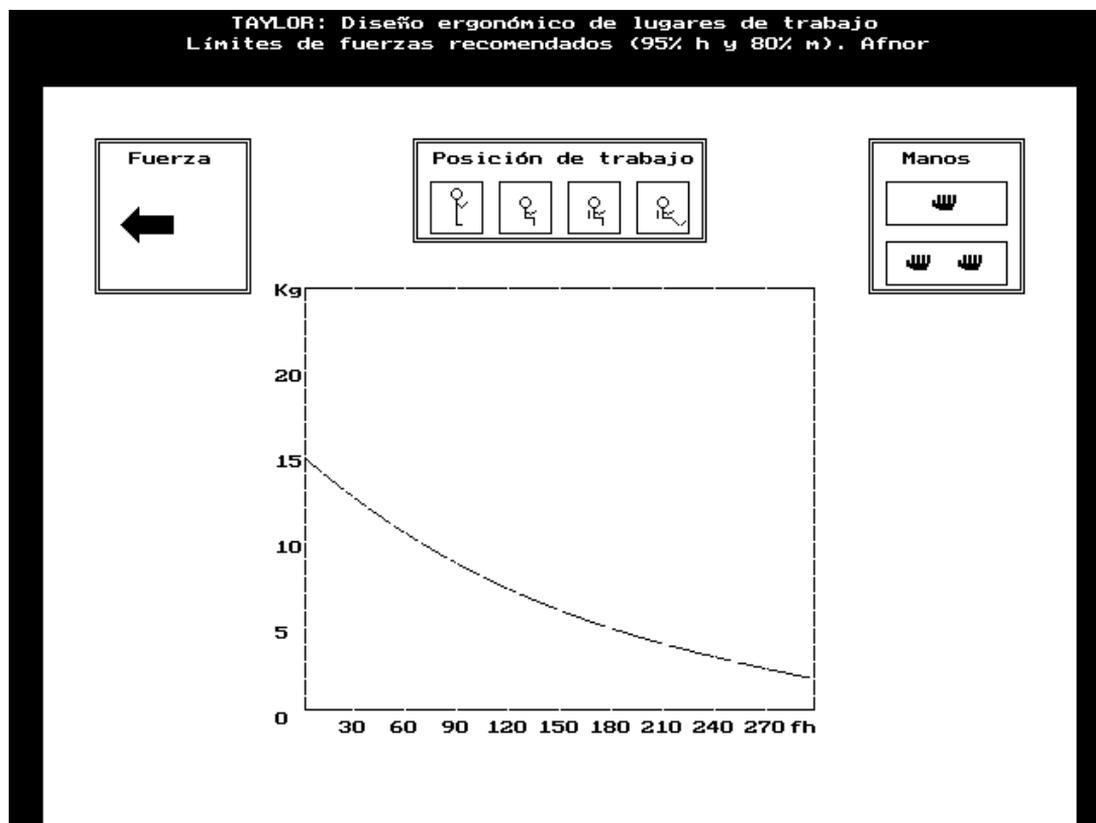


Fig. 5.2 Ábaco de AFNOR. b) Abaco fuerza, frecuencia horaria, posición de trabajo y número de manos utilizadas

### 5.2.2 Variables que considera el método

El límite de fuerza recomendado viene dado en función de la frecuencia horaria del esfuerzo y de las condiciones posicionales en el lugar de trabajo.

Las consideraciones antropométricas de la norma se resumen en un cuadro de identificación de los esfuerzos y de la posición de trabajo. En este cuadro se asignan las diferentes curvas del ábaco en función de:

- 1 Parámetros del esfuerzo:
  - Dirección y sentido de la fuerza: quedan especificadas las tres direcciones espaciales y los respectivos sentidos.
  - Dirección y sentido de giro del momento: sólo contempla dos posiciones de volante.

- 2 Posición del operario: se distinguen las situaciones en que el operario trabaja de pie o sentado. En este último caso se detallan, para ciertos esfuerzos, las características del asiento: con respaldo y/o apoyapies.

Finalmente, el valor obtenido en el ábaco se corrige, en algunos casos, en función de:

- 1 Si el esfuerzo no se ejerce dentro del volumen espacial de trabajo bueno o aceptable.
- 2 Si, en posición de pie, el esfuerzo se ejerce con las dos manos.
- 3 Si, en determinadas fuerzas, el asiento no tiene respaldo o apoyapies.

### 5.2.3 Comentarios a AFNOR

El método de AFNOR es el único que presentamos que tiene carácter de norma. Por otra parte, cabe resaltar que es el más pobre en cuanto a antropometría. Las variables posicionales y posturales consideradas son pocas y las correcciones por otros factores influyentes, poco rigurosas.

De todos los esfuerzos que podemos encontrarnos en un puesto de trabajo, la norma francesa estudia de manera completa las fuerzas, pero de forma escasa los momentos de giro.

El aspecto que la diferencia positivamente respecto a los otros métodos es la distinción posicional en el lugar de trabajo: de pie o sentado, y dentro de la posición de sentado, además con apoyo lumbar, o con apoyo lumbar y para ejercer fuerza con los pies. Esta consideración, que es la primera decisión que se ha de tomar a la hora de diseñar cualquier puesto de trabajo, está bien detallada. Para completar esta evaluación se incorporan las posibles variantes en el asiento; esto es de gran utilidad en la elección del mobiliario idóneo para ese puesto de trabajo.

Sin embargo, es un punto negro (tal vez el más criticable) que lo dicho hasta ahora sea lo único que se tiene en consideración desde el punto de vista de las relaciones dimensionales, o sea, que parta de la hipótesis de patrón único de medidas antropométricas. Además, la norma AFNOR no estudia las diferentes posturas que puede tomar la persona: de pie o sentada; se presupone que el operario adoptará la más cómoda para realizar el esfuerzo. Esta hipótesis subyacente al método, y a menudo utilizada por otras metodologías, es totalmente falsa pues, en muchas ocasiones, o bien por falta de entrenamiento, formación, pericia... en la realización de fuerzas, o bien por culpa de un diseño erróneo, aunque se quiera, no es posible adoptar esa postura ideal.

Temporalmente en AFNOR sólo se tiene en cuenta la frecuencia del esfuerzo y no se determina la influencia de la duración de la jornada laboral, ni el horario.

Del resto de variables relevantes, no se considera ni la edad, ni la preparación física de la persona, y sólo se trata la variable sexo, con la presentación de diferentes gráficos de resultados según el percentil de trabajo.

Operativamente, la norma AFNOR es sencilla y no presenta ninguna dificultad, ni de cálculo ni de interpretación.

### 5.3 Método de NIOSH

El National Institute of Safety and Health (NIOSH) de los Estados Unidos de América creó un comité de expertos para revisar la metodología sobre manipulación de cargas y levantamiento de pesos. Este comité desarrolló la *NIOSH Work Practices Guide for Manual Lifting* (1981) a partir de la revisión y estudio de diversas investigaciones en levantamientos manuales.

En las *Revisions in NIOSH Guide to Manual Lifting* (1991), revisión del de 1985, se plasmaron todos los conocimientos referentes al levantamiento manual de cargas en una fórmula práctica que constituye el procedimiento operativo del método.

#### 5.3.1 Hipótesis y campo de aplicación

El método NIOSH ha sido desarrollado con el fin de prevenir lesiones para un grupo de población formado por hombres y mujeres, y por esto es uno de los más restrictivo de todos los existentes.

A diferencia de otros métodos que establecen el límite sólo según uno de los conceptos que intervienen (biomecánico, fisiológico o psicofísico), este método combina los tres, estableciendo una carga máxima que responde al menor peso obtenido al aplicar a una misma tarea los tres conceptos. Así pues, el factor limitante o criterio para cada tarea puede variar.

El criterio biomecánico limita el esfuerzo sacro-lumbar, que es el más importante en tareas de levantamientos infrecuentes. El criterio fisiológico limita el esfuerzo metabólico y la fatiga asociada con tareas repetitivas de levantamientos. El criterio psicofísico limita la carga de trabajo basándose en la percepción que los trabajadores tienen sobre su propia capacidad de levantar una medida aplicable a casi todas las tareas, excepto con frecuencias de levantamiento muy elevadas (por encima de las 6 veces/minuto).

<i>DISCIPLINA</i>	<i>CRITERIO DE DISEÑO</i>	<i>VALOR DE CORTE</i>
Biomecánica	Máxima fuerza de compresión en disco	3,4 kN
Fisiología	Máximo gasto de energía	2,2-4,7 kcal/min (0,153-0,328 w)
Psicofísica	Máximo peso aceptable	Aceptable para el 75% de mujeres y el 99% de hombres trabajadores

Las decisiones tomadas por el comité de 1991 para la selección de los diferentes criterios se pueden resumir en:

### 5.3.2 Criterio biomecánico

- 1 Elección de la unión entre las vértebras L5 y S1 como el lugar de mayor esfuerzo lumbar durante el levantamiento.
- 2 Considerar la fuerza de compresión como el vector de esfuerzo crítico.
- 3 Seleccionar 3,4 kN como la fuerza de compresión que define un incremento de riesgo de lesión lumbar.

### 5.3.3 Criterio fisiológico

1. Fijar en 9,5 Kcal/min la medida base de capacidad máxima aeróbica para determinar el gasto de energía límite para tareas repetitivas de levantamientos.
2. Selección del porcentaje (70%) de la capacidad aeróbica base máxima para establecer el gasto de energía límite para los levantamientos que requieren predominantemente trabajo del brazo (levantamientos por encima de 75 cm).
3. Fijar tres porcentajes (50%, 40% y 33%) de la capacidad máxima aeróbica para establecer los límites de consumo cuando las tareas duran respectivamente 1 hora, de 1 a 2 horas, y de 2 a 8 horas.

### 5.3.4 Criterio psicofísico

- 1 Elección de un criterio aceptable para el 75% de la población trabajadora femenina.
- 2 Uso de pesos máximos aceptables para los levantamientos y fuerza para determinar los pesos límites recomendados.

Como nota importante cabe resaltar que como ya queda reflejado en el título de la guía, su aplicación es sólo para tareas de levantamientos en los que se usan las dos manos, y no se puede extrapolar a esfuerzos de características similares.

### 5.3.5 Variables que considera

El desarrollo de la ecuación de los levantamientos requirió:

1. Marcar una localización estándar para los levantamientos, definida a una altura vertical de 75 cm y una distancia de 25 cm desde el punto medio de los tobillos.
2. Establecer una carga constante referente al máximo peso recomendado para los levantamientos desde la posición estándar y bajo condiciones óptimas (es decir, posición sagital, levantamientos

ocasionales, buenos agarres, desplazamiento vertical inferior a 25 cm,...) aceptable para el 75% de las mujeres trabajadoras y el 90% de los hombres.

- Derivar las expresiones matemáticas para cada factor usado para reducir la carga constante y compensar las características de la tarea de levantar cuando se realiza en condiciones diferentes a la estándar u óptima.

Con todo esto, el peso límite recomendado se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

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

donde LC es el valor constante de 23 kg y el resto son factores correctores geométricos, temporales y de agarre.

**Multiplicador horizontal (HM):** incrementando la distancia horizontal de la carga a la columna, se incrementará la fuerza de compresión en el disco, y el límite del peso máximo aceptable decrecerá. La fuerza de compresión axial aplicada a la columna durante los levantamientos es generalmente proporcional a la distancia horizontal de la carga a la columna. Para satisfacer el criterio de los levantamientos, el multiplicador horizontal (HM) se determina como sigue:

$$HM = 25 / H$$

H es la distancia en centímetros del punto original medida sobre el plano horizontal entre las manos y els tobillos.

**Multiplicador vertical (VM):** cuando se levantan cargas desde cerca del suelo se incrementa el esfuerzo lumbar y el gasto de energía. El comité de 1991 eligió una disminución del 22,5% para reducir la carga permitida en los levantamientos cuando se hacían a nivel del hombro (150 cm) y a nivel del suelo, con lo que el multiplicador vertical resultaba de la siguiente forma:

$$VM = \{1 - [0,003 \text{ abs}(V-75)]\}$$

V es la distancia en centímetros medida en el plano vertical entre el punto medio de les manos y el suelo.

Tanto HM como VM se toman siempre en las coordenadas de origen de la manipulación de cargas, ya que se considera ese momento el más crítico durante la ejecución de la tarea.

**Multiplicador de desplazamiento (DM):** los resultados de los estudios psicofísicos sugieren una reducción aproximada del 15% de la carga máxima aceptable en los levantamientos cuando la distancia total movida se acerca al máximo (es decir, levantamientos con origen cerca del suelo y final por encima de los hombros), y a mantenerse constante cuando la distancia total desplazada de la carga es inferior a 25 cm. Como resultado, el multiplicador de distancia (DM) lo estableció el comité de 1991 como sigue:

$$DM = 0,82 + 4,5 / D$$

D es la diferencia de altura en centímetros de la carga a levantar, desde la posición inicial a la final.

**Multiplicador de asimetría (AM):** los pocos estudios sobre este aspecto informan de un descenso del máximo peso aceptable (8 al 22%) y un descenso de la fuerza isométrica de los levantamientos (39%) para tareas asimétricas de levantamientos de 90 comparadas con levantamientos simétricos. Así, el comité de 1991 recomendó una reducción del 30% sobre el peso permitido en tareas que conllevaran una asimetría de 90°.

$$AM = [1 - (0,0032 A)]$$

A es el ángulo en grados desplazado desde el origen al final del transporte en el plano sagital.

**Multiplicador de frecuencia (FM):** se basa en dos conjuntos de datos. Para frecuencias de levantamientos hasta 4 por minutos se usaron los datos psicofísicos de Snook y Ciriello. Para frecuencias superiores, los valores que se muestran en la figura de la tabla adjunta se determinaron en un proceso de tres etapas usando las ecuaciones de predicción de gasto de energía de Garg.

Los valores resultantes están comprendidos entre 0 y 1 y se hallan tabulados en función de la frecuencia (desde 0,2 levantamientos por minuto hasta más de 15), de la duración de la jornada laboral (inferior o igual a una, dos u ocho horas) y de la posición vertical (inferior o superior a 75 cm).

Jornada	< 1 h		< 2 h		≤ 8 h	
<i>Frecuencia (veces/día)</i>	<i>V&lt;75</i>	<i>V&gt;75</i>	<i>V&lt;75</i>	<i>V&gt;75</i>	<i>V&lt;75</i>	<i>V&gt;75</i>
0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
>15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Multiplificador de agarre (CM):** las cargas con agarres apropiados o asas facilitan los levantamientos y reducen la posibilidad de que se vuelque la carga. El consenso del comité fue penalizar los agarres pobres con un máximo del 10%. El coeficiente está tabulado según la altura y en tres categorías: bueno, medio y pobre.

Agarres	$V < 75 \text{ cm}$	$V > 75 \text{ cm}$
Bueno	1,00	1,00
Medio	0,95	1,00
Pobre	0,90	0,90

### 5.3.6 Comentarios a NIOSH

Aceptando de antemano que sólo se trata de un método para determinar los límites de levantamiento manual de cargas, es el más completo en este campo.

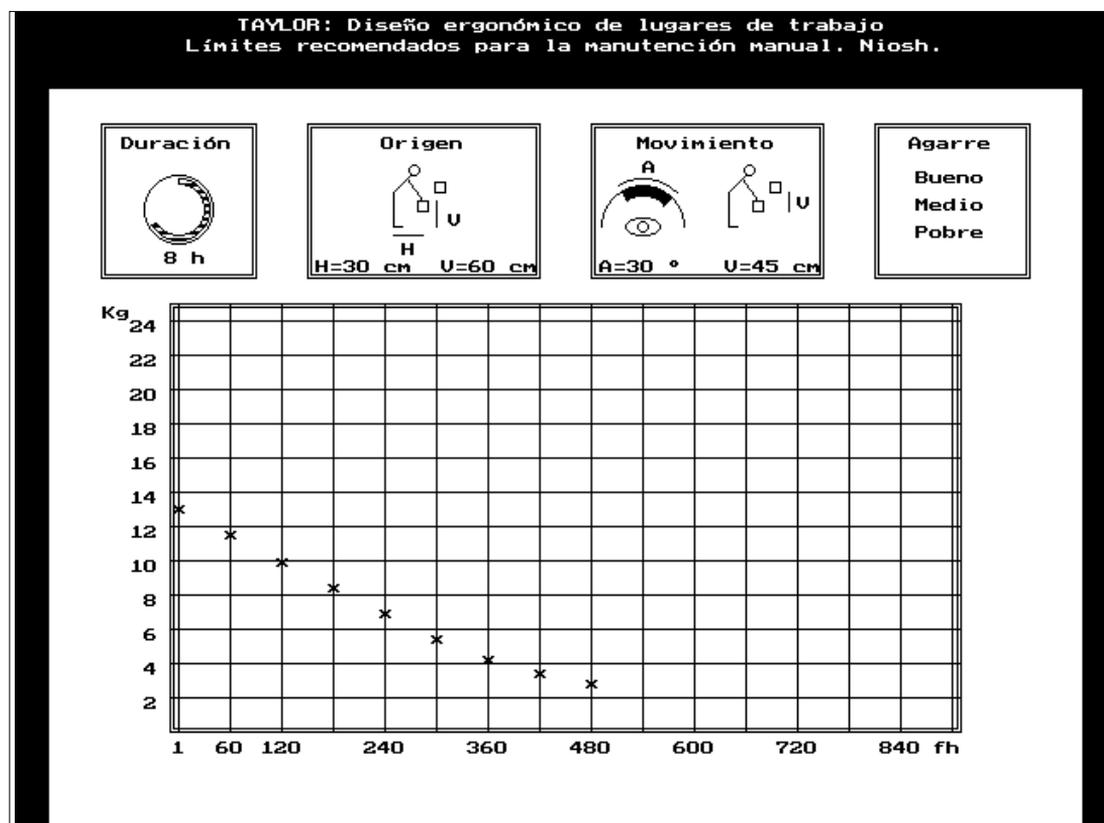


Fig. 5.3 Gráfica de NIOSH

NIOSH hace un tratamiento detallado de la columna vertebral, y distingue en el cálculo de los factores correctores, los casos en que hay movimiento del tronco ( $V < 75$  cm) de los que no hay ( $V > 75$  cm).

El tratamiento temporal, aunque de forma tabulada y discreta, es completo y señala claramente la franja de volumen de trabajo prohibido ( $FM = 0$ ).

Sin embargo, este método conlleva un volumen de cálculo tal, que si no se tiene automatizado algorítmicamente, dificulta los trabajos iterativos de diseño y toma de decisiones.

#### 5.4 REFA (Siemens)

El 30 de septiembre de 1924 se llevó a cabo en Berlín la fundación del Reichsausschusses für Arbeitszeitermittlung, más conocido bajo las siglas REFA.

De acuerdo con la voluntad de sus fundadores REFA tenía la tarea de recoger, examinar y ordenar todo cuanto fuera posible hallar en el campo de la determinación de tiempos de trabajo, tanto en las empresas como en la literatura especializada, y hacerlo accesible a la opinión pública en una forma tal que resultase apropiado para el estudio independiente y como documentación de cursillos.

Dentro del marco del programa de reconstrucción de las empresas después de la II Guerra Mundial, se intentó también poner de nuevo en pie la organización del trabajo y el cálculo de tiempos, dos campos muy abandonados. A esta tarea pudieron contribuir considerablemente las asociaciones regionales de REFA, fundadas nuevamente el año 1947.

La asociación REFA ha sido reconocida como de utilidad pública y pone a disposición de las organizaciones su consejo y su colaboración para garantizar la capacidad competitiva de la economía alemana y mejorar el nivel de vida de la población.

El manual REFA fue redactado contemplando todas las leyes, normas o códigos vigentes para los diferentes temas en la, entonces, República Federal Alemana. Es por esto que se ha convertido en una guía internacionalmente reconocida, seguida y aplicada, hoy en día, en gran cantidad de proyectos de ingeniería.

El contenido queda dividido por capítulos según materias, y comprende desde la evaluación de fuerzas físicas, hasta el estudio del ruido, pasando por métodos de trabajo, las condiciones visuales, controles e indicadores, clima, etc. Cada uno de los capítulos está concebido de forma que su contenido sea aplicable a través de unas hojas de trabajo esquemáticas. Nuestro interés se ha centrado en el estudio antropométrico de los límites admisibles para las fuerzas, momentos y manutención manual.

### **5.4.1 Hipótesis y campo de aplicación**

El procedimiento indicado constituye un método pautado por el cual el proyectista de los sistemas de trabajo puede determinar los valores típicos para las fuerzas y los momentos de giro límites, el conocimiento de los cuales es de interés para la planificación o el control de los procedimientos de trabajo. No se presuponen conocimientos de fisiología al encargado de calcular los valores, con lo cual se convierte en un método práctico pero peligroso; práctico porque siguiendo la rutina de trabajo se obtienen fácilmente los valores y sus rangos de uso, y peligroso por que el número en sí no es siempre un indicador fidedigno que resuma toda la problemática del caso. De todas formas, los estudios previos y las decisiones necesarias están dentro del marco de la actividad usual del ingeniero proyectista de sistemas de trabajo.

El método deja claro que los resultados obtenidos serán válidos para los esfuerzos con o sin movimiento, pero no para los movimientos con impulso o en los casos en que exista carga simultánea de diversos sistemas musculares.

Los límites admisibles para las fuerzas y los momentos de giro se calculan en relación con el lugar de trabajo, definido por el grupo de usuarios y las características de la actividad. Como base para el cálculo se toman las fuerzas máximas halladas por medición sobre hombres de aproximadamente 30 años de edad. La situación específica se contempla mediante la aplicación de factores. Si en un lugar de trabajo, las fuerzas y los momentos de giro que tiene que ejercer la persona no superan los límites calculados, no habrá ningún riesgo de sobresolicitación.

La selección del grupo de usuarios por sexo, edad y grado de preparación física se puede realizar de acuerdo con el campo de aplicación. Se consideran ciertas dispersiones de las fuerzas físicas en la población, pero no valores extremos.

### **5.4.2 Variables que considera REFA**

El cálculo del límite admisible se basa en unos valores de referencia tabulados según el sistema muscular y con diversas variables de entrada. El punto de acción de la fuerza es el interfaz entre la persona y la máquina, la herramienta o el objeto; generalmente está situado en la palma de la mano o en la planta del pie. De la situación del punto de acción de la fuerza y del grupo muscular utilizado resulta el sistema muscular.

En el caso particular de las fuerzas ejercidas por el brazo, la tabla sigue una estructura como la siguiente, con cinco parámetros de entrada:

- 1 Posición de la mano.
- 2 Rotación del hombro.
- 3 Altura de trabajo.

- 4 Ángulo del codo.
- 5 Dirección de la fuerza

Para el transporte de cargas se determina una fuerza máxima en función de la talla de la persona y de la distancia horizontal a que se tiene sujetado el peso, y se corrige, para obtener la fuerza de referencia, con factores que contemplan: las alturas de agarre, la frecuencia, el número de manos, el número de operarios y las tareas secundarias.

#### FACTOR PARA EL USO DE MANOS

Levantamientos con una mano . . . . .	0,60
Levantamientos con las dos manos . . . . .	1,00

#### FACTOR PARA CANTIDAD DE PERSONAS (levantamiento de cargas)

Levanta una sola persona. . . . .	1,00
Levantar dos personas. . . . .	0,85

#### FACTOR PARA TAREAS SECUNDARIAS

Leves . . . . .	1,00
Moderadas . . . . .	0,90
Severas. . . . .	0,80

Estos valores de referencia son corregidos con factores lineales, para tener en cuenta otros factores relevantes, y sirven para:

- 1 Determinar la influencia del sexo: aunque se tiene que procurar diseñar siempre para ambos sexos, la restricción a hombres puede resultar necesaria para los trabajos pesados.

#### GRUPO DE USUARIOS

Hombres. . . . .	1,0
Mujeres / mujeres y hombres. . . . .	0,85

2. Determinar la influencia de la preparación física: en este factor también se incorpora la constitución física. El valor planificado normal es 1 aunque se contempla la modificación desde el 80 % al 140 % del valor de referencia, según el área de aplicación.
3. Determinar la influencia de la edad y de la actividad: la edad de la persona nos restringirá el valor máximo del factor. El resto del cálculo se irá realizando según el tipo de esfuerzo y de actividad.

Como esfuerzo se tiene en cuenta toda tensión muscular ininterrumpida. En este método se distinguen dos tipos de esfuerzo. Entendemos por esfuerzo dinámico aquel trabajo muscular con claro movimiento, pero sin impulso, o el trabajo muscular realizado muy lentamente o sin movimiento por

un tiempo inferior a 0,1 minutos. Este tipo lo subclasificaremos en:

- 1 Dinámico severo: cuando se realiza con una pierna o los dos brazos, o cuando acompaña al levantamiento de una carga.
- 2 Dinámico unilateral: cuando se realiza con los dedos, la mano o un solo brazo.

En este caso, el tiempo de cálculo que se toma como base para el cálculo de los valores límite es igual al tiempo que pasa entre el primer y el último esfuerzo del sistema muscular considerado. Si los esfuerzos se interrumpen por más del 50% del tiempo anterior, comenzará un nuevo tiempo de cálculo. La aproximación sugerida es:

<i>Tiempo de cálculo</i>	<i>Aproximación</i>
de 0 hasta 1 h 15 min.	1 h
de 1 h 15 min hasta 5 h	4 h
de 5 h a 9 h	8 h

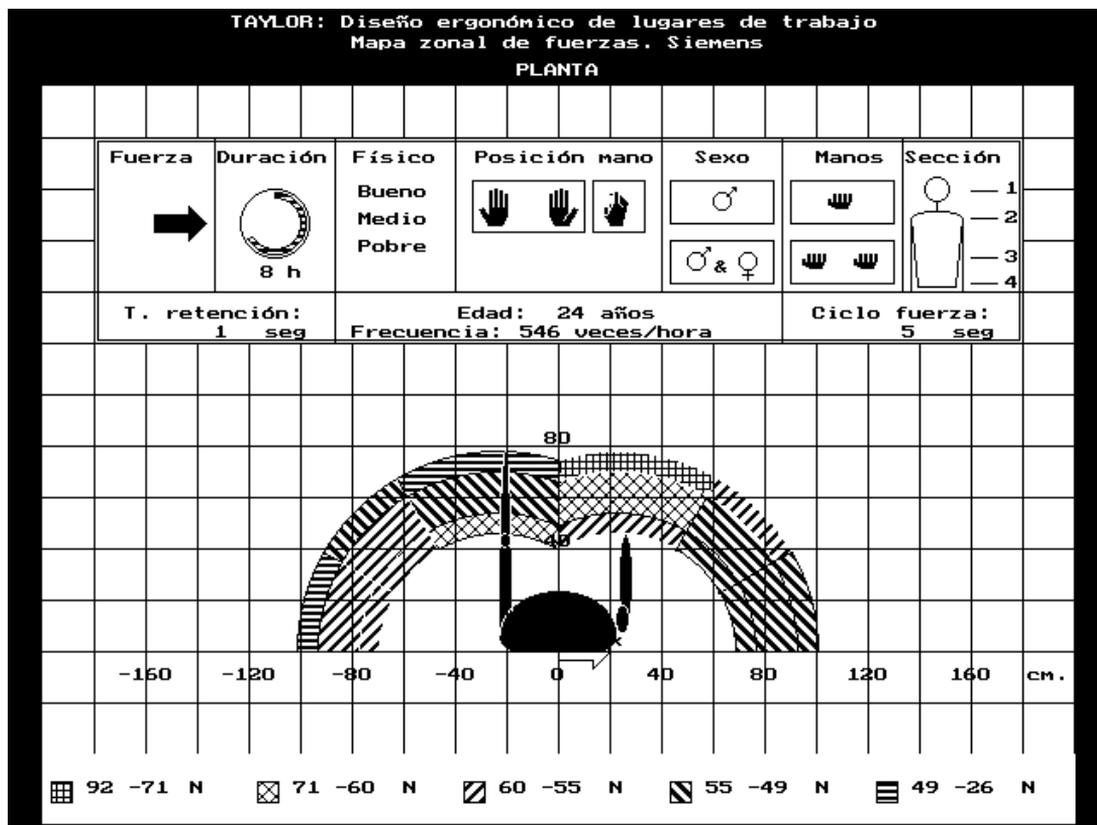


Fig. 5.4 Gráfica de REFA

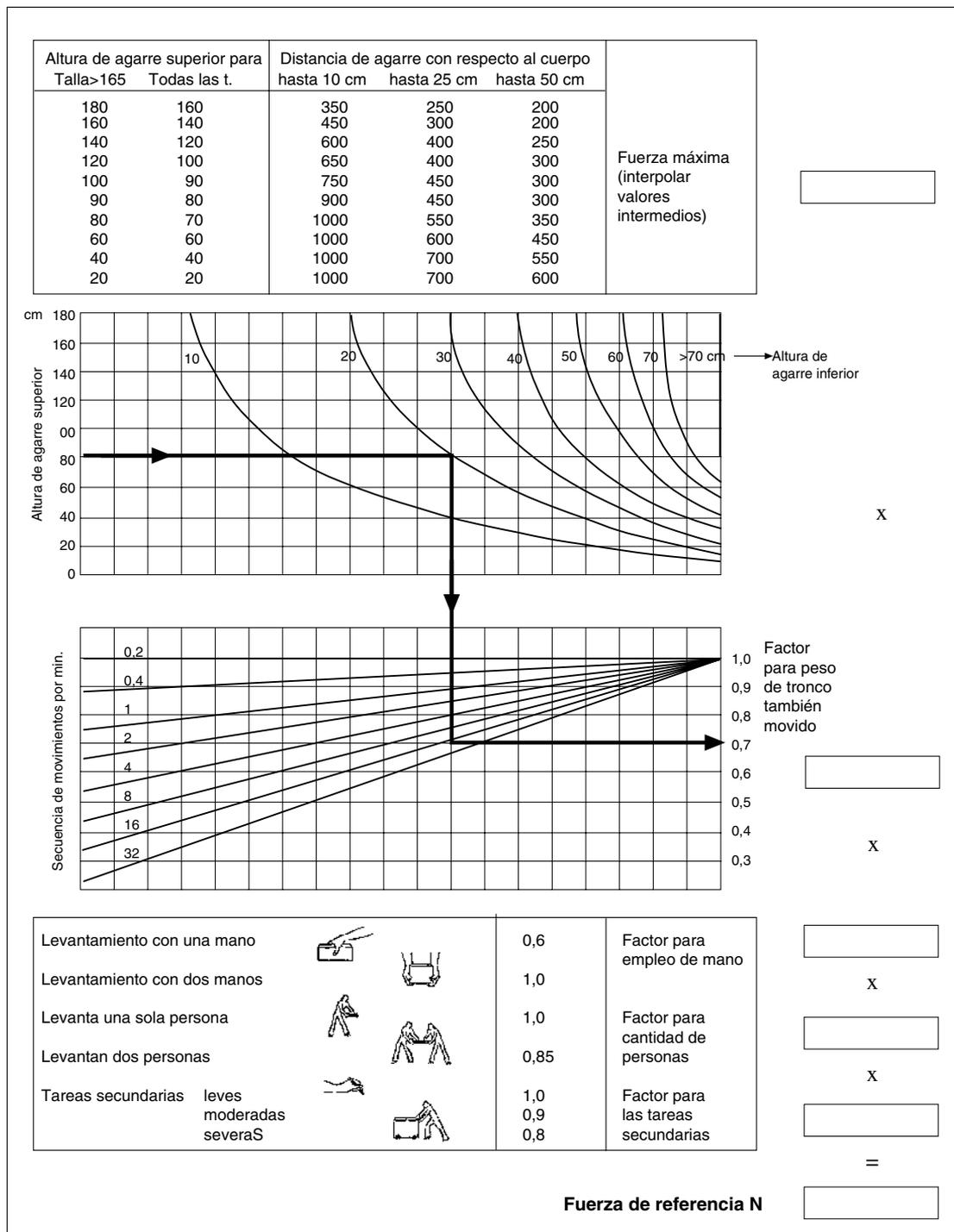


Fig. 5.5 Hoja de datos Siemens para la determinación de fuerzas de referencia para el levantamiento de cargas a mano en posición vertical sin impulso

La frecuencia es la cantidad de esfuerzos para cada tiempo de cálculo, transformado a una, cuatro u ocho horas en el gráfico (siempre a ocho horas en caso de actividad dinámica unilateral).

Por otra parte se entiende como esfuerzo estático el trabajo muscular sin movimiento o con movimiento muy lento de no menos de 0,1 minutos de duración.

El tiempo de ciclo de fuerza  $t_{cf}$  es la suma del resultante del tiempo de la tensión muscular  $t_t$  y el tiempo sin tensión estática que normalmente lo sigue.

### 5.4.3 Comentarios a REFA

En esta sucinta crítica distinguiremos el tratamiento que hace el manual REFA a las fuerzas y los momentos, del que hace al levantamiento de cargas.

Desde el punto de vista antropométrico de la evaluación de fuerzas y momentos, este manual constituye uno de los métodos más completos que existen hoy en día. Si a esto le añadimos que tiene en cuenta todas las variables relevantes que rodean cualquier actividad se entiende que sea una de las guías más utilizadas en el diseño de puestos de trabajo.

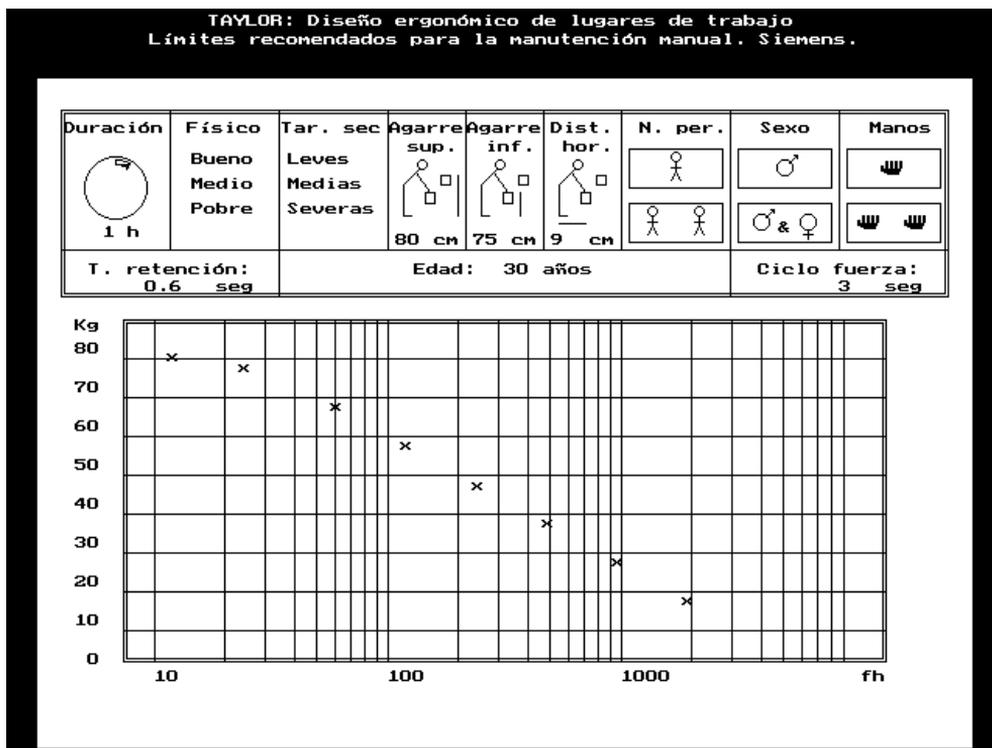


Fig. 5.6 Gráfica de REFA

La determinación de hasta sesenta y seis zonas de trabajo, según la postura del brazo y de la mano, cubre, de forma suficientemente precisa, todo el espacio de trabajo de la persona. Ahora bien, si en lo que respecta a la postura es muy completo, no sucede así en cuanto a la posición de trabajo, pues no distingue los casos sentado y de pie; esto comporta que la extrapolación a ambos casos no sea del todo rigurosa.

En cuanto al transporte de cargas, REFA incorpora nuevas variables como son la talla, o el número de manos y operarios.

El tratamiento de las variables no antropométricas es similar al de los otros métodos, aunque éste es algo más completo como ya se ha visto anteriormente.

## 5.5 Comparación AFNOR-NIOSH-REFA

El manual REFA es el único que incuye todos los tipos de esfuerzos que se han especificado en este libro. La diferencia de tratamiento que esto supone obliga a analizar, desde el campo de las fuerzas y momentos, el método alemán en comparación con la norma francesa AFNOR, y desde el punto de vista de levantamiento de cargas con el NIOSH.

Podemos establecer dos niveles de diferencia entre unos y otros. En primer lugar, la profundidad con que trata el tema cada método y que se refleja en el número de variables que considera: en este aspecto AFNOR es el más pobre de todos ellos. En segundo lugar, en cuanto a la filosofía subyacente, diríamos que mientras las guías europeas tienen como objetivo determinar límites de esfuerzos para que el operario pueda realizar su tarea sin dificultad, el método NIOSH va más allá y busca la prevención de lesiones.

De forma esquemática se ha recogido en el siguiente cuadro lo que ya se ha indicado en cada una de las críticas individuales y que puede servir al lector como guía para escoger el método más idóneo al caso tratado.

<i>Cuadro comparativo</i>	<i>AFNOR</i>	<i>NIOSH</i>	<i>REFA</i>
<i>TIPO DE ESFUERZO</i>			
Fuerzas	X	X	X
Momentos	( X ? )		X
Levantamientos		X	X
<i>VARIABLES</i>			
Edad			X
Sexo	X		X
Posición		X	X
Postura	X	X	X
Duración		X	X
Frecuencia	X	X	X
Preparación	( X ? )		X

## **5.6 Método REGI para diseñar regímenes de trabajo y descanso en actividades físicas en ambientes calurosos.**

Para desarrollar este método E. Gregori y P. R. Mondelo (ETSEIB - UPC) parten del hecho de que casi todos los factores presentes en el puesto de trabajo de cualquier actividad influyen integralmente en la capacidad de trabajo físico de las personas, como son: el tiempo que dura la actividad., su gasto energético, la fatiga acumulada, el dinamismo de las actividades, el ambiente térmico, el ruido, las vibraciones, la iluminación, la monotonía, la desmotivación, etc.

Este método, surgido de una idea original de S.Viña (ISPJAE, La Habana), relaciona: la capacidad de trabajo físico del sujeto y el tiempo de trabajo, para determinar el límite del gasto energético del individuo.

Partiendo de investigaciones y de trabajos de experimentación propios, del análisis de diversas opiniones y de los resultados obtenidos en su aplicación práctica en salas de máquinas de buques mercantes, panaderías, fábricas de azúcar, fábricas de cajas de cartón, etcétera, los autores han introducido los siguientes aspectos:

1. Correcciones de algunos tiempos de trabajo menores de 10 minutos.
2. Incorporación del concepto "Capacidad de Trabajo Físico Modificada (CTFM)" (que más que su capacidad de trabajo físico en el sentido tradicional del término, es el rendimiento real del trabajador, ya que incluye todas las variables ambientales y subjetivas que son reflejadas por la frecuencia cardíaca del sujeto).
3. Incorporación del concepto "Barrera de Gasto Energético (BGE)".
4. Incorporación del concepto "Barrera de Tensión Térmica (BTT)", con el control doble del ambiente térmico: 1º implícito en el estimado de la CTFM y 2º explícito en la B.T.T. a través del cálculo del tiempo máximo de exposición a la sobrecarga calórica.

### **5.6.1 Capacidad de Trabajo Físico Modificada (CTFM)**

La incorporación del concepto "Capacidad de Trabajo Físico Modificada" se basa en los efectos probados que el ambiente de trabajo produce sobre la capacidad de trabajo de las personas. Por ello, la medición de la CTFM se debe efectuar a través de la frecuencia cardíaca y en el ambiente real del trabajador, bajo el cual su comportamiento físico y psíquico están influidos y determinados por las características específicas del trabajo, el calor, el ruido, la pestilencia, el ambiente visual, los jefes, compañeros, etcétera, con todo lo positivo y negativo que puedan tener, individualizándolo, y que es mejor que el tradicionalmente determinado en ambiente de confort medido tanto a través del consumo de oxígeno como de la frecuencia cardíaca.

### 5.6.2 Límite de Gasto Energético (LGE)

El método permite visualizar de una forma clara y expresiva las posibilidades de realizar las tareas por parte del trabajador, no sólo en la fase inicial, sino continuamente, a través del seguimiento detallado de la situación, ofreciendo una imagen del decrecimiento de las capacidades físicas del individuo a medida que éste iría realizando su trabajo, según los tiempos empleados, los esfuerzos, y el límite individual permitido; límite establecido por la relación entre su Capacidad de Trabajo Físico Modificada (CTFM), el ambiente y el tiempo de duración, y que se ha denominado Límite de Gasto Energético (LGE).

El tiempo de trabajo de la jornada, la duración y los gastos energéticos de todas las actividades dentro de la jornada, la disminución paulatina de la capacidad de trabajo físico del trabajador debido a la fatiga y la acción del ambiente, permiten fijar, no sólo el tiempo máximo de duración de una actividad, sino también el momento en que debe cesar para descansar o cambiar de actividad, y la duración del descanso, en los momentos realmente necesarios.

De acuerdo con los trabajos realizados, el método establece un decrecimiento gradual de la relación entre el LGE y la CTFM durante la jornada laboral, muy cercanos a los valores planteados por Lehmann, salvo durante los 10 primeros minutos.

Aunque para estimar la CTFM en el ambiente de trabajo se puede utilizar el método que cada especialista considere mejor, sí es necesario que se realice en el ambiente laboral real y mediante la frecuencia cardíaca; se sugiere el método de la Prueba del Escalón (Step Test) en el propio puesto de trabajo y bajo las condiciones ambientales reales, por su sencillez y su relativa, pero suficiente, fiabilidad. No obstante, más adelante hacemos algunas observaciones sobre determinadas precauciones necesarias en esta prueba.

Ya se ha visto reiteradamente que utilización de la frecuencia cardíaca para pruebas submáximas, y más en presencia de tensión térmica, aventaja el consumo de oxígeno en que mientras éste no varía con la tensión térmica -ni con el ruido, etc.-, la frecuencia cardíaca se comporta como un espejo de las reacciones del organismo frente a tales factores ambientales.

Como es sabido, la CTF se mide bajo condiciones ambientales de laboratorio, en ausencia de tensión térmica, ruido y otros factores ambientales presentes en el lugar en que se realiza la actividad con el objeto de obtener el valor máximo de energía que puede desarrollar un sujeto. Pero el rendimiento físico de un trabajador no depende solamente de su CTF y de la duración de la actividad. Los trabajos efectuados relacionados con la influencia del ambiente, etc., sobre la capacidad de trabajo físico de las personas, confirman lo expresado.

La ecuación que relaciona la CTF, el tiempo y el ambiente real, y que determina el límite de gasto energético recomendado para una persona en un ambiente específico es:

$$\text{LGE} = \text{CTF} (1,2 - 0,33 \log t) \quad (1)$$

donde:

LGE = límite del gasto energético en litros/min o joules/min o kcal/min.

CTFM = capacidad de trabajo físico modificada, en litros/min o joules/min o kcal/min.

t = tiempo de duración de la actividad en minutos.

Este límite es menor mientras mayor es el tiempo que dura una actividad, de manera que durante la jornada de trabajo se produce una acumulación creciente de energía consumida, crecimiento que se va haciendo menor con el tiempo y que adopta la forma de un arco que se va curvando a medida que se prolonga la jornada debido "al peso acumulado de la energía consumida" (fatiga). Este arco se denomina Límite de Gasto Energético Acumulado (LGEa) y marca el "techo o umbral" del gasto energético de la persona que no se recomienda traspasar.

### 5.6.3 Límite de Gasto Energético Acumulado (LGEa)

El límite del gasto energético acumulado (LGEa), para toda la jornada laboral, es representado en este método mediante la ecuación:

$$\text{LGEa} = \text{CTFM} (1,2 - 0,33 \log t) t \quad (2)$$

que permite observar el arco LGEa, por encima del cual no es aceptable más gasto energético.

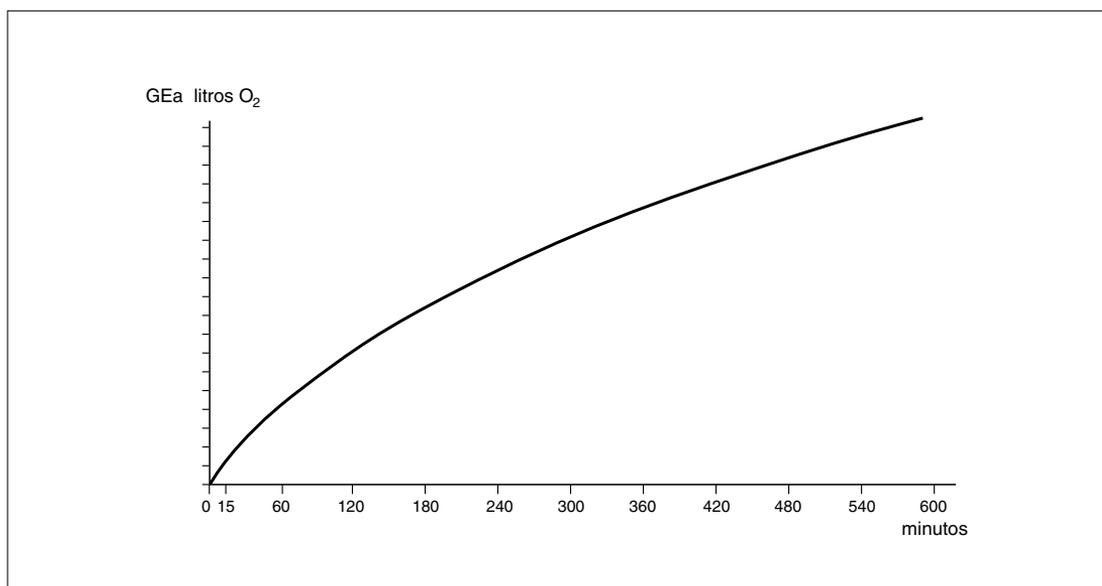


Fig 5.7. Arco del LGEa

Por otro lado, si trazamos el arco LGEa con la CTF, es decir, bajo condiciones de laboratorio, y lo comparamos con el arco LGEa trazado con la Capacidad de Trabajo Físico Modificada (CTFM), podemos observar cómo el arco LGEa modifica su posición en el gráfico, disminuyendo los límites permisibles debido a la presencia de los factores que intensifican la frecuencia cardíaca, reflejando una situación más real.

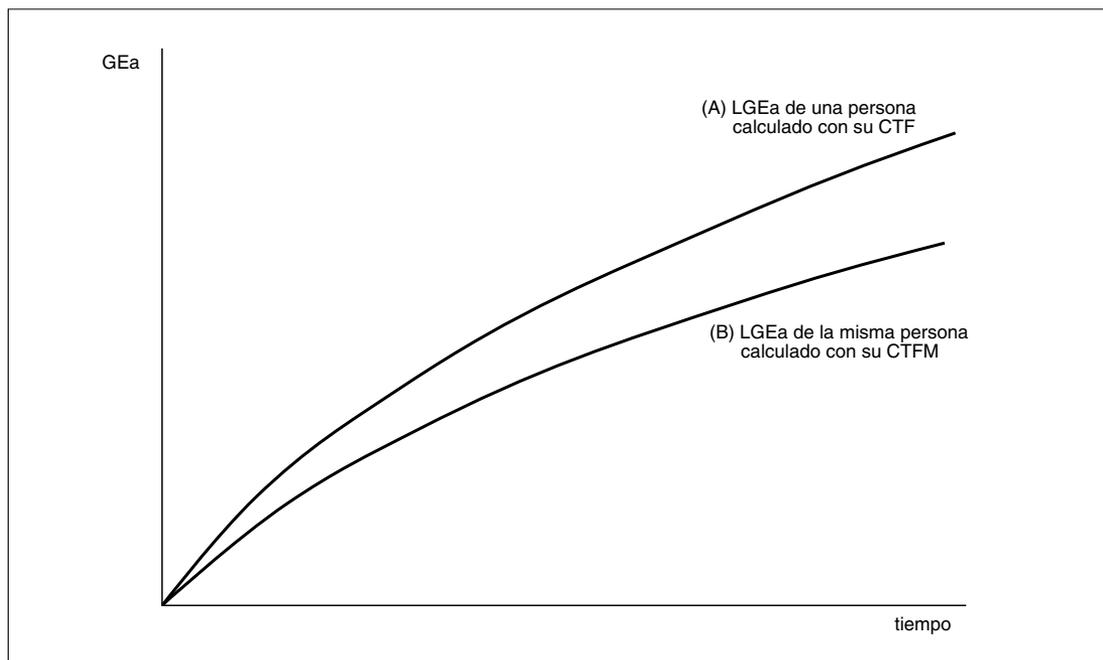


Fig. 5.8. Arcos del LGEa del mismo sujeto: (A) calculado con la CTF y (B) con la CTFM

#### 5.6.4 Barrera de Gasto Energético (BGE)

En la figura 5.9, se expone un ejemplo donde el trabajo, representado por la recta, debe ser interrumpido al ser interceptado por el Límite delimitado por el arco, debido al exceso de gasto energético. La pendiente de la recta está determinada fundamentalmente por la severidad del trabajo, es decir: mientras mayor es la intensidad del trabajo, mayor será la pendiente de su recta, y el Gasto Energético total es:

$$GE_{\text{total}} = (GE_{\text{trabajo}} + MB) \times t \quad (3)$$

donde:

$GE_{\text{total}}$  = joules, kcal o litros de  $O_2$ , empleados durante la actividad.

$GE_{\text{trabajo}}$  = J/min, kcal/ o litros de  $O_2$ /min, empleados en el trabajo.

MB (para mujeres) = 2436 J/min/m<sup>2</sup> x S.C. (equivale 40,6 W/ m<sup>2</sup>).

MB (para hombres) =  $2574 \text{ J/min/m}^2 \times \text{S.C.}$  (equivale  $42,9 \text{ W/m}^2$ ).

SC = superficie corporal,  $\text{m}^2$ .

t = minutos que dura la actividad.

El gráfico muestra el arco del LGEa de una persona, cuya CTFM es de 3 litros/minuto. La intensidad de la tarea física que debe desarrollar dicho trabajadores de 2 litros/minuto y está representado por la recta.

El tiempo que podrá dedicar a dicha tarea depende del tiempo que demore la recta a ser interceptada por el arco LGEa, y, como se muestra en el ejemplo, es de 41 minutos. En este caso el trabajador puede recuperarse sólo descansando, a menos que se diseñe previamente la actividad para ser interrumpida antes de ser interceptada por el arco del Límite para pasar a realizar otra menos intensa.

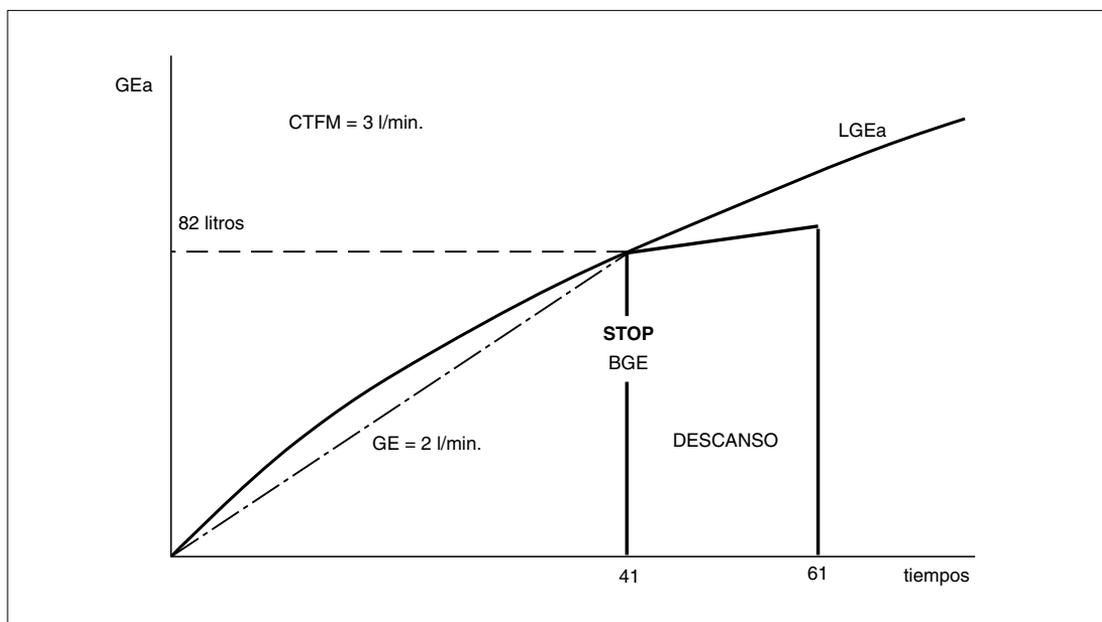


Fig. 5.9. Barrera de Gasto Energético (BGE)

Ejemplo: GE = 2 l/min; CTFM = 3 l/min; la actividad debe interrumpirse a los 41 minutos, para intercalarse un descanso de 20 minutos.

### El descanso exigido por la BGE

El descanso imprescindible se muestra en la misma figura 5.9 mediante otra recta, pero con una pendiente mucho menor, ya que el gasto energético del descanso (GE<sub>d</sub>) ha sido establecido con la expresión:

$$GE_d = 1,4 \text{ MB} \times t \quad (4)$$

en la que:

$GE_d$  = joules, kcal o litros de  $O_2$ , empleados durante el descanso.

$t$  = tiempo de duración del descanso.

En el ejemplo hemos supuesto que planificamos un descanso de 20 minutos para la persona de referencia. Obsérvese como, a medida que el descanso se prolonga, la recta que lo representa se va alejando del arco  $LGE_a$ ; esto significa que mientras más descansa, más apto estará el trabajador cuando reanude su actividad (aunque es preciso tener en cuenta que en actividades físicas mientras más severas sean, los tiempos de descanso deben ser más frecuentes y cortos).

### 5.6.5 La Barrera de Tensión Térmica (BTT)

No obstante que el LGE está calculado a partir de la CTFM, existen situaciones en las que no es suficiente la utilización del concepto CTFM cuando las condiciones de sobrecarga térmica son críticas. Para tales circunstancias es necesario, mediante otro "dispositivo" protector, evitar que la ganancia de calor provoque un incremento de la temperatura interna del trabajador por encima de determinados límites –que puede ser de  $1^\circ C$ –, a pesar de que la persona pudiera continuar trabajando si sólo se considera su gasto energético.

Esto puede ser controlado con la expresión de Murrell que se basa en la relación entre el calor acumulado por el organismo durante un tiempo hasta que su temperatura interna se incrementa  $\Delta t_i$  y la ganancia neta de calor.

La duración de la actividad hasta un  $\Delta t_i$  que fija el especialista que esté diseñando el régimen de trabajo, está determinada por lo que hemos denominado Barrera de Tensión Térmica (BTT), cuya aparición significa impedir el incremento de la temperatura interna del trabajador por encima del valor establecido, y que se puede proponer en  $1^\circ C$ .

La expresión gráfica de la BTT puede ser observada en la figura 5.10 con un ejemplo; en ella podemos ver cómo, a pesar de que desde el punto de vista energético el trabajador podía haber continuado su actividad durante mucho más tiempo, la BTT se lo impidió.

Cuando es la Barrera Térmica la que ha interrumpido la tarea, es necesario restablecer la temperatura interna del sujeto a su nivel normal, lo cual se puede lograr cambiando el ambiente térmico durante un tiempo específico, ya sea realizando otras tareas o descansando. Por supuesto, sería conveniente que el especialista efectuase un análisis de la situación. Es decir: determinar el o los factores que han provocado la tensión calórica crítica. En la misma figura 5.10 se muestra la recuperación en un ambiente no crítico, que puede ser trabajando o en reposo, según determine el especialista por la situación existente.

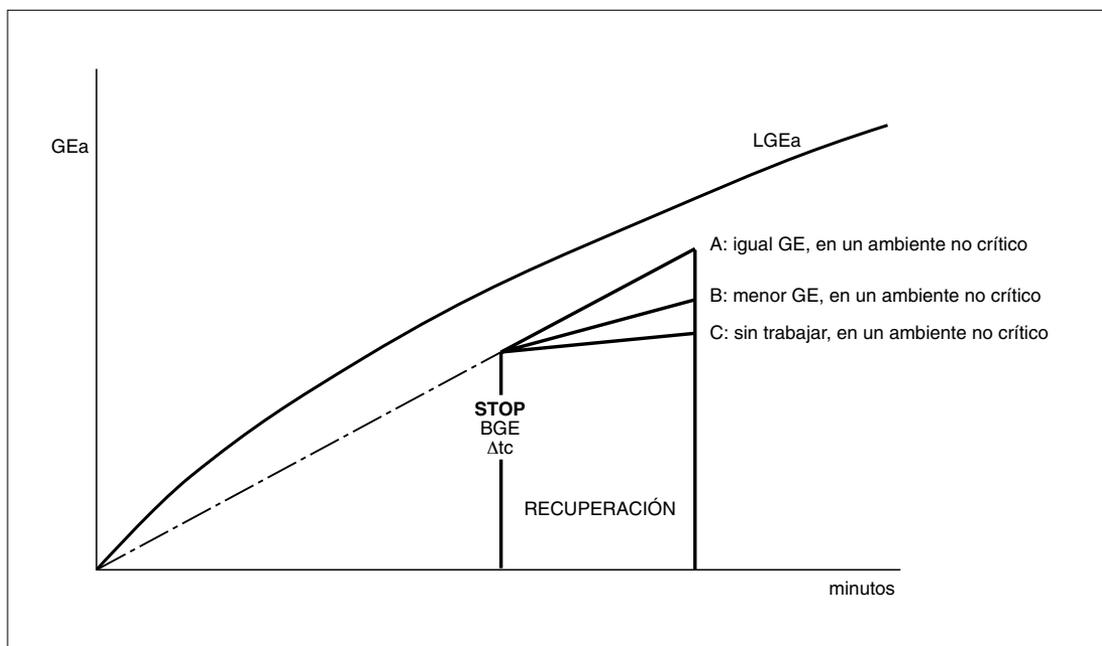


Fig. 5.10. Barrera de Tensión Térmica (BTT)

Resumiendo:

El trabajo deberá cesar o modificarse para permitir la recuperación de la persona cuando cualquiera de estas dos barreras (BGE o BTT) se interponga. En el caso de que el cese de la actividad esté determinado por ambas barreras, el técnico tendrá que tener en cuenta para resolver el conflicto la existencia de ambas, sus orígenes, naturaleza y características.

Ya se ha visto que la Barrera de Gasto Energético aparece cuando, durante una tarea física, el gasto energético que ésta exige alcanza el valor Límite de Gasto Energético Acumulado (LGEa) del individuo.

La Barrera de Tensión Térmica está determinada por la tensión calórica, en caso de existir condiciones críticas por tensión calórica; el método REGI determina los tiempos de exposición y de recuperación. Para ello se ha optado por el cálculo del tiempo de exposición basado en el incremento de la temperatura corporal cuando las condiciones resulten críticas, que se basa en la ecuación de balance térmico, debido a su aceptable fiabilidad y relativa sencillez, independientemente de las limitaciones que es necesario tener en cuenta.

Este método determina el tiempo máximo de trabajo (TT) como la relación entre el calor acumulado por el organismo del trabajador durante la actividad laboral y la ganancia neta de calor del mismo:

$$TT = Ca/Gc \text{ (min)} \quad (5)$$

Donde el calor acumulado ( $C_a$ ) está determinado por el calor específico del cuerpo, al cual se le adjudica un valor aceptable de  $3.480 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$  y la ganancia neta de calor ( $G_c$ ) se puede expresar por la diferencia entre las pérdidas de calor necesarias para lograr el equilibrio térmico ( $E_{req}$ ) y las pérdidas de calor posibles en el lugar de trabajo ( $E_{max}$ ).

De ahí que el cálculo del tiempo de exposición en un ambiente térmico crítico se puede expresar más individualizado con la expresión siguiente:

$$TT = [3.480 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \cdot PC \cdot \Delta t_i] / [60 (E_{req} - E_{max}) SC] \quad (6)$$

donde:

$3.480 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$  = calor específico del cuerpo humano.

PC = peso corporal del sujeto (kg).

$\Delta t_i$  = incremento máximo de temperatura interna que fija el especialista según sus criterios ( $^\circ\text{C}$ ).

$E_{req}$  y  $E_{m\acute{a}x}$  = valores de las evaporaciones del sudor, requerida y máxima, respectivamente ( $\text{W/m}^2$ ).

S.C. = superficie corporal del sujeto ( $\text{m}^2$ ).

$$E_{req} = M \pm R \pm C \quad (7)$$

$$E_{m\acute{a}x} = K_3 V_a^{0.6} (p_{va} - 56) \leq 390 \quad (8)$$

donde:

$E_{req}$  = evaporación del sudor requerida para lograr el balance o equilibrio térmico del sujeto en su puesto de trabajo ( $\text{W/m}^2$ ).

M = calor metabólico ganado por el sujeto realizando la actividad ( $\text{W/m}^2$ ).

R = calor radiante ganado (+) o perdido (-) por el sujeto ( $\text{W/m}^2$ ).

C = calor convectivo ganado (+) o perdido (-) por el sujeto ( $\text{W/m}^2$ ).

$E_{m\acute{a}x}$  = evaporación del sudor máxima aceptable en las condiciones donde el sujeto realiza su trabajo ( $\text{W/m}^2$ ).  $\leq 390 \text{ W/m}^2$  significa que, en caso de resultar  $E_{m\acute{a}x}$  mayor que 390, debe descartarse ese valor y sustituirse por 390, debido a incompatibilidad entre el resultado y la capacidad de sudoración de la persona.

$V_a$  = velocidad del aire (m/s).

$p_{va}$  = presión parcial del vapor de agua existente (hPa).

$K_3$  = coeficiente determinado por la ropa: para 0,6 clo  $K_3 = 7,0$  y desnudo  $K_3 = 11,7$ .

La superficie corporal se puede calcular mediante la ecuación de Dubois & Dubois:

$$SC = 0,202 PC^{0,425} H^{0,725} \quad (9)$$

donde:

SC = superficie corporal ( $\text{m}^2$ ).

PC = peso corporal (kg).

H = estatura (m).

**M:** el calor metabólico M se puede estimar o determinar conociendo el gasto energético del sujeto durante la realización de la actividad. Tanto si se estima a través de tablas de consumo energético, como si se mide a través del consumo de oxígeno, si se considera que la actividad implica una eficiencia mecánica baja se puede despreciar el trabajo externo y asumir que toda la energía se convierte en calor en el cuerpo del sujeto ( $M = GE$ ). Si la actividad implica una eficiencia mecánica relativamente alta, por ejemplo un 15%, se puede deducir del gasto energético ese 15% considerando que de dicho gasto energético el 85% se convierte en calor en el cuerpo del trabajador ( $M = 0,85 GE$ ).

Para calcular los valores de los restantes intercambios térmicos se pueden utilizar las siguientes ecuaciones:

$$R = K_1 (TRM - 35) (W/ m^2) \quad (10)$$

donde:

$K_1$  depende de la ropa:

para una vestimenta de 0,6 clo:  $K_1 = 4,4$

para 0 clo (desnudo):  $K_1 = 7,3$

TRM: temperatura radiante media: en °C

en el caso de existir convección natural ( $V_a < 0,15$  m/s):

$$TRM = [(tg + 273)^4 + (0,25 - 10^8) / \epsilon (tg - ta / D)^{0,25} (tg - ta)]^{0,25} - 273 \quad (11)$$

para convección forzada ( $V_a > 0,15$  m/s):

$$TRM = [(tg + 273)^4 + 1,1 \cdot 10^8 - V_a^{0,6} (tg - ta) / (D^{0,4} \epsilon)]^{0,25} - 273 \quad (12)$$

donde:

tg = temperatura de globo (°C).

$\epsilon$  = coeficiente de emisividad del globo.

D = diámetro del globo (cm).

ts = temperatura de bulbo seco (°C).

$V_a$  = velocidad del aire (m/s).

Para globos con las siguientes características:

$\epsilon = 0,95$  y de 15 cm de diámetro, pueden ser utilizadas las siguientes ecuaciones:

para  $V_a < 0,15$  m/s-

$$TRM = [(tg + 273)^4 + 0,42 \cdot 10^8 (tg - ta)^{0,25} (tg - ta)]^{0,25} - 273 \quad (13)$$

para  $V_a > 0$ , 1- 5 m/s-

$$\text{TRM} = [(t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot V_a^{0,6} (t_g - t_a)]^{0,25} - 273 \quad (14)$$

Es recomendable medir la TRM a tres niveles: cabeza, tronco y pies, utilizándose el promedio ponderado como sigue:

$$\text{TRM} = (k_c \text{TRM}_c^4 + k_t \text{TRM}_t^4 + k_p \text{TRM}_p^4)^{0,25} \quad (15)$$

$k_c = 0,1$  para el globo situado a nivel de la cabeza

$k_t = 0,5$  para el globo situado a nivel del tronco

$k_p = 0,4$  para el globo situado a nivel de los pies

$$C = K_2 V_a^{0,6} (t_a - 35) SC \quad (16)$$

donde:

$t_a$  = temperatura del aire o seca, mediada con un psicrómetro de aspiración ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$V_a$  = velocidad del aire (m/s)

para 0,6 clo:  $K_2 = 4,6$

0 clo (desnudo):  $K_2 = 7,6$ .

Por lo mismo, el tiempo de recuperación (TR) se puede calcular con la siguiente expresión.

$$\text{TR} = [3.480 \text{ J/kg } ^{\circ}\text{C} \times PC \times \Delta t_i] / [60 (\text{Emáx}' - \text{Ereq}') SC] \quad (17)$$

Obsérvese que en este caso  $\Delta t_i$  es el decremento de la temperatura interna que se necesita, y que depende del valor del incremento inicial y de las necesidades organizativas de la actividad que tendrá que tener en cuenta el especialista. Por otra parte  $\text{Emáx}'$  y  $\text{Ereq}'$  son las evaporaciones de sudor antes descritas, pero en este caso correspondientes al lugar y actividad donde se recupera el sujeto.

Para obtener resultados satisfactorios, las mediciones deben ser realizadas cuidadosamente. Los valores obtenidos con este método son únicamente aplicables a sujetos físicamente aptos y aclimatados. Cuando la realización del trabajo requiera el empleo de vestimenta especial que dificulte el intercambio térmico, los tiempos máximos de exposición obtenidos por el método, no son válidos, debiendo ser fijados por un experto.

Durante el tiempo de descanso debe recuperarse la frecuencia cardíaca del reposo. Si la actividad laboral tienen una intensidad permisible, la FC se estabiliza durante el trabajo y se recupera en un máximo de 15 minutos.

Utilizando la FC como indicador se puede comprobar la conveniencia de las pausas cortas y frecuentes, en comparación con el mismo tiempo de descanso distribuido en períodos de mayor duración.

Cuando el trabajo físico se realiza en condiciones de sobrecarga térmica, la FC sigue siendo un buen indicador de la adecuación del régimen de trabajo y descanso en condiciones de sobrecarga térmica aplicable para hombres sanos y aclimatados. En el caso de las mujeres el método considera un 20% de tolerancia a su favor.

Teniendo en cuenta que se disipan aproximadamente 2,43 kJ/g (0,58 Kcal/g) de sudor evaporado se puede, conociendo la evaporación requerida, calcular las pausas de descanso necesarias para que el trabajador acuda al local de descanso a reponer el agua que ha perdido sudando.

Los criterios expuestos anteriormente no pueden aplicarse para el trabajo físico ligero ni para el mental. Aún en estas actividades, cuando el trabajo se realiza durante un cierto tiempo, la mayoría de los trabajadores necesitan un descanso para que la actividad no se deteriore.

El método REGI utiliza un programa informático, pero es posible aplicarlo a mano, aunque para más de una actividad puede resultar algo tediosa su aplicación manual. Por otra parte, si se desea y en caso de una única actividad, sólo basta operar matemáticamente con la expresión del LGE. Obsérvese que con esta expresión:

$$\text{LGE} = \text{CTFM} (1,2 - 0,33 \log t) \quad (1)$$

se puede:

a) conocer el tiempo máximo que puede estar realizando la tarea, a partir la CTFM del individuo y el gasto energético que consume durante su ejecución. Ejemplo: si la CTFM de la persona es de 2,5 litros/min y realizando la actividad consume 2 litros/min, podrá estar realizando dicha actividad de forma continuada durante 16 minutos.

b) conocer el máximo del gasto energético recomendable para tareas habituales para una persona, a partir de su CTFM y del tiempo de la actividad. Ejemplo: si la CTFM es de 3 litros/minuto y el tiempo de duración de la actividad es 120 minutos, el máximo de consumo energético por minuto es 1,54 litros/min (185 litros de oxígeno).

c) conocer la CTFM que debe poseer una persona que deba realizar una actividad en un tiempo determinado.

Ejemplo: Si deberá consumir 2 litros por minuto durante 3 horas (180 minutos), la persona a seleccionar tendrá que tener una CTFM no menor de 4,4 litros/min.

Estos cálculos son comprobables mediante un gráfico en papel cuadriculado, trazando en primer lugar el arco del LGEa de la persona específica y después la recta de la actividad.

Jornadas de trabajo con más de una actividad también se pueden representar gráficamente a mano, si se dispone de papel cuadriculado, una buena regla y una mejor dosis de paciencia y meticulosidad. La Barrera de Tensión Térmica también se puede calcular a mano y situarla en el gráfico fácilmente.

### 5.6.6 Pasos a seguir para la aplicación del método

1º. Observar las actividades que realiza el trabajador en su puesto de trabajo y de las condiciones ambientales. Muchas veces es recomendable realizar tomas de vídeo y fotografías.

Para los estudios de puestos de trabajo no deben ser utilizados trabajadores inexpertos en las labores de dichos puestos ni aprendices; se parte de la idea de que se observa al trabajador que realiza realmente la tarea. En caso de que dicho puesto sea de reciente creación, puede hacerse un estimado con el trabajador, pero el estudio que se haga tendrá que ser convalidado posteriormente, por ejemplo, a los tres meses, con el mismo trabajador si éste continuase en el puesto.

2º. Realizar la descomposición secuenciada de las actividades en subactividades y medición de sus tiempos, incluyendo almuerzo, comida, etc.

3º. Estimación o medición de los gastos energéticos de las subactividades que componen el trabajo diario del individuo en su puesto. Para la estimación pueden utilizarse tablas como las de Lehmann (debe sumarse el gasto del metabolismo basal de la persona). Si se desea efectuar mediciones pueden utilizarse medidores de consumo de oxígeno.

4º. Medición del peso y la talla del trabajador, y recogida de datos: nombre, edad y sexo.

5º. Estimación de la Capacidad de Trabajo Físico Modificada (CTFM) del sujeto. Es recomendable utilizar la "Prueba del Escalón" (Step Test). La prueba debe efectuarse en el propio puesto de trabajo, durante el horario real de trabajo, es decir: si el trabajador realiza su tarea de madrugada, su CTFM para el diseño de su trabajo debe ser estimada de madrugada y bajo las condiciones ambientales reales: ambiente térmico, ruido, vibraciones, etcétera, seleccionando el lugar más representativo de las condiciones.

No obstante ser la "Prueba del Escalón" una prueba submáxima, debe tenerse especial cuidado con personas que pueden ser afectadas por la prueba. De ahí la importancia de que la persona sea la que realmente realiza el trabajo que se está analizando.

En caso de duda se debe prescindir de la prueba y asumir un valor estimado moderado, partiendo del hecho de que la frecuencia cardíaca durante la jornada no debe rebasar las 30 ó 40 pulsaciones por minuto sobre la frecuencia cardíaca en reposo. Así pues, midiendo las frecuencias cardíacas de la persona en reposo y realizando la actividad es posible estimar un valor que permita deducir la CTFM.

Si se cuenta con medios, se puede realizar un estudio para conocer la relación entre la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno de la persona en cuestión, y con la recta resultante tener una idea más clara de su CTFM.

6º. Medir del ambiente térmico:

Medir los factores del ambiente térmico: temperatura del aire y temperatura de bulbo húmedo (ambas

mediante un psicrómetro de aspiración) y la temperatura de globo (todas en grados centígrados) y mediante una carta psicrométrica determinar la presión parcial del vapor de agua en hectopascuales.

7º. Trazar el arco LGEa del trabajador graficando la ecuación del LGEa en una hoja de papel cuadriculado situando en las ordenadas el Gasto Energético acumulado (GEa) en litros de O<sub>2</sub>, o en joules, o en kilocalorías, dándole valores en minutos a la ecuación de LGEa a partir de 1 minuto hasta los minutos que dure la jornada de trabajo; por ejemplo, 540 minutos.

8º. Trazar la primera actividad: su gasto energético y tiempo de duración.

9º. En caso de aparecer durante la introducción de las actividades alguna de las dos barreras (BGE o BTT) significaría que la actividad dura demasiado, o que el ambiente térmico es crítico y la temperatura del trabajador se ha elevado por encima del incremento deseado por el especialista. En tales casos se puede actuar como sigue:

a) BGE (la intensidad del trabajo es demasiado intensa y si continúa realizándola se superará el LGE del sujeto): por lo general, lo más lógico es reducir la intensidad del trabajo para hacerlo viable y si esto no es posible puede reducirse el tiempo.

La reducción de la intensidad del trabajo puede hacerse mediante un estudio que comprenda los distintos factores que pueden provocarla, como son: la organización, los desplazamientos, las cargas y formas de llevarlas, los movimientos, el diseño dimensional del puesto incluyendo las herramientas, etc.

Si no es posible disminuir lo suficiente la intensidad de la actividad, es necesario ofrecer a partir del momento en que se alcanza el límite, o en ocasiones incluso antes, un descanso o un cambio a otra actividad que pueda ser desarrollada (rotación de trabajadores) y que sirva para recuperarse la persona. Si el trabajo es pesado, por lo general se recomienda el descanso pasivo; es decir, no hacer actividad alguna, o realizar una muy ligera.

b) BTT (la sobrecarga calórica es crítica y si continúa expuesto el trabajador se superará el incremento de temperatura corporal dispuesto por el especialista o el tiempo de exposición máximo recomendado): observar el tiempo máximo que nos indica el programa para la tarea y analizar la posibilidad de disminuir la sobrecarga calórica mediante un estudio del ambiente térmico aplicando soluciones adecuadas según la causa o las causas que provoquen la sobrecarga calórica.

Para ello es necesario analizar los valores del indicador utilizado, de los factores ambientales, de la Evaporación Máxima y de la Evaporación Requerida. Si no es posible modificar el ambiente térmico hay que ofrecer un descanso bajo condiciones de confort o permisibles que permitan la recuperación o pasar a otro puesto de trabajo con esas condiciones (rotación de trabajadores).

Tanto para el caso en que se presente la Barrera de Gasto Energético, como en el que se presente la Barrera de Tensión Térmica, una de las posibles soluciones es la rotación de los trabajadores.

9º. Trazar la segunda actividad, que pudiera ser, en caso necesario, un descanso.

Para ello hay que volver a trazar el mismo arco del LGEa, pero ahora con el eje de las coordenadas desplazado situado justamente donde ha terminado la actividad anterior.

Si la primera actividad hubiese sido interrumpida por el primer arco, la recta del descanso ( $D = 1,4 \cdot MB \cdot t$ ) se trazará directamente a partir de ese punto de intercepción.

Si la primera actividad hubiese concluido antes de ser interceptada por el arco LGEa sí es necesario trazar el arco de nuevo a partir del punto en que ha terminado la primera.

Como ahora estarán presentes dos arcos (arcos iguales pero no exactamente superpuestos), el arco determinante (el que detendrá a la nueva actividad en caso necesario) siempre será el más bajo, si en una parte del trayecto el segundo arco está debajo del primero y más adelante lo corta y se va por encima del primero, esto significa que a partir del punto de intersección de los arcos el segundo arco no debe dibujarse pues pierde protagonismo y es inútil a partir de ese punto. Lo explicado se puede observar en la figura 5.11.

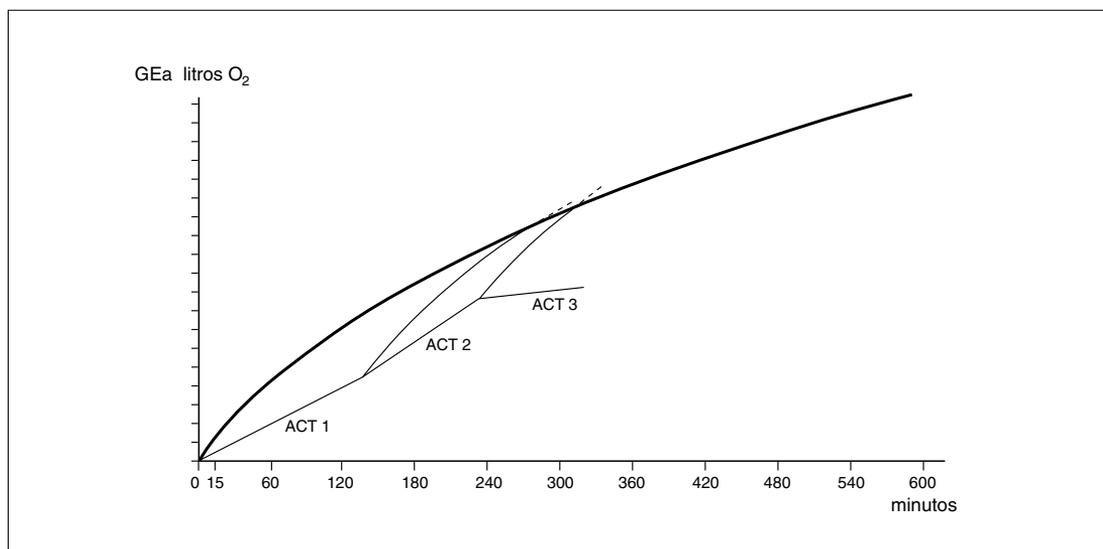


Fig. 5.11 Trazado de actividades

#### Si se cuenta con un programa informático:

7º. Introducir los datos personales y del ambiente en el ordenador a medida que van siendo solicitados.

8º. Solicitar el trazado de la curva LGEa indicando el tiempo diario de trabajo y visualizar la curva LGEa del sujeto.

9º. Introducir secuencialmente, a medida que son solicitadas, las actividades: su gasto energético y tiempo de duración.

Continuar como se ha explicado anteriormente.

### 5.6.7 Aplicación del Método REGI para la rotación de trabajadores

Incluso dentro de la rotación de los trabajadores, las variantes de solución son múltiples. En las gráficas de las figuras se muestra un ejemplo.

El trabajador 1 debe de realizar una tarea física severa que exige un consumo de energía de 1,45 litros/min. de O<sub>2</sub>. Teniendo en cuenta que su CTFM es de 3 litros/min se ha trazado el arco de su LGEa. Existen tres períodos de descanso establecidos previamente por la empresa: 20 minutos a las dos horas de haber comenzado: 40 minutos para comer al mediodía; y 20 minutos por la tarde.

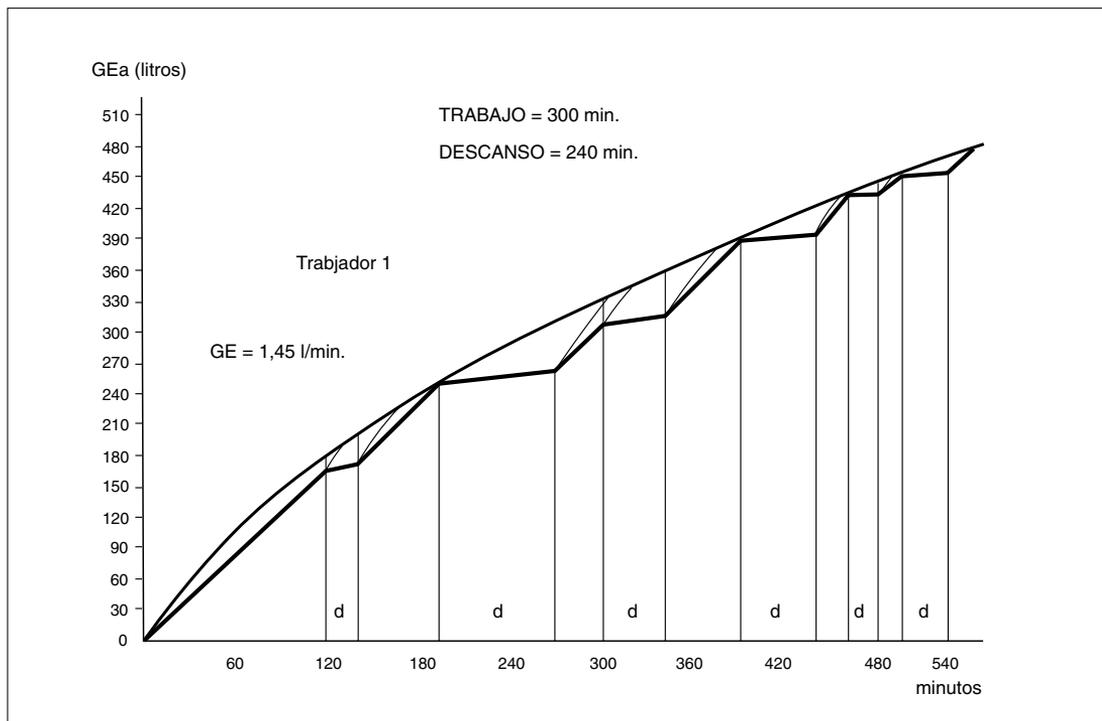


Fig. 5.12 Trabajador 1: GE = 1,45 l/min

En total debe trabajar 460 minutos (7 horas y 40 minutos). Sin embargo, al graficar la actividad prevista sólo puede trabajar 300 minutos, ya que debe intercalar varios descansos a lo largo de la jornada que, sumados a los establecidos, suman 240 minutos.

En el mismo sitio está el trabajador 2 realizando una tarea de ligera a moderada con un consumo de 0,54 l/min. Este trabajador toma los mismos descansos establecidos que el anterior y puede efectuar su trabajo sin contratiempo alguno. En la figura 5.13 puede observarse el comportamiento del régimen del trabajador 2.

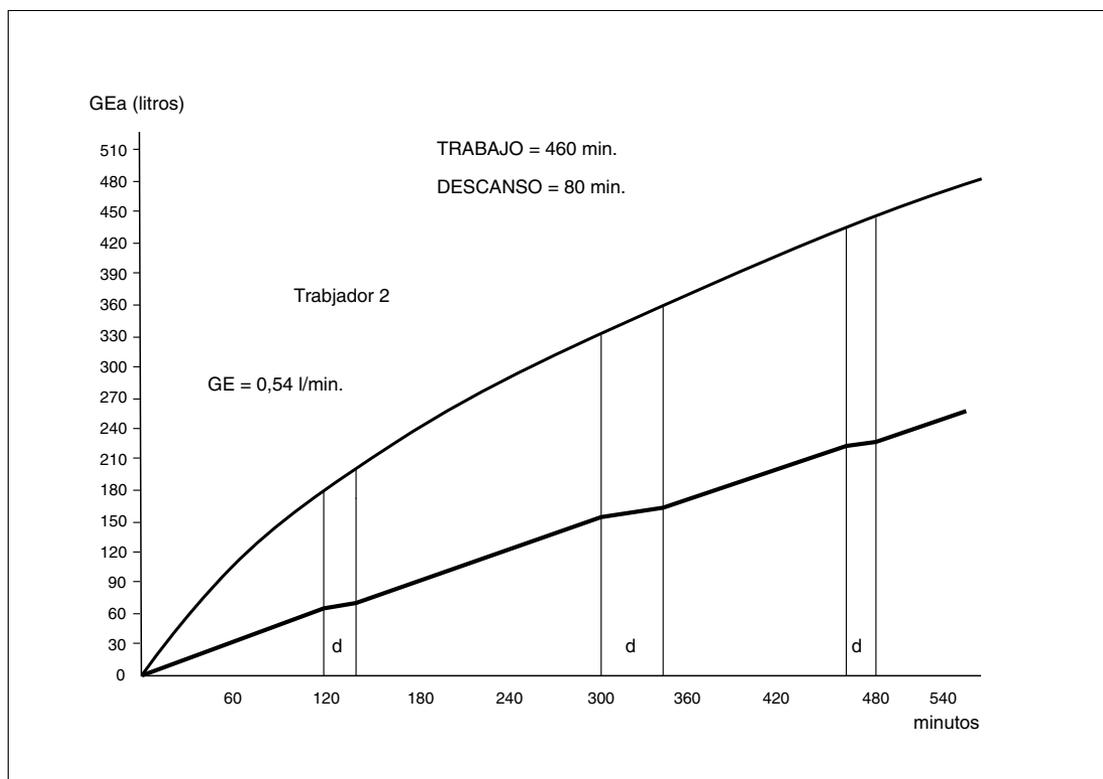


Fig. 5.13 Trabajador 2: GE = 0,54 l/min

Una de las posibles soluciones se muestran a continuación en las figuras 5.14 y 5.15: los trabajadores 1 y 2 se alternan en sus actividades y ambos trabajan 460 minutos y descansan 80 minutos.

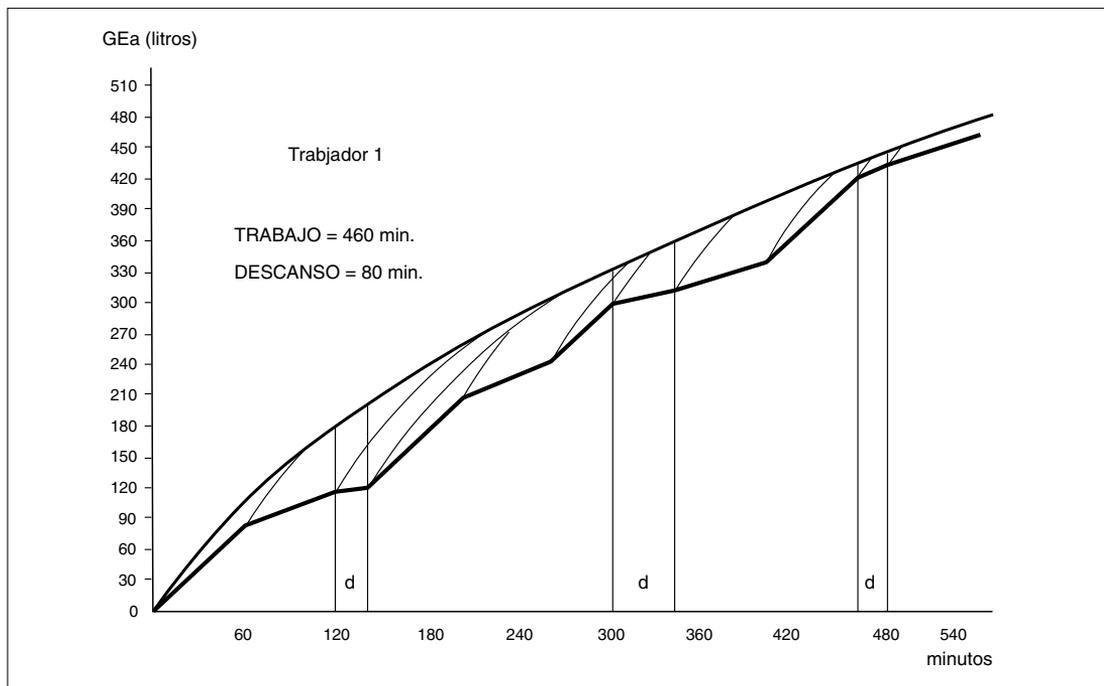


Fig. 5.14 Trabajador 1

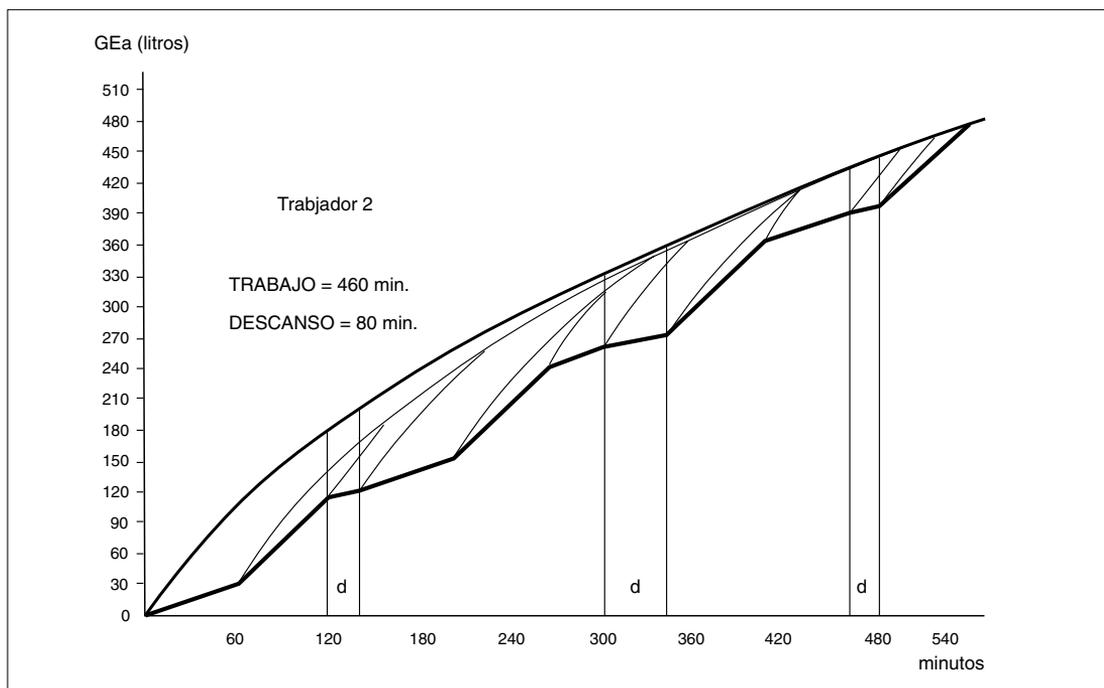


Fig. 5.15 Trabajador 2

### 5.6.8 Conclusiones

El método REGI posibilita diseñar regímenes de trabajo y descanso de actividades físicas desde moderadas hasta muy pesadas, bajo ambientes térmicos desde confortables hasta críticos, en centros de trabajo donde existan actividades físicas con esas características.

Las ventajas del método son en principio:

1. Medición sencilla de la CTFM en el puesto de trabajo real, lo que incluye en el estimado la influencia ambiental sobre la CTF del sujeto, que pudiera afectar al trabajador en su puesto real, como son, el ruido, las vibraciones, la ventilación, etc.
2. Individualización del régimen, al considerar las capacidades, pericia, experiencia, reacciones hacia el ambiente, etcétera, sexo y edad de cada persona.
3. Procesamiento informática práctico, ágil, y relativamente fácil de visualizar e interpretar.
4. Planificación de las pausas de recuperación en los momentos y durante los tiempos específicamente necesarios.
5. Implicación de la tensión calórica producida por el ambiente térmico dentro de la CTFM y fuera de ella, para los casos necesarios.
6. El método introduce la posibilidad de aprovechar el análisis paralelo de tareas y establecer la rotación entre los obreros que podrán intercambiarse en los puestos trabajo, lo que, indudablemente, permite la consideración en el diseño de las restricciones y necesidades de los procesos tecnológicos y establecer un régimen de trabajo y descanso que optimice la correcta distribución de cargas de trabajo y minimice los tiempos improductivos debidos a la distribución errónea de los tiempos de trabajo y descanso.
7. Posibilidad de seleccionar al obrero que va a comenzar a trabajar en cada puesto de trabajo al inaugurarse los puestos, para lo cual se debe tener en cuenta la capacidad de trabajo físico de cada individuo, así como el gasto energético y duración de las actividades iniciales de cada puesto de trabajo.

Las desventajas del método REGI son:

1. El método no es aplicable para trabajos sedentarios ligeros, ni en trabajos intelectuales con poca movilidad.
2. No es totalmente fiable para actividades muy estáticas, ni se debe utilizar en aquellas en las que participan sólo pequeños grupos musculares.

En el caso de las actividades muy estáticas se puede utilizar, si en la estimación de la carga de la actividad se incluye un plus por ser estático el trabajo. Este plus podría estar incluido en la fuente original o puede añadirse por el especialista al utilizar este método, pero para ello se requiere cierta experiencia.

Como es de suponer, no se pretende que REGI sea la solución a cualquier problema, ni mejor que otros métodos, sino una visión diferente que permite visualizar mejor la situación por parte del especialista, de manera que éste esté en mejores condiciones para tomar decisiones. Es decir, es una herramienta quizás más práctica, y no una varita mágica ni un manual de aplicación donde las decisiones ya han sido tomadas por el método y no por el especialista que lo aplica.

## 6 Relaciones informativas

### 6.1 La comunicación

Si una persona, cualesquiera que sean sus funciones dentro de un sistema, no sabe lo que debe saber para interrelacionarse con el resto del sistema, éste no funcionará. Es necesario contemplar las relaciones informativas que deben garantizar la información del operario acerca de los puestos de trabajo desde una categoría superior: la comunicación, la cual se puede definir como la respuesta discriminativa que da una persona, un objeto, o un mecanismo, a un estímulo, y su calidad dependerán tanto de la naturaleza del estímulo, como de la persona, del objeto, del mecanismo y del ambiente.

Para establecer un vínculo comunicativo entre el sistema y el usuario partimos del supuesto de que todo acto comunicativo se inicia con el objetivo de producir un resultado deseado, y que éste no se alcanzará tanto si el elemento emisor o el receptor funcionan inadecuadamente como si el canal informativo funciona deficientemente o no es el apropiado. De ahí que nuestra intención al diseñar PP.TT. en cualquier sistema no es sólo emitir una información, sino además que la comunicación se realice con un determinado grado de fiabilidad, que favorezca que la respuesta esperada se produzca.

Por otra parte, en los sistemas P-M la comunicación es un proceso en el que la persona juega el papel más crítico, al ser ésta el eslabón más frágil y a la vez más duro en las relaciones informativas; frágil porque el proceso comunicativo lleva implícito una serie de ruidos e interferencias que pueden provocar, fácilmente, el error, ya sea en la fuente emisora, en el canal, o en el receptor, o comúnmente en todos y cada uno de ellos; y duro porque la persona tiene una elevada capacidad de corrección, una creatividad y unos niveles de concentración y atención que pueden, en ocasiones, subsanar las deficiencias de diseño en los dispositivos previstos para transmitir las relaciones informativas.

Otro factor clave en el proceso de información de los sistemas productivos es la percepción, ya que si bien la sensación algunas veces se convierte en el punto crítico (pasa - no pasa), no debemos dejar de subrayar que la percepción responde, una vez alcanzado el umbral sensitivo pertinente, al tipo de cultura, a los conocimientos, al entrenamiento, a las tomas de decisión, a los juicios o valoraciones de las personas, y a la extrapolación a que pueden llegar, y ese mecanismo perceptivo se mantiene en

cierto estado “reverberante” aportando un plus de amplitud de rango, que muchas veces protege la fiabilidad del proceso de información, y por tanto es fundamental analizar y considerar si queremos rebajar las tasas de fallo humano, pero lamentablemente, otras veces la capacidad de interpretación, el grado de adaptación se convierten en un auténtico lastre del proceso comunicativo al interferir en la percepción, ya sea por trastornos perceptivos provocados por la fatiga, por las preocupaciones, por la sobrecarga de información, o incluso por causas patológicas (ilusiones, alucinaciones, alucinosis alcohólica,...).

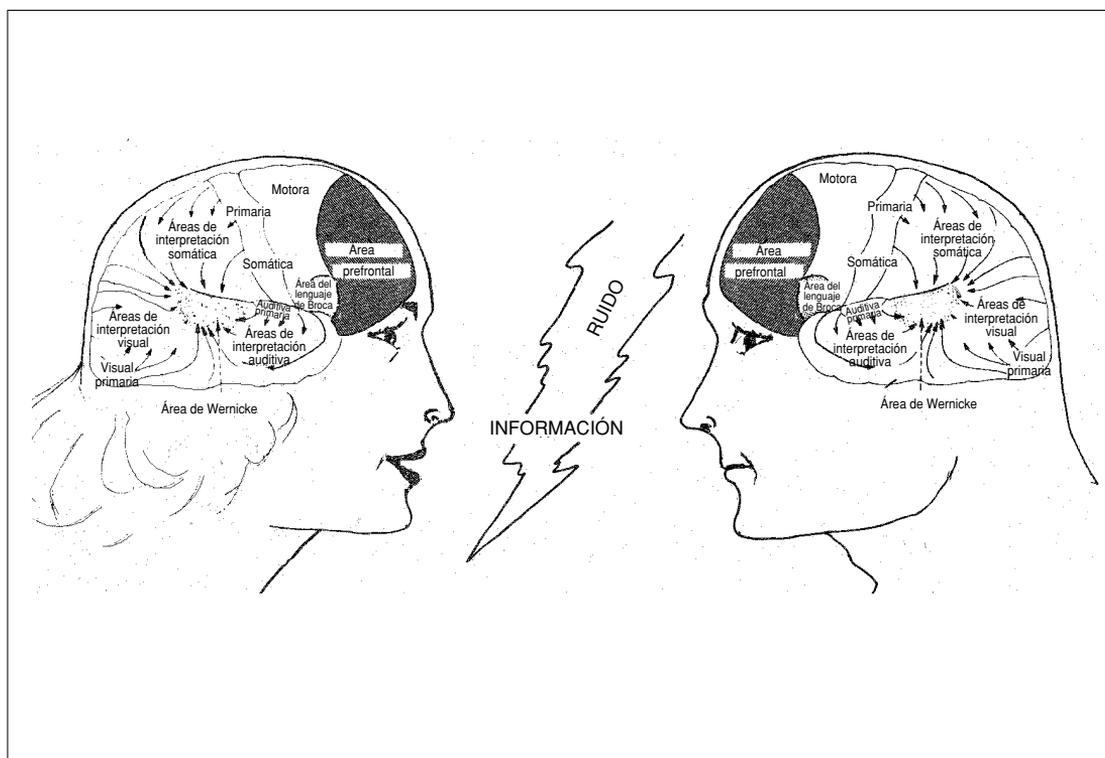


Fig 6.1 Información y ruido

Muchos de estos trastornos de la percepción entran dentro del mundo de la patología y deben ser abordados desde una vertiente médica ya que el encontrarnos con intoxicaciones etílicas, o de otro tipo, como puede ser la falta de oxígeno (hipoxia) por la contaminación producida en un proceso industrial, no son unas variantes tan irrelevantes que se deba eliminar su estudio en el desarrollo del diseño de PP.TT. Las fopsias son en la mayoría de los casos problemas marginales, pero si no las consideramos, pueden, en una situación de crisis, incidir en el incremento de la accidentalidad y en su gravedad, como también los acoasmas y alucinaciones auditivas, que pese a ser poco importantes al diseñar dispositivos informativos pueden interferir en el proceso potenciando el incidente, o desencadenando el accidente. Por último, citaremos los problemas de discriminar entre izquierda y derecha que en algunos casos ha contribuido a propiciar accidentes graves, e incluso mortales.

## 6.2 Sensación, percepción, representación y acción

Para que una persona pueda recibir cualquier tipo de información, considerando que ésta ha sido bien emitida y en condiciones y canal apropiados, deben funcionar adecuadamente sus mecanismos neurofisiológicos los cuales permiten la recepción y la conducción de los distintos estímulos a los diferentes procesos perceptivos, y que provocan la señal que indica el estado o el cambio de estado de un elemento de un sistema que aporta información y es perceptible por el operario. Este complejo proceso neurofisiológico puede ser simplificado en el esquema que se muestra en la figura 6.2.

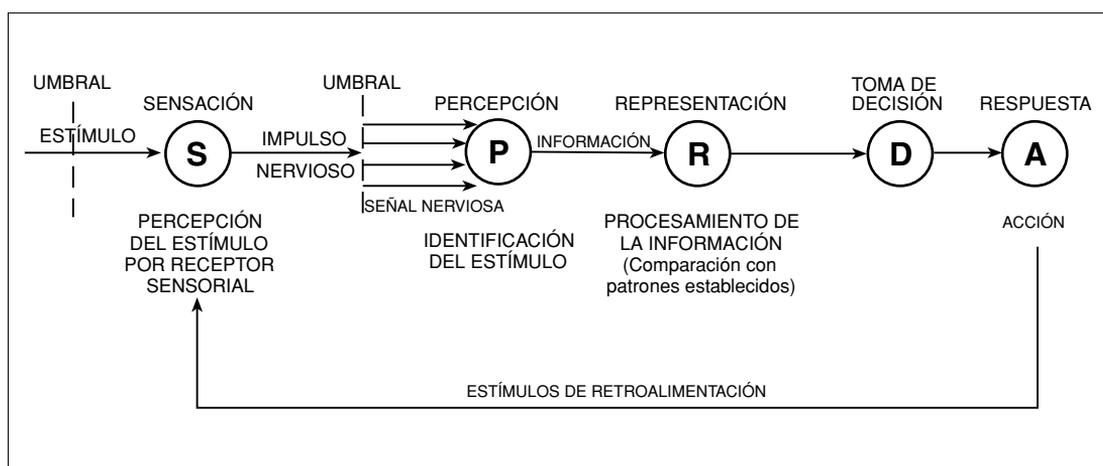


Fig. 6.2 Sensación, percepción, representación, decisión y respuesta

Primero quizás se sienta, luego quizás se perciba, es posible que se represente y finalmente se puede responder con una acción. Pero de lo que no cabe duda alguna es que la secuencia sigue ese orden y que si falta uno de estos eslabones se interrumpe el proceso. Y hemos dicho “quizás”, “es posible”, etc., porque para sentir por ejemplo un sonido, su intensidad debe alcanzar al menos nuestro umbral auditivo, lo que no significa que lo hayamos percibido, ya que para percibirlo se debe desencadenar el proceso que nos permita tomar conciencia de que hemos escuchado el sonido, lo cual depende de que la señal se convierta en estímulo significativo para el receptor.

Percibido el sonido, debemos identificarlo; éste es el proceso de representación, que consiste en buscar en nuestros “archivos personales de sonidos” al estímulo sonoro que hemos recibido, y si no lo tenemos archivado, poco podemos hacer, es un sonido desconocido, no tiene significado y, por lo tanto, para nosotros no es información relevante, ya que para tales situaciones no tenemos una reacción preparada como respuesta, por lo que, posiblemente y según las circunstancias y el lugar, en el mejor de los casos quizás nos pondremos en estado de alerta valorando la incertidumbre creada como posible peligro desconocido, pero sin más información.

También ocurre con frecuencia que durante el proceso de búsqueda en “los archivos personales de sonidos” hallemos otro sonido parecido que nos contamine; en este caso puede que nos equivoquemos en la identificación, o puede que, conscientes de que no es exactamente el sonido buscado, deduzcamos, por analogía, el significado del nuevo sonido.

Estos procesos se desencadenan de forma parecida con los distintos tipos de estímulos: visuales, olfativos, táctiles, gustativos..., y el grado de experiencia, la claridad e intensidad del estímulo, el ambiente y nuestro estado psicofisiológico (sereno o excitado, eufórico o adormecido, hambriento o satisfecho, cansado o relajado, atento o distraído,...) determinarán si nos equivocamos o acertamos en la recepción y valoración de la información.

Admitiendo el alto grado de simplificación que estamos haciendo de un fenómeno extraordinariamente complejo, convengamos que el sistema nervioso está formado por los nervios, la médula espinal y el encéfalo. A su vez, para su estudio, el sistema nervioso puede ser subdividido en sistema nervioso central (SNC) y sistema nervioso periférico (SNP). El SNC está constituido por la médula espinal y el encéfalo y el SNP por los nervios, cuyos terminales son los altamente especializados receptores sensoriales, que se encuentran distribuidos por todo el organismo a manera de reporteros listos para enviar al SNC todo tipo de información de interés para el cuerpo.

La información que envían los receptores sensoriales al SNC recorre un camino por el llamado subsistema nervioso aferente, mientras que la respuesta que envía el SNC hacia los músculos que deben ser activados como consecuencia de dicha información lo hace a través del subsistema nervioso eferente.

Un aspecto de mucho interés para los ergónomos es el nivel de procesamiento de la información. Expliquémonos: la información enviada por los receptores sensoriales al SNC recorre su camino a través del subsistema aferente hasta alcanzar primero la médula espinal, después las zonas inferiores del encéfalo y, finalmente, la corteza cerebral.

Ahora bien, no siempre es necesario que la información llegue a la corteza cerebral y ni siquiera a las zonas bajas del encéfalo: esto depende del grado de conciencia que requiera la reacción del organismo ante el estímulo. Para el control de muchas actividades del cuerpo basta que la información alcance la médula espinal, donde las denominadas neuronas asociativas se encargan de responder. Por ejemplo: cuando nuestra mano accidentalmente hace contacto con una plancha caliente saltamos y la apartamos rápidamente sin necesidad de procesar la información y tomar la decisión conscientemente. Esta información no necesitó llegar a la corteza cerebral, ni a las zonas inferiores del encéfalo. Esto es lo que conocemos como arco (o acto) reflejo. Otros ejemplos son la sed, el hambre, un pinchazo en un dedo, el sueño, un grito en nuestro oído, una luz muy intensa frente a nuestros ojos.

Otra ventaja del arco reflejo es que las respuestas son más rápidas, al no tener que viajar la información por tan largo recorrido hasta el cerebro para éste procesar la información recibida, tomar una decisión adecuada y enviar la respuesta necesaria por un camino tan largo como el primero. Al llegar la orden del cerebro de apartar la mano ésta ya estaría hecha un carbón.

Como hemos dicho, los arcos reflejos resultan de gran interés para los ergónomos, pues con su conocimiento es posible tener en cuenta el tiempo de reacción de las persona para el diseño de los diferentes mecanismos que garantizan las relaciones informativas en los puestos de trabajo, prever acciones motoras peligrosas, proteger al operario de accidentes motivados por actos reflejos, etcétera. Pero aún hay más: además de estos arcos reflejo llamados incondicionados existen los arcos reflejos condicionados.

Los arcos reflejos condicionados son creados por el entrenamiento. Una persona que se entrena realizando determinados movimientos que conforman el estereotipo dinámico de su actividad, al cabo de cierto tiempo habrá creado un sistema de arcos reflejos condicionados que garantizará que realice la actividad con más rapidez, calidad y seguridad y con más economía energética y nerviosa, pues las órdenes ya no llegarán del cerebro, sino de la médula espinal, donde se habrán especializado gracias al entrenamiento de las neuronas asociativas.

Hay ejemplos muy variados y abundantes: el obrero en una línea de producción, la judoca, el corredor de 100 metros lisos en la salida, teclear en el ordenador, el chófer, la pianista, el bailarín..., todos se entrenan horas y horas, repitiendo mil veces los movimientos hasta la fatiga, para crear y fijar arcos reflejos en sus sistemas nerviosos y de esta forma ir disminuyendo los tiempos de reacción y economizar energía física y nerviosa. Pero, más significativo aún, ¿recuerda los intensos entrenamientos a que fue sometido cuando era niño para que usted pueda ahora andar, hablar, escribir, leer, etc.? Por cierto, si no se hubiese entrenado de niño, a andar y hablar..., ahora ya no podría entrenarse, pues éstas últimas son aptitudes que sólo es posible alcanzar durante los primeros años de la infancia, en los cuales el ser humano tienen un alto grado de plasticidad y puede troquelar su conducta.

Las neuronas son células altamente especializadas de muy variadas clases que se transmiten la información mediante pequeñísimas diferencias de potencial (sobre los 70 mV), conduciéndola desde una parte del cuerpo a otra, a través del sistema nervioso. Una neurona consiste esencialmente en tres partes: el cuerpo que contiene el núcleo, una masa de protuberancias capilares y la parte más delgada que se denomina axón y que se ramifica en las dendritas que conectan a las neuronas entre sí. La velocidad de transmisión de información varía entre los 0,6 y los 120 m/s.

Los receptores sensoriales se pueden clasificar según sus funciones específicas. Los interoceptores informan sobre estados de hambre, sed, etc., que en el campo de la ergonomía se tienen en cuenta, pues determinados niveles (hambre, sed, fatiga, euforia, aburrimiento...) pueden llegar a modificar y hasta interferir la información y las respuestas humanas bajo unas condiciones dadas. No suelen ser críticos, salvedad hecha de los niveles de azúcar, y los biorritmos, cuando estamos diseñando ciclos de trabajo, rotación de turnos, trabajo nocturno, etcétera.

Los propioceptores relacionan las funciones motoras: posición, partes del cuerpo y espacio. Están establecidos en dos sistemas críticos para la ergonomía: el vestibular y el cinestésico. El sistema vestibular se encuentra ubicado en el oído y sus funciones principales son las del mantenimiento de la postura y el equilibrio, sus receptores se encuentran en los canales semicirculares, utrículo y sáculo, mientras que el sistema cinestésico, que se encuentra ubicado en los músculos y tendones, nos

informa de la posición de las extremidades y de las distintas partes del cuerpo mediante las terminaciones nerviosas pertinentes. Esta información nos ayuda a mantener las habilidades humanas tales como el control, la presión, la coordinación de las extremidades, las respuestas de orientación espacial, los tiempos de reacción, destrezas, puntería, movimientos precisos, velocidades de muñecas y dedos, control sobre velocidad y dirección....

Por último, y también críticos para la ergonomía, tenemos los exteroceptores que reciben la información del exterior: ojo, oído, tacto, gusto y olfato, y nos transmiten la información sobre la que la persona, normalmente, debe intervenir.

Como es sabido, para que un estímulo sea captado por un receptor sensorial, su intensidad debe alcanzar al menos el umbral sensorial de éste. Si la intensidad de un sonido no alcanza el umbral sensorial de las células pilosas de nuestro oído, no lo oiremos. Lo mismo ocurre con la visión, el tacto, el olfato, el paladar... Existen dos aspectos muy importantes a resaltar: los umbrales sensoriales de todas las personas varían durante el día como consecuencia de un gran número de factores psicofisiológicos, como son: la fatiga, los ritmos circadianos (la hora), el estado anímico, la concentración en el trabajo, la motivación, diversos estados patológicos, la angustia, la desesperación, la somnolencia, la euforia, la monotonía, el pánico, la digestión, las preocupaciones, etcétera; y los umbrales sensoriales se elevan ante estímulos muy fuertes, como una forma de protección contra sus efectos fisiológicos.

Por ejemplo, cuando estamos expuestos a una fuente de ruido muy intenso nuestro umbral auditivo se eleva y, en consecuencia, oímos menos, y aún finalizada la exposición seguimos oyendo menos durante un tiempo proporcional al tiempo de exposición y a la intensidad y frecuencia del sonido (sordera temporal) hasta recuperar el umbral normal propio; de manera que si estamos durante largas temporadas de nuestra vida expuestos habitualmente a ruidos muy intensos acabaremos sordos parcial o totalmente (sordera permanente).

Otro ejemplo, quizás más claro: cuando después de comer un dulce tomamos una taza de café, nos parece que éste no tiene suficiente azúcar, aunque utilicemos nuestra dosis habitual de azúcar, debido a que nuestro umbral gustativo se ha elevado para las sustancias dulces. El primer reloj de pulsera y el primer anillo que nos pusimos en nuestra vida, los sentimos durante un tiempo, luego los olvidamos en un lavabo y no nos damos cuenta, porque el umbral táctil de la muñeca y el dedo se ha elevado por el uso prolongado del reloj y del anillo y sentimos mucho menos que antes. Pregúntele a un amigo que sin mirarse la muñeca le diga si lleva su reloj y verá qué pasa. Con el olfato ocurre otro tanto.

La sensación viene determinada por la intensidad y la calidad del estímulo y por el órgano involucrado. En función del canal o canales receptores tendremos una estimulación que recibirá un cierto nivel energético para sobrepasar el umbral del sensor especializado, la energía puede provenir de una fuente mecánica, electromagnética, térmica, química..., y genera la información pertinente que posibilita y faculta a la persona para que emita, u omita, una respuesta. Mientras que el proceso perceptivo está influenciado por la experiencia (el archivo) de la persona, sus expectativas, sentimientos, deseos, etc.

Así pues, para poder sentir un estímulo existe un límite inferior (umbral) pero también existe un límite superior (tolerable o práctico). Van Cott y Kinkade (1972) establecieron, entre otros, los intervalos sensoriales para la vista: umbral  $3,193 \times 10^{-6}$  cd/m<sup>2</sup> y máximo tolerable  $3,193 \times 10^6$  cd/m<sup>2</sup>, y para el oído: umbral  $2 \times 10^{-5}$  Pa y máximo tolerable  $2 \times 10^4$  Pa.

El estímulo que no alcanza el umbral sensorial del sujeto, y que por lo tanto no es detectado por éste, se denomina estímulo subliminal. No obstante, bajo determinadas condiciones, reiterando adecuadamente el estímulo subliminal se puede provocar en la persona una reacción subconsciente, al acumularse en los receptores sensoriales los estímulos y desencadenar determinadas “órdenes”. Esta emisión de estímulos subliminales puede llegar a provocar artificialmente sed, odio, amor, hambre, etc.

Como estamos trabajando con personas y las personas nos diferenciamos notablemente entre nosotros, además de tener en cuenta los límites sensoriales, deben ser considerados otros factores que pueden incrementar o disminuir la capacidad de respuesta. De ahí que si sólo establecemos características psicofisiológicas (que ya hemos señalado anteriormente) e ignoramos cuestiones organizativas, culturales, religiosas, sociales... en el diseño de dispositivos informativos, estamos abonando el campo del error humano. Una imagen o sonido determinados, no significan lo mismo para un español que para un senegalés, un tailandés o un esquimal, para utilizar casos extremos; con relativa frecuencia no significa lo mismo una palabra para un abogado que para un médico, un taxista, o un ingeniero, pues aún dentro del mismo idioma existen diversas jergas profesionales y términos regionales.

Para que se establezca un matrimonio fructífero persona-máquina, debemos superar el nivel raso (sensación) para llegar al consumato (percepción); o sea, debemos superar el planteamiento teórico para adentrarnos en el de la casuística, y recurrir a todas las fuentes de información posibles que nos proporcionen datos sobre el comportamiento humano ante situaciones parecidas.

La percepción es el proceso psicofísico desencadenado por la señal, que dirigido a los receptores especializados llevan información al SNC del operario, de donde éste obtiene su información. Podemos clasificar el proceso perceptivo en tres etapas, que irán desde la detección de la señal por parte de la persona, a la toma de conciencia de la señal detectada, y la posterior interpretación (representación), en la cual el individuo da significado a la señal que ha identificado. Y aquí, en la representación, volvemos a llamar la atención sobre las diferencias individuales: cada persona, según sus características, interpretará la señal a su manera, o incluso habrá quien no podrá interpretar nada, porque en sus “archivos” no está registrada.

### 6.2.1 Los códigos

Seguramente que si este libro estuviese escrito en sánscrito usted no podría leerlo, a menos que conociera el código de esa lengua. Como está escrito en castellano y usted conoce su código, es capaz de recibir e interpretar la información que en él se encuentra.

Un código escrito es un sistema de señales constituido por un conjunto de estímulos que llamamos alfabeto, que permite la transmisión y recepción de información. Un código puede ser visual, o acústico, o táctil, o incluso olfativo, etcétera. Todo está en ponerse de acuerdo el emisor con el receptor en el significado de los estímulos convenidos. La cantidad de códigos existentes es infinita y su evolución y generación de nuevos códigos es continua.

Los códigos pueden ir desde los muy simples hasta los muy complejos: el código empleado por las señales de los semáforos del tránsito es muy simple: el rojo significa “detenerse”; el amarillo, “precaución”; y el verde, “continuar”. Sin embargo, para un indígena amazónico, tal código no tiene significado alguno, porque todo código requiere del conocimiento y entrenamiento previos de las personas potencialmente receptoras. Un indio amazónico puede aprender rápidamente el significado del código del semáforo, porque es muy simple; pero no le sería tan fácil, y a nosotros tampoco, el aprendizaje de un código complejo tal como el lenguaje morse, el código de circulación o la comunicación con banderas.

El lenguaje hablado es un código de sonidos complejo, no sólo por el significado de las palabras, sino por el lugar que ocupen dentro de las frases y oraciones, y por la entonación, la modulación y la cadencia de los sonidos, etcétera. Con la escritura ocurre lo mismo: es un sistema de codificación complejo, en este caso visual. Por cierto, en ambos casos existe un alto nivel de redundancia, lo que los hace más fiables.

De ser posible, en la aplicación de la ergonomía se debe procurar la selección del código más simple, siempre que con él se alcancen los objetivos eficientemente, porque, en general, se reacciona más rápidamente, con menor esfuerzo mental y con más seguridad ante un código simple. Pero eso depende del tipo de información que se desee transmitir; si es compleja, un código simple será insuficiente y poco o nada fiable. Por ello deben analizarse cuidadosamente las características de la información que quiere transmitirse y el canal más apropiado para su emisión y correcta recepción según las condiciones ambientales y las capacidades, limitaciones y carga sensorial y mental del receptor.

Las personas sólo podemos recibir y procesar una limitada cantidad de estímulos. Mientras mayor sea la carga, menor será la eficiencia en la recepción. La relación entre la cantidad y velocidad de información, y la eficiencia (o errores) es más o menos lineal, y aunque teóricamente una persona puede recibir y procesar hasta 40 ó 50 bits por segundo, en la práctica es bastante menos. R. Hartley en 1928 definió matemáticamente la cantidad de información (I) como el logaritmo base 2 de la cantidad de alternativas equiprobables (N):

$$I = \log_2 N$$

De manera que si lanzamos una moneda al aire:  $I = \log_2 2 = 1$  bit.

Otro aspecto de importancia son los tiempos de permanencia de los estímulos y el espaciamiento entre ellos. Los receptores sensoriales necesitan un tiempo para percibir un estímulo, y si el tiempo de permanencia del estímulo es insuficiente, no habrá percepción; de igual forma, si entre dos estímulos

no transcurre un mínimo de tiempo, el sujeto receptor podrá confundirlos. Este tiempo mínimo de espaciamento es muy variable y depende tanto de la naturaleza y de las características de los estímulos, como de las condiciones ambientales, y de las capacidades y limitaciones de la persona receptora; no obstante, se recomienda que nunca sea menor de 500 ms.

### 6.2.2 Tiempos de reacción

Con relativa frecuencia el tiempo de reacción de una persona puede determinar acontecimientos importantes en su vida o en la de otras personas. Así ocurre en numerosas ocasiones en la conducción de automóviles: un frenazo a tiempo o un oportuno giro del volante; o en la producción: la rápida detención de una máquina industrial en situación de generar peligro, la retirada a tiempo de una mano... Sin embargo, también en numerosas ocasiones, el frenazo no se produce a tiempo o el giro del volante no se llega a efectuar; la máquina no se detiene lo suficientemente rápido para evitar el accidente y el operario no puede retirar la mano y la pierde... A un conductor en posesión de sus plenas capacidades conduciendo su automóvil a 100 km/h en una autopista, si se le atraviesa un obstáculo repentinamente en su camino recorrerá aproximadamente 14 metros antes de comenzar a frenar; después vendrá el frenazo con un recorrido bastante mayor que los 14 metros anteriores. Podemos suponer lo que ocurre si en vehículo viaja a 180 o más km/h, o si el encuentro es entre dos aviones...

Los tiempos de reacción no son críticos en muchas actividades humanas, pero cuando lo son, su importancia acostumbra a ser enorme y hasta vital.

Se define el tiempo de reacción (TR) como el tiempo que transcurre desde que aparece la señal hasta que se ejecuta la acción de respuesta. Esta respuesta dependerá de muchos factores, como son: las características individuales, (como la edad, sexo, entrenamiento...), el sentido utilizado, la fatiga física y mental, la carga de trabajo, las características de la señal, su ubicación y frecuencia de aparición, la existencia de una señal previa de alerta, las características de la respuesta esperada, el tipo de dispositivo de control, etcétera. Alrededor de los 30 años de edad se tienen los TR más bajos en ambos sexos y, por lo general, las mujeres poseen un TR mayor que los hombres, en igualdad de entrenamiento y edad.

Cuando el estímulo ofrece una información de un bit (sí - no), es decir, con dos únicas alternativas de respuesta, el tiempo de toma de decisión es el más breve y en consecuencia obtenemos el tiempo de reacción menor; este tiempo de reacción se denomina tiempo de reacción simple (TRS); mientras que si hay que tomar la decisión ante más alternativas, el tiempo de reacción será mucho mayor mientras más alternativas presentemos al sujeto y se denomina tiempo de reacción complejo (TRC).

Parece ser que el tiempo de reacción está linealmente relacionado con la cantidad de bits de información. En la tabla siguiente mostramos, con objetivos puramente comparativos, los valores aproximados de los TR según las alternativas de respuesta:

TR (ms)	Alternativas									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	200	350	400	450	500	550	600	600	650	650

Con intención puramente orientativa, porque existen diversos criterios al respecto y además es muy difícil comparar los tiempos de reacción provocados por estímulos cuyo origen es diverso, en la siguiente tabla mostramos los tiempos de reacción típicos que aparecen en la bibliografía consultada:

<u>Sentido</u>	<u>TRS - TRC (ms)</u>
Tacto	110-155
Audición	120-160
Visión	150-200
Temperatura	150-200
Olfato	200-500
Dolor	200-1000

Por otra parte, descomponiendo el tiempo de reacción, Mc Cormick estima los intervalos probables (según la complejidad del estímulo) en que se mueven los diferentes tiempos que lo componen:

	<u>tiempo [ms]</u>
Recepción del estímulo	1-38
Trasmisión nerviosa hasta la corteza	2-100
Procesamiento y decisión	70-300
Trasmisión nerviosa hasta el músculo	10-20
Activación muscular	30-70
Total	113-528 ms

Y para finalizar esta breve introducción, algunos aspectos que consideramos muy importantes respecto a cómo presentar la información en los puestos de trabajo:

1. La información debe ser estrictamente la necesaria y suficiente; todo exceso de información es desinformación que complica el proceso y, consecuentemente, incrementa la probabilidad de errores. Por ejemplo: para conducir un coche no es necesario conocer la temperatura ambiental, el nivel sonoro y el nivel de iluminación existentes, por lo que es absurdo incluir en el salpicadero los displays con esas desinformaciones; esto aumentaría la densidad de dispositivos en el campo visual del conductor, encarecería el valor de los coches, complicaría la lectura de los displays útiles y lo distraería inútilmente e incrementaría el peligro de la conducción.
2. Si la información que se transmite no necesita ser codificada de nuevo para su correcta recepción, debe ser transmitida con su código original; pero si es necesario, hay que codificarla y utilizar los

instrumentos o dispositivos adecuados. La intervención de varios códigos durante la transmisión introduce una mayor probabilidad de error. Por ejemplo: la traducción de un documento originalmente en japonés al francés, y luego del francés al castellano, seguramente contendrá más errores que si se traduce directamente del japonés al castellano.

3. La precisión de la información debe ser la necesaria y suficiente, porque a mayor precisión, mayor probabilidad de error. Por ejemplo: leer en un dispositivo  $38,26^{\circ}\text{C}$  puede provocar más error que leer  $38^{\circ}\text{C}$ . Por lo tanto, si para el proceso que se controla no son necesarias las décimas ni la centésimas de grado, el dispositivo informativo debe poseer sólo números enteros.
4. La exactitud (veracidad) de la información debe ser siempre la máxima.

### 6.3 Canales y dispositivos informativos (DI)

Si bien la información es indispensable para que el usuario pueda controlar un sistema, la cantidad de información, su calidad, su cadencia, la pertinencia, la forma en que la recibe, etc. y la retroalimentación que debe producirse, determina la calidad del sistema de control.

Atendiendo al canal por el que se recibe la información, la visión es el sistema detector por el cual las personas videntes reciben generalmente más del 80% de la información exterior. De los otros canales de información, sólo la audición y el tacto aparecen significativamente, ya que tanto el gusto, como el olfato son canales poco utilizados en el medio laboral para transmitir información, excepto casos muy concretos y muy importantes, como son: tastadores, catadores, narices (perfumistas), donde, por supuesto, son vitales y muchísimo más importantes que los demás canales.

A la hora de diseñar o seleccionar un dispositivo informativo, así como el mando o dispositivo de control correspondiente, hay que tener en cuenta el tipo de información que se ha de recibir, los niveles de distinción y comparación, la valoración de la información recibida, la importancia de los posibles errores y sus consecuencias, el análisis de estímulos definido por la carga, la frecuencia y el tiempo disponible de reacción, el tiempo compartido entre persona y máquina para dar respuesta, las posibles interferencias, la compatibilidad entre persona y máquina, el sistema organizativo, el control exterior, el entorno social y cultural, etc.

Los dispositivos informativos comúnmente utilizados en el diseño de PP.TT., se pueden clasificar según el canal utilizado en dispositivos visuales (DIV), audibles (DIA) y táctiles (DIT). Muchas veces la implementación de éstos pasa por la combinación de una o varias categorías, lo que obliga a realizar un análisis exhaustivo de saturación y compatibilidad de los canales perceptivos por los cuales el usuario recibirá la información integral del sistema.

El canal visual es el más apropiado para recibir información compleja y larga que requiere de su memorización, pues generalmente se recuerda mejor lo que se ve que lo que se oye o percibe a través

del tacto, salvo excepciones importantes. También es recomendable el canal visual cuando la información se refiere a espacios, distancias y volúmenes. Sin embargo, si fuese necesaria una respuesta inmediata de la persona, la información visual no es, por lo general, la mejor vía, como tampoco lo es para trabajadores que tienen que desplazarse continuamente en su puesto, ya que su campo visual es muy variable. Por otro lado, el color de una señal luminosa no es por sí sólo muy importante para el tiempo de reacción, salvo en los casos que sirve para resaltar el contraste y destacarse de otros dispositivos o luces; en cambio el tamaño y la intermitencia sí producen una cierta reducción del TR.

El canal auditivo posee características que hace aconsejable su utilización cuando la información que queremos transmitir exige una rápida atención, es breve, simple y exige una respuesta rápida, ya que el tiempo de reacción es menor ante estímulos auditivos que visuales, no requiere memorización posterior ni una posición fija del trabajador y resiste más la fatiga que el visual. Sus ventajas también se manifiestan cuando la información se refiere a eventos en el tiempo. Sin embargo, el tono de la señal no influye notablemente en el TR, aunque sí la intermitencia.

No obstante todo lo anterior, hay que tener en cuenta otros factores ambientales al proceder a la elección del canal de transmisión, de manera que si es necesaria una información que supuestamente sería mejor enviarla por el canal auditivo, pero el lugar es ruidoso, debe estudiarse el empleo del canal visual o el táctil como alternativos, solos o simultáneamente como redundancia positiva. Lo mismo ocurre con las señales visuales en un ambiente poco o demasiado iluminado, en el cual un letrero escrito (en el primer caso), o una pequeña lámpara indicadora (en el segundo), pasarían desapercibidos por falta de contraste.

El canal táctil es especialmente útil cuando el operador debe identificar, por ejemplo, varios dispositivos de control y debido a la existencia de poca o mucha iluminación, y/o debe concentrar su atención en una parte muy importante. O cuando se actúa sobre un control y éste nos informa con su resistencia o suavidad que ha obedecido (o no) nuestra orden.

Por lo tanto, la utilización de dos o más canales, simultáneos o secuenciados, para emitir y recibir la información y así asegurar su mejor recepción, la denomina redundancia, es sumamente útil en múltiples situaciones laborales. Por ejemplo: un display que debe ser leído cuando marque determinado valor crítico, puede avisar al operario de que se acerca al régimen cambiando su color, su frecuencia de parpadeo, la resistencia del mando al desplazamiento, o incorporando una alarma sonora...

Un nivel de iluminación inadecuado, la falta de contraste entre el objeto y su fondo, los deslumbramientos directos por luminarias mal situadas, o por ventanas, o por reflexión en superficies pulidas, los colores inadecuados o mal combinados, las sombras excesivas, los tiempos de observación demasiado breves o prolongados, y los indicadores que se mueven muy rápidamente, el efecto estroboscópico, las diferencias notables de luminancias en el campo visual, los detalles muy pequeños, una distancia visual muy cercana durante demasiado tiempo, los espectros de la luz inadecuados, son circunstancias que provocan un ambiente visual de baja calidad que favorecen el error humano. Por lo tanto hemos de analizarlas una a una y con sumo cuidado.

En actividades que requieren de una gran precisión visual, visión cercana o muy cercana y concentración, es necesaria una buena iluminación (que no siempre significa abundante). Cuando la discriminación del color con determinadas exigencias es importante resulta muy útil la luz natural, aunque existen lámparas que llegan a imitarla con relativa eficiencia. Estos son los puestos, por ejemplo, de control visual de la calidad del color de productos: etiquetas de colores, vinos, fotografías, perfumes, pinturas y tintas para las artes gráficas, estampado en telas, piezas metálicas pintadas. También es posible utilizar luz de color complementario respecto al color de los defectos para la detección visual éstos, como en pequeñas zonas de óxido de hierro de piezas metálicas que resaltan al ser iluminados con luz verde. Por otra parte, para identificar irregularidades en superficies de piezas, telas, hilos..., es necesario proporcionar una iluminación que resalte estos defectos aunque muchas veces no pasa precisamente por incrementar el nivel de iluminación.

El problema a la hora de presentar la información visual estriba en que no sólo depende de la calidad intrínseca de percepción del usuario (presbicia, miopía, etc.), como hemos visto anteriormente, sino además de las condiciones externas que configuran el espacio de trabajo y que intervienen, para bien o para mal, en el proceso de captación de la información visual.

La probabilidad de error en la recepción de la información, cualquiera que sea el canal utilizado, se incrementa con la complejidad de ésta. Así pues, la elección de los dispositivos informativos visuales vendrá determinada por su sencillez, eficiencia y fiabilidad.

Los parámetros que debemos considerar para obtener repuestas eficaces en la información visual son: la visibilidad, la legibilidad, el grado de fatiga y la compatibilidad entre la fuente emisora y la receptora; algunos de los aspectos específicos relacionados con estas cuatro variables son: nivel de iluminación en el puesto de trabajo, luminancias y contrastes en el dispositivo visual, distancia de lectura y tipo, tamaño, grosor y separación de las letras y números, características de los símbolos, distribución de la luminancia en el campo visual, deslumbramientos, grado de difusión de la luz, colores, agudeza visual, tiempos de permanencia de la información y de la percepción, carga visual, carga mental, fatigas mental y física, posiciones y movimientos de la persona, cantidad y calidad de las informaciones que debe atender, importancia de la actividad, responsabilidades...

Además, debemos considerar en el colectivo específico de personas: tipo de cultura, nivel cultural, edades, deficiencias visuales, grados de agudeza visual, adaptación, acuidad, convergencia, cromatismo, aprendizaje y entrenamiento, tiempo de exposición de la información y régimen de cambio de variables.

La presentación de la imagen a interpretar pasa desde el estímulo, a la formación de la imagen; de ésta a sensibilizar la retina, después se produce un proceso neuroretiniano, que da paso al proceso cortical, donde aparecen, primero, las imágenes de referencia acumuladas en la memoria, después el proceso informativo; de ahí se extraerá la información que permite elaborar las decisiones, paso previo para emitir las respuestas. Cualquier fallo en una de estas etapas es fuente de error en el sistema.

## 6.4 Dispositivos informativos visuales (DIV)

“Ver para creer”, porque “vista hace fe”, nos han dicho desde siempre y nosotros lo hemos creído como una verdad sagrada. Pero no siempre esto es cierto. La información visual es muy rica..., pero si no está bien seleccionado el canal, diseñada la información, seleccionado el dispositivo adecuado y bien ubicado, el ambiente no es favorable o nosotros no estamos preparados para la recepción, no nos enteraremos de nada o nos podremos engañar muy fácilmente, porque “la vista engaña” aunque lo hayamos visto “con nuestros propios ojos”.

En la siguiente figura 6.3 se muestran algunos DIV básicos. Su elección debe efectuarse teniendo en cuenta que la información debe ser la necesaria y suficiente, sin excesos ni defectos. Si con una alarma o un indicador es suficiente, no hay por qué utilizar un contador que sólo complicaría la información incrementándose con esto la probabilidad de error. A continuación se definen estos dispositivos.

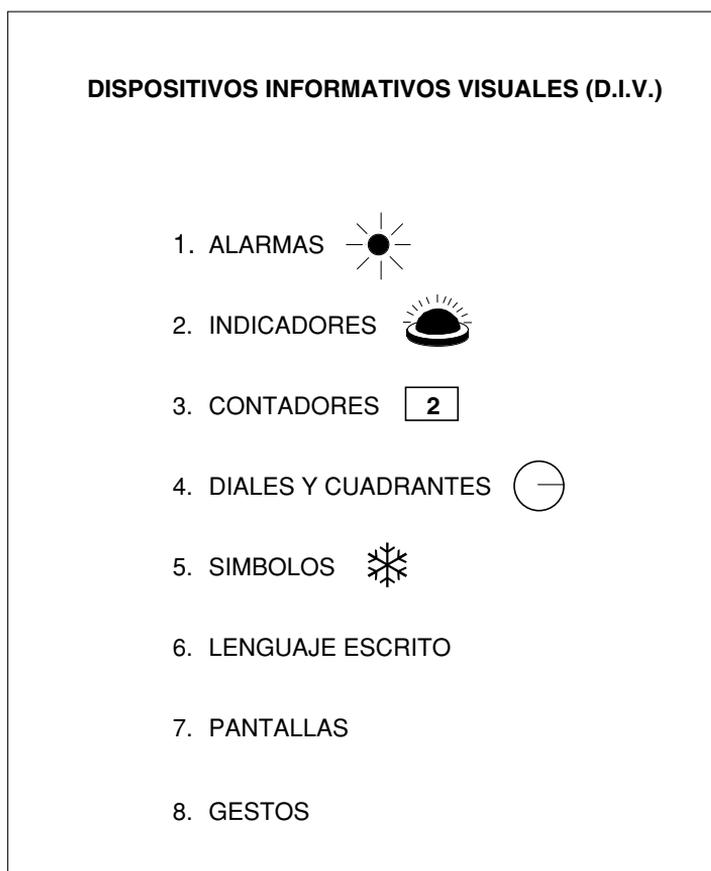


Fig. 6.3 Dispositivos Informativos visuales (DIV) básicos

### 6.4.1 Alarmas

Las alarmas visuales pueden ser lámparas de diversas formas y tamaños que emiten luces de colores (rojo, naranja...), generalmente parpadeantes; pueden incluirse símbolos, flechas y letreros, pero siempre muy simples y muy fáciles de interpretar. Su mensaje es de emergencia, crisis y peligro y, por lo tanto, para ser rápidamente y bien interpretado, debe poseer un significado muy sencillo y claro, libre de cualquier ambigüedad que pueda dar lugar a dudas. Debe ser muy bien conocido por cualquiera de los usuarios al que pueda ir dirigido. La acción de respuesta a su mensaje tiene que corresponder a un estereotipo dinámico esperado que, por lo general, debe de haber sido adquirido mediante el entrenamiento adecuado. Una señal de alarma debe poseer un significado único y la reacción de las personas ante su recepción por lo general también debe ser única.

### 6.4.2 Indicadores

Los indicadores poseen las mismas características de sencillez que las alarmas, pero sin el significado de emergencia, crisis o peligro. La información que ofrecen los indicadores debe ser de un bit: sí-no; conectado-desconectado; funcionando-detenido.

### 6.4.3 Contadores

Se utilizan cuando es imprescindible informar el comportamiento de un parámetro a través de números. Son los más sencillos y con la menor probabilidad de error en la lectura de todos los DIV que informan mediante valores numéricos. No sirven para variables con regímenes de cambio elevados, ya que no permitirían la lectura e incluso podrían llevar a confusión de sentido en la variación y percepción de los valores.

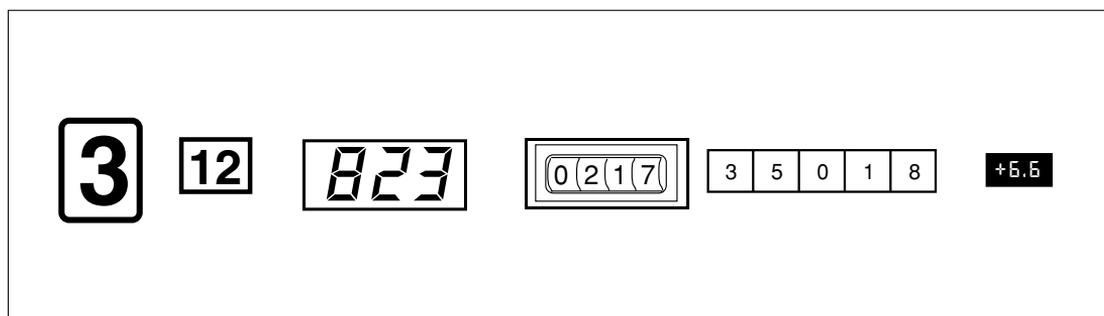


FIG. 6.4 Contadores

### 6.4.4 Diales y cuadrantes

En función de su forma pueden ser circulares, semicirculares, sectoriales, cuadrados, rectangulares (horizontales y verticales), etcétera. Por su funcionamiento pueden ser de indicador móvil y escala fija, y de indicador fijo y escala móvil. Los de indicador fijo provocan menos errores de lectura; sin embargo los de indicador móvil permiten percibir mejor el régimen de cambio de una variable.

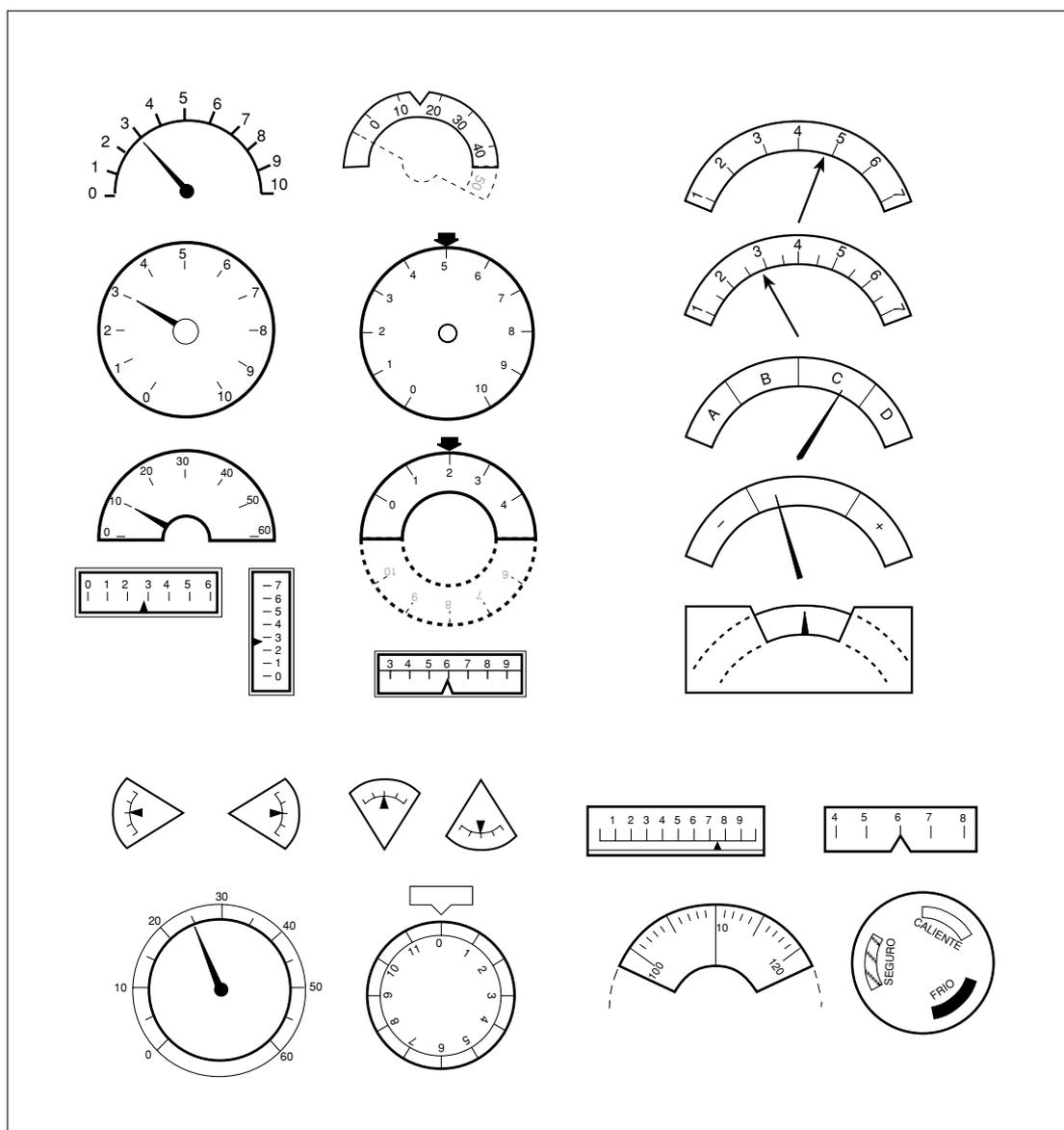
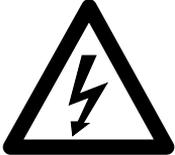


Fig. 6.5 Diales y cuadrantes

### 6.4.5 Símbolos

Por su sencillez y fácil comprensión son elementos a incorporar. El peligro consiste en una mala utilización, ya sea por ambigüedad en el mensaje, por deficiencias en la normalización, o por no tener en cuenta las características culturales. El símbolo debe comunicar de una forma inequívoca e inmediata su mensaje.

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SÍMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
PROHIBIDO FUMAR		NEGRO	ROJO	BLANCO	
RIESGO DE INTOXICACIÓN SUSTANCIAS TÓXICAS		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO ELÉCTRICO		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
EQUIPO CONTRA INCENDIOS		BLANCO	ROJO	BLANCO	

Fi. 6.6 Símbolos de seguridad

NOMBRE DEL SÍMBOLO	SÍMBOLOS DE LOS THERBLIGS	EXPLICACIÓN DEL SÍMBOLO DERIVADA DE	NOMBRE DEL SÍMBOLO	SÍMBOLOS DE LOS THERBLIGS	EXPLICACIÓN DEL SÍMBOLO DERIVADA DE
Buscar	B 	Ojo buscando	Controlar	Con 	Lente de aumento
Elegir	Ele 	Ir hacia el objeto	Ensamblar	Ens 	Muchas cosas juntas
Coger	Cog 	Mano abierta para coger el objeto	Desensamblar	DE 	Una parte del ensamblaje fue retirada
Transporte en vacío	TV 	Mano vacía	Utilizar	U 	La primera letra de utilizar
Transporte en carga	TC 	Mano que lleva algo	Espera inevitable	EI 	Persona golpeándose la nariz involuntariamente
Mantener	M 	Imán que mantiene una barra de hierro	Espera evitable	EE 	Persona en huelga de brazos caídos
Dejar caer una carga	D 	Volcar el contenido de la mano	Meditar	M 	Persona meditando con la mano en la frente
Posicionar	P 	Objeto colocado por la mano	Reposo	R 	Persona sentada como para descansar
Pre-posicionar	PP 	Bolo colocado en el juego de bolos			

Fig. 6.7 Therbligs

#### 6.4.6 Características generales de los DIV

Las principales características generales de los DIV se pueden resumir como sigue:

1. Su precisión debe ser la necesaria y suficiente.
2. Su exactitud la mayor posible.
3. Deben ser lo más simple posibles.
4. Las escalas numéricas deben ser directamente utilizables, evitando los cálculos. A lo sumo utilizar factores multiples de 10.
5. Las divisiones de las escalas deben ser 1, 2 y/o 5.

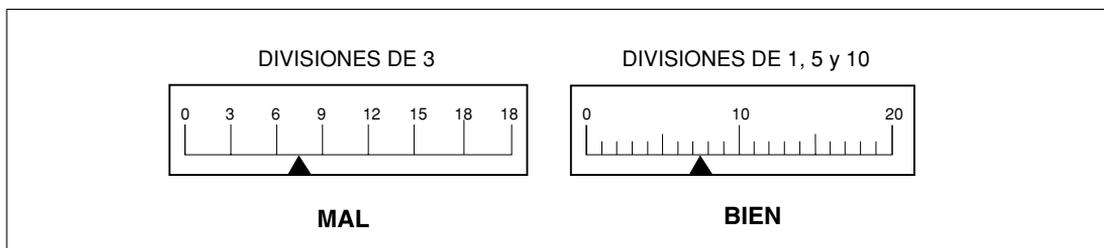


Fig. 6.8 DIVs: escala incorrecta y escala correcta

6. En las escalas sólo deben aparecer números en las divisiones mayores.
7. La lectura de los números debe ser siempre en posición vertical y en el caso de los contadores con varios dígitos siempre deben estar ordenados horizontalmente.

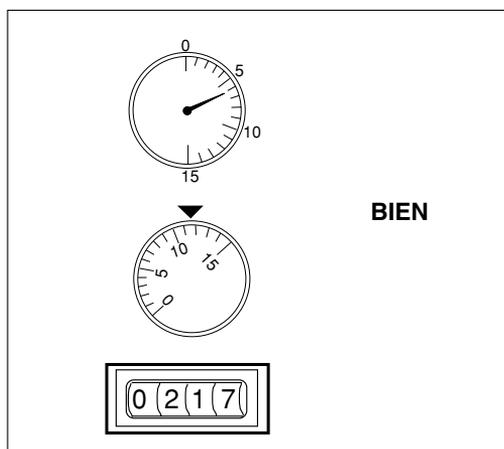


Fig. 6.9 DIVs: lectura de los números

8. El tamaño de las marcas debe de estar de acuerdo con la distancia visual  $a$  de la siguiente forma:
 

altura de las marcas grandes	= $a/90$
altura de las marcas medianas	= $a/125$
altura de las marcas pequeñas	= $a/200$
grosor de las marcas	= $a/5000$
distancia entre dos marcas pequeñas	= $a/600$
distancia entre dos marcas grandes	= $a/50$ .
9. La distancia de la punta del indicador al número, o a la división, debe ser la mínima posible, evitando siempre el enmascaramiento
10. La punta del indicador debe ser aguda, y formar un ángulo de  $20^\circ$ .
11. Los planos del indicador y de la escala deben estar lo más cercanos posible para evitar el error de paralaje.
12. Siempre que se pueda se deben sustituir los números por zonas identificadas por colores o por letras.

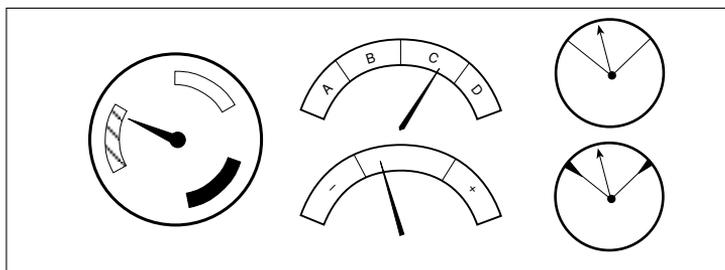


Fig. 6.10 DIV display marcado por zonas o letras

13. A veces resulta muy útil combinar estas lecturas con dispositivos sonoros de advertencia previa.
14. Las dimensiones de las letras y números se deben adecuar a la distancia de visión y a la agudeza visual de los destinatarios.
15. En códigos alfanuméricos las combinaciones que se pueden efectuar con los números y las letras son prácticamente infinitas. Se utilizan para valoraciones, descripciones e identificaciones, y el contraste debe ser superior al 75-80%. En ocasiones puede ser útil su combinación con colores, luces y sonidos para acentuar su capacidad de información cualitativa.
16. El conjunto de colores, incluidos tonos, matices, textura, etc., son prácticamente ilimitados. Se recomienda, sin embargo, utilizar los colores normalizados para la seguridad e higiene en el trabajo, y si se puede simplificar: rojo, amarillo, verde, azul, blanco y negro. Se aconseja su utilización en indicadores cualitativos y para tareas de emergencia y búsqueda.
17. Aunque se pueden emplear diez colores diferentes en las luces, se recomienda limitar su utilización a cuatro: rojo, verde, “amarillo” y blanco de flash. Se utilizan en displays cualitativos, como apoyo a los cuantitativos y en señales de alarma. El parpadeo se utilizará en señales de alarma, la frecuencia de parpeo se debe mantener en menos de 1 parpadeo/segundo y ser mayor que la frecuencia crítica de fusión.
18. El brillo se debe limitar a tres (muy opaco, normal, intenso). Los flashes se deben limitar a dos y tienen importancia en señales de alerta.
19. Respecto a las formas geométricas, aunque se ha comprobado que se pueden utilizar hasta veinte, se recomienda utilizar: triángulo, círculo, estrella, rombo, y semicírculo. Se utilizan en representaciones simbólicas: identificación. Si se quieren figuras descriptivas se recomienda que sean: definidas, cerradas, simples y unificadas.
20. Su agrupamiento, la secuencia de lectura y la correspondencia espacial con los procesos a controlar debe ser planificada para que los operarios tengan que realizar el mínimo de operaciones e inferencias.

#### **6.4.7 Lenguaje escrito**

Las descripciones pueden ser escritas o dibujadas en forma de planos, esquemas, dibujos, fotografías..., según lo que se quiere describir. La selección del lenguaje depende absolutamente de ello. Para describir un nuevo coche debemos en primer lugar mostrar un dibujo, después esquemas y planos de sus partes y, finalmente, con el lenguaje escrito, explicar lo que los dibujos y planos no han podido explicar, o enfatizar aspectos y matizarlos. Lo mismo ocurre con un edificio o un objeto doméstico. El lenguaje escrito posee características muy propias y no puede ser sustituido por un dibujo, o una tabla de valores, y viceversa, por lo que, para cada descripción debe utilizarse el lenguaje apropiado.

El lenguaje escrito utilizado debe estar libre de supertecnicismos ampulosos, ser sencillo y sin ambigüedades. Es una epidemia endémica propia de los círculos “del conocimiento” la creación innecesaria de términos nuevos para evadir el uso de los ya existentes y con ello realzar la complejidad de nuestras ideas, como si las ideas perdieran valor por ser inteligibles. Y no nos referimos a los necesarios términos profesionales.

Muchas veces se crean innecesariamente términos y significados ya existentes y resulta imposible para quien no pertenece a esos círculos comprender un diagnóstico médico, una sentencia judicial, una ley..., por lo que siempre debemos acudir a los “entendidos en la materia”, para que nos “descodifiquen” lo incomprensible y nos lo traduzcan a un código más simple.

Las reglas para el uso del lenguaje escrito se deben apoyar en la selección cuidadosa de las palabras, del modo de usarlas, de la construcción de las frases y del idioma empleado. Respecto a las traducciones de manuales de máquinas, de procedimientos a seguir para el mantenimiento, etcétera, éstas deben ser hechas por especialistas en la materia específica, que conozcan la terminología propia del lugar y no sólo del idioma, y que traduzcan a su lengua materna.

La utilización del lenguaje escrito en avisos, instrucciones, advertencias, etcétera, debe basarse en:

1. Utilización de oraciones sencillas, cortas, activas y afirmativas (excepto para evitar conductas arraigadas).
2. Uso de frases y palabras conocidas, propias de la región y teniendo en cuenta a todos los posibles usuarios a los que va dirigido el texto.
3. Organización de secuencia temporal.
4. Evitar la ambigüedad.
5. Legibilidad.

Es importante recordar que cuando los avisos están muy generalizados y aparecen por todas partes de la misma forma y durante mucho tiempo, se convierten en letra muerta que nadie ve. Algunos ejemplos de estos son: “No pisar el césped”, “No fumar”, “No se admiten perros”; por lo que en estos casos es necesario modificar la forma de emitir el mensaje de manera que rompa el esquema convencional y llegue al destinatario. Esto también ocurre, pero con la intención de provocar el “efecto saturación”, en las grandes superficies, que saturan el campo visual con informaciones de todo tipo sobre sus productos y precios, o ambigüamente la dirección de salida y escaleras, de manera que los compradores se vean obligados a transitar desorientados de un sitio a otro frente a las mercancías antes de hallar la que necesitan. Así pues, vamos a comprar una caja de leche y salimos del lugar dos horas más tarde con una compra mixta innecesaria, pero esta estrategia propia del marketing de ventas no es recomendable cuando queremos señalar paneles de control, escaleras de incendio, un extintor...

Mc Cormick propone para textos de instrucciones y advertencia en equipos, para una distancia de lectura entre 350-14000 mm usar letras negras sobre fondo blanco; las letras con una relación óptima grueso/altura (G/H) de 1/6 hasta 1/8, donde:

$$H = 0,056D + k_1 + k_2$$

si

G: grueso de las letras

H: altura de las letras en milímetros

D: distancia de lectura en milímetros

$k_1$ : factor de corrección según la iluminación y las condiciones de visión como sigue:

$k_1 = 1,5$  mm para un nivel de iluminación  $>$  de 10 lux y condiciones de lectura favorables.  
 $k_1 = 4,1$  mm para un nivel de iluminación  $>$  de 10 lux y condiciones de lectura desfavorables.  
 $k_1 = 4,1$  mm para un nivel de iluminación  $<$  de 10 lux y condiciones de lectura favorables.  
 $k_1 = 6,6$  mm para un nivel de iluminación  $<$  de 10 lux y condiciones de lectura desfavorables.  
 $k_2 =$  factor de corrección según la importancia del mensaje 1,9 mm para situaciones de emergencia

Por su parte, Sachs, Teichert y Rentzsch proponen las dimensiones que se ofrecen en la figura 6.11.



Fig. 6.11 Proporciones para números y letras (tomado de *Ergonomische Gestaltung mobiler Maschinen*, de Sachs, Teichert y Rentzsch. Ecomed 1994)

#### 6.4.8 Selección y ubicación de DIV

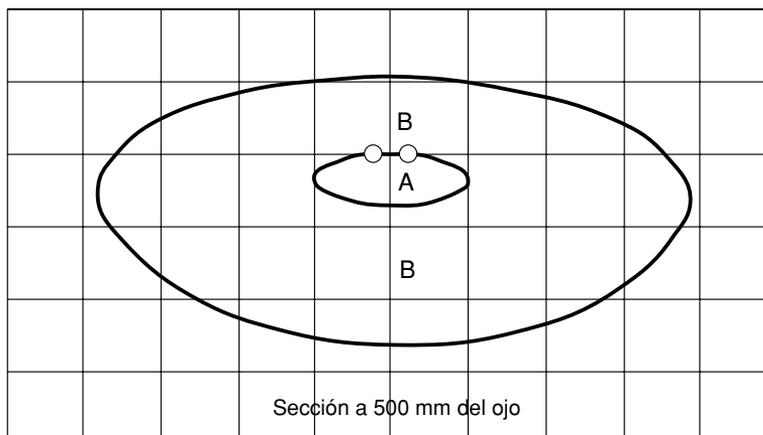
Los dispositivos visuales requieren de una atención especial a la hora de ser ubicados, ya que deben situarse dentro del campo visual de la persona y tener en cuenta los desplazamientos a que ésta pueda estar obligada por su actividad en el puesto.

Para la ubicación de los DIV es preciso considerar al menos:

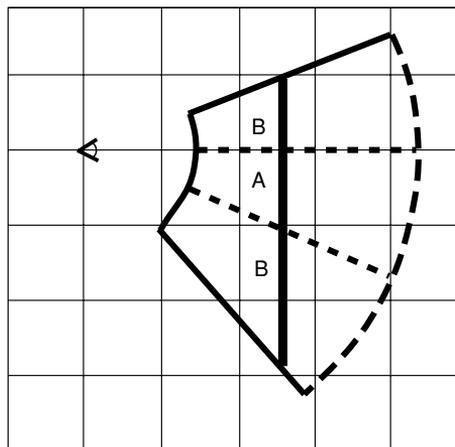
1. Tipo de DIV a ubicar.
2. Su importancia.
3. Frecuencia de uso.
4. Densidad y características de otros DIVs existentes en el puesto.
5. Carga visual del operario.
6. Características personales del operario.
7. Posible agrupamiento con otros DIVs según su función, o según sus controles correspondientes.
8. Secuencia de las lecturas.
9. Dimensiones y geometría del puesto de trabajo.

10. Carga de trabajo mental.
11. Carga de trabajo físico.
12. Movilidad del usuario en el puesto.
13. Nivel de atención y concentración de la persona en su tarea.
14. Ambientes visual y acústico existentes.
15. Posibles interferencias con los puestos de trabajo vecinos.

Para tomar decisiones sobre la ubicación de los DIV en el campo visual se hace necesario analizar las elipses visuales que se muestran a continuación.



*Fig. 6.12 Elipse visual para una distancia de 50 cm. En la zona A, situada dentro de la elipse pequeña, se encuentra el área preferente para situar las señales que requieren de mayor y mejor atención, y la zona B es la secundaria, aunque de buena visión. Estas elipses no consideran los movimientos de la cabeza.*



*Fig. 6.13 Vista lateral.*

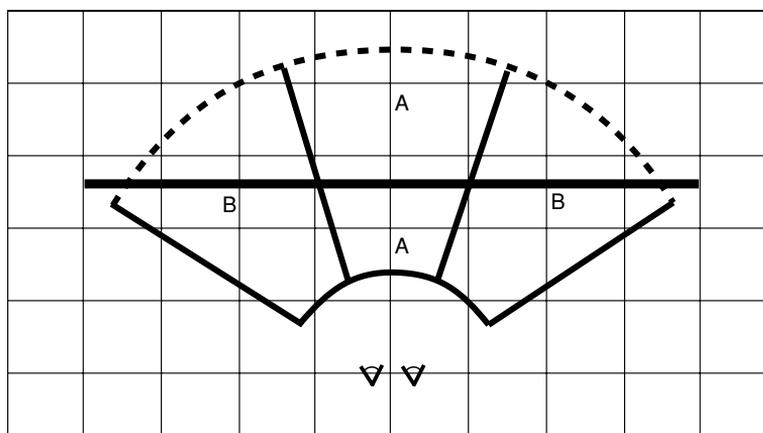


Fig. 6.14 Vista superior

En la siguiente figura 6.15 se muestra una forma de detectar fácilmente una desviación en algún parámetro, colocando los DIV en columnas, en filas o en bloques, con todos los indicadores orientados en el mismo sentido cuando la situación es normal en cada uno.

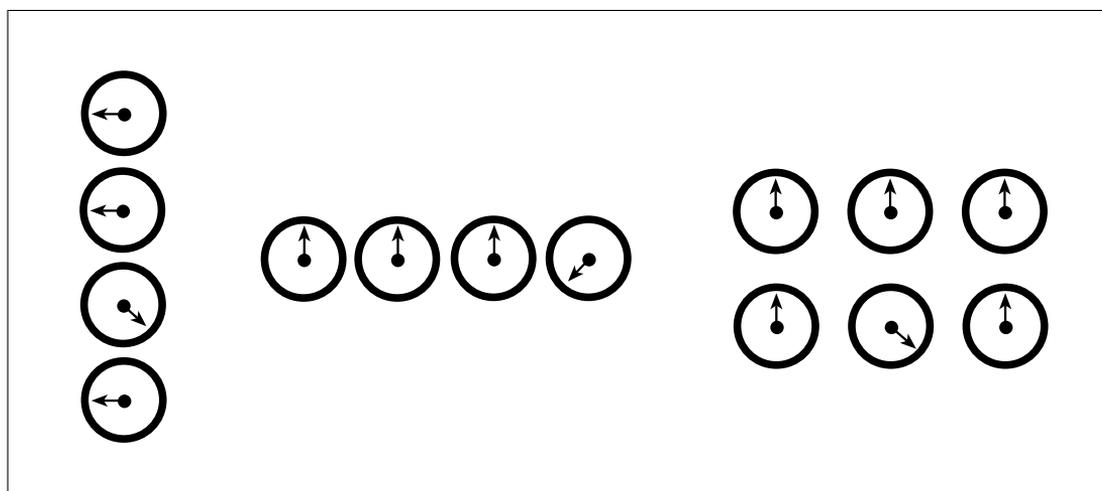


Fig. 6.15 Distribuciones de DIV en columnas, en filas y en bloques, con los indicadores orientados en el mismo sentido informando de una situación normal.

En la siguiente figura 6.16 se muestra un esquema con las alturas recomendadas para situar los DIV en un puesto de trabajo, según la línea de visión del operario y la importancia y frecuencia de uso de los dispositivos.

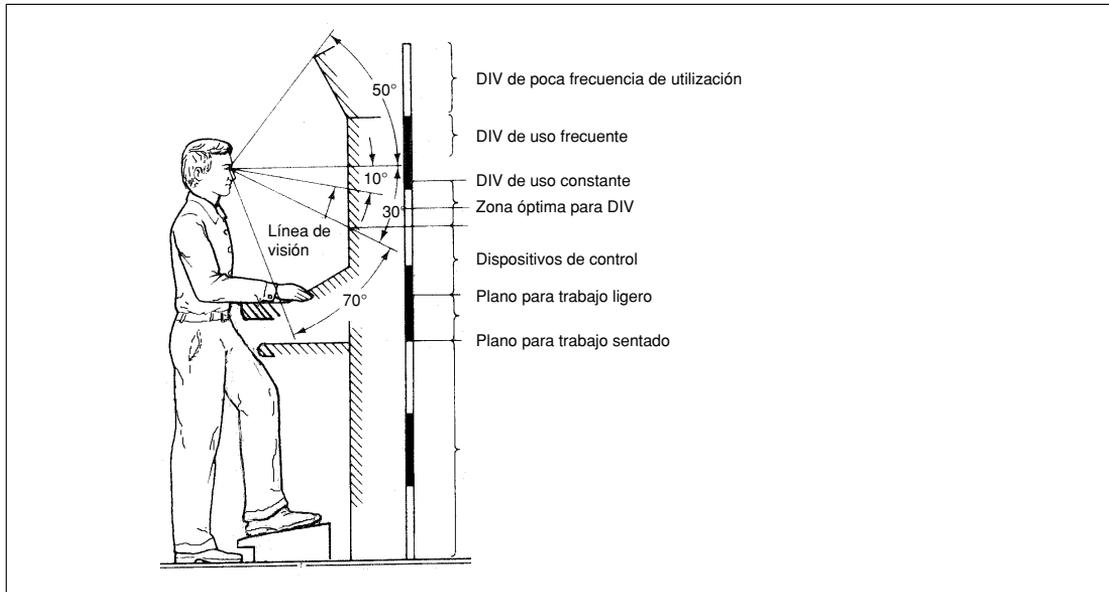


Fig. 6.16 Alturas recomendadas para situar los DIV en un puesto de trabajo

En las figuras 6.17, 6.18 y 6.19, se muestra el diseño por ordenador del campo visual de un puesto de trabajo real para la industria, mediante el programa Taylor de los autores de este libro.

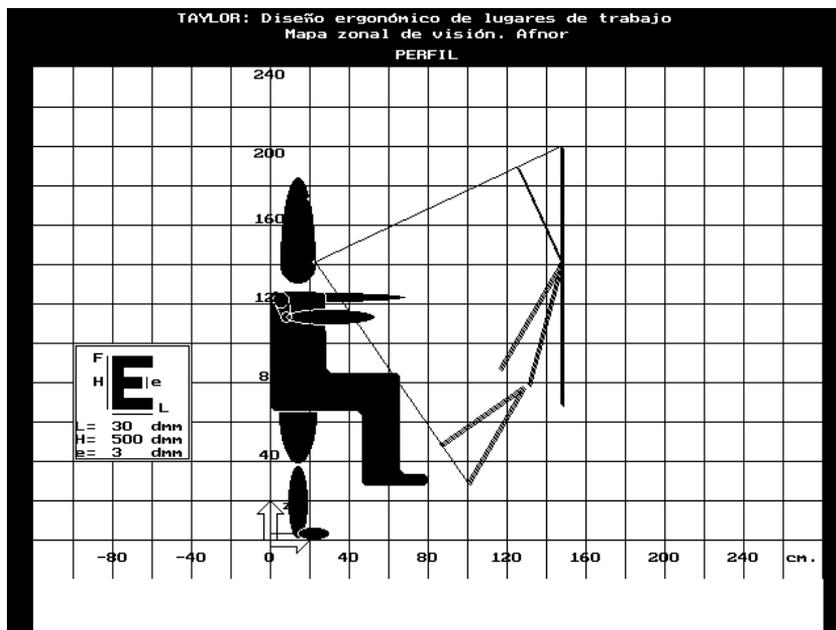


Fig 6.17 Vista de perfil de la figura diseñada por ordenador por los autores para un puesto de trabajo real en la industria, según la norma Afnor.

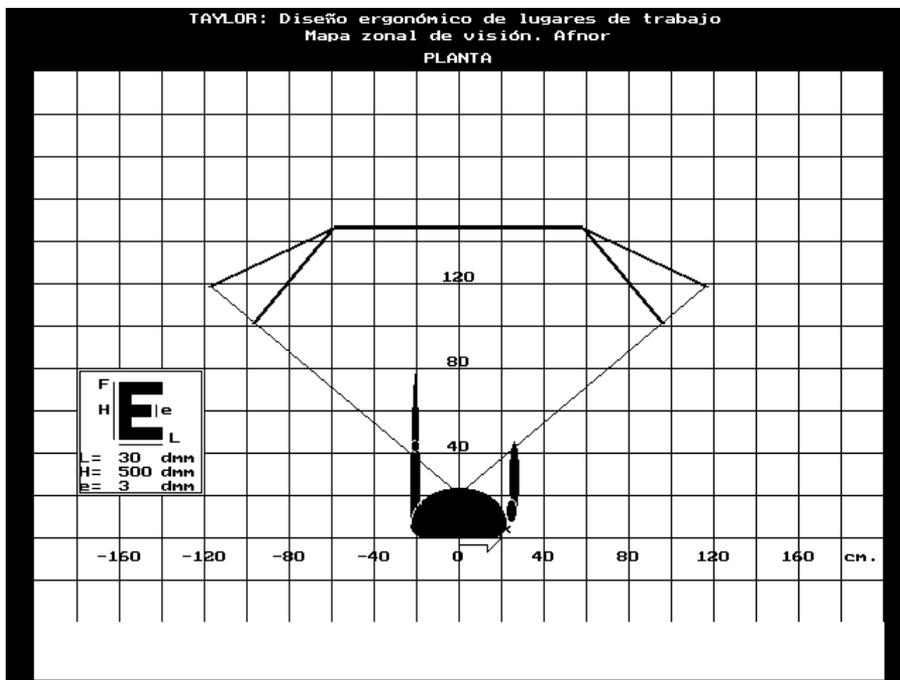


Fig 6.18 Vista superior de la figura, según la norma Afnor

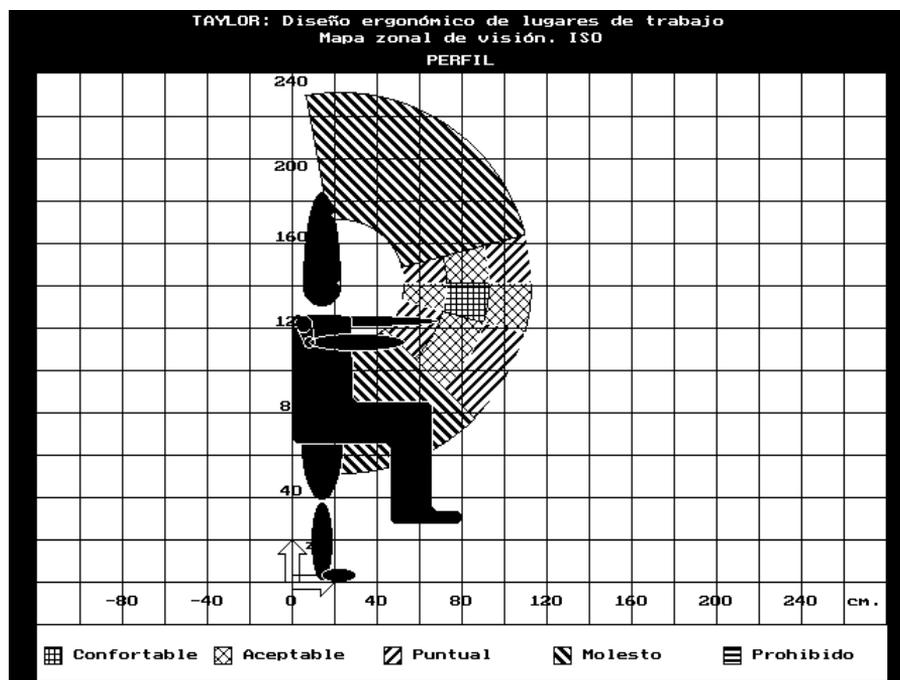


Fig 6.19 Vista de perfil de la figura, según la norma ISO

Lomov y Venda sugieren en las rectas de la figura 6.20 las alturas para la colocación de los DIV en los puestos de trabajo, así como las alturas del plano de trabajo según la intensidad de la actividad física, y las alturas de las personas.

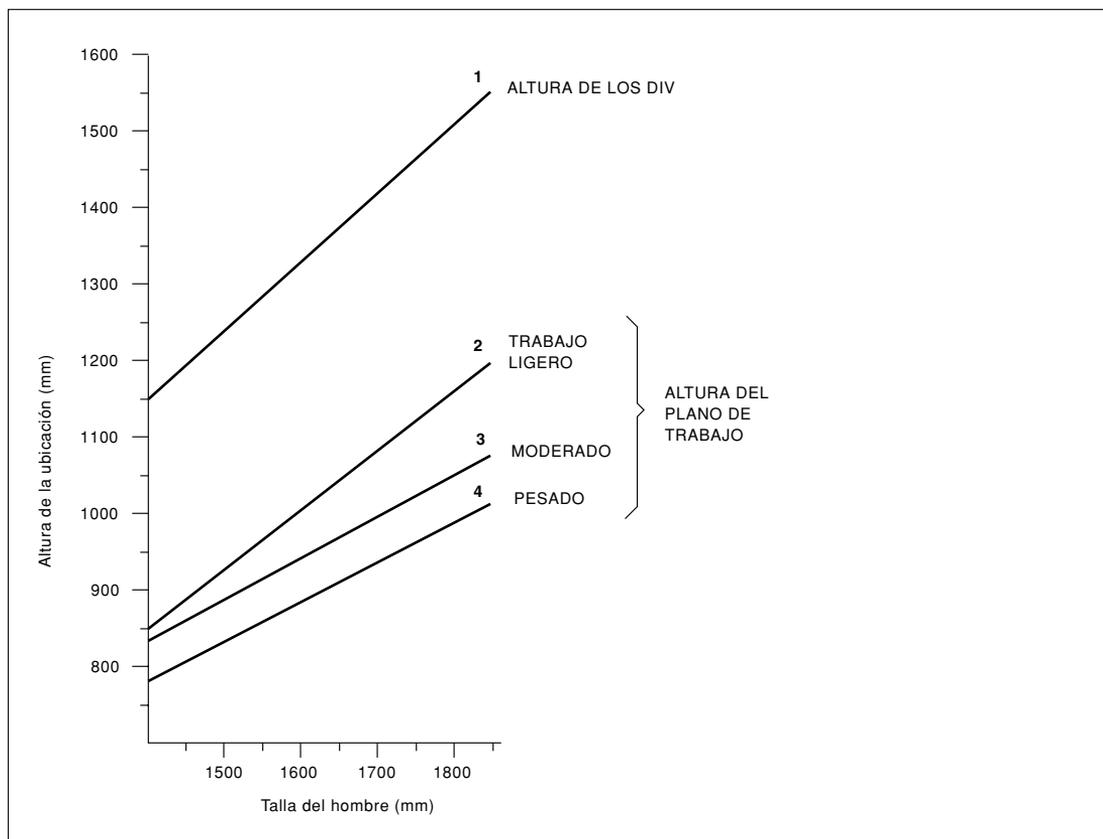


Fig. 6.20 Altura de los DIV en el puesto de trabajo según la estatura de la persona. 1) alturas recomendadas de la superficie de trabajo según sea la actividad, 2) ligero, 3) moderado y 4) pesado.

#### 6.4.9 Las pantallas

La rápida, y hasta cierto punto inesperada, aparición de los ordenadores personales en la vida del ser humano ha sido, sin duda alguna, violenta, y ha sorprendido a nuestras capacidades visuales y mentales. De manera que nos hemos tenido que ir adaptando a fuerza de padecimientos, porque estos procesos de adaptación psicofisiológica no pueden ir tan rápidos como el desarrollo de la tecnología.

Existen recomendaciones exhaustivas para el uso de pantallas de ordenador personal y monitores, pero de todas formas rescatamos de la bibliografía al uso las siguientes:

1. El borde superior de la pantalla debe coincidir con la altura de los ojos del operador y éste no debe estar a menos de 50-60 cm de distancia de ella.
2. Las pantallas y demás elementos del puesto deben poderse inclinar vertical y horizontalmente con facilidad, pues es necesario orientar las pantallas de los ordenadores en una posición compatible con las fuentes luz para evitar deslumbramientos por las reflexiones que dificultan la lectura de la pantalla, teclado, papeles, etc., ya que provocan molestias, demoras y errores de interpretación o comprensión de la información. Estas reflexiones se producen tanto por la luz del sistema de iluminación artificial del local como por la luz natural que entra por las ventanas. Los deslumbramientos por luz natural directos o por reflexión se evitan no situándonos ni de frente ni de espaldas a ventanas o utilizando cortinas regulables según la hora del día; debemos recordar que los efectos de la luz diurna varían durante el día por el desplazamiento del sol.
3. Es imprescindible que el operador pueda controlar la luminosidad y el contraste de la pantalla.
4. El local debe estar siempre iluminado.
5. El tamaño de los caracteres debe estar entre 3,5 y 4,5 mm.
6. La mejor relación de contrastes compatible con la mayoría de los documentos impresos en papel, está en los caracteres negros sobre fondo blanco, aunque algunos especialistas recomiendan caracteres amarillos con fondo marrón-ámbar.
7. Son recomendables las siguientes condiciones de luminancias y nivel de iluminación:
  - luminancia media de la pantalla con texto: 15 cd/m<sup>2</sup>
  - luminancia media de los caracteres: 48 cd/m<sup>2</sup>
  - luminancia media del fondo de la pantalla: 11 cd/m<sup>2</sup>
  - nivel de iluminación sobre los documentos en papel: 300 lux
  - relación de luminancias caracteres/fondo de la pantalla: 6:1
  - relación de luminancias alrededores/pantalla: 1



Fig. 6.21 Versatilidad necesaria para un puesto de trabajo con ordenador

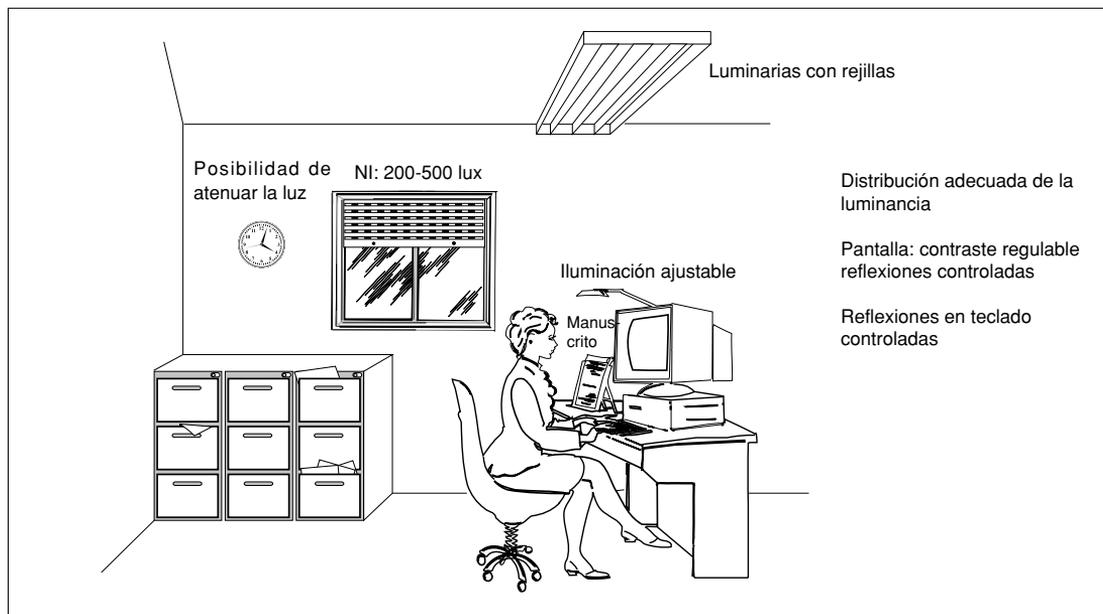


Fig. 6.22 La iluminación y el puesto de trabajo con ordenador (tomado de Mondelo y Gregori en *La ergonomía en la ingeniería de sistemas*)

En el caso de los monitores de televisión para controlar procesos industriales o de investigaciones científicas, o de vigilancia (archivos, bancos, metro, tránsito) o para informar datos numéricos o transmitir textos (como es el caso de los monitores de información en los aeropuertos, terminales de ferrocarriles, etc.) hay que decidir su orientación teniendo en cuenta las reflexiones, la posición respecto a los usuarios, los colores y contrastes, el lenguaje escrito utilizado y el tamaño de los caracteres.

Otros aspectos a considerar al instalar pantallas, sobre todo de ordenador, son los campos eléctrico y magnético, cuyos efectos sobre las personas aún no están del todo claros. Aunque no parecen peligrosos, es conveniente mantener una distancia de visión (ojos-pantalla) al menos de 50-60 cm y mayores aún (180-200 cm) entre las partes posterior y laterales del monitor y las personas más cercanas si no estamos seguros del blindaje. A partir del uso de las pantallas LCD este riesgo desaparece.

#### 6.4.10 Los gestos

Los gestos cotidianos, con manos, dedos y brazos, y las expresiones del rostro, sin palabras o junto con ellas, son transmisores insustituibles de información valiosísima que pueden reafirmar o graduar o modificar totalmente el significado de las palabras acompañantes. Para indicar: “hacia allí o hacia allá, un poquito, pequeño, grande, más arriba o más abajo, todo marcha bien (o mal), adiós, me

marcho, acércate, sube un poco o baja un poco”, etc., como una sonrisa, una mirada severa que nos advierte, son buenos ejemplos de la utilización de los gestos, ademanes y expresiones en todas nuestras actividades. El director de orquesta controla la misma mediante las expresiones de su rostro y los movimientos corporales; como el policía del tránsito controla el flujo de los vehículos. Nos atrevemos a decir que sin los gestos y expresiones nos resultaría muy difícil vivir y trabajar, y no sólo en lugares ruidosos.

<i>Significado</i>	<i>Descripción</i>	<i>Ilustración</i>
Comienzo Atención Toma de mando	Los dos brazos extendidos de forma horizontal, las palmas de la mano hacia adelante.	
Alto Interrupción Fin del movimiento	El brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano derecha hacia adelante.	
Fin de las operaciones	Las dos manos juntas a la altura del pecho.	

*Fig. 6.23 Gestos codificados generales*

## 6.5 Dispositivos informativos audibles (DIA)

El sonido es la transmisión de las ondas mecánicas producidas por una fuente sonora (cuerdas vocales, timbre, motor, tambor, cuerda de piano, sirena, trino de aves, ladridos...) a través de las vibraciones de las moléculas de un medio (aire, agua, vidrio, ladrillo, madera...). Mientras que ruido es el sonido que molesta o afecta de alguna forma. Así pues, el ruido es sonido; pero el sonido no siempre es ruido. Incluso un sonido en ocasiones puede no ser ruido y en otras serlo; tal es el caso del Himno de la Alegría de Beethoven: es sonido cuando estamos en el teatro o en casa apaciblemente sentados disfrutando de la música; pero es ruido cuando estamos haciendo la declaración de la renta el mismo día que vence y no nos cuadran los números.

El sonido se caracteriza por su frecuencia y su presión sonora. Las vibraciones mecánicas audibles poseen una frecuencia desde aproximadamente los 16 Hz (bajas frecuencias) hasta los 16.000 Hz (altas frecuencias). Fuera de este rango de frecuencias el sonido es inaudible y pasa a denominarse infrasonido y ultrasonido respectivamente. La presión sonora audible está entre los  $2 \times 10^{-5}$  Pa y los  $2 \times 10^4$  Pa aproximadamente, y varía dentro de este intervalo según el estado de salud del sistema auditivo de la persona y su edad.

Además de dañar fisiológicamente desde afectaciones sin importancia hasta muy graves y letales, el ruido puede interferir la comunicación e impedir o deformar la información. Tal es el caso del enmascaramiento y del ruido de fondo en las industrias ruidosas y el ruido exterior, bien sea del tráfico, de obras o de locales vecinos, que penetra por las ventanas en fábricas, oficinas, hogares, escuelas, etcétera, o que se sufre directamente en la calle.

El ruido de fondo provoca en el operador distintas molestias, como son fatiga temprana, pérdida de la concentración y errores. Aunque no existe unanimidad de criterios, consideramos que para tareas de gran concentración en general (y esto es válido para todo tipo de tareas con carga mental importante y no sólo con ordenador) el ruido no debe rebasar los 60 dB(A), mientras que para las de menos concentración este límite pudiera extenderse hasta un máximo entre 65 y 70 dB(A). El criterio ISO, para este tipo de tareas, con ruidos de fondo constantes, propone que para el espectro audible el máximo no debe sobrepasar los 40 dBN, mientras que para el ultrasonido el máximo lo sitúa en los 80 dBN (recordemos que las pantallas de ordenador emiten ultrasonidos de 15-16 kHz).

Llevando estos valores de dBN del criterio ISO a las distintas frecuencias, tendremos los siguientes máximos en dB y en dB(A) para las bandas de octava:

F	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	Hz
LdB	83	68	58	50	44	40	38	36	35	73	dB
LdB(A)	43,6	41,8	41,9	41,4	40,8	40	39,2	37	33,9	66,4	dB(A)

Por otra parte, con el sonido se informa el operario de cuándo su máquina funciona correctamente o cuándo algo funciona mal; ésta, sin duda, es una magnífica fuente de información muchas veces única e insustituible, que para una persona ajena a la máquina podría ser un molesto ruido y no significar nada.

### 6.5.1 Timbres, campanas, sirenas

Los dispositivos informativos sonoros pueden ser timbres, campanas, chicharras, sirenas, etc., y el lenguaje hablado.

Cuando son señales de alarma que transmiten la información urgente de forma rápida y clara, se manejan con un bit de información (si-no) sin otras alternativas. Su significado debe ser conocido, al menos, por todos los operarios del lugar de trabajo. Acostumbran a estar relacionados con alarmas visuales para llamar más la atención por redundancia.

Las señales audibles de peligro son tratadas por la norma UNE EN 457. Está especialmente pensada para aquellos lugares en que existe un alto nivel de ruido ambiente, y pretendemos llamar la atención del operario de forma fiable sobre un peligro. Normalmente, se recomiendan unos niveles sonoros ponderados (A) superiores en 15 dB al ruido ambiente, cuando el lugar supera los 65 dB.

Número de banda de octava	Frecuencia central de la banda de octava $f$	Nivel por banda de octava del ruido ambiente $L_{N,oct}$	Valor intermedio $L_{Tn-1} - 7,5$	Nivel del umbral de enmascaramiento por banda de octava $L_{N,oct}$
$n$	Hz	dB	dB	dB
1	125	60	60	60
2	250	70	52,5	70
3	500	58	62,5	62,5
4	1000	71	55	71
5	2000	60	63,5	63,5
6	4000	52	56	56

Fig. 6.24 Cálculo del umbral de enmascaramiento en un espectro de octava dado

La sirena, el timbre y la campana, pueden ser alarmas, pero no siempre. La diferencia fundamental entre alarmas e indicadores estriba en que éstos no llevan añadido el componente de urgencia; el resto de las características es el mismo. La información audible se puede resumir de la siguiente forma:

1. Es temporal.
2. No requiere de una posición fija del trabajador.
3. Resiste más la fatiga.
4. Llama más la atención.
5. Sólo se utiliza para alarmas o indicativos de un máximo de dos o tres situaciones, con excepción del lenguaje hablado, que se utiliza para impartir instrucciones, etc.
6. Se puede utilizar en combinación con dispositivos visuales.
7. Su nivel de presión sonora debe estar 10 dB por encima del ruido de fondo.

### 6.5.2 El lenguaje hablado

La enorme riqueza del lenguaje hablado con frecuencia no está bien reconocida en el ámbito laboral. Sin embargo el habla ofrece posibilidades inalcanzables por otros medios en la comunicación personal: conversaciones, órdenes, instrucciones, alarmas, advertencias, orientaciones, explicaciones, conferencias, clases, informaciones. En el lenguaje hablado tienen una gran importancia el vocabulario utilizado, la pronunciación, la entonación, la modulación de la voz, la cadencia (velocidad), el nivel de presión sonora, el ruido de fondo del lugar y los gestos, las expresiones, los ademanes y los movimientos corporales, que son acompañamiento redundante muy útil, cuando la persona que habla es visible por las personas que escuchan. Esto es: no puede ser el mismo lenguaje hablado cuando estamos “cara a cara”, que cuando hablamos por radio o amplificación o teléfono. En estos últimos casos la expresión hablada tiene que ser más enfática, clara y detallada por sí misma, al carecer de la rica ayuda de la expresión visual.

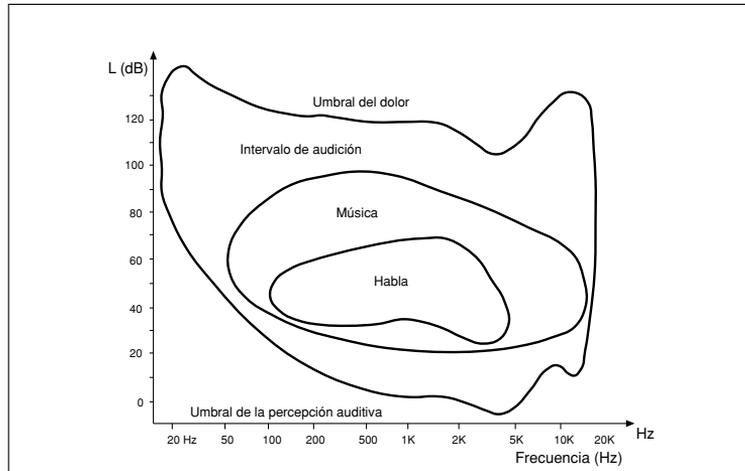


Fig. 6.25 Intervalo audible de frecuencias y nivel de presión sonora, para personas sanas entre 18 y 25 años de edad

La comunicación oral sin amplificación está en un rango de potencia sonora entre 46 dB (susurro) y 86 dB (grito), y la audición máxima se obtiene alrededor de los 3400Hz.

La comunicación hablada puede ser fácilmente enmascarada por el ruido de fondo. En la figura 6.26 se muestra un ejemplo de esto.

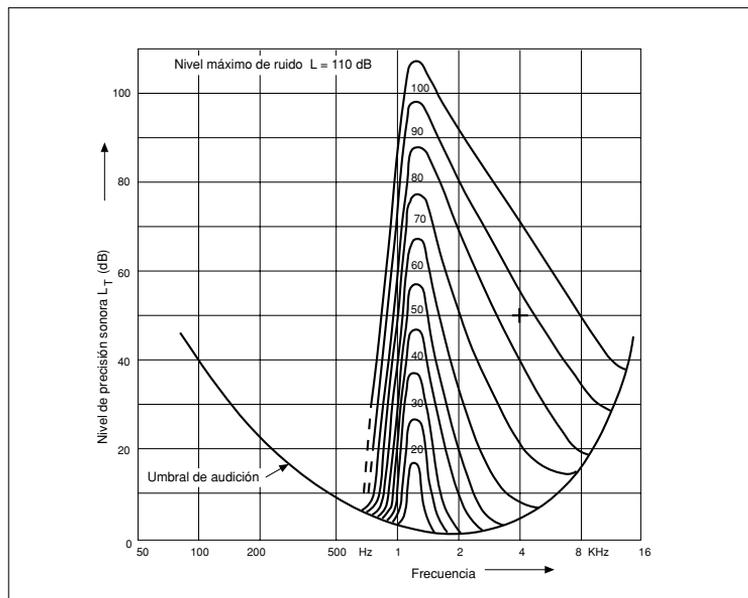


Fig. 6.26 Enmascaramiento de varias frecuencias de la voz provocado por un ruido de fondo de banda estrecha centrado en 1200 Hz para varios niveles de presión sonora del ruido, desde 20 dB hasta más de 100 dB.

### 6.5.3 Pruebas de inteligibilidad del habla

Para comprobar la inteligibilidad de la información oral se puede recurrir a pruebas con números o sílabas sin sentido en el puesto de trabajo bajo condiciones habituales de ruido; si el 95% de vocales y consonantes son bien recibidas se puede decir que la inteligibilidad es normal; para el 80% se dice que permite la comprensión; cuando es del 75% para ser inteligible se requiere alta concentración y para menos del 65% hay mala inteligibilidad.

MONOSÍLABOS PARA LA PRUEBA DE INTELIGIBILIDAD DEL HABLA										
PREC	DRO	BRE	LON	GOR	JAR	TIN	CER	TRO	DRI	MUL
NAL	BIN	FUS	CHOR	PAL	LUM	BLE	CLA	JAC	LIN	JIM
MER	RAL	DUS	CES	TEL	MOS	AL	AU	LOI	CLE	COT
MIS	FEL	GUI	LAR	ÑAR	CHON	SA	FAR	TAS	LES	BE
BIAR	TUN	PEC	JUE	ÑAL	ÑIS	TIL	QUI	GRE	JUS	QUEL
LLIN	DUR	SIM	SUA	FAU	CLI	PAC	QUES	MAT	AR	CIU
BUR	BRI	FO	JU	NUN	BLA	CHU	IS	FLA	DIS	SIS
PEI	CER	ZAN	PRU	REN	FIS	GA	AT	TAI	NER	DRA
SIT	TIL	MER	JO	LAM	NEL	DUL	CLA	GLO	DES	ROB
POT										

Fig. 6.27 Monosílabos para pruebas de inteligibilidad del habla.

Se deben realizar tablas de comprobación silábicas teniendo en cuenta los idiomas, dialectos, jergas y poblaciones, ya que las diferencias interpoblacionales son importantes.

También se utilizan tablas y gráficos como los del nivel de interferencia del habla (NIH) que se muestra en la figura 6.28, que es el promedio del nivel de presión sonora en las bandas de octava con frecuencia central de de 500, 1.000 y 2.000 Hz y el de interferencia de la comunicación oral (ICO) que se muestra en la figura 6.29.

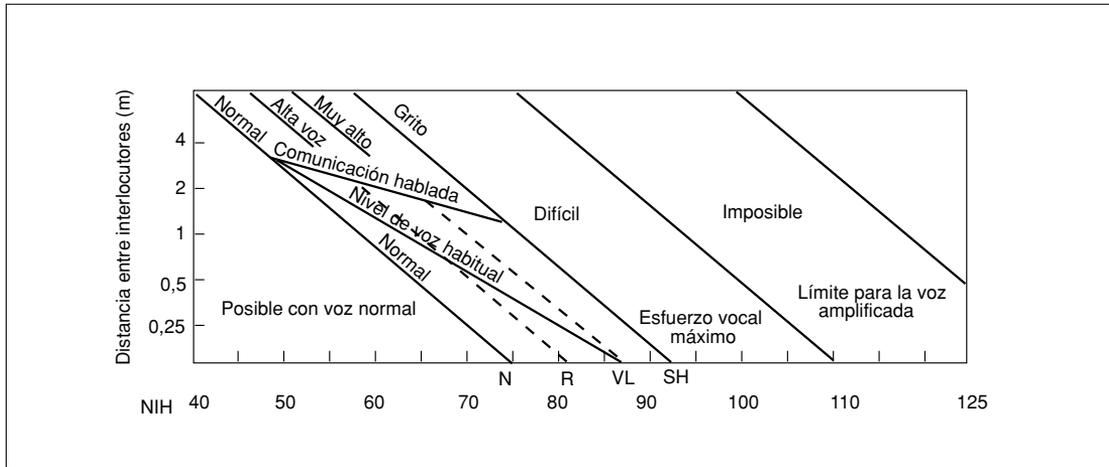


Fig. 6.28 Límites de comunicación hablada con interferencia del ruido de fondo (Nivel de interferencia del habla: NIH)

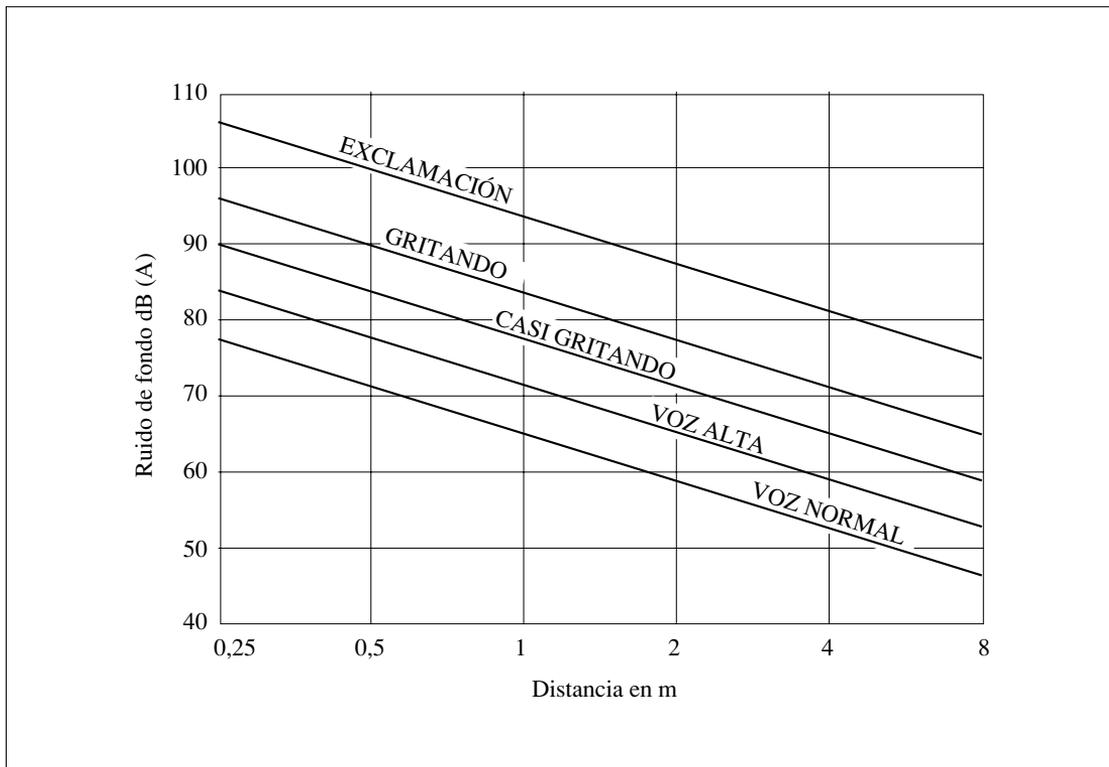


Fig. 6.29 Interferencia de la comunicación oral (ICO)

## 6.6 Dispositivos informativos táctiles (DIT)

La información táctil se origina en el estímulo generado por la textura, la forma y los contornos de la superficie de los objetos que entran en contacto con la piel. Desde el punto de vista laboral, la comunicación se efectúa particularmente a través de las manos, los dedos y los pies, para comunicar al operario determinada información. La señal debe estar configurada de tal forma que permita detectar la presencia de un objeto, una pieza, o un dispositivo de mando (teclas, botones, palancas, pedales, volantes...), y de identificarlo por su forma, peso, posición en el espacio y resistencia, y a comprobar si responde a nuestra actuación correctamente.

Pero, además, el tacto interviene en las relaciones ambientales entre la persona y su entorno, produciéndole sensaciones agradables o desagradables en el contacto con sillas, mesas, cubiertos, vajillas, vasos, ropas, pomos de puertas y ventanas, llaves, y objetos en general.

A veces se pasa por alto la importancia y la calidad de los estímulos táctiles en las relaciones informativas que se establecen entre la persona y su puesto de trabajo, las cuales, pueden ser decisivas. Una superficie puede resultar agradable o desagradable al tacto y el individuo tendrá esto en cuenta, aunque generalmente de forma inconsciente, según el grado de importancia del estímulo táctil dentro del conjunto de tipos de estímulos que en tal situación recibe, la frecuencia, etc.

Como es sabido, en muchas ocasiones el rechazo será inconsciente, pero se manifestará, sin duda alguna, aunque de diferentes maneras, según la actividad. Está claro que, cuando la actividad es de esparcimiento, y por lo tanto abandonable o sustituible por otra a voluntad, la posibilidad de marcharse cuando hay insatisfacción es mayor, pero el que sea soportable o tenga que ser "soportable" debido a que se trata de una tarea laboral, no quiere decir que no disminuya la calidad y/o la cantidad de la misma, o sea, la satisfacción de la persona con su puesto de trabajo.

La palma de la mano y la yema de los dedos son áreas del cuerpo altamente sensibles y frecuentes al tacto, ya que los receptores de diversos tipos corpúsculos táctiles de Pacini, Meissner, Krause son muy abundantes en la yema de los dedos. El tacto permite reconocer la forma, la textura, la resistencia a la presión,..., de una superficie, que el sistema nervioso evalúa como agradable o desagradable, con más o menos precisión, en función de los intervalos de sensaciones complejas que provocan el estímulo al contacto con la superficie de los dedos.

Generalmente un coeficiente de fricción demasiado alto resulta desagradable, sin embargo lo mismo ocurre con un coeficiente muy bajo y "húmedo". El tacto requiere del movimiento de la yema de los dedos sobre la superficie, y la suma de las sensaciones recibidas determina si la sensación es agradable o desagradable, independientemente de que pueden existir gustos y preferencias originados por factores culturales o desarrollados por acontecimientos y experiencias personales anteriores, que pueden haber llegado incluso de la infancia.

De acuerdo con investigaciones efectuadas por estos autores con una muestra de 226 personas (71 mujeres y 155 hombres), el orden de preferencia táctil de los materiales industriales analizados es

el siguiente:

	<i>Gusta (%)</i>	<i>No gusta (%)</i>
1 Madera DM pintada	92,16	7,84
2 Aglomerado	91,00	9,00
3 Resina fenólica	90,19	9,81
4 Metacrilato	82,35	17,65
5 Aluminio liso	72,00	28,00
6 Plástico policarbonatado	71,00	29,00
7 Plástico ABS	66,00	34,00
8 Acero inoxidable	59,00	41,00
9 Aluminio rugoso	50,98	49,02
10 Hierro pintado oro	47,00	53,00
11 Hierro acabado pintura	37,00	63,00
12 Goma	28,00	72,00

Es significativo que, aunque existía una tendencia similar en hombres y mujeres en los resultados obtenidos, había curiosas diferencias. Estas diferencias estaban más acentuadas en el aluminio rugoso, que las mujeres evaluaban negativamente mientras que los hombres lo hacían positivamente.

Los dispositivos informativos táctiles (DIT) generalmente se utilizan para identificar controles en lugares con baja iluminación, cuando hay gran densidad de controles, o como estímulos redundantes en controles muy importantes para incrementar la fiabilidad del sistema, o para trabajadores ciegos.

Por otra parte, la forma del dispositivo de control debe guardar determinada analogía con su función siempre que sea posible.

En la figura 6.30 se muestran algunos ejemplos de controles cuyas formas y/o texturas informan al operario sobre su identificación, siempre que la persona esté debidamente entrenada.

Naturalmente que los estímulos táctiles no sólo son utilizados en mandos o controles; un buen ejemplo es la escritura Braille para ciegos, que de un uso inicial estrictamente limitado a algunos pocos textos ya ha comenzado a extenderse en productos de mercado cuyas etiquetas los identifican también mediante éste lenguaje táctil, gracias al cual se crea un plus de información que permite una identificación más fiable a videntes e invidentes.

Sin embargo, aún cuando no existan condiciones extremas como las citadas, la utilización de la redundancia de estímulos (visual-táctil o táctil-acústico...) puede resultar un método excelente para evitar el error de manipulación de controles, por distracción, prisa o fatiga, sobre todo cuando este

error puede tener graves consecuencias. Es posible con esos fines combinar dispositivos sonoros con visuales, visuales con táctiles, o táctiles con sonoros. La redundancia bien utilizada además de disminuir la probabilidad de actos inseguros por olvido, confusión o retraso, etcétera, provoca un incremento en la velocidad de reacción del sujeto.

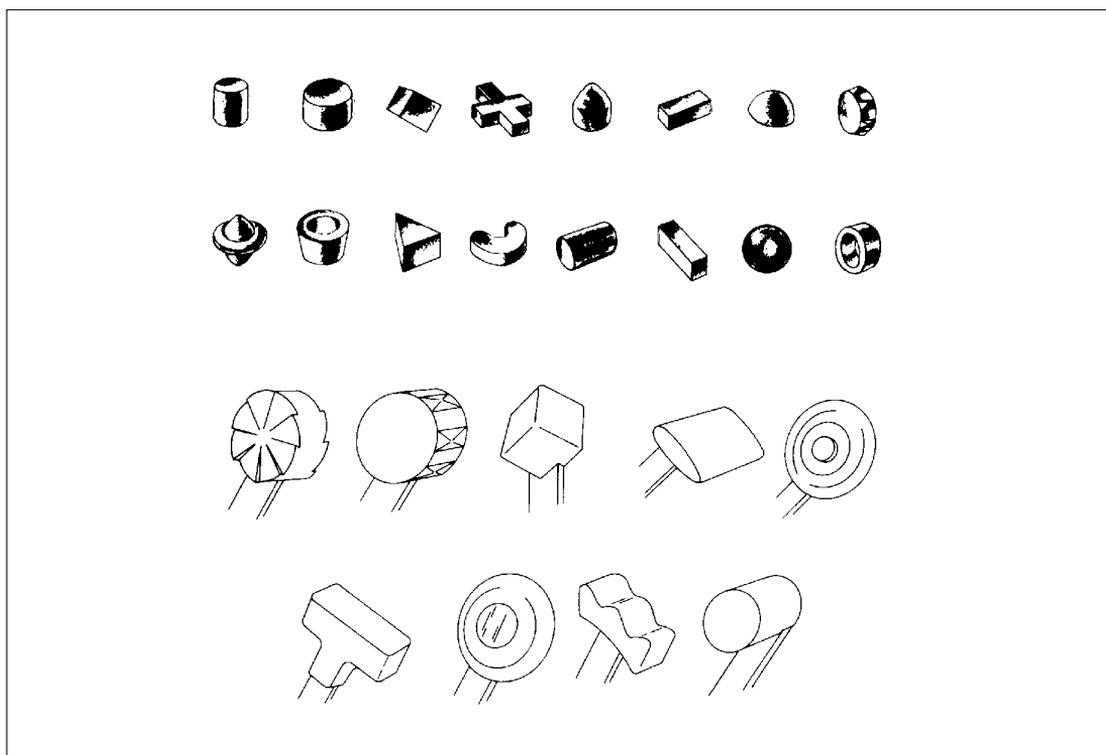


Fig. 6.30 Dispositivos informativos táctiles utilizados en controles.

Como se puede comprender, las relaciones informativas están estrechamente vinculadas con el resto de las relaciones, fundiéndose todas como un solo ente dentro del sistema P-M. ¿Hasta dónde son relaciones informativas o relaciones de control o dimensionales o ambientales, o energéticas...? No existen fronteras definidas. Una palabra escrita o pronunciada, un gesto, una imagen en una pantalla, o un timbre, son informaciones para quienes las reciben, pero controles para quienes las emiten. De la misma forma la información y el control no pueden ser efectivos si los espacios, volúmenes, distancias, espesores, ambientes visual y acústico, etcétera..., no armonizan con los mandos, con los displays, con las voces, con la organización del trabajo, con los movimientos de las personas, con las cargas de trabajo mental y físico...

## 7 Relaciones de Control

### 7.1 La etapa de control

Controlar es dominar, guiar, conducir. Todo sistema debe estar proyectado para que pueda ser perfectamente controlado para de este modo garantizar la fiabilidad de su funcionamiento dentro de los límites previstos. El control de un sistema, o de parte de un sistema, manual o mecánico, generalmente es el principal objetivo de la persona a él integrada. Para poder ejercer dicho control el usuario debe poseer la información necesaria del sistema y de su funcionamiento, tal como se ha visto en el capítulo anterior.

Las relaciones informativas y las relaciones de control, como todas las relaciones en un sistema, tienen que estar perfectamente compatibilizadas, pero en este caso y aún con mayor motivo se deben minimizar las discrepancias ya que su comunión debe ser total.

Las capacidades y las limitaciones físicas y mentales del operario son determinantes en el control de un sistema y de obviarse las mismas podrían, y ocurre desgraciadamente, aparecer incompatibilidades y, como consecuencia de ello, errores y accidentes.

En lo que respecta a la persona, el control de un sistema debe ser compatible con su capacidad de percepción y procesamiento de la información, con sus tiempos de reacción (de los cuales ya hemos hablado en el anterior capítulo), con su capacidad de movimientos y fuerzas, con el grado de fatiga física, mental y nerviosa, consecuencia de las cargas y tensiones de la actividad, con los horarios de trabajo, con la experiencia, edad, etcétera, y con las condiciones ambientales existentes.

Pongamos un ejemplo: para diseñar y ubicar el control de parada de emergencia y el dispositivo informativo correspondiente, de una máquina de funcionamiento potencialmente peligroso, el tiempo de reacción a considerar debe ser el mayor, es decir, cuando se supone que los operarios están en peores condiciones psicofisiológicas: fatigados después de varias horas de trabajo realizando la actividad específica en turno de noche y, además, tener en cuenta sus edades y la confusión y el estupor que siempre se crea ante situaciones críticas.

Se debe pues, seleccionar el dispositivo informativo adecuado e instalarlo en el lugar idóneo, el dispositivo de control muy sencillo, fácil de activar, bien visible y accesible, y estaremos atentos que su fácil activación y accesibilidad no provoquen detenciones accidentales de la máquina, que en el caso de grandes plantas e instalaciones industriales (refinerías de petróleo, centrales nucleares, fábricas de azúcar, líneas de montaje de automóviles, etcétera) pueden crear estados de confusión, propiciar accidentes, generar pérdidas económicas importantes y retrasos en la producción.

Con el esquema siguiente pretendemos simplificar con un golpe de vista el realmente complejo fenómeno del control:

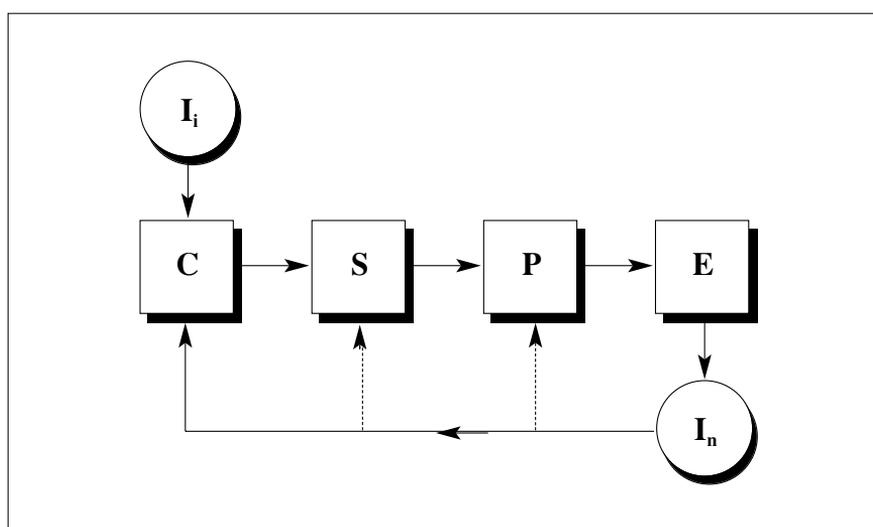


Fig. 7.1 Etapas de la función de control

donde:

$I_i$  es la información inicial que recibe el operario del sistema sobre el mismo y sus objetivos, su cantidad y complejidad dependerán de las necesidades del operario.

C es la concepción de las distintas metas que puede alcanzar su sistema; el operario debe conocer las posibilidades de su máquina, equipo o puesto de trabajo en general;

S es la selección de la meta específica deseada, de acuerdo con los objetivos planteados previamente;

P es la programación que debe efectuar la persona para poder alcanzar dicha meta seleccionada, es decir, los pasos y secuencia que deben seguirse en las fases del control del sistema.

E es la ejecución de dicho programa;

$I_n$  son las informaciones que comienzan a fluir como consecuencia de la marcha del sistema y que a

manera de retroalimentación necesita el operario para mantener el control, rectificando o confirmando anteriores decisiones y tomando otras nuevas, en un flujo ininterrumpido.

Sin duda, los seres humanos nos pasamos nuestras vidas aplicando este proceso de control en todas nuestras actividades, una veces mejor y otras peor: inspeccionando piezas en una industria, caminando, conduciendo un coche, leyendo un libro, conversando, torneando una pieza, comiendo, picando carbón en una mina, impartiendo una clase, haciendo un proyecto e incluso durmiendo. Y cuando repetimos muchas veces un proceso, su estereotipo dinámico, compuesto por las acciones y tomas de decisión del mismo, se va perfeccionando con la retroalimentación y fijando en nuestro sistema nervioso (arco o acto reflejo condicionado): es la experiencia, habilidad y destreza de un operario de máquinas herramienta, de un deportista, de un chofer, de un cirujano, después de varios años en la profesión.

Estos procesos de control requieren de la experiencia desarrollada por el entrenamiento y cuando son analizados científicamente no son nada simples. Para un aparentemente sencillo aparcamiento de un coche, dar en el blanco a veinte metros con un arco y una flecha, golpear una pelota en un frontón en una dirección imprimiéndole cierto efecto y velocidad determinados, escribir una carta a mano, la gran cantidad de rápidos cálculos mentales que debe realizar la persona son comparables a complejas integraciones y diferenciaciones matemáticas.

Cuando caminamos, para controlar nuestro cuerpo no necesitamos instrumentos artificiales; pero cuando tenemos que controlar una taladradora para hacer un agujero ciego, un coche en una carretera, un ordenador, etcétera, son indispensables los llamados dispositivos de control, mandos o simplemente controles.

El tipo de dispositivo de control a utilizar dependerá en primer lugar de la función que hay que realizar y, en segundo lugar, de las condiciones ambientales, de las características del puesto de trabajo y de las capacidades y limitaciones del operario.

Las funciones básicas de los controles son:

- 1 activar o desactivar el sistema o parte de él (activar un torno, un coche, un ordenador, encender la luz eléctrica en un local...),
- 2 impartir órdenes al sistema con valores discretos (seleccionar los canales en un receptor de televisión),
- 3 impartir órdenes al sistema con valores continuos (controlar el volumen de sonido de una radio),
- 4 impartir órdenes al sistema ininterrumpidamente (controlar la dirección de un vehículo),
- 5 introducir datos en el sistema (utilizar un programa informático en un ordenador personal).

Para ejecutar estas funciones existen diferentes tipos básicos de controles que pueden combinarse entre sí para obtener dispositivos más prácticos.

## 7.2 Tipos básicos de controles o mandos

Los principales tipos básicos de controles son: los botones pulsadores de mano, botones pulsadores de pie, interruptores de palanca, perillas, selectores rotativos, volantes de mano, manivelas, volantes (de brazos), palancas, pedales, teclados, ratones, lápices electrónicos, etcétera, de cada uno de los cuales existen y pueden existir un gran número de variantes (formas, tamaños, sensibilidad, precisión, etcétera). Por otra parte, la voz, la expresión del rostro y los gestos, de los cuales ya hablamos en el capítulo de las relaciones informativas, son inapreciables como controles en determinadas situaciones: los movimientos corporales y la expresión del rostro en una fábrica muy ruidosa, en la dirección del tránsito y en la dirección de una orquesta, son buenos ejemplos de la eficiencia de estos controles en la conducción de sus sistemas.

Como ocurre con los dispositivos informativos, mientras más sencillo es un control y menor (pero suficiente) su precisión, menos probabilidad de error existe, siempre y cuando el control seleccionado satisfaga totalmente los objetivos previstos. De manera que la complejidad sólo se justifica cuando no es posible utilizar un dispositivo más sencillo. Con un botón de mano basta para detener un molino de rodillos para moler tintas para las artes gráficas y sería absurdo utilizar, por ejemplo, un selector rotativo.

**Los botones pulsadores de mano** son los controles más simples, su función es ordenar si o no, encender o apagar, arrancar o detener. Por otra parte no requieren de fuerza apreciable para ser activados y responden rápidamente a una acción bien simple como es la ligera presión de un dedo, o de varios, o de la mano o puño, según sea el diseño de su superficie y sus objetivos. Además, la acción con un dedo es la más económica y rápida, siguiéndole por orden creciente de gasto energético, la mano, el brazo los pies y las piernas: mientras mayor masa muscular deba ser activada, habrá mayor consumo de energía y más lentitud. No obstante, un botón grande de parada de emergencia que pueda ser accionado por un golpe de puño o con la palma de la mano requiere mucha menos precisión en la acción que un pequeño botón para un dedo y esto puede, en ocasiones, aventajar al dedo en rapidez.

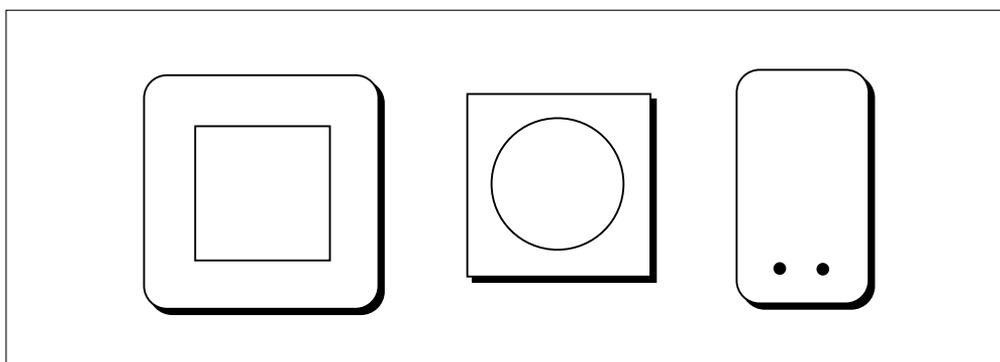


Fig. 7.2 Botones pulsadores de mano

Por todo lo anterior, los botones pulsadores son ideales para encender-apagar y para alarmas y emergencias. No obstante, su ubicación debe ser cuidadosa, pues su propia sencillez y sensibilidad pueden provocar, y han provocado, su accionamiento accidental por descuido con el roce de la mano, el codo, la rodilla, la espalda...

**Los botones pulsadores de pie** se utilizan cuando las manos están ocupadas o sobrecargadas de actividades, o cuando deben realizar esfuerzos considerables; entonces hay que acudir a los pies, y siempre que no se abuse de su frecuencia de uso, su utilización está plenamente justificada. También existen situaciones en que el botón de pie es imprescindible, como es el caso de alarmas anti-robo. No obstante no se debe olvidar que su accionamiento es más lento porque la masa muscular activa involucrada en los movimientos y el propio peso de las extremidades inferiores son mucho mayores que en las extremidades superiores. Además, los mandos de seguridad en los pies permiten actuar salvando el acto reflejo de asistir con las manos un atrapamiento de cabellos, ropas, mano..., de esta forma, aunque el tiempo de reacción es mayor, se evitan las reacciones aberrantes que impedirían actuar sobre el elemento de seguridad.

COLOR	FUNCIÓN	SIGNIFICADO DEL BOTÓN ILUMINADO	EJEMPLOS DE UTILIZACIÓN
 ROJO	PARADA REARME	Alarma. Condición anormal que necesita de una acción inmediata del operador. Indicación funcionamiento.	Parada y rearme grupo hidráulico. Falta de engrase, rearme alimentación entrada.
 AMARILLO (ÁMBAR)	PUESTA EN MARCHA de una operación destinada a suprimir condiciones peligrosas.	Atención. Aviso. Indicación funcionamiento.	Una magnitud (corriente, temperatura) se acerca al límite permitido. Nota: El uso del botón amarillo puede anular otras funciones que hayan sido ordenadas anteriormente.
 VERDE	MARCHA <sup>(1)</sup> Ejecución en marcha manual de: -una secuencia -un movimiento de retorno.	Confirmación de que la orden ha sido bien ejecutada. Confirmación de funcionamiento.	Desbridado, soltar, pieza, retorno de transfer, rotación de platos, retroceso de unidad, retroceso de muela, retorno de eyector.
 AZUL	AUTORIZACIÓN <sup>(2)</sup> DE INICIO DE CICLO AUTOMÁTICO  MARCHA <sup>(3)</sup> Ejecución en marcha manual de: -una secuencia -un movimiento de ida.	Indicación funcionamiento. Confirmación de que la orden ha sido bien ejecutada. Confirmación de funcionamiento.	Embridado, pieza colocada, avance de transfer, cierre de plato, avance de unidad, avance de muela, avance eyector, engrase mecafluido (deslizadera).
 BLANCO / INCOLORO	PUESTA EN TENSIÓN DE UN CIRCUITO  PUESTA EN MARCHA DE UNA FUNCIÓN	Confirmación permanente de que la orden ha sido bien ejecutada. Confirmación de funcionamiento.	Puesta en tensión general, puesta en servicio, rotación de brochas, marcha de rociado, engrase permanente (cajas de engranajes).

(1) Función que puede igualmente ser asegurada por la asociación de un botón-pulsador no luminoso amarillo y un piloto verde.  
(2) Función a asegurar preferentemente por la asociación de un botón-pulsador negro y un piloto verde.  
(3) Función que puede igualmente ser asegurada por la asociación de un botón-pulsador negro y un piloto azul.

Fig. 7.3 Color de los botones pulsadores luminosos

COLOR	FUNCIÓN	UTILIZACIÓN	EJEMPLOS
 ROJO	PARADA FUERA DE SERVICIO SIN TENSIÓN	Parada inmediata Parada diferida Parada general Parada de urgencia	Parada de ciclo, parada bomba hidráulica. Anulación de carga. Anulación ciclo mecanización.
 AMARILLO	MARCHA INTERVENCIÓN	Mando de funciones destinadas a suprimir condiciones anormales.  Mando de movimientos de retorno que no están en la secuencia habitual.	Anulación defecto: engrase, isoterma, etc. Recuperación ciclo mecanización avance después de una retención. Parada claxon.  Retorno general de las unidades.
	EJECUCIÓN	Inicio de una secuencia manual "retorno".	Retorno de los órganos de la máquina (cabezales, etc.), a su posición de origen, aflojar pieza, desbridado, retorno de la unidad, apertura de puerta.
 VERDE	MARCHA PUESTA EN SERVICIO EN TENSIÓN EN PREPARACIÓN	Puesta en tensión de los circuitos de mando.  Arranque de los aparatos para funciones auxiliares.  Registro de un programa preparado.	Armario con tensión, marcha grupo alta frecuencia, etc.  Marcha bomba hidráulica, marcha recogida virutas, marcha lubricación, etc.  Marcha automática, manual, vaciado, ciclo por ciclo (selección por botón-pulsador).
 AZUL	TODA FUNCIÓN SIN COLOR ESPECÍFICO	Composición de un programa.	Test de lámparas, más rápido, menos rápido, etc.
 NEGRO	MARCHA PUESTA EN SERVICIO EJECUCIÓN	Arranque del aparato principal. Comienzo de un ciclo.  Comienzo de una secuencia manual "IR"  Marcha a impulsos.	Rotación brochas, rotación muela. Arranque ciclo automático, marcha cargas, rotación plato, engrase, etc. Avance transfer, cierre puerta, avance unidad, diamantado, posicionamiento, penetración muela, rotación cabezal, puesta al par, descenso prensa, etc. Marcha pieza: bloqueo, embridado, etc.

Fig. 7.4 Color de los botones pulsadores no luminosos

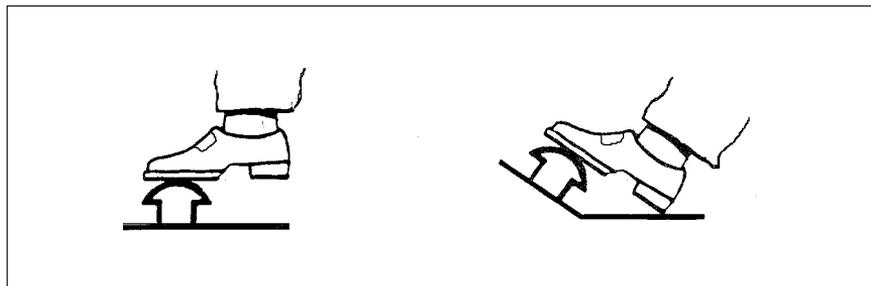
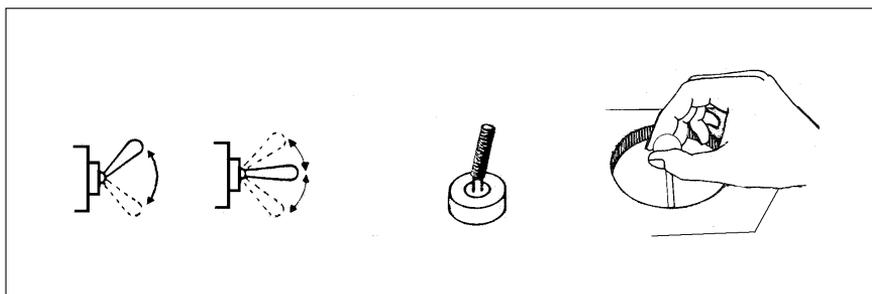
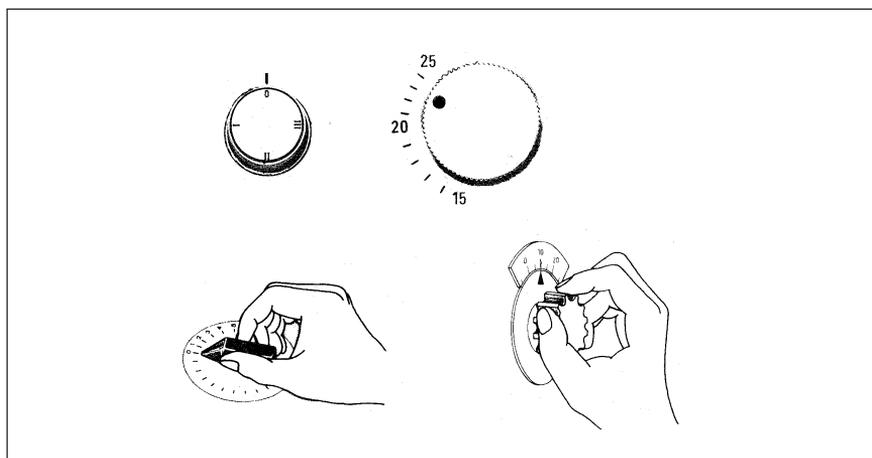


Fig. 7.5 Botones pulsadores de pie

**Los interruptores de palanca de dedos**, son rápidos y prácticos. Pueden utilizarse para dos o tres órdenes.



*Fig. 7.6 Interruptores de palanca de dedos*



*Fig. 7.7 Perillas o botones rotativos y selectores rotativos*

**Las perillas o botones rotativos**, de valores discretos o continuos, pertenecen a la familia de los controles rotatorios y se emplean cuando es necesario hacer crecer una variable múltiples valores.

**Los selectores rotativos**, de valores discretos y de valores continuos: es conveniente realizar ensayos según su uso, el tiempo de selección es menor, y son preferibles los selectores de escala fija. Los errores cometidos son menos (del orden de la mitad) cuando se utilizan escalas móviles.

**Los volantes de mano y las manivelas**: el diámetro de los volantes de mano dependerá de la proporción C/D que se precise aunque diámetros comprendidos entre 15 y 20 cms. suelen ser válidos para muchas operaciones. Los momentos óptimos se encuentran entre los 40 y 65 Newton-metro.

La situación de las manivelas dependerá de su utilización y posición del usuario. Si este permanece de pie el eje de rotación será horizontal, si permanece sentado, el horizontal o inclinado en un ángulo próximo a los 45°. Existen manivelas y volantes con posiciones graduables.

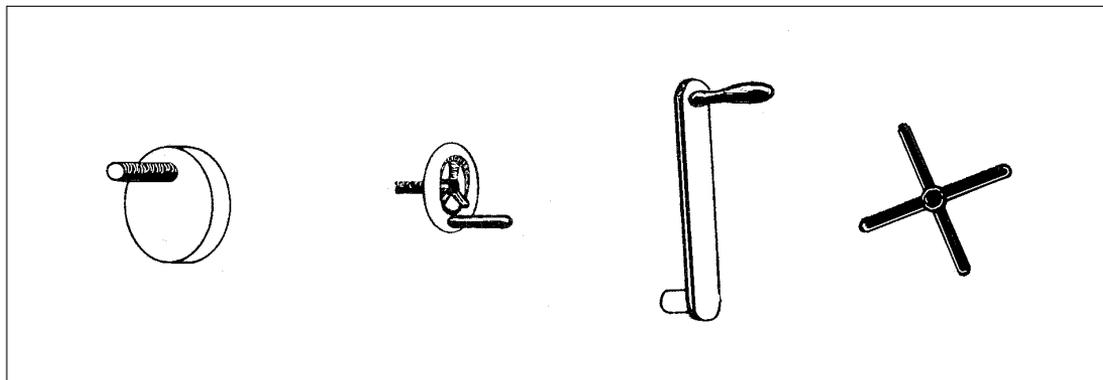


Fig. 7.8 Manivelas y volantes de mano

**Los volantes de brazos:** se utilizan para abrir y cerrar válvulas de gran tamaño en fábricas de procesos químicos y similares y para controles ininterrumpidos de vehículos. El diámetro de los volantes no sólo depende de la fuerza que se requiere aplicar para su accionamiento, fuerza que puede disminuirse mediante automatismos de asistencia. Para volantes de brazos de control ininterrumpido, que el controlador debe manipular durante tiempos prolongados, que pueden ser hasta de varias horas y en condiciones peligrosas (vehículos), el diámetro y resistencia del volante no pueden rebasar ciertos límites. Un volante, por ejemplo, de coche, no debe rebasar los 50 cm de diámetro exterior porque obligaría al conductor a una separación de brazos exagerada durante mucho tiempo y esto provoca fatiga, dolores musculares en hombros y brazos, relajamiento en el agarre del volante, inseguridad en las maniobras rápidas y amplias, etcétera. Un diámetro apropiado para estos casos sería no superior a la distancia codo-codo del conductor. Existen vehículos industriales, como carretillas, en los que el volante tienen un diámetro entre 40 y 46 centímetros, aunque también existen diseños extremos de volantes de 18 cm de diámetro y de 53 cm que al parecer son eficientes. Con esta referencias reforzamos la llamada de atención hecha más arriba, que las decisiones sobre los diámetros de los volantes de vehículos no sólo dependen de la distancia codo-codo del operario, sino del tipo de vehículo, de las fuerzas que debe desarrollar, del tiempo de duración de éstas y de duración del control, del tipo de tarea que desarrolla la persona, del ámbito de desplazamiento del vehículo (carretera, vías urbanas, nave industrial, almacén, obras en construcción, etcétera).

Por otra parte, los mecanismos de asistencia actuales han llegado a prever la posibilidad de giros demasiado bruscos, y por lo tanto peligrosos, como reacción humana errónea ante una emergencia; para tales reacciones peligrosas existen los mecanismos que incrementan progresivamente la resistencia del volante con el incremento de la rapidez y magnitud del giro. Otro aspecto a tener en cuenta en los volantes es su ángulo de inclinación; al respecto sólo diremos que para efectuar grandes

fuerzas sobre el volante es mejor una posición horizontal de éste y que para fuerzas menores es mejor volantes inclinados. Debido a ello existen vehículos donde las funciones del operador son diversas, en los que el volante puede ser graduado en su altura y en su inclinación.

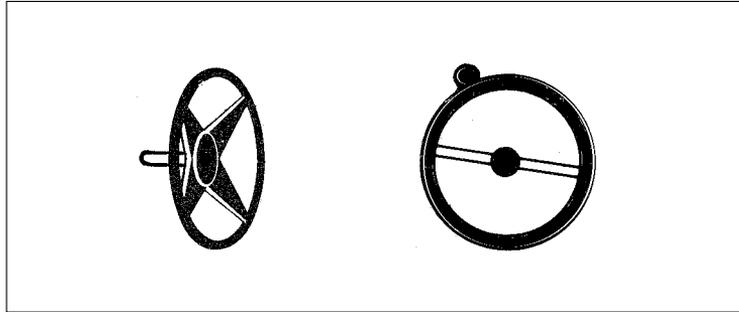


Fig. 7.9 Volantes de brazos

**Las palancas:** si la relación C/D está comprendida entre 2,5 y 3, una longitud de palanca de 30 a 75 cm es indiferente en cuanto a velocidad de respuesta y precisión. En un estudio realizado para grúas puente se llegó a la conclusión que las palancas de 30 cm y movimientos de 35° o 50° son las proporciones más aconsejables.

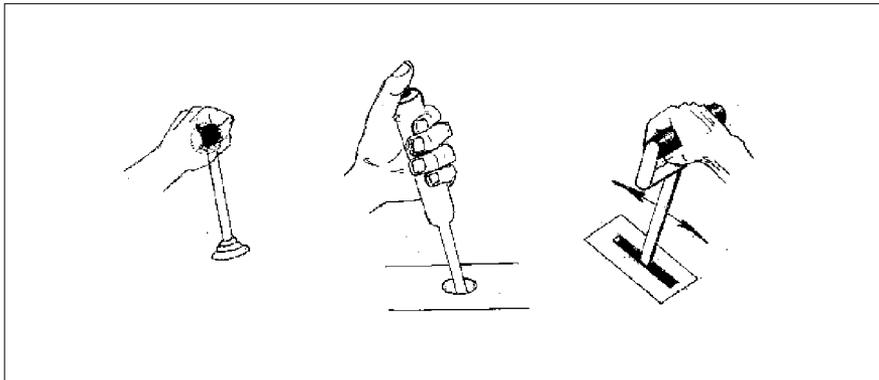


Fig. 7.10 Palancas

**Los pedales:** la mayoría de los especialistas consideran que los pedales pueden afectar la salud. Los únicos pedales que no resultan perjudiciales a las personas son los de bicicleta; todos los demás obligan al pie a adoptar posiciones y esfuerzos no naturales que a la larga, al menos pueden provocar molestias; tales son los casos del pedal de las máquinas de coser mecánicas, de las planchadoras mecánicas, de muchas máquinas industriales y, aunque no lo parezcan, los pedales de los automóviles.

Sin embargo, el pedal es prácticamente imprescindible en muchas ocasiones. Existe una gran variedad de pedales. A manera de ejemplo observemos los tres pedales de los coches: embrague, freno y acelerador, y veamos las diferencias entre ellos, pues el diseño del pedal depende de su función, de la relación C/D, de la situación, del ángulo que forma el pie con la tibia y del esfuerzo que se estima necesario para su accionamiento; estas variables están interrelacionadas.

Pensemos en lo que ocurriría si los tres pedales del automóvil fuesen iguales en su forma, geometría, sensibilidad, ángulo y punto de apoyo. Es decir: el acelerador y el embrague fuesen como el freno, o el freno y el embrague como el acelerador, y tuviésemos que conducir durante cuatro horas o realizar un frenazo inesperado.

Se ha comprobado que el pie es muy sensible para seleccionar posiciones y mantenerlas, al mismo tiempo que tiene un gran poder cinestésico. Debido a ello, la resistencia puede ser mínima. El eje del momento de giro del pedal se puede situar en casi todos los casos, bajo el talón. Si el pedal no es de bisagra, el talón deberá apoyarse en el suelo y el pedal presionará o accionará algún elemento directamente como palanca.

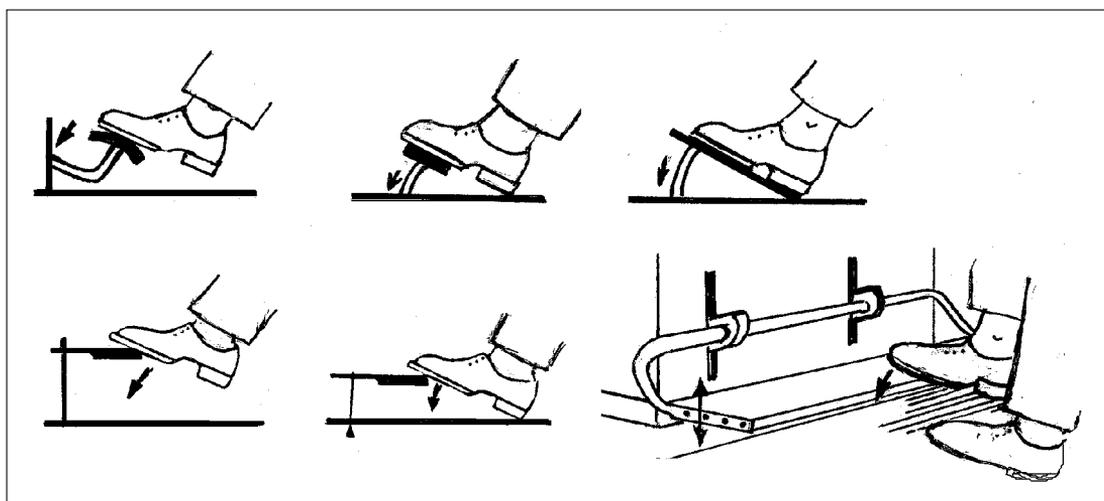


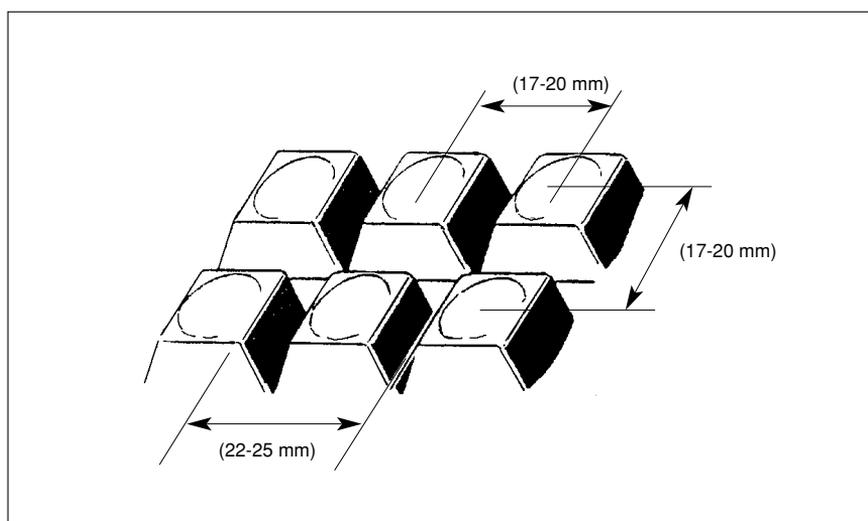
Fig. 7.11 Pedales

La textura de la superficie del pedal, su resistencia al accionamiento, área y ángulo de inclinación y las distancias entre pedales, son otros aspectos a considerar. Un pedal no puede poseer una superficie resbaladiza, ni resistirse demasiado a su accionamiento, pero tampoco debe accionarse con demasiada facilidad, su área será lo suficientemente amplia para permitir su fácil localización y opresión, pero no tanto que provoque errores por actos inseguros, por pies enganchados.... El ángulo de inclinación debe ser próximo al de la planta del pie respecto al suelo en el puesto de trabajo y manteniendo un ángulo de  $90^{\circ}$ - $100^{\circ}$  entre el pie y la pierna, según sea de pie o sentado, y si es para operar sentado de acuerdo a la inclinación del asiento.

**Los teclados** (conjunto de teclas) en general pueden ser de dos tipos: a) de alta velocidad y frecuencia de uso, y gran número de teclas, como son los del piano y de escritura (ordenadores, máquinas de escribir...); y b) los de baja velocidad y frecuencia de uso, con pocas teclas ( máquinas industriales, cajeros automáticos, máquinas de juegos ).

Los teclados de alta velocidad y frecuencia de uso y muchas teclas pueden ser fuente de lesiones (tendinitis) cuando el tiempo de utilización habitual es importante, como es el caso del piano, el ordenador, etc. , pero en el caso de los teclados de baja velocidad y frecuencia de uso y pocas teclas esto está muy lejos de ocurrir.

En ambos tipos los teclados las relaciones dimensionales deben garantizar su compatibilidad con las alturas codo-suelo menores y con los valores mayores de los alcances mínimos del brazo (derecho e izquierdo) hacia delante, para una acción refleja que no necesite concentración. La altura de las teclas respecto al suelo debe mantener una relación con los valores menores de la altura codo-suelo de sus usuarios.



*Fig. 7.12 Distancias entre las teclas para máquinas.*

A manera de ejemplo, comentamos un reciente estudio realizado por los autores de este libro con determinados colectivos de trabajadores en máquinas de trabajo con teclados de baja velocidad, baja frecuencia de uso y pocas teclas.

En dicho estudio determinamos que para un tipo de máquina que dispone de teclado con varias teclas (entre tres y seis), para trabajar en posición de pie/sentado el teclado debía de situarse a una altura del suelo de 90-110 cm, mientras que para siempre sentado la altura debía de estar entre 70-80 cm, aunque alertamos que estos valores no pueden generalizarse y que deben efectuarse las mediciones necesarias sobre la población específica.

Por otro lado, es recomendable que el teclado sea fácilmente manipulable por ambas manos indistintamente, no sólo para favorecer con el diseño a las personas zurdas o diestras, sino también porque el operario si se cansa pueda cambiar de mano.

Frente al sujeto la distancia a las teclas debe permitir que éste no tenga que extender excesivamente el brazo hacia delante, pudiendo por lo tanto manipularlas a partir de la distancia de alcance mínimo del brazo calculado para las personas del grupo con valores mayores de alcance mínimo. Para las máquinas indicadas anteriormente, la zona apropiada, resultó estar desde 5 cm hasta 30 cm del borde delantero de la máquina. Este aspecto cuando se está en posición de pie no es muy importante, por cuanto al sujeto le resulta intuitivo el acercarse o alejarse del teclado muy fácilmente. Pero cuando está sentado, ya sea en taburete o en silla, esta facilidad de acoplamiento se reduce considerablemente.

Respecto a la inclinación del plano de las teclas, en ocasiones pudiera resultar útil para su manipulación que tuviese una inclinación en pendiente hacia el individuo de alrededor de 5° a 10°, no debiendo exagerarse ésta con ángulos que pudieran obligar a la muñeca a realizar posturas forzadas (extensiones).

Las teclas de máquinas pueden tener cualquier forma que sea coherente y compatible con la superficie de ubicación, y sus dimensiones pueden variar desde 1,7 cm<sup>2</sup> hasta 25 cm<sup>2</sup> como máximo, de manera que puedan ser manipuladas con uno y hasta tres o cuatro dedos juntos, o con la zona inferior de la palma de la mano más cercana a la muñeca.

El color de las teclas también es importante, y son válidos tanto los significados culturales antes indicados como los normados y que se mostraron anteriormente para los botones pulsadores de mano, cuidando siempre de evitar brillos y crear un buen ambiente visual.

Sobre los materiales y la textura de las teclas, es recomendable que sean de materiales móbidos y lisos, considerando que en las superficies con textura excesivamente rugosa o con huellas antideslizantes, aspecto a nuestro entender innecesario, se acumula polvo, suciedad y sudor. Sus bordes y puntas, si los hay, deben ser ligeramente redondeados.

Por otra parte, a los usuarios les resulta necesario sentir determinada resistencia y escuchar la “voz” de la tecla, como respuesta a su acción de oprimirla; es lo que se le llama *feeling* o sensibilidad de la tecla. Es una de las mejores maneras que tiene el usuario de enterarse de que “ha vencido” a una tecla y que ésta lo ha obedecido; es la retroalimentación o *feedback* indispensable para el controlador de cualquier sistema persona-máquina.

Es fácil comprender que si el *feeling* de la tecla fuese demasiado alto (lo que significa una alta sensibilidad), cualquier acción o roce involuntario del operador podría ser causa del accionamiento accidental de la máquina, por lo que, para reforzar lo dicho anteriormente, es imprescindible que la tecla ofrezca determinada resistencia frente a la presión que se ejerce sobre ella.

Por lo tanto, la acción de control ejercida por la persona es respondida por la máquina que informa al individuo mediante dos estímulos redundantes (táctil y, a ser posible, sonoro) de que ha sido

obedecido. En relación con el tipo de sonido, es recomendable que se corresponda con el sonido típico de las teclas, como modelo o patrón ya conocido y esperado por el individuo, aunque pueden investigarse nuevos sonidos.

### 7.3 Tipos específicos de controles

Existen otros controles para solucionar situaciones concretas cuando los básicos no resultan suficientes; su forma y funcionamiento están estrechamente relacionados con el tipo de operación a realizar, y con la función a que deben responder.

**Los mandos concéntricos:** las dimensiones óptimas se muestran en la figura. Dichas dimensiones deben ser objeto de revisión según la población, aunque en principio no se esperan grandes diferencias, y pueden ser válidas.

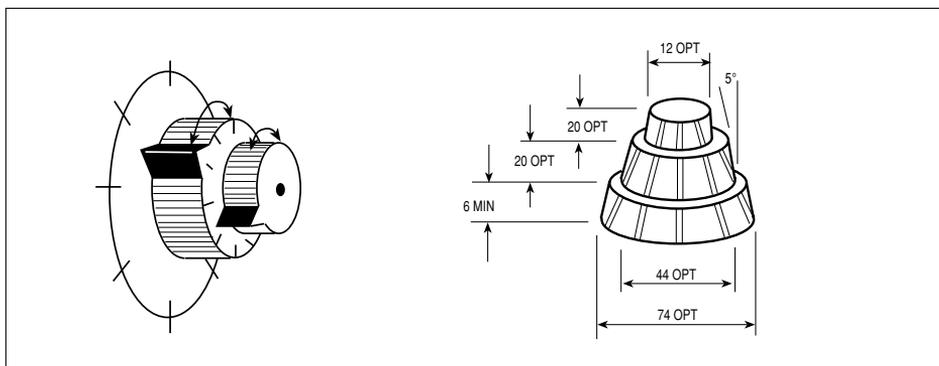


Fig. 7.13 Mandos concéntricos

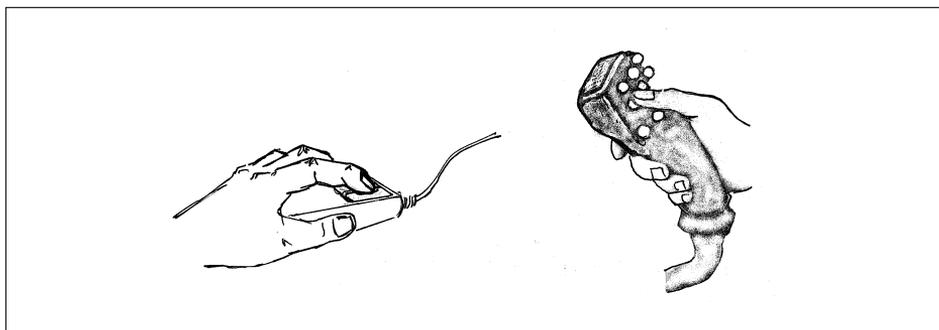


Fig. 7.14 Ratón y joystick

**El ratón y el joystick:** poseen una o más teclas constituyendo un sistema que es desplazado de acuerdo a las necesidades del usuario en todas las direcciones; se debe vigilar su compatibilidad espacial, su velocidad, su precisión y la adaptabilidad a la mano (zurdos y diestros). La superficie sobre la que se desplaza el ratón debe estar libre de suciedad y polvo, y poseer el coeficiente de fricción necesario para favorecer su actuación sobre el ordenador.

**Los mandos a distancia** representan una variante extremadamente útil de varios de los mandos analizados anteriormente, fundamentalmente botones o teclas. Si algo debe señalarse adicionalmente, consideramos que es el diseño del propio mando que agrupa a los controles. Creemos que muchas veces la identificación de los controles (generalmente teclas) no es la mejor. Por encuestas realizadas por los autores, son pocas las personas que identifican plenamente las teclas o botones del mando a distancia de las TV y vídeos y la mayoría de ellas no las utilizan todas.

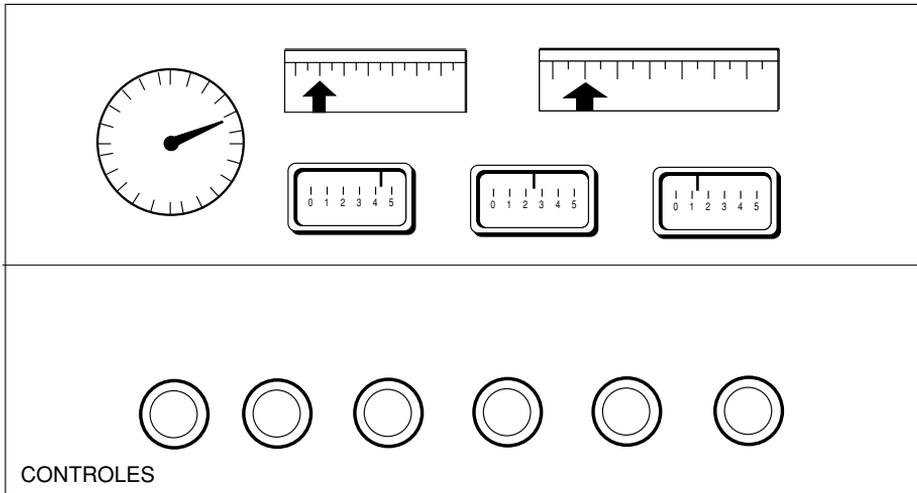
Respecto a los puestos de trabajo, los mandos a distancia son dispositivos útiles especialmente en actividades donde por cuestiones de comodidad y seguridad las personas no deben acceder o acercarse; esto posibilita aislar o cercar de forma absolutamente segura zonas de alto riesgo.

Por otro lado, apretar un botón desde 30 metros de distancia es fácil, pero si nos equivocamos de botón, o el mando cae al suelo y se acciona, puede resultar algo indeseable y provocar así una sima peligrosa entre la función y la representación mental del operador. Así pues, es conveniente prevenir que la extrema facilidad de uso que ofrece este tipo de control a distancia, pueda provocar errores de accionamiento y ejecuciones accidentales. Esto se corrige seleccionando y diseñando mandos a distancia seguros que suministren información redundante sobre el tipo de orden que emite el usuario.

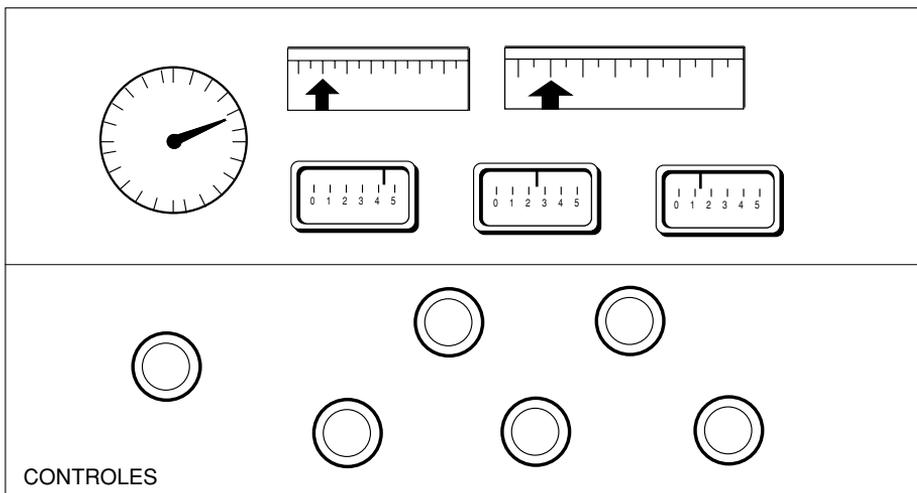
## 7.4 Compatibilidad

La compatibilidad es la relación armónica que debe existir entre los elementos de un sistema para que éste funcione correctamente. Desde un punto de vista ergonómico, la compatibilidad puede ser de varios tipos: espacial, de movimiento, conceptual o cultural, temporal, energética, ambiental, etc. En este capítulo nos interesaremos en las cuatro primeras.

**La compatibilidad espacial**, se refiere a la armonía que debe existir entre los espacios, dimensiones y geometrías de los elementos de un sistema. En el caso específico del control y de la información del sistema, la compatibilidad espacial entre los dispositivos informativos visuales y los controles significa una correspondencia entre las distribuciones espaciales y geometrías de ambos tipos de dispositivos, de manera que resulten fácilmente identificables por el operador por su situación en el espacio, sin probabilidad de confusión por ambigüedad, las parejas DIV-Control.



*Fig. 7.15 Incompatibilidad espacial*



*Fig. 7.16 Compatibilidad espacial*

**La compatibilidad de movimiento** es la correspondencia armónica que debe existir entre los movimientos de los elementos de un sistema, en este caso entre el sentido de los desplazamientos de los dispositivos de control: palancas, volantes, perillas y selectores rotativos, y el sentido de los desplazamientos de escalas e indicadores de los displays que responden a los controles.

**La compatibilidad conceptual o cultural** es la correspondencia armónica que debe existir entre las interpretaciones y los conceptos de los distintos componentes de un sistema: específicamente, entre el

significado de la información y la interpretación que haga el operario. Las personas poseemos referencias culturales que ponemos en funcionamiento ante determinados estímulos, por ejemplo el color rojo para parar, peligro..., si cambiamos el referente estamos introduciendo en el sistema una posibilidad de error. La compatibilidad conceptual no sólo se limita a los colores, también considera el sentido del desplazamiento de un control y del dispositivo informativo visual correspondiente, los sonidos, gestos, forma y figura.

Así pues, para culturas como la nuestra, tanto en los DIV como en los controles, los desplazamientos hacia delante o hacia la derecha, o en el sentido de las manecillas del reloj, de palancas, volantes y selectores rotativos e indicadores de displays de todo tipo, significan incremento, mientras que los movimientos en sentido contrario significan decremento. En estos casos, la compatibilidad es conceptual o cultural entre las personas y los dispositivos de control e informativos, y es compatibilidad de movimiento entre los dispositivos de control y los dispositivos informativos visuales. Existe una excepción: las válvulas de líquidos, en las que el movimiento en el sentido de las manecillas del reloj disminuye y corta el flujo.

Se debe tener cuidado en el diseño de productos transculturales, ya que el diseño que no tenga en cuenta los aspectos culturales de la población destinataria podría provocar errores tanto de información como de control.

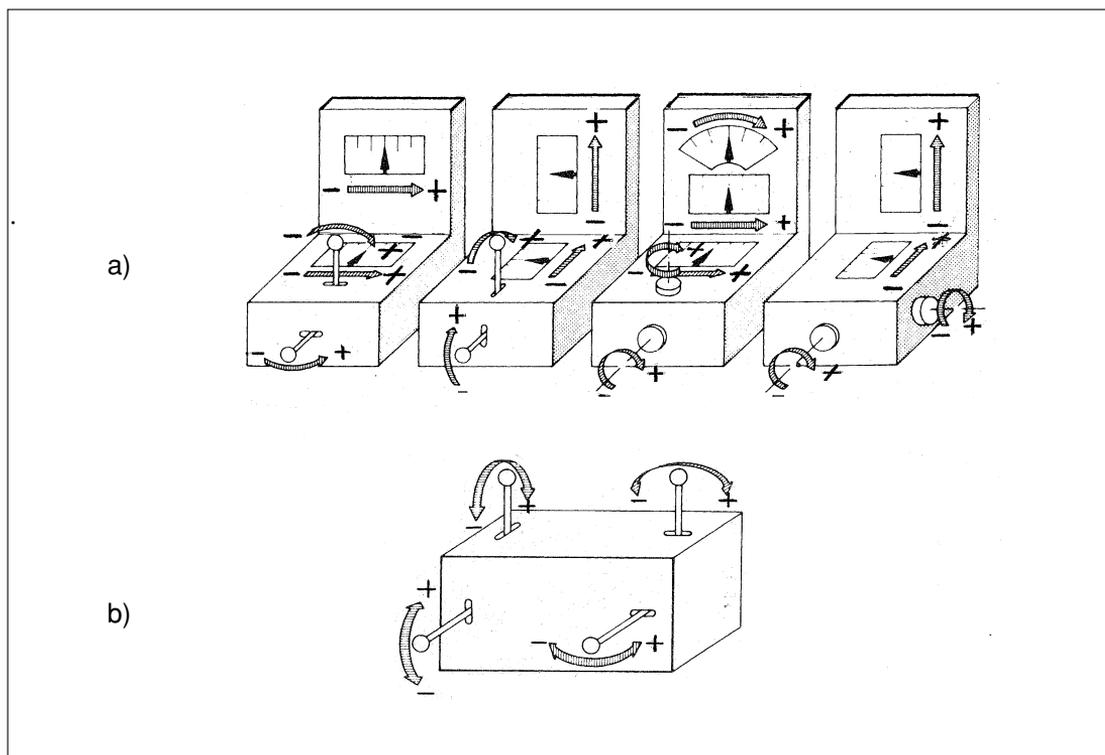


Fig. 7.17 Compatibilidades de movimiento y cultural

**La compatibilidad temporal** es la armonía que debe existir entre los tiempos del estímulo y de su recepción y respuesta correspondiente entre los componentes de un sistema. Es decir, que la información permanezca el tiempo suficiente para que pueda ser recibida, procesada y respondida correctamente. Este tipo de compatibilidad se basa en las limitaciones de recepción y reacción de las personas, cuyos sentidos necesitan un tiempo para percibir los estímulos y un tiempo para responder (tiempo de reacción). La compatibilidad temporal depende de una buena selección y ubicación tanto de los dispositivos informativos como de los controles.

### 7.5 Relación Control/Display (C/D)

Se define como relación C/D (control/dispositivo información o control/display) a la relación entre la amplitud del movimiento del control y la amplitud del movimiento de respuesta del display. En otras palabras: la relación C/D indica el nivel de sensibilidad del control. Si con una palanca se efectúa un pequeño movimiento y el display responde con un recorrido grande, la sensibilidad será alta. Cuanto mayor sea C/D menor será la sensibilidad.

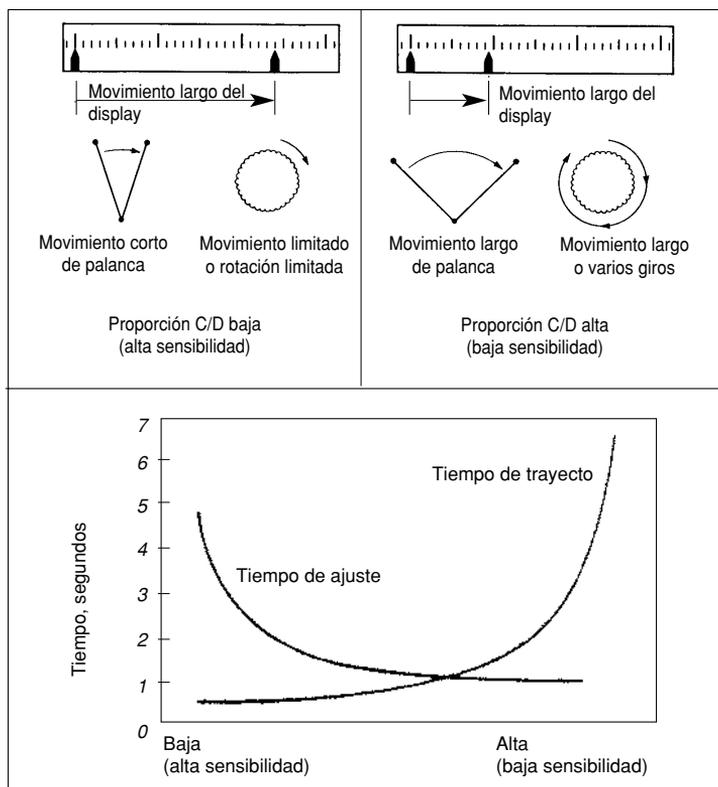


Fig. 7.18 Relación C/D

Para palancas y displays lineales

$$C/D = (2a \times L) / Rd \times 360$$

siendo,

a = grado del desplazamiento de la palanca en grados sexagesimales

L = Longitud de la palanca en milímetros

Rd = Recorrido del indicador del display en milímetros

Para botón giratorio

$$C/D = 1 / (Rd/Rev)$$

siendo;

Rd = Recorrido del indicador del display en milímetros

Rev = vueltas del botón giratorio

El tiempo y el movimiento de ajuste del control puede descomponerse en dos fases:

- 1 Tiempo o movimiento de ajuste basto o grueso (movimiento de aproximación)
- 2 Tiempo o movimiento de ajuste fino

Por regla general, los sujetos al accionar un control realizan estos dos movimientos: el primero de aproximación será rápido; el segundo, de ajuste, suele ser más lento y se realiza por tanteo.

En los controles con C/D baja, el tiempo de aproximación será breve pero el de ajuste fino es más difícil, pues la sensibilidad es alta. La optimización de estos dos tiempos es compleja, por ello, cuando la frecuencia de actuación es elevada y se necesita una gran precisión, es recomendable sustituir este tipo de control por otros de sensibilidad progresivamente mayor  $C/D_2$ ,  $C/D_3$ ,  $C/D_n$ .

Para seleccionar el C/D óptimo se requiere tener en cuenta el tipo de control, la tolerancia o precisión requerida y el retraso entre Control y Dispositivo.

## 7.6 Accionamiento accidental de controles

Ha ocurrido algunas veces: el piloto del avión ante la señal de avería en uno de sus motores decide pararlo, pero confunde el mando y actúa sobre el que está operando correctamente; el accionamiento accidental de controles debe ser analizado en la fase de diseño para evitar situaciones de riesgo como ésta.

Muchos otros accionamientos accidentales reales han acontecido; los siguientes ejemplos hablan por sí solos: en un barco mercante, al ser accionada la sirena del barco por la espalda de un marino que se apoyó en uno de los botones pulsadores situado en cubierta, provocó cierta confusión en dos barcos

más que navegaban cercanos en el puerto; una planta refinadora de petróleo se paralizó totalmente al sentarse un trabajador sobre la seta de paro de emergencia, provocando pérdidas millonarias; en una industria de producción de tintas para las artes gráficas se produjo la amputación de cuatro dedos de la mano de un obrero cuando un compañero que fue a hablar con él apoyó un codo sobre el botón de arranque del molino que el primero estaba limpiando; un obrero de mantenimiento de una fábrica de azúcar murió cuando su ayudante activó con el hombro el interruptor eléctrico y puso en marcha la trituradora de caña que estaba reparando y destrozó al obrero; en el laboratorio fotográfico de un centro científico, se produjo la pérdida irreparable de veinte carretes fotográficos con más de setecientas imágenes de una expedición científica geológica de cuatro meses de trabajo en regiones montañosas cuando uno de los fotógrafos con la espalda oprimió el interruptor y se encendió la luz y las películas que estaban en las espirales fuera de los tanques preparadas para ser procesadas se velaron..., desgraciadamente hay muchos más ejemplos.

Existen, entre otras, las siguientes medidas para evitar estas situaciones:

- 1 Identificación del control: forma, color, tamaño, textura, métodos operacionales, etcétera.
- 2 Aplicación de los principios de compatibilidad
- 3 Ubicación fuera del alcance accidental.
- 4 Empotramiento.
- 5 Recubrimiento (protección).
- 6 Orientación de su accionamiento
- 7 Sensibilidad adecuada (resistencia que ofrece el control al accionamiento)
- 8 Mecanismos de retén, trabazón o tope.

### 7.6.1 Identificación de Controles

Los controles deben estar perfectamente identificados visualmente, incluso cuando el movimiento se hace sin mirar los controles, aunque siempre influyen de forma importante el aprendizaje, la pericia, el tacto (forma y textura) y el sonido que puedan emitir, esfuerzo, movimiento, disposición y displays de comprobación.

En algunos casos, y si ello es posible, se puede disponer un recorrido en vacío de los controles, pero con diferentes niveles de esfuerzo a ejercer por el usuario. La dirección del movimiento de controles puede, en este caso, servir de identificación, pero se debe tener en cuenta la compatibilidad.

Para interruptores colocados en un plano vertical, una separación de 13 cm entre ellos es suficiente para evitar errores. Si están situados en un plano horizontal dicha distancia deberá ser 20 cm.

En ocasiones se pueden colocar displays cualitativos dentro del campo visual del operador, o auditivos que le concreten o señalicen el control que comienza a actuarse. En este caso también es conveniente la existencia de un recorrido en vacío, en el cual actúa el indicador.

El color está indicado en la distinción de controles cuando están dentro del campo visual. Si la iluminación es tenue, o debe serlo, los controles tendrán iluminación localizada o autoiluminación. Asimismo, la utilización de señales o inscripciones dentro del DIV pueden ser útiles.

## 7.7 Reglas de selección y ubicación de controles

Aunque un control haya sido bien diseñado, no puede ser eficiente si se utiliza para funciones ajenas a sus objetivos, o si no está bien ubicado, o cuando no se tienen en cuenta un sinnúmero de circunstancias específicas del puesto de trabajo, del operador y de las tareas que éste debe ejecutar.

Por ello se recomiendan, entre otras consideraciones:

- 1º Seleccionar y distribuir los controles para que ninguna extremidad se sobrecargue. Las funciones que requieren controles de ajuste rápido y preciso se deben asignar a las manos. Las que requieran aplicaciones de fuerzas grandes (empujando) y contínuas se deben asignar a los pies. A las manos se les puede destinar una gran cantidad y variedad de controles siempre que no requieran operaciones simultáneas, pero a cada pie sólo debe asignarse uno o dos controles con empuje frontal o flexión del tobillo.
- 2º Seleccionar y ubicar los controles de forma compatible con los dispositivos informativos del puesto de trabajo. Los desplazamientos de los controles como volantes, palancas, interruptores, selectores rotativos, manivelas, deben ser compatibles con los desplazamientos en los dispositivos informativos visuales. Por lo mismo, deben respetar el principio de la compatibilidad conceptual o cultural.
- 3º Seleccionar controles multirrotativos cuando se requiera un ajuste preciso en un amplio intervalo de ajuste, ya que los lineales están limitados por la amplitud del movimiento. Con el control rotativo se puede lograr cualquier grado de precisión, aunque el tiempo de operación puede verse afectado.
- 4º Seleccionar controles de ajustes discretos por pasos con retención, o botoneras cuando la variable de control se puede ajustar a valores discretos (sólo se requiere un número limitado de posiciones, o la precisión permite que todo el espectro se puede representar por un número limitado de posiciones).
- 5º Seleccionar controles de ajustes contínuos cuando se necesite precisión o más de 24 ajustes discretos. Los ajustes contínuos requieren mayor atención y tiempo.
- 6º Cuando la fuerza y el intervalo de ajuste tienen prioridad, la selección puede basarse en la tabla siguiente.

<b>Para fuerzas pequeñas:</b>	
2 ajustes discretos	Botón o interruptor de palanca
3 ajustes discretos	Interruptor de palanca o selector rotativo
de 4 a 24 ajustes discretos	Selector rotativo
Intervalo pequeño de ajustes continuos	Perilla o palanca
Intervalo grande de ajustes continuos	Manivela o perilla multirrotativa
<b>Para fuerzas grandes:</b>	
2 ajustes discretos	Palanca con retén, botón de pie
de 3 a 24 ajustes discretos	Palanca con retenes
Intervalo pequeño de ajustes continuos	Timón, pedal rotativo o palanca
Intervalo grande de ajustes continuos	Manivela grande

Fig. 7.19 Tabla

- 7º Seleccionar controles que sean fácilmente identificables normalizando sus ubicaciones. Todos los controles críticos o de emergencia deben identificarse visualmente y por el tacto. La identificación no debe dificultar la manipulación del control ni provocar una activación accidental.
- 8º Combinar los controles relacionados funcionalmente para facilitar la operación simultánea o en secuencia, o para economizar espacio en el panel de mando.

Las zonas de ubicación de los controles dependen de las dimensiones antropométricas de las personas involucradas en el proceso, de la posición de trabajo, de las características de las tareas que debe desempeñar, de la cantidad y tipos de controles, de su frecuencia de uso e importancia, de las características específicas del puesto de trabajo, y de otros factores no menos importantes que han sido señalados en los demás capítulos de este libro.

En las figuras 7.23 y 7.24 se ofrece una idea de estas áreas para controles habituales de las extremidades superiores.

Las relaciones de control están sufriendo una sorprendente revolución dentro del campo de la ingeniería de sistemas, una orden puede ser lanzada desde la Tierra a una nave espacial, tripulada o no, aunque se encuentre a muchos millones de kilómetros de distancia, y la nave cambiar su rumbo tal como le hemos ordenado; pero puede que no obedezca y acarrear, al menos pérdidas científicas y económicas. Con un teléfono o un ordenador desde casa podemos ordenar una habitación en un hotel de Singapur, abrir la caja fuerte de un banco, penetrar en los ordenadores de la NASA, comunicarnos con nuestros antípodas solicitar un chequeo médico y desde el hospital, por la misma vía, nos hacen

un electrocardiograma; con un simple teléfono, desde el Caribe, ordenar que se enciendan las luces de la terraza de nuestra casa que está en Barcelona, o la radio y el televisor, con el fin de despistar a los ladrones.

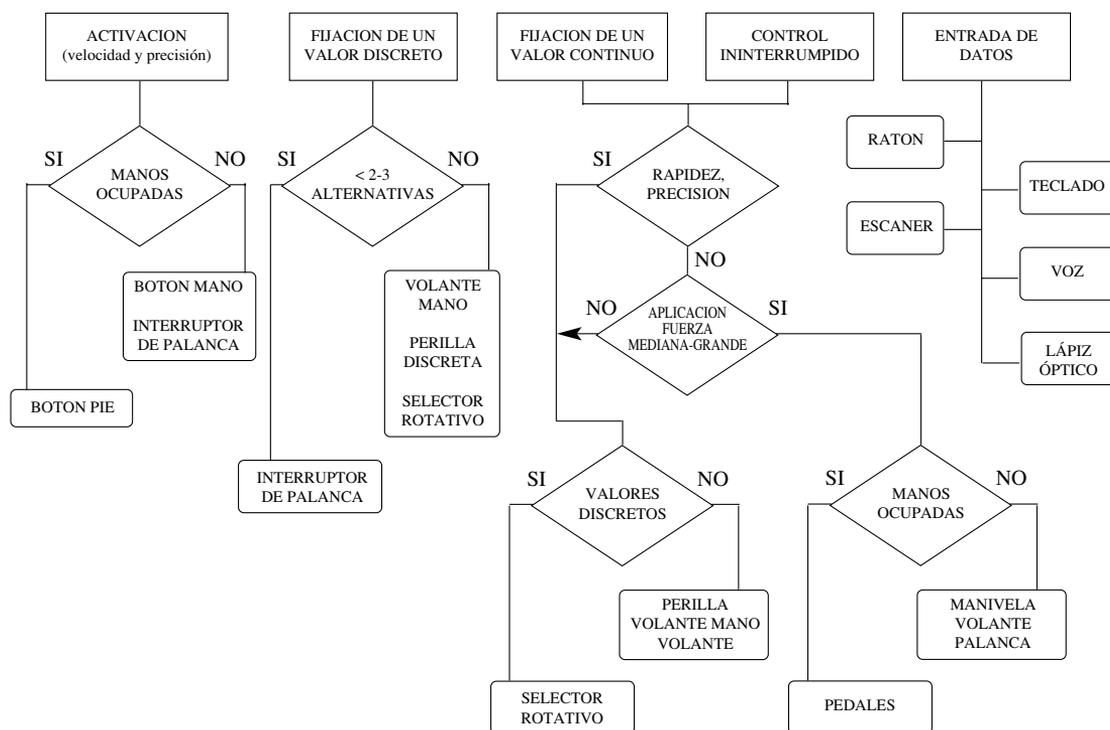


Fig. 7.20 Diagrama de ayuda para seleccionar controles

Pero por otro lado, la distancia que hemos introducido entre el usuario y el mecanismo a controlar, la potencia de nuestra orden, la falta de esfuerzo para desplazar grandes cargas, en resumidas cuentas la entrada del ser humano en el campo virtual, plantea nuevos problemas que debemos abordar y solucionar, ya sea mediante dispositivos informativos paralelos, mandos que reproduzcan a escala variables que estamos manipulando, o cualquier otra estrategia que recupere las funciones psicofisiológicas del operario para el sistema de control.

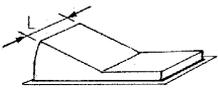
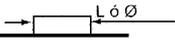
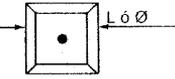
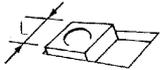
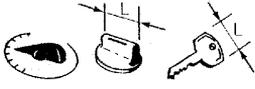
TIPO	EJEMPLOS	DIMENSIONES (mm)
Tecla o botón basculante de 2 posiciones		$L \geq 10$
Tecla o botón basculante de 3 posiciones		H = 7 hasta varias decenas de mm según la utilización.
Botón pulsador emergente con 1 posición de reposo		$L \text{ ó } \varnothing \geq 20$
Botón pulsador sobresaliente o de tecla		Botón pulsador: $L \text{ ó } \varnothing \geq 20$ Tecla de teclado: $L \text{ ó } \varnothing \geq 12$
Tecla sensitiva		$L \text{ ó } \varnothing \geq 20$
Tecla de cursor		$L \geq 15$
Botón rotativo emergente por el anillo		Según utilización
Botón de cursor		$L \geq 15 - H \geq 7$
Botón pulsador tipo champiñón		$\varnothing \geq 40$ deseable 70-80
Botón rotativo liso o moleteado		$\varnothing = 7$ (dos dedos), hasta 80 (toda la mano)
Botón rotativo con muescas		$\varnothing = 15$ a 80
Botón rotativo de dos espesores o de llave		$L = 20$ a 80
Manipulador (pequeña palanca)		$\varnothing = 10$ a 15 $L = 60$ a 100

Fig. 7.21 Algunas dimensiones recomendadas para los controles

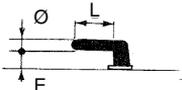
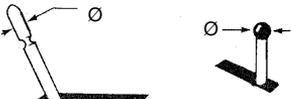
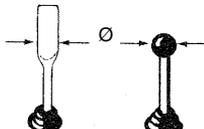
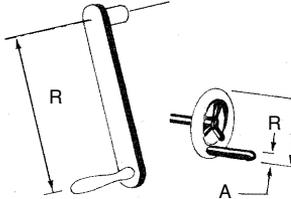
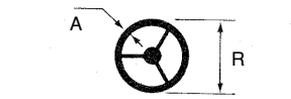
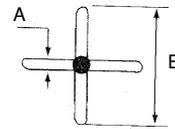
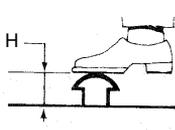
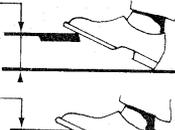
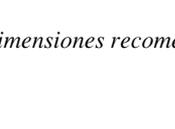
TIPO	EJEMPLOS	DIMENSIONES (mm)
Manilla o empuñadura		$\varnothing = 15 \text{ a } 25$ $L \geq 100$
Palanca oscilante en un plano		$\varnothing = 20 \text{ a } 35$ Longitud según utilización
Cursor de empuñadura		$\varnothing = 20 \text{ a } 60$ Longitud según utilización
Palanca oscilante en más de un plano		$\varnothing = 20 \text{ a } 60$ Longitud según utilización
Manivela		$\varnothing A = 15 \text{ a } 35$ En caso de rotación rápida $R \leq 100$ , si no, según utilización
Volante-manivela		$\varnothing A = 20 \text{ a } 35$ $\varnothing R = 150 \text{ a } 500$
Volante		$\varnothing A = 20 \text{ a } 35$ $\varnothing R = 150 \text{ a } 500$
Cabrestante		$\varnothing A = 20 \text{ a } 35$ $\varnothing B$ según utilización
Botón pulsador de pie		H según postura
Pedal con apoyo del talón		$H \leq 50$ Anchura $\geq 90$
Pedal sin apoyo del talón		H según postura Anchura $\geq 90$
Tapiz de contacto Barra y placa oscilante Cable tendido Célula fotoeléctrica u otro dispositivo inmaterial		Según utilización

Fig. 7.22 Algunas dimensiones recomendadas para los controles

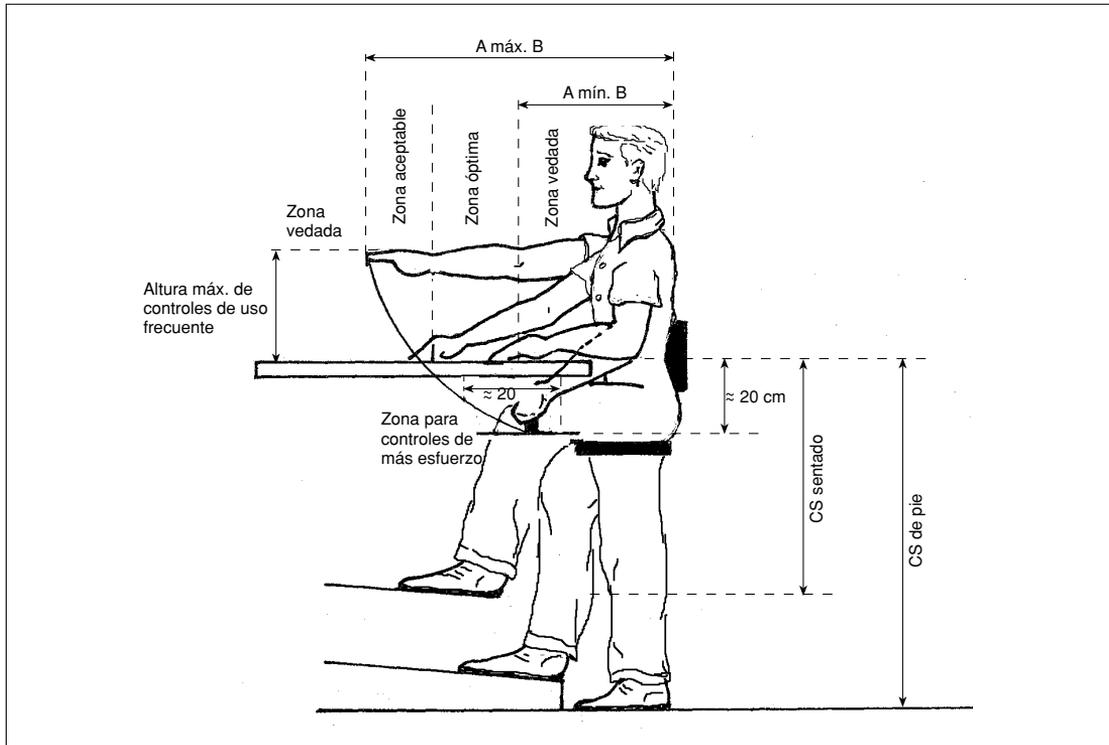


Fig. 7.23 Vista lateral de un puesto de trabajo: espacios para controles manuales.

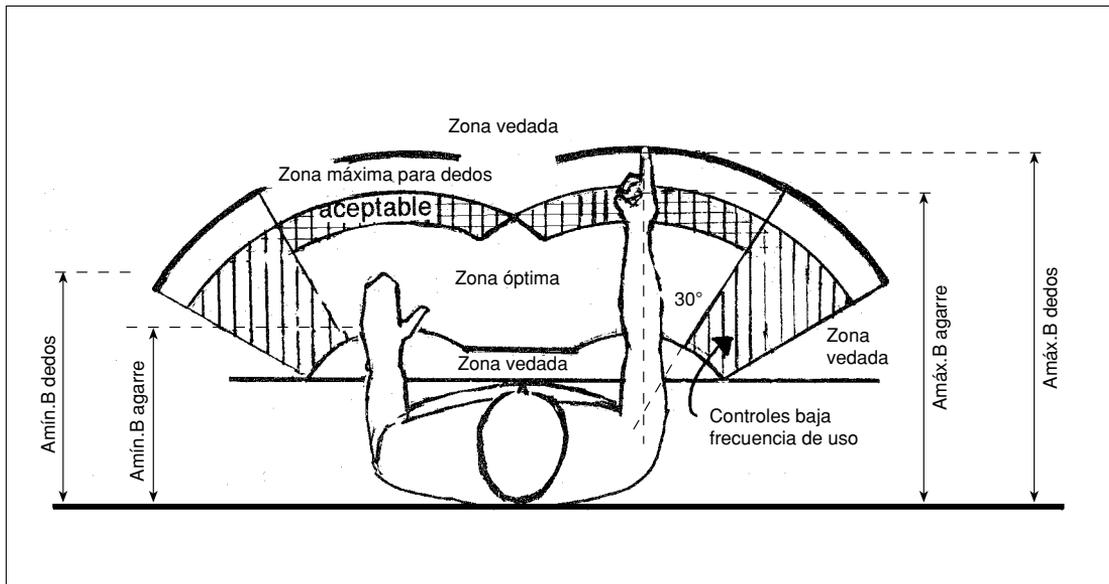


Fig. 7.24 Vista superior de un puesto de trabajo: espacios para controles manuales.

## 8 Otras variables relevantes en el diseño de PP.TT.: ambiente físico y organización del trabajo

### 8.1 Consideraciones generales

Cuando se habla de sistema P-M hay que recordar que la definición ergonómica de sistema incluye al ambiente (ruido, calor, vibraciones, luces, olores, turnos, horarios, monotonía, iniciativa, roles, clima laboral, status...), y no sólo el ambiente físico y psicosocial generado por el propio puesto de trabajo, sino también el generado por los puestos vecinos e incluso muy alejados y exteriores.

Ningún sistema P-M está totalmente cerrado, ya que la mayoría de los sistemas son abiertos o cuasi abiertos y que, por lo tanto, siempre interaccionan de una forma u otra con otros aunque permanezcan aparentemente ajenos, y que por principio forman parte de otro sistema P-M mayor en el que se pueden generar agresiones e incompatibilidades hacia los subsistemas que lo configuran.

No sólo vemos mejor o peor por el estado de nuestra vista y el tipo de dispositivo informativo visual utilizado y su ubicación, sino también por el ambiente visual donde nos encontremos, es decir: el tipo de iluminación, las lámparas, las luminarias y su ubicación, los colores, las luminancias y los contrastes de superficies, paredes, techos, cortinas,... el grado de difusión de la iluminación, etc. Lo mismo ocurre con la audición: oímos mucho mejor en un lugar sin ruidos de fondo que en uno ruidoso. Pero aún más: en un lugar muy ruidoso disminuye nuestra agudeza visual y el ángulo visual se estrecha, pues existe una fuerte interrelación entre nuestros sentidos regida por el sistema nervioso central.

Los beneficios que reporta un ambiente de trabajo confortable, se manifiestan claramente en una mejor eficiencia del sistema productivo y en un incremento de la satisfacción de la persona. De ahí que podamos afirmar que en un puesto de trabajo donde el individuo se siente confortable las funciones que tiene encomendadas y que debe desempeñar se realizarán con mucha menor probabilidad de errores de percepción, de decisión y de actos inseguros.

Un PP.TT. aislado con un trabajador dentro de una nave grande, por más que posea todas las comodidades imaginables y que la nave esté muy bien diseñada, resultará nocivo para el obrero por la

sensación de soledad en un espacio grande. Por el contrario, un área de trabajo donde los operarios estén hacinados, sin la intimidad mínima necesaria, tampoco resultará cómodo, ni los operarios productivos. El problema está en encontrar la densidad apropiada, lo que depende de muchos factores como son: las exigencias de las actividades que se desarrollan en los puestos (nivel de concentración necesario, grado de monotonía, desplazamientos y movimientos de los trabajadores, etcétera), la interrelación entre los puestos, la logística dentro del local, la geometría, el tamaño y las características en general de los PP.TT. vecinos, características personales de los trabajadores como son la edad, el sexo, el carácter y el tipo de cultura, el ambiente (la iluminación, el ruido), etc. Como se comprende, no siempre resulta sencillo tomar decisiones acertadas a la hora de diseñar PP.TT.

Es práctica frecuente disponer los PP.TT. en filas y columnas, pero por lo general no es recomendable. La mayor parte de las veces resulta mejor agruparlos en forma celular. Sin duda que para tomar estas decisiones sobre la configuración geométrica de las áreas de actividad no pueden pasarse por alto otros aspectos de suma importancia y que no tratamos en este libro, como la distribución en planta, la cual depende del tipo de producción que se realiza o se realizará en el lugar, es decir, si la producción es en cadena, si es por procesos o por funciones, si por posición fija, o si la distribución es mixta; la geometría del local, las ventanas y puertas: su cantidad, disposición, área y forma; y hasta la orientación geográfica del edificio y las características climáticas y naturales de la región donde está situado...

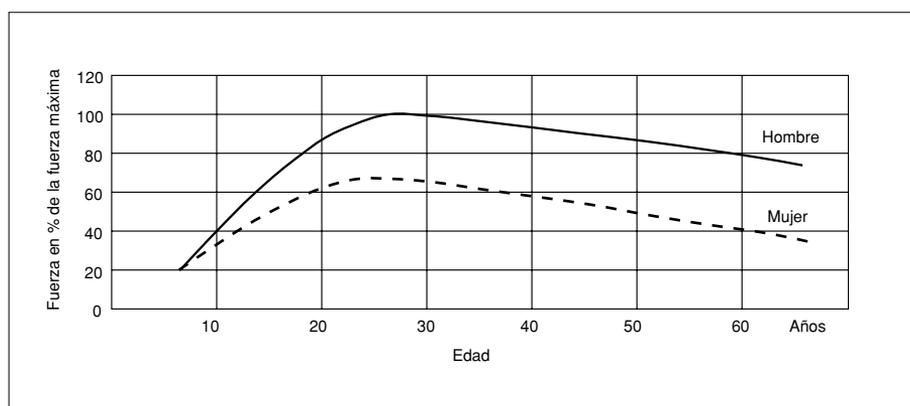


Fig. 8.1 Fuerza muscular en función de la edad y el sexo

Por otro lado, tomemos como ejemplo una actividad que obliga a enroscar manualmente 260 tapas en frascos en una hora: es agotador. Pero estar una hora observando cómo una máquina hace ese mismo trabajo también agota. Tener una actividad física o mental demasiado intensa es estresante y provoca fatiga (física o mental o ambas a la vez), pero tener muy poca actividad física o mental provoca los mismos resultados por aburrimiento y monotonía. La solución idónea está en diseñar PP.TT. donde el individuo tenga una carga de trabajo proporcional a su capacidad física y mental, pero tener en cuenta, en la etapa de diseño de la actividad, el tiempo de duración de la carga y el ambiente no es un objetivo fácil de lograr.

Además, sabemos que la edad es un factor importante en un trabajador; pero pocos proyectistas lo tienen en cuenta cuando se diseñan puestos y métodos de trabajo. Con los años en un mismo puesto las personas ganan en experiencia y en actos reflejos condicionados. No obstante, pierden en capacidad de trabajo físico, velocidad de movimientos, resistencia física en general, capacidad auditiva y visual, etcétera; es raro encontrar personas de más de 25 años de edad sirviendo en una hamburguesería, ni en la caja de un supermercado que tenga un alto flujo de compradores, ya que la intensidad del trabajo es muy elevada. Las líneas de montaje de las fábricas de automóviles, electrodomésticos, etc., son otro buen ejemplo del sesgo que proporciona la edad al tipo de actividad a desarrollar.

Para paliar el problema de tener que limitar el acceso a PP.TT. a determinada población por la edad, es necesario tener en cuenta a la hora de planificar la zona de trabajo las capacidades de las personas, pues un diseño transgeneracional, en muchos casos, posibilita igualar el rendimiento de trabajadores mayores y jóvenes. Entendemos por diseño transgeneracional de PP.TT. aquel que requiere el mínimo común de las capacidades psicofísicas que deben aportar los trabajadores para actuar eficientemente en el sistema, obviamente sin limitar la entrada a ninguna persona por motivos de edad. Para ello deberemos tratar de compensar el deterioro de algunos aspectos psicofísicos, que efectivamente se degradan con la edad, con el diseño de áreas que compensen ese deterioro, y crear puestos de actividad que lleven enquistadas soluciones tales como herramientas menos pesadas, polipastos para la sujeción, apoyos de descanso para las posturas (taburetes, apoya brazos, reposa pies...), etc., además de facilitar y potenciar aquellos aspectos de las tareas que se han ido consolidando con el tiempo, tales como el primar el predominio de la experiencia, la pericia, la reflexión, el conocimiento global, etcétera, que lógicamente han ido mejorando con el tiempo; en resumidas cuentas, el conocimiento holístico que el individuo posee de su entorno laboral.

Al proyectar PP.TT. no debemos tampoco restringir el pliego de definiciones funcionales de los mismos por entender que en él van a operar mujeres o hombres; de todas formas, el sexo es otra variable a considerar y que puede ayudar a mejorar aspectos productivos, ya que las personas, en algunos casos, actuamos y reaccionamos distinto en función del sexo: no mejor ni peor, sino distinto. Por ejemplo, generalmente las mujeres son más meticulosas y esmeradas en trabajos que exigen delicadeza, sus tiempos de reacción son ligeramente mayores, son más sensibles a los ruidos, soportan menos la sobrecarga térmica, poseen una capacidad de trabajo físico y capacidad vital menores que los hombres, su metabolismo basal es menor, los ángulos de los movimientos articulares son más amplios, su piel es menos gruesa, más delicada y más fina al tacto, poseen menos masa muscular y mayor concentración de grasa en glúteos y caderas, al poseer menos glóbulos rojos en su sangre requieren de una frecuencia cardíaca mayor, poseen mejor razonamiento verbal, etc. Esta especialización sexual tiene su base en que estamos “diseñados por la naturaleza” para cumplir con éxito una función natural: garantizar la supervivencia humana. Estas diferencias entre sexos se acentúan cuando una mujer está en estado de gestación; de ahí que los ergónomos deban contemplar y prever qué variables pueden cambiar si alguna de las operarias está embarazada, y se deba tener previsto desde la rotación de los turnos, hasta la flexibilidad horaria necesaria para adaptar ese puesto a los nuevos requerimientos de la persona que lo ocupa, pasando por todo el resto de variables que esta nueva situación aporta al sistema. Debe, pues, realizarse el análisis pormenorizado del total de variables que afectan a esa trabajadora, estas medidas preventivas acostumbran a tener un nivel de

bondad tal que una vez transferido al sistema suele ser elemento de mejora de condiciones de trabajo para el resto de operarios.

Parte de estas afirmaciones las han confirmado los autores de este libro en varios trabajos de campo realizados en los que, en encuestas realizadas en una misma sección de varias industrias donde el ambiente no resultaba del todo agradable, las mujeres siempre se han mostrado mucho más críticas que los hombres respecto al calor y al ruido, a los colores de los puestos y de las paredes y techo, a la suciedad y olores desagradables, a la distribución de los puestos de trabajo y a los aspectos estéticos, y bastante más cuidadosas, ordenadas y limpias en la organización de sus puestos; estos parámetros no son en manera alguna pueriles ya que conllevan un nivel de policía e higiene que mejora, por ejemplo, los índices de accidentalidad y productividad.

Como vemos, el diseño de áreas de actividad exige al equipo de ergonomía conocer no sólo lo qué se va a hacer en los mismos y cuáles son las características de los materiales del puesto, sus dimensiones, etc., sino también tener previsto un perfil de las personas que lo van a ocupar; ya que una persona, afortunadamente, no es una máquina, tiene infinitamente más matices, y es un ente mucho más complejo: posee sentimientos, carácter, temperamento, estados de ánimo lábiles, capacidades y limitaciones físicas y mentales, edad, sexo, nacionalidad, deseos y necesidades mediatos e inmediatos, gustos y preferencias, opiniones, criterios, prejuicios, ignorancia y conocimientos, complejos, experiencia e inexperiencia, preocupaciones, éxitos y fracasos, virtudes y defectos, dificultades, odia y ama..., siente frío y calor; el ruido y las vibraciones, la pestilencia, las posturas incómodas y la mala iluminación lo pueden afectar, molestar, irritar e inducir al error, y todo este complejísimo sistema que es cada ser humano se extiende más allá del orden personal para alcanzar la familia, los amigos (y enemigos), jefes y compañeros de trabajo, la colectividad y la sociedad.

A lo largo del presente libro se exponen una serie de métodos para evaluar y controlar una serie de factores físicos y fisiológicos críticos al proyectar los PP.TT.; pero si bien algunos de ellos se han tratado con más profundidad no quiere decir que los restantes no tengan el mismo peso o incluso mayor, todo depende del tipo de puesto a proyectar. En este capítulo se abordan algunos factores que han sido considerados hasta el momento de forma sucinta, ya que la mayoría han sido o serán tratados en profundidad en diferentes libros de la presente colección.

## **8.2 Ambiente térmico**

Un ambiente térmico confortable es un objetivo que debe perseguir el equipo de ergonomía ya que el diseño negligente del microclima laboral puede causar: deshidratación, aumento de las enfermedades de las vías respiratorias, reducción del rendimiento físico al limitar la capacidad de trabajo físico, irritabilidad, incremento de errores, reducción del rendimiento mental, incomodidad por sudar en exceso o temblar, y es seguro que un tratamiento negligente del mismo producirá un aumento de la insatisfacción laboral y una disminución del rendimiento.

Todo trabajo físico repercute en el sujeto incrementando su metabolismo; de ahí, que debemos diseñar los PP.TT. de tal forma que dicho incremento se mueva siempre dentro de los parámetros asumibles por la persona. Afortunadamente contamos con un eficiente mecanismo termorregulador en el hipotálamo, que es el encargado de estabilizar la temperatura interna del cuerpo entre los 36°C y los 38°C, siempre que hayamos diseñado los PP.TT. de forma que el individuo pueda responder fisiológicamente a los criterios de referencia.

La temperatura interna de las personas, como vimos en el capítulo 5, en condiciones críticas de estrés calórico no debiera incrementarse por motivos del trabajo más de 1°C, aunque hay especialistas que sitúan este límite en 1,8 °C. En actividades laborales la temperatura interna puede incrementarse debido sobre todo a un elevado gasto energético del trabajo y/o al microclima laboral.

Para controlar estas variaciones, el organismo dispone de un eficiente centro termorregulador en el hipotálamo el cual, cuando las condiciones son de calor, ordena el incremento de la circulación sanguínea en los vasos capilares de la piel, y si esto no es suficiente para impedir que la temperatura corporal continúe ascendiendo, ordena la sudoración.

Mientras que, ante un ambiente frío, cuando la temperatura corporal puede descender, ordena la disminución del flujo sanguíneo en los capilares de la piel, y si esto no es suficiente provoca el incremento de la actividad metabólica mediante los temblores.

Los factores que definen el ambiente térmico son:

1. La temperatura del aire (o seca),  $t_a$  ( $t_s$ ) (°C)
2. El contenido de vapor de agua en la atmósfera, que puede expresarse como humedad relativa, HR (%), o como presión parcial del vapor de agua, ( $p_a$ ) hPa.
3. La temperatura radiante media, TRM (°C).
4. La velocidad del aire,  $V_a$  (m/s).

Además, influyen decisivamente el tipo de vestido y las actividades que se realizan.

Estos factores del ambiente térmico pueden afectar a las personas de forma diversa, ya que dependen de otras variables individuales, además del sexo y la edad. Generalmente, son tres los indicadores fisiológicos para evaluar la tensión térmica: el ritmo cardíaco, la temperatura interna, y la pérdida de peso por sudoración.

Pero debemos considerar que una persona aclimatada al calor soportará mejor la sobrecarga térmica que una que no lo está, e incluso, lo que para uno puede resultar tensión térmica, podría no serlo para otro, o al menos sólo una tensión térmica ligera.

Como las combinaciones posibles entre los cuatro factores de microclima laboral ( $t_s$ , TRM, humedad,  $V_a$ ) pueden provocar multitud de resultados, los especialistas siempre han procurado encontrar un índice térmico que resuma en un sólo valor la situación microclimática de un área de actividad.

Una explicación amplia de los cálculos y métodos de valoración se pueden encontrar en el libro de esta colección *Ergonomía 2: confort y estrés térmico* donde aparecen desarrollados los siguientes

índices, y la forma de calcularlos: índice de sobrecarga calorífica (ISC), Wet Bulb Globe (WBGT), índice de valoración media de fanger (IVM), índice de sudoración requerida (SWreq.).

Las medidas preventivas, jerarquizadas, más usuales se centran en tres aspectos:

1. Controlar las fuentes de calor en su origen ya sea apantallándolas, aislándolas o generando las medidas preventivas adecuadas.
2. Actuar sobre el ambiente aplicando ventilación natural o artificial, humedeciendo o secando el aire,...
3. Y por último, actuaciones sobre el individuo rotándolo, gestionando la ingesta de líquidos, protegiéndolo con vestidos adecuados...

En la tabla de la figura 8.2 ofrecemos una muestra de algunas actividades laborales con ambiente térmico extremo, y algunos de los efectos y tipos de exploraciones médicas habituales en estos casos.

<p>Exposición: Trabajadores de hornos, panaderías, cocinas, cámaras frigoríficas, trabajos a la intemperie (pescadores)...</p> <p>Efectos: Eritemas, sabañones, astenia, calambres, parestesias, morbilidad por enfermedades cardiovasculares, anomalías vasculares...</p> <p>Exploraciones: temperaturas, hemograma, ionograma, EGG, estudios equilibrio ácido-base.</p>
---

*Fig. 8.2 Exposición, efectos y exploraciones ante el ambiente térmico*

### 8.3 Ambiente acústico y vibraciones

El ámbito de acción del ruido es el mismo que el de la persona y ataca a ésta en cualquier sitio: en las fábricas, el hogar, el centro de estudios, los lugares de esparcimiento y descanso, y la calle. Esto significa que cuando un trabajador que desarrolla su actividad en un ambiente ruidoso termina su jornada, no cesa con ello su exposición al ruido, sino que simplemente cambia de un ambiente ruidoso a otro que también puede serlo, aunque ocupe su tiempo en el descanso o recreación.

A pesar de todo, en los estudios sobre ruido que se efectúan en las empresas se pasa por alto esto que debería de ser tan obvio y habitualmente se calcula el nivel sonoro equivalente diario (LAeq,d) teniendo en cuenta sólo el ruido que incide sobre el individuo durante su permanencia en el trabajo.

Tanto el ruido como las vibraciones son los agentes físicos agresores más generalizados en las empresas y ciudades, y sus consecuencias son frecuentemente despreciadas. El ruido puede alterar de forma temporal o permanente la audición en el hombre; provocar errores, daños a las actividades económicas por acciones incorrectas debido a la recepción defectuosa de órdenes, instrucciones e informaciones; potenciar el estrés; producir alteraciones en el sistema nervioso, elevación de los umbrales sensoriales de la persona, constricción de los vasos sanguíneos, úlceras duodenales, problemas cardiovasculares, disminución de la actividad cerebral y, en general, disminución de las defensas del organismo frente a diversas enfermedades.

De acuerdo con las normativas (R.D. 1316/1989), 8 horas de exposición a un nivel sonoro de 85 dB(A) es el límite permisible, hasta el cual se considera que no existe daño para la salud. Sin embargo, está demostrado que, a pesar de que al parecer no existen perjuicios a la salud hasta ese nivel de 85 dB(A), sí existen molestias psicológicas que provocan la disminución de la atención, de la concentración y del interés y, en consecuencia, el incremento de decisiones erróneas, y la pérdida de la calidad en las actividades y de la satisfacción personal. El daño que puede provocar depende del nivel sonoro y de la frecuencia sonora, y de múltiples circunstancias propias de las actividades que deben ser realizadas, como son: los objetivos de la actividad, la exigencia de concentración y atención, la responsabilidad, la importancia de la actividad, etc; y de circunstancias subjetivas dependientes de las características personales, como son: el sexo, la edad, la motivación, el carácter y el temperamento, la salud, etcétera.

Las medidas preventivas que debemos tomar frente al ruido al diseñar PP.TT. pasan por el análisis de, por ejemplo, las diferentes situaciones que se pueden producir por efecto de la reverberación y el enmascaramiento, con programas de modelación, y según los resultados prever situaciones y recomendar la sustitución de materiales, cortinas y paneles, etc. Existen unas consideraciones sobre estos factores que debemos aplicar en todos los proyectos, y que podemos resumir en:

1. Eliminar la fuente de ruido, ya sea sustituyéndola por otro tipo de maquinaria, o por enclaustramiento, o por cualquier método que rebaje el nivel acústico en el origen.
2. Recubrimiento de superficies para evitar la propagación del sonido por reverberación, colocando materiales absorbentes en techos, paredes y suelos.
3. Protecciones personales, utilización de elementos de protección individual (tapones, orejeras, cascos y cabinas).
4. Regímenes de trabajo y descanso.

Otro factor crítico en algunos PP.TT. son las vibraciones. Los motores, máquinas, equipos de aire acondicionado, ventiladores, ordenadores, etcétera, provocan vibraciones y éstas pueden, y así sucede con mucha frecuencia, transmitirse hasta superficies que están en contacto con el operador. En ocasiones ocurre que la transmisión se efectúa a gran distancia de la fuente (20 metros y hasta más), debido a suelos metálicos y a algunos tipos de estructuras que facilitan la transmisión. Es común que las vibraciones alcancen a los trabajadores por las plantas de los pies, por los glúteos a través del asiento, y por los brazos cuando están en contacto con los planos de trabajo.

Las oscilaciones mecánicas propagadas a través de superficies que están en contacto con las personas, pueden llegar a provocar diferentes dolencias o al menos malestares e incomodidad. Las vibraciones de baja frecuencia (2 Hz) producen problemas tales como mareos; las producidas por carretillas, tractores, etc., de (2-20 Hz), incrementan los tiempos de reacción, y afectan al oído interno; y las de alta frecuencia (20-1000 Hz) generadas por máquinas neumáticas y rotativas tales como martillos, motosierras, remachadoras... producen problemas articulares y vasomotores en las extremidades.

El daño se agrava cuando la frecuencia de dichas vibraciones coincide o es cercana a las frecuencias naturales de las diferentes partes del cuerpo (ojos, corazón, riñones, articulaciones, etcétera), situación en que se puede desarrollar el fenómeno denominado resonancia, es decir, la parte del cuerpo afectada comenzará a vibrar incrementado la amplitud de sus oscilaciones peligrosamente. Ante tales situaciones es posible, a veces de una forma relativamente fácil, tomar medidas para evitar dichas transmisiones, interponiendo materiales que absorban las oscilaciones e interrumpiendo así su propagación antes de alcanzar a las personas.

Las medidas preventivas contra las vibraciones en la fase de concepción pasan por: modificaciones del proceso evitando que las herramientas transmitan las vibraciones mediante la planificación del mantenimiento preventivo con el control de los estados de los ejes, cojinetes, engranajes...; desincronizar las vibraciones para evitar frecuencias de resonancia; interposición de materiales aislantes que atenuen la transmisión; etc. Con la tabla de la figura 8.3 se muestran algunas de las causas de las vibraciones, sus efectos y exploraciones médicas habituales.

**Exposición:**

Trabajadores que utilizan taladradoras, remachadoras, martillos neumáticos, conductores, prensas, textiles, mineros, mecánicos, carpinteros...

**Efectos:**

Lesiones auditivas y osteoarticulares, hipoacusia, angioneurosis de los dedos, afectaciones de los nervios cubital, radial y medio, irritabilidad, falta de concentración, cefaleas persistentes, sensación de cansancio excesivo, alteraciones digestivas, sordera profesional...

**Exploraciones:**

Audiometrías, radiografías, ecografías, inducción de la crisis de Raynaud con agua fría, microscopia capilar, medición de la velocidad de conducción de los nervios afectados...

*Fig. 8.3 Exposición, efectos y exploraciones ante el ambiente ruidoso*

## 8.4 Ambiente lumínico

La capacidad de nuestros ojos de adaptarse a condiciones deficientes de iluminación nos ha llevado a restar importancia a esta variable; sin embargo, más del 80% de la información que reciben las personas es visual, por lo que aquí radica la enorme importancia de la iluminación. La vista dispone de dos mecanismos básicos denominados acomodación y adaptación; mientras que la acomodación permite enfocar la vista en un punto específico según la distancia, de acuerdo con el interés y la necesidad del operario, la adaptación hace posible ajustar la sensibilidad de la vista al nivel de iluminación existente.

El punto débil de la visión aparece cuando se hace necesario observar pequeños detalles muy cercanos con un nivel de iluminación bajo; en estas circunstancias se incrementan los errores, y surgen la fatiga visual y la fatiga mental, por lo que es explicable que para tareas visuales con esas características se busquen soluciones tales como incrementar el nivel de iluminación y/o el tamaño de los detalles.

El conjunto de factores que determina las relaciones entre la iluminación y la visión son: el ángulo visual, la agudeza visual, el brillo o luminancia, el contraste, la distribución del brillo en el campo visual, el deslumbramiento, la difusión de la luz, el color, y el tiempo.

El ángulo visual también se puede denominar tamaño de la imagen que se forma en la retina. El concepto nos da la medida del tamaño del objeto y de la distancia que nos separa de él.

La agudeza visual está determinada por la visión del detalle más pequeño que es capaz de distinguir correctamente el ojo; depende en cada persona del nivel de iluminación y del contraste entre el objeto y su fondo, y disminuye con las fatigas física y mental. La agudeza visual comienza a decrecer permanentemente a edades tempranas.

El brillo o luminancia es la intensidad luminosa de una fuente emisora o de una superficie reflectora en una dirección determinada.

El contraste es la relación entre el brillo de un objeto y el brillo de su fondo. De él depende que un objeto destaque o se enmascare.

La distribución del brillo en el campo visual del sujeto debe ser lo más homogénea posible, pues el ojo debe adaptarse según la intensidad luminosa y si esta adaptación es muy frecuente provoca daños en la percepción visual y fatiga. La homogeneidad del brillo prácticamente es imposible de lograr. Por lo tanto, considerando tres zonas en el campo visual (centro de la tarea, alrededores inmediatos y alrededores mediatos), las diferencias entre los brillos de las tres zonas no debe ser superior a la relación 10:3:1, o a la inversa: 1:3:10.

El deslumbramiento: cuando el brillo es excesivo, bien sea la luz que emite una fuente luminosa o que refleja una pared blanca, metal, plástico o cristal, el ojo no puede controlar mediante sus mecanismos

de adaptación el exceso de luz que penetra en él y se produce el deslumbramiento, que puede ser de dos tipos: el molesto, que reduce la agudeza visual y que con el tiempo produce afectaciones mayores, como cuando trabajamos en un escritorio con un plano de trabajo muy blanco; y el perturbador, que produce una rápida y violenta disminución de la visión, como el producido por los faros de un coche, o el reflejo especular de una fuente luminosa en una superficie muy pulida. El deslumbramiento puede producir desde simples molestias fisiológicas, dolores de cabeza, errores de percepción, daños irreversibles en la vista, ceguera total, hasta accidentes mortales.

**Difusión de la luz:** cuando la luz proviene de varias direcciones como cuando el sol se oculta tras las nubes la iluminación es suave y muy difusa y no produce sombras fuertes. Podemos lograr artificialmente el mismo efecto, con un alumbrado de muchas luminarias fluorescentes ocupando todo el techo del local, o mediante iluminación indirecta: la iluminación es difusa. En general es recomendable para trabajar una iluminación difusa, sin llegar a la difusión total sin sombras, ya que resultaría muy plana y aburrida; además hay actividades en que las sombras son indispensables y se debe utilizar la iluminación rutilante, como en el caso del control visual de la calidad de telas, piezas de plástico o metal donde se buscan imperfecciones. Porque precisamente son las sombras las que delatan los fallos buscados. Esta iluminación se obtiene con sistemas de alumbrado donde la luz provenga de una determinada dirección con lámparas potentes y puntuales.

El color es cómo visualizamos la longitud o longitudes de onda de la luz que emite o refleja un cuerpo. La luz blanca posee todas las longitudes de onda entre los 380 nm y los 780 nm. La luz negra no existe como luz, pero pudiera pensarse en las fronteras del espectro visible (las radiaciones ultravioletas e infrarrojas, porque no se ven). Una superficie es roja porque sólo refleja la luz de ese color que incide sobre ella y absorbe el resto de las longitudes de onda, y si es iluminada con luz verde la absorbe toda y no refleja nada, por lo que se verá negra. Es muy notable la función de los colores en la vida del ser humano, por lo que su uso debe ser inteligente. Cuando la iluminación es artificial, generalmente se recomienda la luz blanca lo más parecida posible a la luz día (más exactamente del mediodía); de esta forma, además de ser la más saludable, los objetos se verán con sus colores verdaderos. Pero en ocasiones se utilizan fuentes de luz cuyos espectros distan mucho de la luz blanca; éste es el caso del alumbrado público con luces de vapor de sodio, cuyo espectro es naranja, pero que resulta más barato y al parecer no presenta molestias ni peligros para la circulación.

El tiempo que tarda en ser visualizado un objeto depende de todos los aspectos tratados, de la propia persona (edad, fatiga, estado emocional, grado de concentración, etcétera), y naturalmente, del tiempo que dicho objeto permanezca en nuestro campo visual. Si pasa muy rápido (una bala) no lo vemos, porque su velocidad es mayor que la de nuestro proceso visual.

La reflectancia -factor de reflexión- de las superficies situadas dentro del campo visual habitual del hombre, generalmente plantea los siguientes valores: para los techos alrededor del 80%; para las paredes un 60%; para mesas, superficies de trabajo, etc., el 35% como valor central del intervalo 26%-44%; y para máquinas y equipos, entre 25-30%.

El tipo de iluminación más adecuado es la luz natural, pero no podemos estar pendientes de trabajar sólo en presencia de ella; además en el área de trabajo la intensidad de la luz natural dependerá de la estación, la hora, la nubosidad...

### 8.4.1 Recomendaciones visión-iluminación-color

1. Una excesiva variedad y cantidad de colores llamativos en el puesto de trabajo, provoca la dispersión de la atención ante la exagerada cantidad de focos de interés, y consecuentemente se pierde la capacidad de captar la atención del trabajador. Por otra parte, una homogeneidad total convierten los PP.TT. en lugares monótonos y aburridos, carentes de la mínima estimulación.

Es recomendable la realización de diseños con un apropiado balance de superficies y colores que realmente llamen la atención sobre los puntos de interés.

2. Las superficies altamente reflectoras en los puestos de trabajo pueden hacer incidir sobre la vista del operario reflexiones indeseables procedentes tanto del sistema de alumbrado del local como del exterior del mismo. Estas reflexiones, además de provocar molestias visuales generalmente muy fuertes (deslumbramiento agudo), y en otros casos más débiles pero que también afectan la vista (deslumbramiento crónico), dificultan la visión de DIV's, objetos en proceso y herramientas.

Se recomienda utilizar para las superficies de los puestos de trabajo materiales, tonos y colores, con un brillo aceptable y jamás especular. En este último caso, si es necesario incluir en el puesto espejos, láminas de vidrio, plástico o metal, altamente reflectantes, deben situarse de manera que nunca los reflejos se dirijan hacia los ojos de los operadores.

En la tabla de la figura 8.4 se relacionan algunos puestos de trabajo donde la tarea visual resulta de especial interés, así como las consecuencias de un mal diseño.

<p>Exposición: Trabajadores de control de calidad visual, oficinas, textil, laboratorios, trabajos nocturnos e intemperie...</p> <p>Efectos: Conjuntivitis, vista cansada, pesadez de cabeza, falta o exceso de lágrima, dolor a la presión de los globos oculares, inyección y lagrimeo conjuntival, pesadez de los párpados, diplopia, visión borrosa, alteraciones cromáticas del campo visual,...</p> <p>Exploraciones: oftalmológicas en función del tipo de alteración, tarea e iluminación</p>
---

Fig. 8.4 Exposición, efectos y exploraciones ante el ambiente visual

## 8.5 Radiaciones

Existen puestos de trabajo en los que son necesarios equipos, instrumentos o procesos emisores de distintos tipos de radiaciones electromagnéticas. El daño que pudieran provocar dichas radiaciones depende de su frecuencia y energía. A los efectos podemos clasificar estas radiaciones dividiendo el espectro electromagnético en dos partes: radiaciones no ionizantes y radiaciones ionizantes (radiactivas).

Situado en orden creciente de energías y de frecuencias (y decreciente de longitudes de onda) el espectro electromagnético es el siguiente:

Radio y T.V. - microondas - radar - infrarrojos - luz - ultravioletas - rayos X -  $\gamma$  -  $\alpha$  -  $\beta$ .

Desde las ondas de radio hasta los rayos UV, son radiaciones no ionizantes, mientras que a partir de los R-X ya son ionizantes (radiactivas). Comencemos, pues, por las primeras.

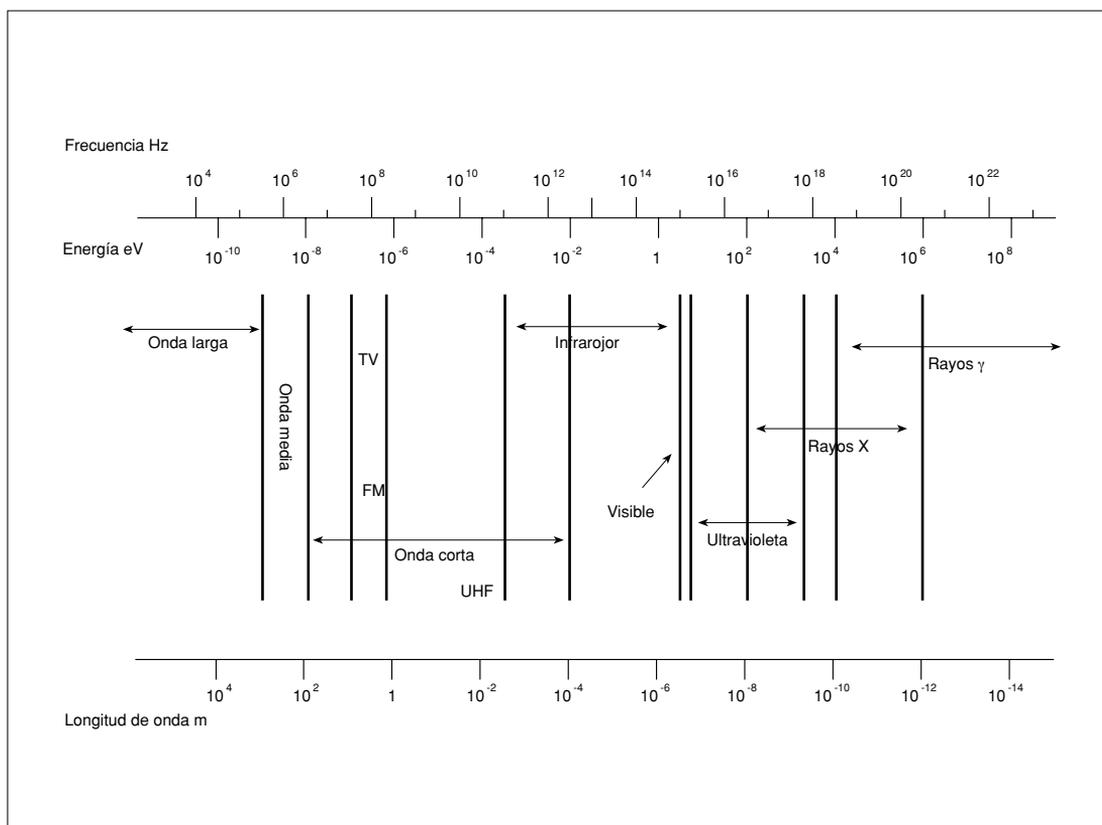


Fig. 8.5 Espectro de radiación electromagnética

### 8.5.1 Radiaciones no ionizantes

Las ondas de radio y televisión ( $\lambda \geq 0,1$  m) no provocan lesiones biológicas.

Las microondas y el radar ( $0,1 \geq \lambda \geq 0,001$  m) ejercen una acción térmica que puede provocar determinados daños por quemaduras y cataratas en la córnea de los ojos, en la vejiga y en el sistema tractogastrointestinal. Este daño depende de la longitud de onda, de la energía, del tejido del cuerpo y del tiempo de las exposiciones y reiteración de las mismas. Las personas más expuestas son las tripulaciones de aviones, operadores y técnicos de rayos máser, de hornos de radiofrecuencia, de microondas y de radar, esterilizadores de alimentos y drogas y lanzadores de proyectiles. Las medidas de protección son: gafas protectoras con película de oro y protección lateral de malla metálica y, para situaciones más extremas, ropa metalizada o malla de *nylon* y metal.

Los rayos infrarrojos (IR) ( $10^{-5} \leq \lambda \leq 10^{-2}$  m), sólo afectan la piel, pues son poco penetrantes. Son posibles las lesiones en la córnea, y conjuntivitis y calambres (enfermedad de Edsall). Los trabajadores más expuestos son los obreros que trabajan en altos hornos y en procesos donde la radiación de calor es importante. Las medidas a aplicar son el apantallamiento, el alejamiento de las fuentes radiantes y la ropa reflectante.

La luz ( $400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 750 \text{ nm}$ ), obviando las afectaciones visuales que puede provocar un sistema de alumbrado cuantitativa o cualitativamente deficiente, ya sea natural o artificial, puede provocar daños cuando es portadora de calor (no de infrarrojos). La luz sólo es portadora de calor cuando la fuente emisora está a una temperatura cercana a los 6.000 °C, que es el caso del sol. En tal caso puede provocar quemaduras, ceguera y hasta la muerte por insolación. Las personas más expuestas son los campesinos, marinos y pescadores, y las medidas a adoptar son el apantallamiento, ropas apropiadas y exposición limitada, sobre todo durante el mediodía.

Los rayos ultravioletas (UV) ( $10^{-8} \text{ m} \leq \lambda \leq 10^{-6} \text{ m}$ ) son producidos por el sol, lámparas germicidas, aparatos médicos, equipos de soldadura, lámparas de tostar la piel. Son altamente peligrosos; provocan graves lesiones en la piel, incluso hasta cáncer, y en los ojos. Las personas más expuestas, entre otras, son: marinos, campesinos, soldadores de oxiacetileno y electricidad, operadores de hornos eléctricos, fundidores de metal, sopladores de vidrio, etc. Las medidas de protección son: control de los tiempos de exposición, en el caso del sol según la hora del día, lociones para la piel, cremas absorbentes de UV y gafas oscuras.

Los rayos Máser y Láser, siglas cuyos respectivos significados son: Amplificación de Microondas por Emisión Estimulada de Radiación y Amplificación de la Luz por Emisión Estimulada de Radiación, pueden ser de muy diferentes frecuencias, aunque no mezcladas, y su singular característica está en la coherencia de sus energías. Pueden provocar quemaduras sobre la retina y en cualquier tejido del cuerpo humano. Este daño depende de la intensidad y frecuencia de la emisión (a mayor frecuencia mayor efecto), del grado de incidencia del haz y del tiempo de exposición. Las medidas de protección son: impedir la incidencia de los haces peligrosos sobre las personas, blindar las partes de alto voltaje de las máquinas, pantallas para los ojos (pantallas que deben comprobarse periódicamente pues

modifican sus características) y examinar al personal que trabaja con dichas emisiones o que puedan estar expuestas por cualquier motivo a las mismas.

### 8.5.2 Radiaciones ionizantes (radiactividad)

Para prevenir las radiaciones ionizantes debemos ajustarnos al reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (Real Decreto 2519/1982, BOE nº 241) y a la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo, artículo 140, que limitan el tiempo de exposición y dosis en función del sexo, edad y estado de gestación.

Las radiaciones ionizantes siempre provocan lesiones por ionización de las células del cuerpo, pudiendo llegar a provocar la muerte. Por tal importante motivo su uso siempre debe estar severamente justificado, controlado y restringido a casos donde sean absolutamente imprescindibles y en la cantidades imprescindibles. Generalmente son utilizadas en centros de investigación científica, equipos, máquinas e instrumentos que utilizan energía nuclear, equipos de R-X (hospitales, aparatos de televisión, pantallas de ordenadores, etcétera) y de alto voltaje eléctrico, etcétera.

Los Rayos-X, y las partículas alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), gamma ( $\gamma$ ), neutrones, protones, núcleos pesados, etcétera, todos pueden poseer distintas energías y el daño que producen depende de la dosis absorbida, la velocidad de radiación, el área del cuerpo expuesta, la sensibilidad de los tejidos y células, y determinadas características individuales de las personas. Los síntomas y efectos que pueden aparecer son: náuseas, vómitos, pérdida de peso, hemorragias, cataratas, alteración del cuadro sanguíneo, afectaciones en la fertilidad, carcinogenesis, acortamiento de la vida, mutilaciones genéticas y muerte. Las medidas contra estas radiaciones son por orden de mejor a menos mala: no exponerse jamás, alejarse lo más posible, blindajes de vidrio o plástico para radiaciones de baja energía, hasta muros de plomo, hormigón y ladrillos, de buen espesor y bien calculado, para las altas energías.

Exposición: Trabajadores de centrales nucleares, laboratorios de investigación, hospitales, militares, radiólogos, personas que usan isótopos radioactivos...
Efectos: Leucemia, cataratas, neoplasia, esterilidad, caída del cabello...
Exploraciones: Revisiones periódicas con protocolos, análisis de sangre...

Fig. 8.6 Exposición, efectos y exploraciones ante radiaciones

## 8.6 Contaminantes químicos y biológicos

Los contaminantes químicos son sustancias constituidas por materias inertes presentes en el aire, ya sea mediante un grupo de moléculas aerosoles o nieblas, o en forma de moléculas individuales gases o vapores; los contaminantes biológicos son organismos vivos virus, bacterias, protozoos, hongos,... que al introducirse en el cuerpo de las personas provocan la aparición de enfermedades de tipo infeccioso o parasitario. A la hora de diseñar PP.TT. debemos analizar los posibles riesgos y mitigarlos en la fase de proyecto. O sea, un contaminante es un producto, una energía o un microorganismo presente en el medio que puede afectar la salud de las personas.

A nivel internacional existen diferentes metodologías e índices de prevención y referencia. Uno de los más utilizados son los Threshold Limit Values (TLV-TWA, TLV-STEL y TLV-C) que son los niveles techos que las personas pueden soportar en su puesto de trabajo sin que por ello sufran efectos nocivos para su salud, y a pesar de no ser normativos son de gran utilidad y prestigio. En el terreno de los contaminantes biológicos el Biological Exposure Indices (BEI) muestra los valores de referencia para la evaluación de riesgos potenciales para la salud. Los dos índices han sido establecidos por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

Algunos contaminantes químicos se distribuyen en el organismo a través de la sangre afectando a aquellos órganos que ofrecen menos defensa, las diferentes vías de entrada de contaminantes químicos son: vía respiratoria (es la principal ya que con el aire que respiramos pueden penetrar en nuestro organismo polvos, humos, aerosoles, gases, etc.), vía digestiva (a través de la boca, estómago, intestinos), vía dérmica (por la superficie de piel expuesta a la penetración de contaminantes), vía parental (mediante la penetración del contaminante por heridas, llagas, etc.).

CONTAMINANTES QUÍMICOS			
MATERIA			
FORMA MOLECULAR	GASES	- NO HAY EVAPORACIÓN	
	VAPORES	- HAY EVAPORACIÓN	
FORMA AGREGADOS MOLECULARES	AEROSOLES	LÍQUIDOS-NIEBLAS	
		SÓLIDOS	FIBRAS ( $\varnothing \leq 1/3 L$ )
		PARTÍCULAS	POLVO ( $> 1 \mu$ , Generación mecánica)
			HUMOS ( $< 1$ ó $0,1 \mu$ Generación térmica)
		COMBUSTIÓN (Combustión incompleta)	
		SOLDADURA (Humos metálicos)	

Las repercusiones tóxicas de los contaminantes químicos en el organismo humano producen múltiples efectos: corrosivos mediante la destrucción del tejido, y la irritación de piel y mucosas; asfixiantes

por un desplazamiento del oxígeno del aire; cancerígenos, mutágenos y teratógenos, produciendo cáncer, modificaciones hereditarias o malformaciones en la descendencia; neumoconióticos, por alteraciones pulmonares por partículas sólidas; anestésicos y narcóticos, generando depresión del sistema nervioso central; sensibilizantes, por efectos alérgicos del contaminante ante la presencia de tóxicos; tóxicos sistémicos, por alteraciones de órganos o sistemas específicos.

<p><b>Exposición:</b>  Personal hospitalario, jardineros, agricultores, trabajadores de la cerámica y el vidrio, laboratorios de investigación en microbiología, joyeros, veterinarios, curtidores de piel, lecheros...</p> <p><b>Efectos:</b>  En función del contaminante: amianto y asbesto, benceno, arsénico, plomo, mercurio, sílice, brucelosis, fibre Q....</p> <p><b>Exploraciones:</b>  En función de los riesgos del PP.TT.</p>
--

*Fig. 8.7 Exposición, efectos y exploraciones ante contaminantes químicos y biológicos*

Las medidas preventivas, una vez más, pasan por una actuación sobre el foco de contaminación para impedir la emisión; una actuación sobre el medio de difusión para evitar la propagación y por una actuación sobre la persona para evitar los efectos, sin por ello olvidar que si utilizamos este último escalón jerárquico nunca solucionaremos el problema, ya que no evitamos la presencia del contaminante en el ambiente de trabajo.

Si no podemos intervenir en el proceso y nos vemos obligados a diseñar el PP.TT. de tal forma que debamos proteger al operario, hay que recordar que debemos concebir el sistema de protección adecuado para el contaminante que tenemos; proteger las vías de entrada, hacer que sea confortable, que se utilice adecuadamente, que sea de fácil mantenimiento, homologado, y que cada operario disponga del suyo; además debemos recordar que existen limitaciones en el uso de algunos protectores debido a enfermedades tales como epilepsia, diabetes, asma, ...

<p><b>RELACIONES EXPOSICIÓN (DOSIS) / EFECTO</b></p> <p>AGUDOS Y CRÓNICOS  REVERSIBLES E IRREVERSIBLES  ESTOCÁSTICOS (CUANTALES) Y NO ESTOCÁSTICOS (GRADUALES)  INDEPENDIENTES, SINÉRGICOS Y ANTAGÓNICOS  LOCALES (TÓPICOS) SISTÉMICOS Y GENERALES  ACUMULATIVOS, NO ACUMULATIVOS Y PARCIALMENTE ACUMULATIVOS</p>
---

CATEGORÍAS DE PELIGRO PARA SUSTANCIAS Y PREPARADOS PELIGROSOS					
	Categoría	Definiciones	Símbolo	Indicación de peligro	Pictograma
Propiedades toxicológicas	Muy tóxico	Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en muy pequeña cantidad puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.	T+	Muy tóxico	
	Tóxico	Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.	T	Tóxico	
	Nocivos	Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.	Xn	Nocivo	
	Corrosivos	Las sustancias y preparados que, en contacto con tejidos vivos puedan ejercer una acción destructiva de los mismos.	C	Corrosivo	
	Irritantes	Las sustancias y preparados no corrosivos que, en contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas puedan provocar una reacción inflamatoria.	Xi	Irritante	
	Sensibilizantes por inhalación por contacto cutáneo	Las sustancias y preparados que, por inhalación, o penetración cutánea, puedan ocasionar una reacción de hipersensibilidad, de forma que una exposición posterior a esa sustancia o preparado dé lugar a efectos negativos característicos.	Xn Xi	Nocivo Irritante	 
Efectos específicos sobre la salud humana	Cancerígenos Categorías 1 y 2 Categoría 3	Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia.	T Xn	Tóxico Nocivo	 
	Mutagénicos Categoría 1 y 2 Categoría 3	Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir alteraciones genéticas hereditarias o aumentar su frecuencia.	T Xn	Tóxico Nocivo	 
	Tóxicos para la reproducción Categoría 1 y 2 Categoría 3	Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia, o aumentar la frecuencia de éstos, o afectar de forma negativa a la función o a la capacidad reproductora.	T Xn	Tóxico Nocivo	 

Fig. 8.8 Categorías de peligro

## 8.7 La organización del trabajo

Por muy adaptado a la persona que esté un PP.TT., el operario siempre deberá realizar unas tareas en un tiempo determinado, con una cadencia, con un grado de precisión, etc... y entrará en relación con otros compañeros, con la cadena jerárquica, con los requerimientos de la producción..., o sea, con los factores implicados en toda organización del trabajo. Para que el trabajo sea valorado satisfactoriamente por las personas implicadas en él, debe tener un sentido, y lógicamente debe exigir algo más que el aporte de una carga de energía física; de ahí que al proyectar PP.TT. intentemos que éstos sean enriquecedores, creativos y potencien la iniciativa de los trabajadores.

Luego considerar las diferencias individuales al diseñar un área productiva se muestra aquí como uno de los problemas angulares a solucionar, ya que la variabilidad interindividual es muy amplia, e incluso los cambios de una misma persona a lo largo de la jornada laboral puede tener valores muy distantes, y además no es normal que tengamos perfilados perfectamente a los operarios, ya que éstos cambia.

De todas formas, un primer factor que se debe analizar en el diseño de la organización del trabajo es la posibilidad de comunicación: ya que el ser humano es esencialmente social, debemos dotar al puesto de trabajo de conexiones para la intercomunicación, y si bien es verdad que el ruido a veces limita esta variable, no lo es menos que puede haber otros factores totalmente diferentes en el proyecto que restrinjan la capacidad de relación como una tarea que requiera elevados niveles de concentración y atención, un trabajo que se realice en solitario, unos planos de trabajo en columna, etcétera.

Como medidas de diseño debemos pensar en el nivel de ruido ambiental y su espectro de frecuencias, la distancia física a que colocaremos a los operarios y la posibilidad de establecer contacto visual y conversación, el grado de concentración y atención que requerirá la tarea, la posibilidad de establecer relación durante las pausas de trabajo, los canales de comunicación ascendentes, paralelos y descendentes dentro de la organización, la facilidad para establecer consultas y sugerencias...

La automatización que ha tenido lugar con los avances tecnológicos han generado procesos de trabajo muy pautados y gobernados y autoregulados por la propia máquina, cosa que ha generado situaciones laborales en las que la persona se ha convertido en una parte más del proceso, y en muchas ocasiones, no la más importante. Sin lugar a dudas esta situación ha generado innumerables ventajas en cuanto a calidad y cantidad, pero debemos procurar que en nuestros proyectos de puestos de trabajo la persona no pierda el control de su trabajo, no trabaje en solitario, que la tarea no pierda significado y que el operario pueda implementar su habilidad y pericia. En suma, debemos dotar a la tarea de elementos enriquecedores y creativos que alejen los estados de monotonía y aburrimiento propios de los sistemas hiperautomatizados.

Otra variable típica es la participación, una de las ventajas competitivas de las organizaciones actuales es el grado de flexibilidad y adaptación. Para ello necesitamos de la participación activa de todos los operarios ya que este elemento es un indicador de éxito de la organización, y un facilitador del desarrollo personal. Por lo tanto, los PP.TT. deben aceptar y promover la participación de los operarios en el control de su tarea, y en el aporte de mejoras continuas que ayuden al éxito de la empresa.

Otros parámetros que se deberán controlar irán desde el estilo de mando previsto, (diseñaremos aquel que cohesione mejor al grupo); a aumentar la iniciativa, entendida ésta como la posibilidad real que tiene el operario para organizar su trabajo; a la identificación con la tarea o imagen que el trabajador posee de la importancia de lo que hace dentro del contexto global de la organización; pasando por un análisis del status social requerido por el PP.TT. según el prestigio que la tarea realizada tiene para los demás; hasta la propia estabilidad en el empleo que debemos intentar prever con una fidedigna información para el operario, que le permita adaptarse a los cambios con tiempo suficiente.

De forma sintética podíamos resumir parte de las medidas preventivas básicas en:

1. Diseñar procesos en los que el operario sea su propio controlador de calidad y dotarlo de elementos que le permitan intervenir en caso de error o incidente.
2. Flexibilizar las operaciones para que el trabajador pueda modificar el orden de las operaciones.
3. Enriquecer el trabajo mediante ciclos que posibiliten a los operarios realizar diferentes cometidos con diferentes operaciones.
4. Generar sistemas de rotación que rebajen el aburrimiento y la monotonía.
5. Facilitar que el operario pueda marcarse sus tiempos de autonomía sin mermar la producción.
6. Favorecer el trabajo en pequeños equipos con objetivos propios.
7. Recuperar para el sistema el potencial de conocimientos y el grado de preparación de los operarios...

### 8.7.1 Horarios de trabajo

Nuestros ritmos biológicos son producto de una larga y compleja evolución. Gracias a la tensión a que la han sometido la Naturaleza y la sociedad, la persona ha evolucionado, de lo que no cabe la menor duda, pues existe una enorme diferencia fisiológica y psicológica entre una persona del medioevo y su actual homólogo, al margen de casos típicos.

Sin embargo, para una parte de la población mundial –no para toda–, estos cambios han ido sufriendo una aceleración debido a una sobrecarga de cambios tecnológicos, que está provocando un sobre esfuerzo biológico con tensiones mayores por su naturaleza que las acostumbradas.

El trabajo, sus métodos y formas, se han ido "organizando" de una forma más acelerada a partir de la revolución industrial. Hasta hace relativamente poco tiempo (comparándolo con la edad del *homo sapiens* sobre la tierra), el hombre trabajaba sin la presión de un horario establecido, horario que surgió, fundamentalmente, con la revolución industrial y la aparición de la clase obrera, la cual se nutrió fundamentalmente de campesinos y artesanos. Ya esto representó la generación de importantes tensiones psicológicas muy claras de ver si comparamos, aún hoy en día, a un campesino o a un artesano con un obrero, en su manera de pensar y reaccionar.

El establecimiento de horarios de trabajo, representó forzosamente un gran cambio en un tiempo muy breve para los ritmos biológicos del ser humano, pues campesinos y artesanos, aunque trabajaban, lo hacían con mayor espontaneidad (dentro de determinados límites) a la hora de escoger la forma, el momento y la duración de sus actividades; esta espontaneidad, quedó severamente restringida por la organización industrial marcada por los ritmos impuestos por el reloj despertador, la sirena de la fábrica, la cadencia de la máquina, la producción en cadena, los ciclos, etcétera.

Sin embargo, pronto toda la sociedad fue adaptando su ritmo de trabajo –y naturalmente de vida– al de la producción, pasando a ser éste, el marcapasos de la época. Ya desde sus tiempos iniciales, esto representó un reto para las personas: se necesitaba más resistencia física y psíquica, disciplina y fuerza de voluntad, que significara una mayor capacidad adaptativa para enfrentar largas jornadas de trabajo que generalmente comenzaban con la salida del sol y terminaban con su puesta. No pocos

sucumbieron ante el cambio; devorados por las enfermedades, provocadas por el trabajo excesivo o mal concebido, por las sustancias nocivas utilizadas, por el ambiente perjudicial, por los accidentes del trabajo causados por los medios de producción que, generalmente, estaban diseñados sin tener en cuenta a la persona que debía operarlos, por actos inseguros derivados de la fatiga física y mental, o por las luchas sociales que se desencadenaron como consecuencia de todo lo anterior.

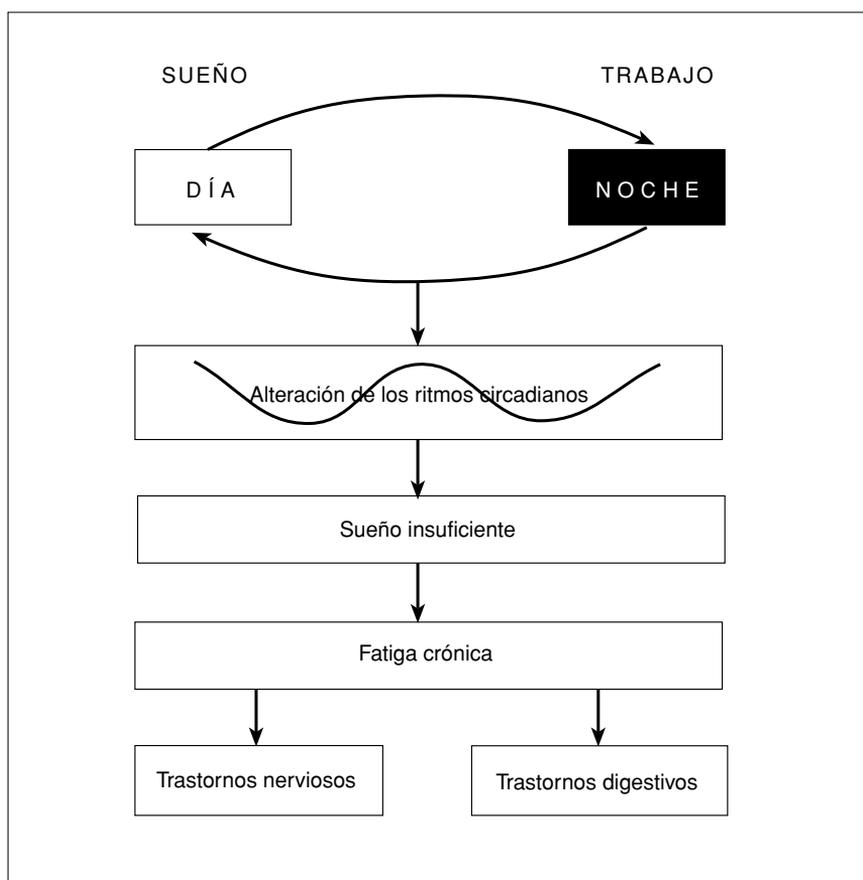


Fig. 8.9 Esquema causas y síntomas de dolencias (Grandjean)

Cuando la jornada de trabajo y los horarios no están adecuadamente organizados, sobre todo cuando existe trabajo nocturno, se produce la desincronosis, con la alteración de los ritmos circadianos; el sueño se hace insuficiente y aparece la fatiga crónica, se presentan determinadas manifestaciones de rechazo por parte del organismo que se resiste al cambio, y se producen trastornos nerviosos y digestivos, además de otras consecuencias derivadas de las anteriores.

En el fenómeno de la fatiga crónica hay que tener en cuenta que existen varios factores que interaccionan entre sí para constituir una causa. Son los siguientes:

1. Duración e intensidad del esfuerzo físico y del esfuerzo mental.
2. El ambiente laboral (microclima, ruido, iluminación, vibraciones...).
3. Alteraciones de los ritmos circadianos.
4. Problemas psíquicos presentes en la persona (responsabilidades, conflictos, preocupaciones, malestares y enfermedades que pueda padecer el sujeto...).
5. Una alimentación inadecuada y/o no bien organizada.

La capacidad de recuperación del hombre dependerá, no sólo de sus posibilidades personales, sino fundamentalmente de las condiciones de trabajo.

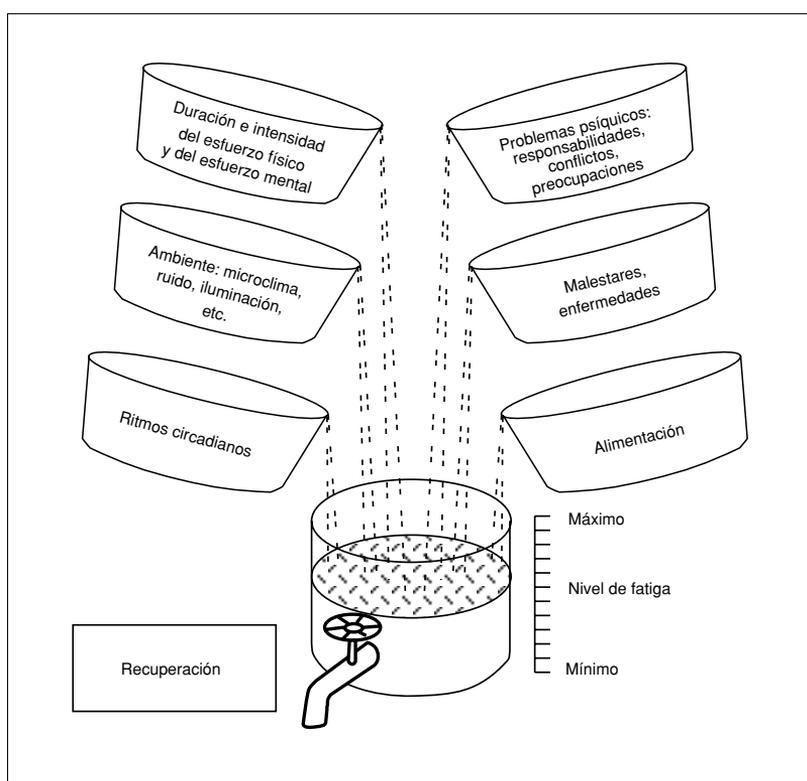


Fig. 8.10 Esquema de la fatiga crónica

Queda, pues, bien clara la importancia de considerar y prever en el diseño de PP.TT. los factores críticos de la organización que interferirán en la jornada de trabajo: los horarios de trabajo, las pausas de descanso, la alteración de los ritmos circadianos, y la alimentación, son, entre otros, determinantes en la salud de la persona y, por simpatía, en la eficiencia y calidad de su trabajo, donde, en no pocas ocasiones, un error, un descuido, una acción torpe o lenta o una reacción tardía, provocadas por la fatiga, pueden acarrear resultados catastróficos para el operario, para sus compañeros o para el sistema productivo completo.

### 8.7.2 Los ritmos de trabajo

Desde hace ya muchos años se intuyó la presencia de los ritmos en todas las manifestaciones de la naturaleza. Esto se ha podido comprobar científicamente desde las partículas y subpartículas atómicas hasta los movimientos galácticos, y, naturalmente, en todos los organismos vivos, incluida la persona. En el esquema que se muestra a continuación, a manera de ejemplo, se pueden observar algunas de la muchas manifestaciones de los ritmos: 1. a nivel atómico; 2. a nivel molecular; 3. a nivel celular, 4. a nivel de órgano; 5. a nivel de ser vivo; 6. a nivel del planeta y 7. a nivel del universo.

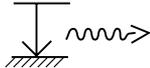
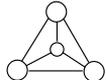
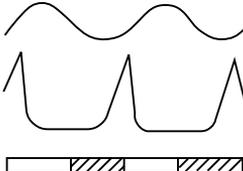
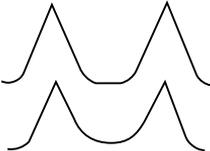
	I	II	III	
1		$10^{-15} - 10^{-14}$		1a
2		$10^{-14} - 10^{-12}$		2a
3		$10^{-2} - 10^2$		3a
4		a		3a
5		b		5a
6		c		6a
7		d		7a

Fig. 8.11 Esquema de los ritmos

La persona, ya se sabe, es un ser que, como todo lo existente en el universo, es producto de una larga evolución, cuyo motor es la misma búsqueda incesante de la armonía entre la existencia y el medio. Somos, pues, el resultado de las contradicciones que nos han ido obligando a adaptarnos a las condiciones, que también son cambiantes, en un proceso eterno que no hallará su fin mientras exista. Así pues, nuestros ritmos biológicos son los más apropiados para sobrevivir en el medio en que nos ha tocado vivir; los organismos que no se adaptaron perecieron, quedaron en el camino de la evolución.

La vida de las personas se halla sujeta a un gran número de ritmos biológicos impuestos por el medio. De todos ellos el ritmo circadiano (del latín: circa: cerca y dian: diario; cercano al día), que dura aproximadamente 24 horas, es el más estudiado, pero se sabe que también los ritmos mensuales, anuales, etc, y otros con períodos menores que el circadiano, ejercen una gran influencia en el hombre. Los estudios han revelado que el "reloj biológico" del hombre sufre cuando se le fuerza a vivir marcando el tiempo de forma desfasada con el ritmo propio.

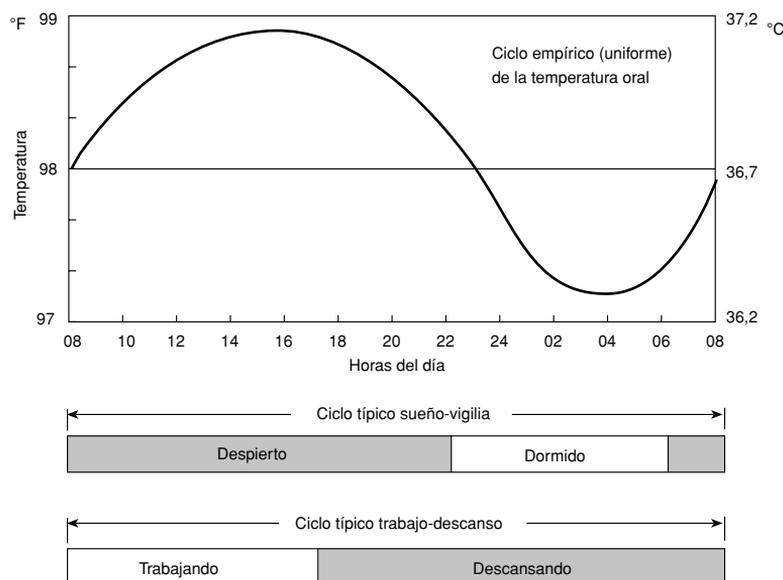


Fig. 8.12 Variación diurna de la temperatura oral

Las personas se han ido formando permaneciendo en vigilia durante el día y durmiendo durante la noche, significando el sueño un mecanismo de recuperación física y psíquica de importancia vital, sin el cual resulta imposible la vida. Las personas realizan mejor sus actividades durante el día, y se recuperan durante el sueño nocturno. A pesar de esto, algunas personas podrían afirmar que realizan mejor sus actividades durante la noche que durante el día; estos casos son, efectivamente, verídicos, aunque con toda seguridad, deban pagar a la naturaleza su cara cuota de alguna manera por la inversión del ritmo día-noche. Lo cierto es que una persona sometida a condiciones que le obliguen a forzar sus ciclos sufre determinadas alteraciones funcionales.

Los ritmos biológicos están presentes en todas las actividades fisiológicas del hombre, se manifiestan en los cambios del ritmo de la respiración, de consumo de oxígeno, de la actividad gastrointestinal, de la actividad cardíaca, de la temperatura, etc. En la figura 8.12 puede observarse el ritmo o ciclo de la temperatura oral del hombre durante el día y la noche.

De acuerdo con los valores obtenidos por Kleitman, existe una clara variación cíclica entre la temperatura oral y la hora, la temperatura comienza a incrementarse por encima de la media alrededor de las 9 de la mañana, alcanza los valores más altos en horas de la tarde y comienza a disminuir por debajo de la media alrededor de las 10 de la noche. Los valores menores se observan entre las 3 y las 4 de la madrugada.

La alteración de los ciclos biológicos del hombre, aún no desentrañada del todo, se manifiesta en la afectación del sueño.

El sueño normalmente se va haciendo más profundo en cinco etapas, siendo las cuatro primeras llamadas de sueño lento y la última y más profunda denominada sueño paradójico. Este ciclo se repite también cinco veces durante el sueño, de manera que el sueño paradójico se desarrolla en cinco ocasiones y es precisamente la eliminación o la perturbación crónica de éste lo que produce los llamados trastornos del sueño. El nivel de perturbación del sueño paradójico depende de muchos factores, como son: la edad, tipo de actividad laboral, sistema de turnos, condiciones ambientales, etc.

Si comparamos el sueño diurno con el sueño nocturno de trabajadores con turnos rotativos nocturnos, podremos observar cómo la duración del sueño nocturno es mucho mayor que el sueño diurno en estos trabajadores.

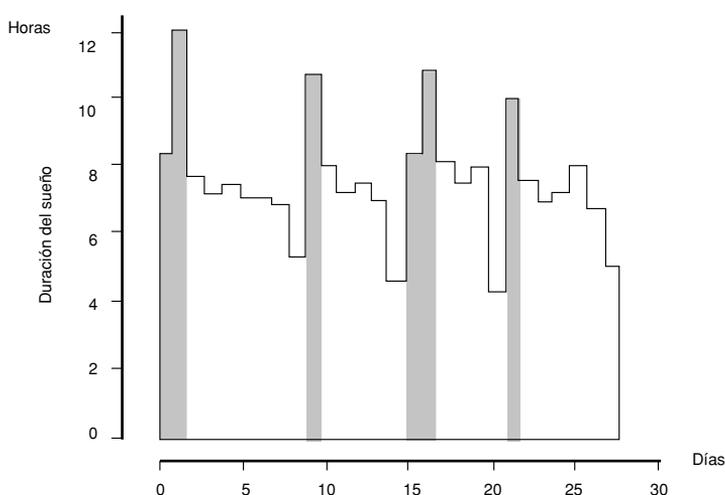


Fig. 8.13 Duración del sueño diurno y del nocturno

De acuerdo con las encuestas (NTP-260, 1989), existe un 10% de trastornos del sueño en trabajadores del turno de mañana, un 7% en los del turno de la tarde y un 35% en los del turno de noche. En la misma NTP-260 se plantea la utilización del cuestionario C.J.R.F.I. KOGI, 1970, relacionado con los síntomas subjetivos de la fatiga mental en trabajadores nocturnos:

- 1 Síntomas de activación nerviosa general: sentir la cabeza pesada, sentirse fatigado, sentir las piernas pesadas, bostezar, sentir que las ideas se embarullan, tener sueño, sentir los ojos fatigados, sentirse torpe y adormecido, sentirse vacilante y tener ganas de estirarse.
- 2 Síntomas de motivación: tener dificultades para pensar, no tener ganas de hablar, sentirse nervioso, sentirse incapaz de concentrarse, sentir desinterés, olvidar las cosas con facilidad, cometer errores con más frecuencia que lo normal, sentirse inquieto, sentirse incapaz de tenerse en pie y falta de paciencia.
- 3 Síntomas corporales: tener dolor de cabeza, sentir los hombros pesados, sentir dolor de riñones, tener dificultades respiratorias, tener la boca seca, la voz enronquecida, sentir que la cabeza da vueltas, sentirse deslumbrado o con excesivo parpadeo de ojos, tener temblor de brazos o piernas y no sentirse bien.

Por otra parte, se pueden agravar los trastornos cardiovasculares y perturbar las funciones biológicas con la reducción de las defensas inmunitarias del organismo. El trabajador atacado por los trastornos nerviosos provocados por la fatiga puede manifestar, además de los trastornos del sueño, astenia física matutina y astenia psíquica, trastornos del humor y del carácter, y trastornos somáticos, como la cefalea matinal. Como se puede comprender este operario difícilmente cumplirá las tareas asignadas y con la calidad que todo sistema productivo actual impone.

Además, no pueden ser pasadas por alto las consecuencias sociales y familiares de estas manifestaciones, como por ejemplo los trastornos del humor y del carácter. Sin duda alguna la repercusión en las relaciones familiares y sociales es evidente y en no pocas ocasiones se transforman en situaciones insostenibles tanto para el individuo como para su familia, compañeros de trabajo y amigos.

Otro tema emergente es el *Burn Out* (fundirse, quemarse), síndrome de agotamiento físico y emocional, que está atacando a los profesionales, sobre todo, de la salud y la educación. Pudiera perfectamente tener una buena parte de sus raíces en la organización del trabajo, horarios, turnos de trabajo e incluso en el tipo de alimentación de las personas que ejercen su tarea por la noche.

Por si no fuese suficiente lo expresado anteriormente, en el trabajador nocturno pueden presentarse trastornos digestivos e intestinales, renales, perturbaciones del apetito, debido a que la comida nocturna provoca trastornos en el ritmo circadiano al encontrarse los mecanismos de digestión y metabólicos en condiciones de descanso.

### 8.7.3 La duración de la jornada

Durante mucho tiempo se buscó un incremento de la productividad con el aumento del tiempo de trabajo, y aún hoy en día hay quienes piensan que tal cosa es posible. Independientemente de que puedan existir factores como la estimulación económica, la motivación personal, etc., que produzcan

un incremento temporal de la productividad con un aumento de la jornada de trabajo, está demostrado que, generalmente, se presenta el fenómeno inverso, es decir, un decremento de la productividad.

Lehmann plantea en el gráfico siguiente la relación entre el rendimiento y las horas de trabajo diario. Obsérvese cómo en las primeras horas de la jornada, tanto para una carga media de trabajo (B), como para una alta carga (C), el rendimiento está por debajo de la recta A que indica una proporcionalidad lineal. La carga media (B) se demora casi una hora más que la carga alta (C) en alcanzar la recta. Sin embargo, en la actividad media (B) se ve un incremento del rendimiento más sostenido, aún después de las 8 horas de trabajo

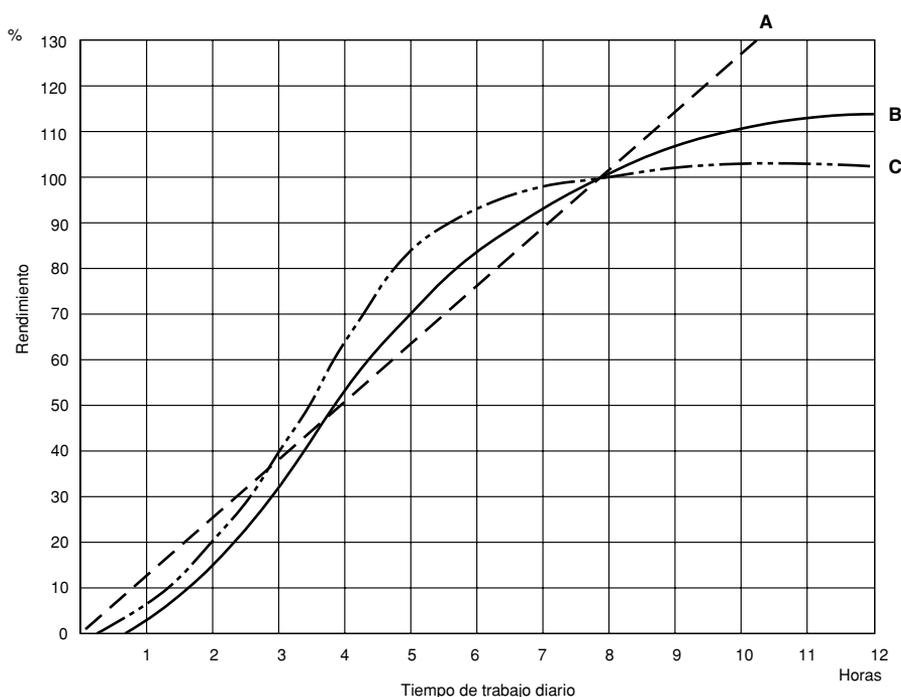


Fig. 8.14 Gráfico de la relación entre el tiempo de trabajo y el rendimiento

Por su parte, Grandjean establece en los siguientes gráficos la relación existente entre el rendimiento (producción de piezas), manual y mecánico, con las horas de trabajo semanales. En ellos se observa cómo se incrementa la productividad, sobre todo en la actividad manual, con la disminución de las horas de trabajo semanales.

Grandjean, citando a Behrems, muestra el siguiente gráfico en el que se relacionan las horas extraordinarias trabajadas con el absentismo por enfermedad y accidente, durante un año, en el cual se ve claramente cómo en verano se produce un fuerte incremento del absentismo por enfermedad. Seguramente una buena parte de la responsabilidad está en las horas de trabajo extraordinarias.

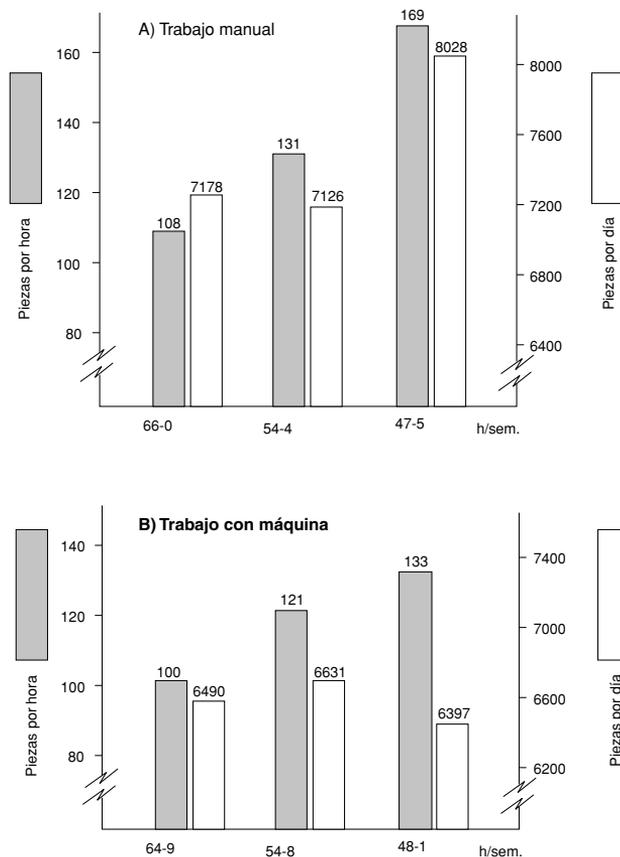


Fig. 8.15 Gráficos de piezas por hora contra horas/semana

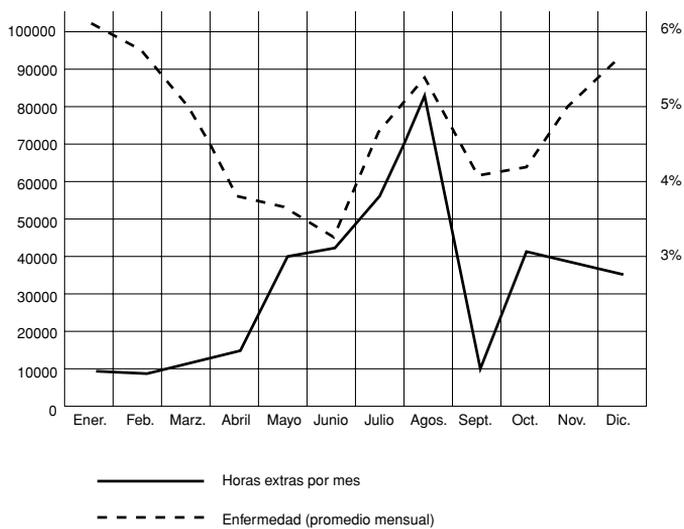


Fig. 8.16 Gráfico de los efectos del tiempo extra de trabajo vs. enfermedad

### 8.7.4 Las pausas y las comidas

Las pausas de descanso intercaladas en la jornada de trabajo, constituyen una forma adecuada de recuperar capacidades. En los gráficos que se muestran a continuación de pruebas realizadas por Hanhart, se ilustran los resultados obtenidos intercalando pausas de descanso durante la jornada. Véase la comparación del incremento del rendimiento considerando el primer gráfico, con sólo los 2 recesos tradicionales, como normal, con el gráfico B, donde se han intercalado 6 pausas de 3 minutos, y con el gráfico C, donde se han intercalado el mismo número de pausas pero de sólo 1,5 minutos de duración. Sin duda con pausas de 3 minutos se han obtenido mejores resultados.

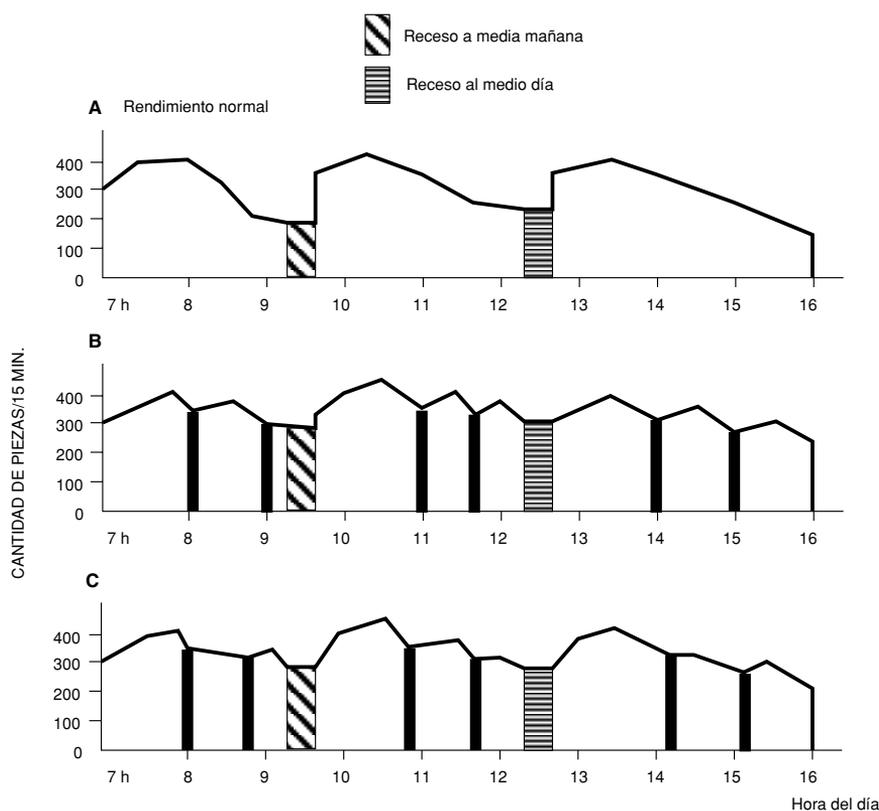


Fig. 8.17 Efectos de las pausas de descanso

Respecto a la alimentación, no es suficiente garantizar una alimentación adecuada desde el punto de vista cualitativo; es necesario organizar el suministro de estos alimentos durante el día y distribuirlos adecuadamente.

Los siguientes gráficos son de Haggard and Greenberg, y en ellos se comparan las situaciones de las eficiencias (medidas a través del coeficiente respiratorio) de una muestra de trabajadores, en un caso

con 2 comidas y en el otro con 5 comidas. La recuperación de los sujetos es sustancialmente mucho mayor con 5 comidas distribuidas a lo largo de la jornada laboral, que con 2.

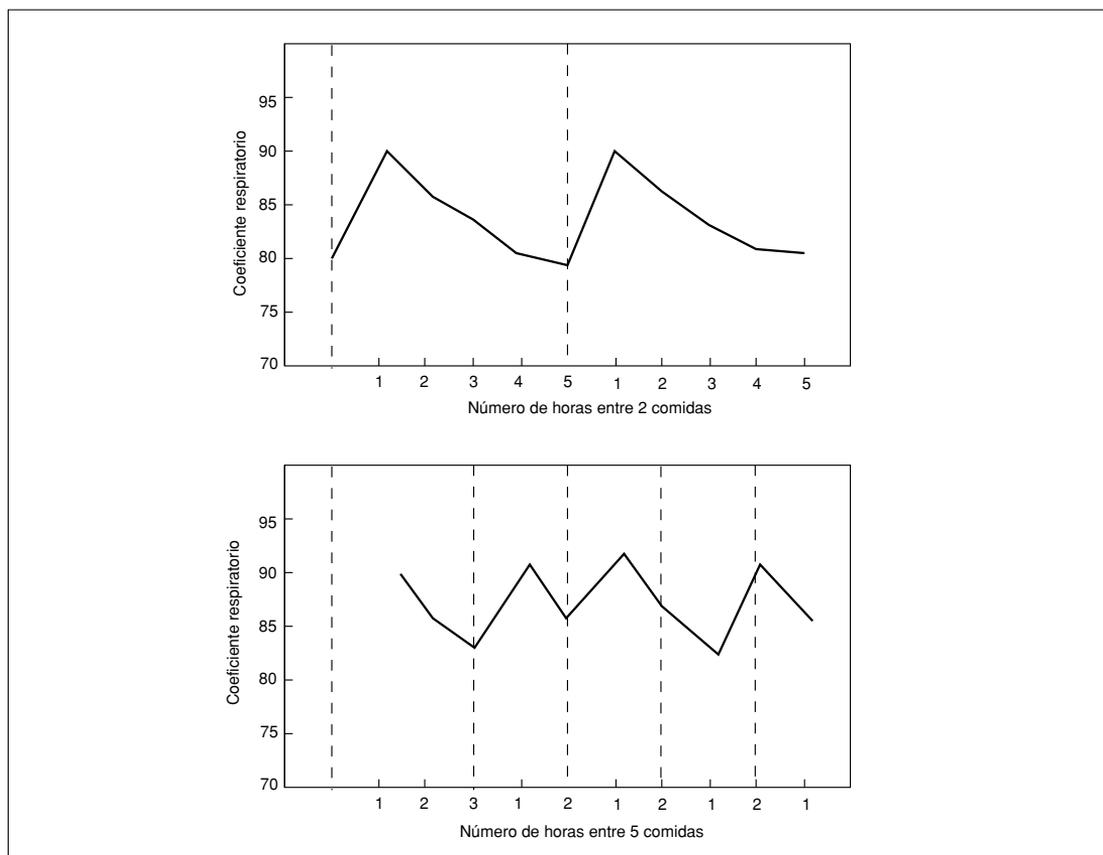


Fig. 8.18 Comparación de rendimiento con 2 y 5 comidas

En estos otros gráficos, tomados de Grandjean, se ilustra con otro ejemplo, la relación existente entre pausas de descanso, alimentación y rendimiento del trabajador.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta un determinado aspecto relacionado con la ingestión de alimentos. El consumo de alimentos pesados obliga al organismo a tensar sus mecanismos digestivos, con lo cual pueden manifestarse ciertas situaciones de somnolencia que sin duda afectan al trabajo, y muy particularmente a la seguridad en el trabajo. Grandjean, en el gráfico que se muestra a continuación, revela que en un estudio efectuado en conductores de camión, se producen situaciones de somnolencia al volante entre las 12 y las 15 horas y las 23 y las 5 horas. Sin duda, aquí están presentes tanto las comidas como el trabajo nocturno.

Por otro lado, Bjerner, Holm and Swensson, efectuaron durante 19 años un amplio estudio entre inspectores de consumo de gas, que demostró que los errores en la lectura de los medidores se

incrementaban notoriamente en dos periodos: después de la comida (es decir, durante la digestión), y durante la madrugada.

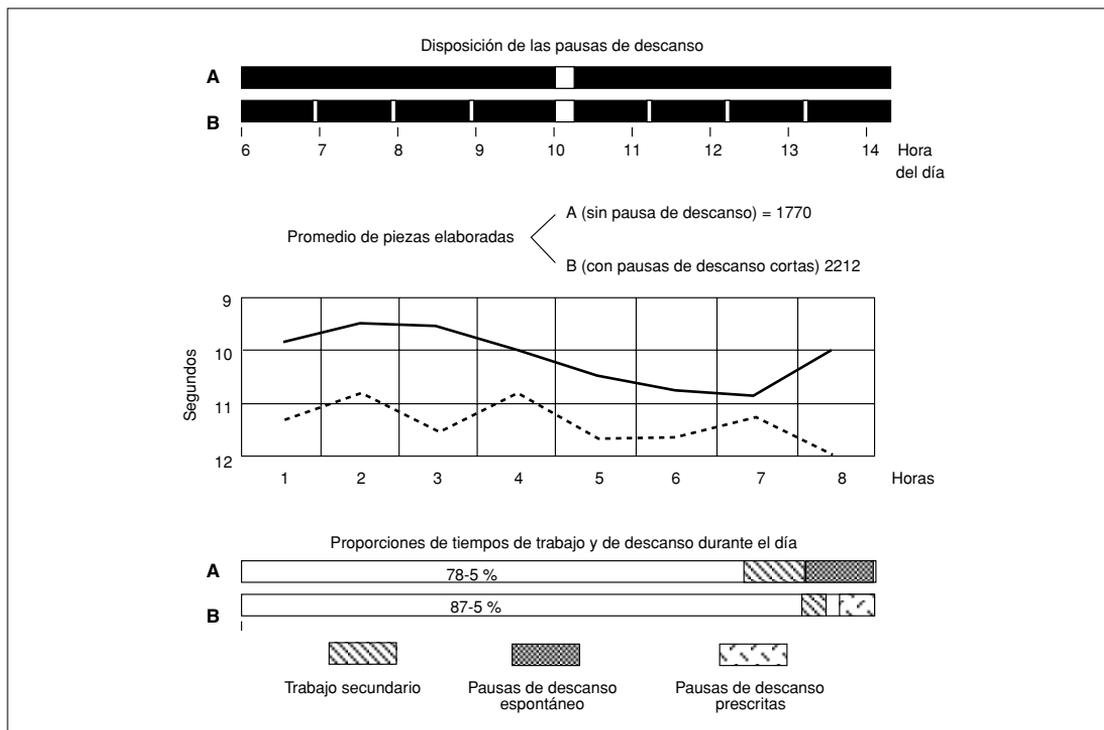


Fig. 8.19 Tiempo de trabajo, consumo de alimentos y aptitud

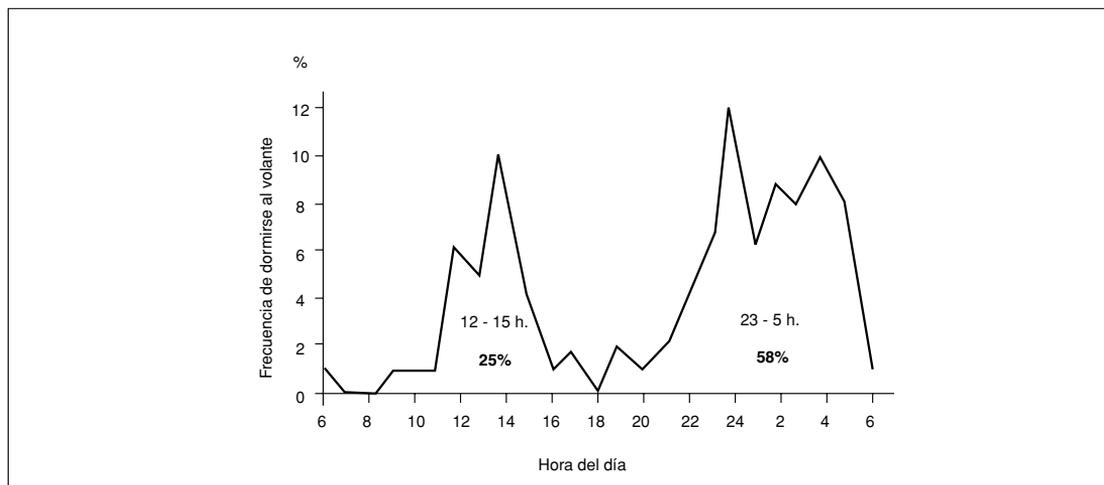


Fig. 8.20 Gráfico de conductores de camión

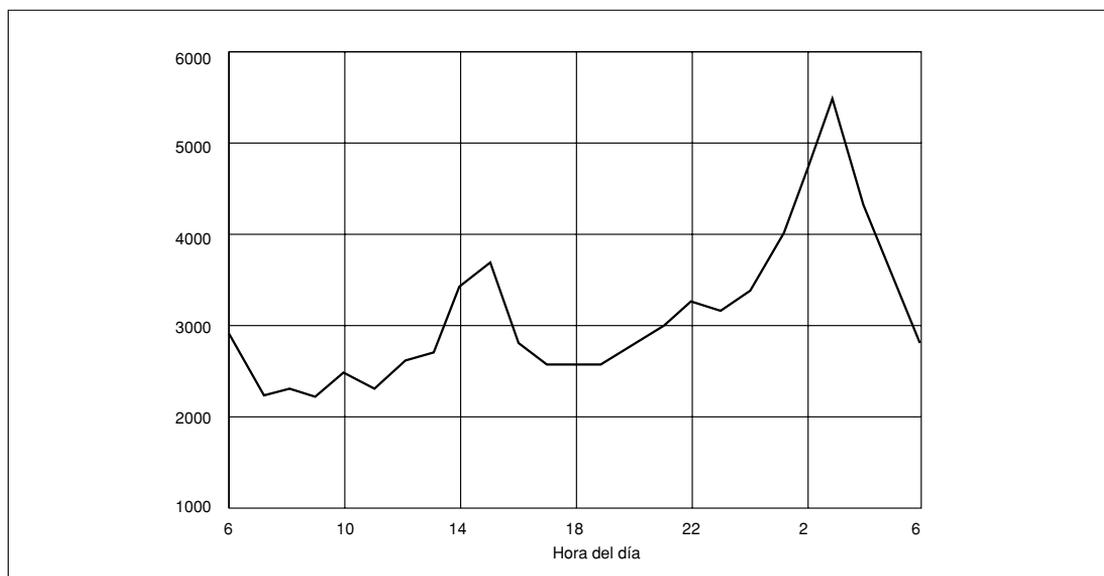


Fig. 8.21 Errores cometidos en la lectura por los inspectores de gas

Estudios reportados por Adams y Chiles y reseñados por Bennet, consistentes en variaciones de regímenes de trabajo y descanso de dos grupos confinados de tripulaciones de B-52, 11 sujetos en total, en un período de 15 días, con trabajo mental de distintas intensidades y naturalezas, se confirma el ritmo de 24 horas en el comportamiento de los sujetos.

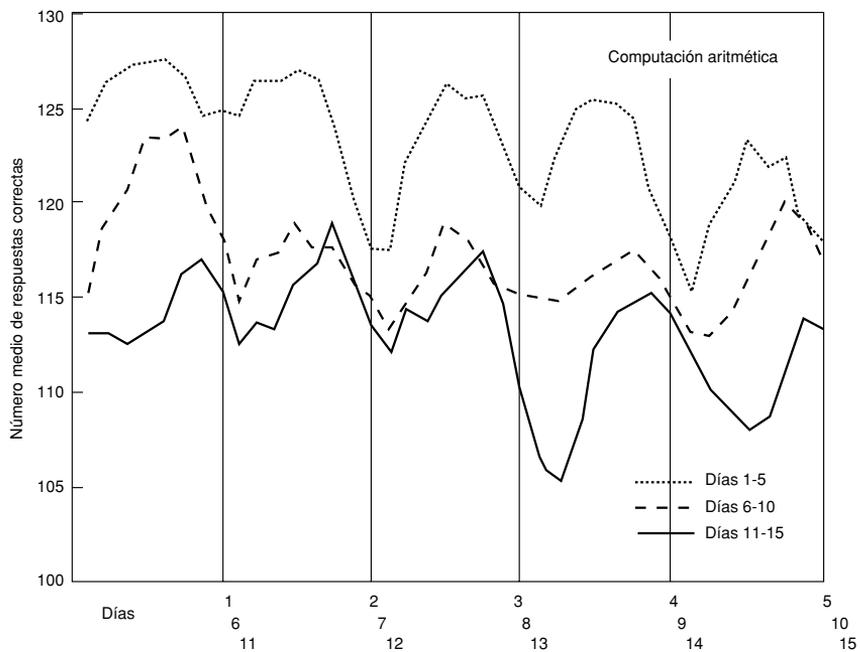
Sin entrar a analizar estos experimentos, exponemos algunos resultados a manera de ejemplo. En las gráficas que se muestran a continuación, que han sido tomadas de Bennet, Degan y Spiegel, se observan algunas curvas de comportamiento por tareas: Y. computación aritmética mental; II. discriminación de figuras; III. dirección de instrumentos; IV. dirección de luces de alarma.

En las primeras cuatro gráficas, se puede observar fundamentalmente cómo en la computación aritmética mental (I), el número medio de respuestas correctas va decreciendo, mientras que en la tarea de discriminación de figuras (II) el número de respuestas correctas va en aumento. De igual manera, las tareas relacionadas con la dirección de instrumentos (III) se van realizando cada vez con mayor lentitud; sin embargo, los tiempos de reacción –dirección de luces de alarma– (IV), no se ven afectados durante los 15 días. Obsérvese en todos los casos el ritmo de 24 horas presente en las cuatro tareas.

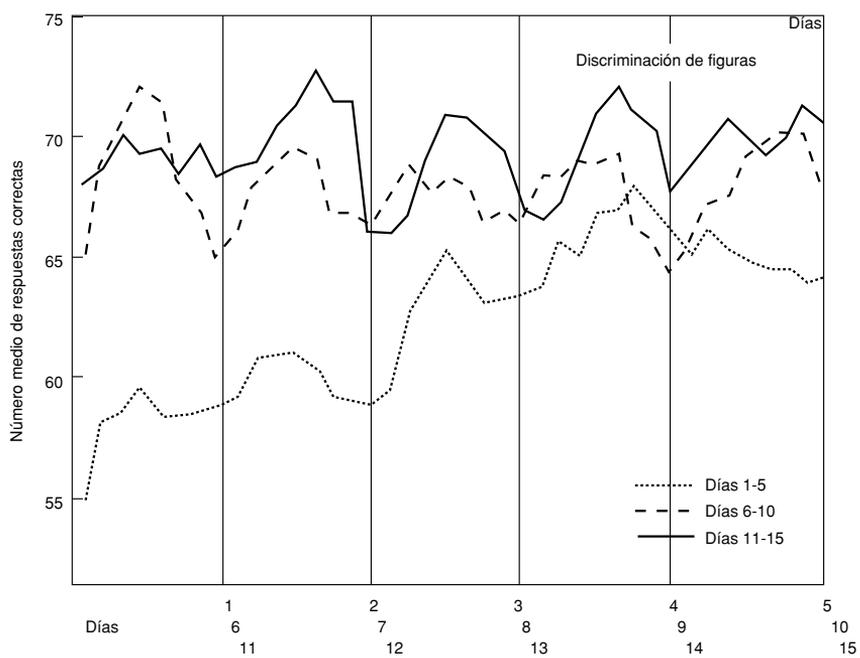
En las siguientes cuatro gráficas se observa el ritmo diario según las horas, para los 15 días, para las tareas y los indicadores antes señalados.

Y para finalizar, se muestran las gráficas de los comportamientos de la resistencia galvánica cutánea y del ritmo cardíaco durante la ejecución de las tareas, para los 15 días, por días (I y II) y por horas (III y IV), en los cuales también está presente el ritmo diario.

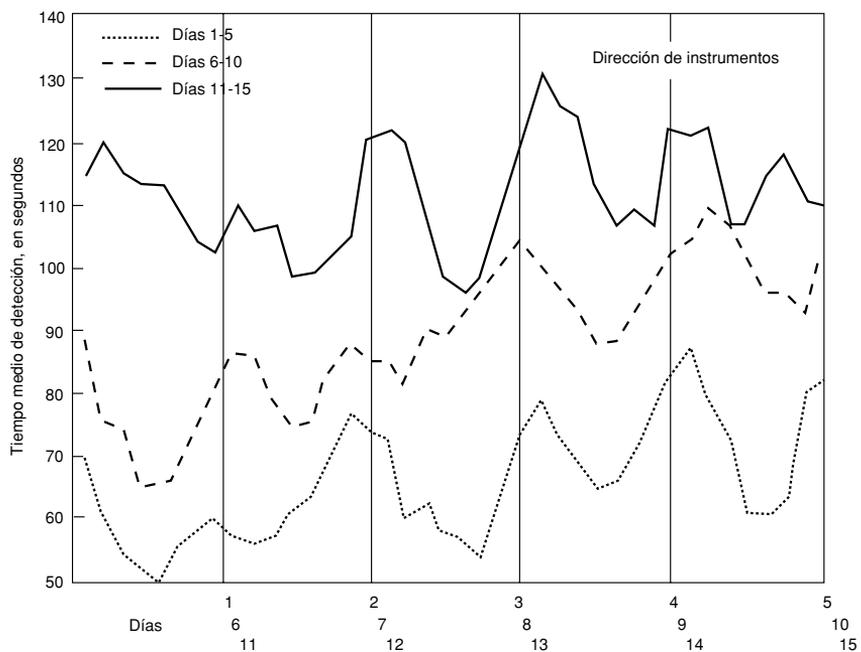
I)



II)



III)



IV)

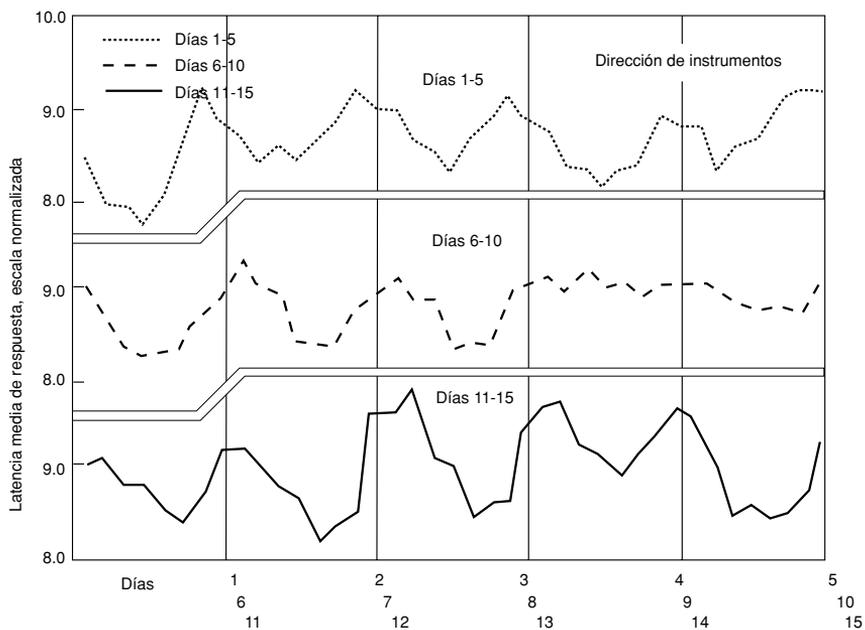


Fig. 8.22 Gráficas I, II, III y IV

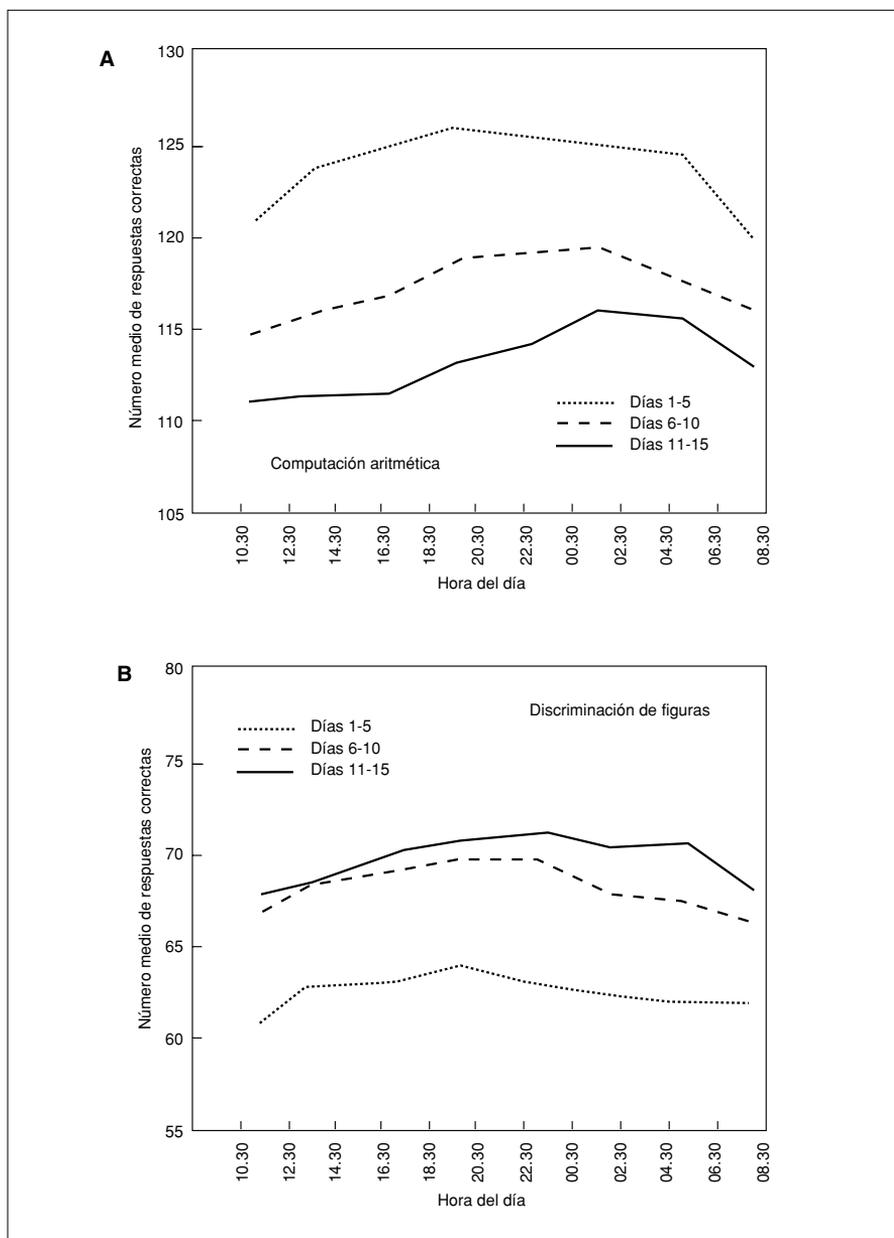


Fig. 8.23 Relación error-tipo de tarea.

Prueba A: computación aritmética. Prueba B: discriminación de figuras

Los investigadores concluyeron que, de los individuos utilizados en las pruebas, los altamente estimulados (se presentaron voluntariamente) fueron capaces de mantener niveles aceptables de comportamiento frente al plan de trabajo propuesto y que, al parecer, estos sujetos estuvieron menos afectados por las condiciones adversas de las pruebas que los que fueron sometidos a ellas obligados.

### 8.7.5 Rotación de turnos de trabajo

Ya que tenemos que trabajar, y además, trabajar sometidos a un horario establecido y, hasta quizás, en horas nocturnas, lo más inteligente sería encontrar aquellos sistemas de rotación de turnos que menos nos perjudicaran, y éstos son, precisamente, los que nos garantizarían la menor pérdida de sueño nocturno posible y el mayor tiempo de contacto con nuestra familia, amigos, etc. Estos trabajos a turnos son aquellos que contienen aislados turnos de noche seguidos inmediatamente por 24 horas de descanso.

Existe el sistema de tres turnos que divide el día de 24 horas en tres turnos de 8 horas cada uno. Este sistema tiene muchas variantes; en los Estados Unidos se utiliza mucho el sistema de tres turnos 8-16-24 que tiene ciertas ventajas. También se utiliza el sistema de dos turnos de 12 horas cada uno, pero no es recomendable un período de tiempo de trabajo de 12 horas.

En Inglaterra están ampliamente difundidos dos sistemas de rotación de turnos: el sistema 2-2-2, también llamado "Metropolitan rota" y el sistema 2-2-3 o "Continental rota", ambos de rotaciones cortas. El sistema 2-2-2 sólo garantiza un fin de semana (sábado/domingo) libre cada 8 semanas, mientras que el sistema 2-2-3 lo garantiza cada 4 semanas, por lo que es, en este aspecto, mejor. A continuación se muestran ambos para su análisis.

A modo de conclusiones podríamos decir: que el trabajo nocturno continuado es perjudicial a la salud; que las personas menores de 25 y mayores de 50 años deben evitar el trabajo nocturno; que las personas con tendencia a molestias estomacales e intestinales, emocionalmente inestables, propensas a síntomas psicósomáticos y al insomnio, no deben ser empleadas en turnos de noche; que las personas que viven solas, o en lugares muy alejados del lugar de trabajo, o en lugares muy ruidosos no son adecuadas para el trabajo nocturno; que las rotaciones de períodos cortos son mejores que las de períodos largos; que realizar turnos de noche consecutivos, sin cambios, debe ser evitado; que un buen sistema de rotación debe poseer turnos de noche dispersos y aislados, como los sistemas 2-2-2 y 2-2-3; que cuando se trabajan dos o tres noches consecutivas, inmediatamente debe descansarse durante 24 horas; que todo plan de turnos rotativos debe incluir algunos fines de semana con un mínimo de dos días consecutivos de descanso; que en todos los turnos deben incluirse pausas para una comida caliente para garantizar una alimentación adecuada; que en los turnos de noche deben consumirse comidas ligeras, calientes y zumos de frutas; y que en todos los turnos, especialmente en los de noche, deben establecerse adecuados regímenes de trabajo y descanso, según la naturaleza del trabajo que se realiza.

A modo de pautas básicas para el diseño de PP.TT. que comporten la necesidad de trabajo nocturno debemos rescatar las siguientes ideas: reducir la duración del turno de noche y el número de noches por ciclo; ajustar al máximo el horario que respete el sueño paradójico; reducir la carga de trabajo nocturno; mejorar las condiciones del puesto de trabajo; adoptar periodos de altemancia y permitir al operario elegir los días de descanso; evitar el trabajo aislado; y tener un seguimiento médico exhaustivo del operario.

1 semana	Lu Ma Mi Ju Vi Sá Do	M M T T N N -	5 semana	Lu Ma Mi Ju Vi Sá Do	N N - - M M T
2 semana	Lu Ma Mi Ju Vi Sá Do	- M M T T N N	6 semana	Lu Ma Mi Ju Vi Sá Do	T N N - - M M
3 semana	Lu Ma Mi Ju Vi Sá Do	- - M M T T N	7 semana	Lu Ma Mi Ju Vi Sá Do	T T N N - - M
4 semana	Lu Ma Mi Ju Vi Sá Do	N - - M M T T	8 semana	Lu Ma Mi Ju Vi Sá Do	M T T N B - -

Sistema de turnos: 2-2-2 ("Metropolitan rota")

1 semana	Lu Ma Mi Ju Vi Sá Do	M M T T N N N	5 semana	Lu Ma Mi Ju Vi Sá Do	N N - - M M M
2 semana	Lu Ma Mi Ju Vi Sá Do	- - M M T T T	6 semana	Lu Ma Mi Ju Vi Sá Do	T T N N - - -

Sistema de turnos: 2-2-3 ("Continental rota")

M = turno en la mañana T = turno en la tarde N = turno en la mañana

Fig. 8.24 Sistemas 2-2-2 y 2-2-3

## 9 Metodología

### 9.1 Aproximación al problema

Como hemos repetido hasta la saciedad, la ergonomía pretende que cualquier actividad sea segura, confortable y efectiva. Para conseguir estos objetivos, las actuaciones ergonómicas tienen que trabajar bajo la consigna de manejar datos e informaciones fiables, y por lo tanto, el ergónomo tiene que dotarse de estrategias válidas que le permitan acceder a la información relevante, precisa y exacta en cada caso.

Antes de iniciar el proceso de toma de datos que creamos necesaria para nuestra intervención, hay que hacer una observación directa del PP.TT.: pisar el terreno es una condición necesaria y básica, ya que nos puede mostrar alguna variable relevante que no habíamos considerado en la fase de proyecto conceptual. Los autores del libro proponen huir, en la medida de lo posible, de los datos aportados por personas ajenas al proyecto, así como del uso de la teleergonomía, ya que los informes, medidas, videos... de fuentes externas al equipo de ergonomía acostumbran a representar más “el ojo” del que los ha recogido que una visión objetiva del problema; por lo tanto, consideramos que la metodología coherente es la que se apoya en el uso de datos de primera mano, y de consultas de informaciones existentes y pertinentes que hagan referencia al objeto del proyecto, ya que de este modo ahorraremos disgustos, tiempo y dinero.

En una de nuestras intervenciones fuimos requeridos para solucionar un problema de excesivo calor en un puesto de control visual de planchas acero para la fabricación de automóviles. El operario tenía encomendada la tarea de encontrar fallos (rugosidades, golpes, etc.) en las superficies de metal. Para ello, se había incrementado notablemente el nivel de iluminación y esto había generado una temperatura excesiva que provocaba molestias térmicas al operario.

Después de visitar el área de trabajo el equipo de ergonomía llegó a la conclusión de que era necesario reducir drásticamente el nivel de iluminación y cambiar el sistema de alumbrado, por otro que fuera rutilante rasante y que permitiera destacar los fallos de la chapa. Obviamente, cuando corregimos el tipo de iluminación desapareció el problema microclimático.

Sirva este ejemplo para destacar cómo una posible intervención teleergonómica hubiera, sin lugar a dudas, llevado a unas inversiones en aclimatación, que en el mejor de los casos redundarían en la mejora de las condiciones de trabajo del operario aproximándolo a la zona de confortabilidad térmica. Pero mucho nos tememos que la calidad del proceso hubiera continuado siendo defectuosa, por la confusión existente en el criterio de selección del tipo de iluminación que requería la tarea.

O sea, la observación por parte del ergónomo del operario mientras éste ejecuta sus tareas es fundamental para detectar cómo trabaja, qué indumentaria viste, cómo sujeta las herramientas, si ha tenido un correcto aprendizaje en el uso del material, etc. Por este motivo, es imprescindible que esta etapa del proyecto no se realice de forma que el trabajador se sienta cohibido o estimulado (efecto Hawthorne); el operario tiene que trabajar de la forma más parecida a como lo hace siempre. El dar por hecho un protocolo de actividades, un estilo en la resolución de tareas, o suponer que se actúa según procedimientos, sin comprobar la veracidad de esto es fuente de distorsión y error.

De todas formas, para aligerar el trabajo de campo es aconsejable confeccionarse un check-list de análisis ergonómico *ad hoc* al tipo de tarea, que prevea las variables que se deberían considerar y medir, pero que en la medida de lo posible mantenga los máximos grados de libertad que eviten los análisis uniformes, rígidos y excesivamente pautados.

Las fuentes de información que puede encontrar el ergónomo pueden ser de toda índole: catálogos, planos o manuales de las máquinas, informes o estadísticas propias de la empresa o públicos, bases de datos relacionales, bibliografía, etc. Recordar que la interpretación excesiva y/o precipitada, la inflexibilidad, la insuficiencia de datos, la validez, y la calidad o cantidad son problemas habituales en la búsqueda de información ya registrada, y con la que muchas veces tenemos que tomar decisiones.

Finalmente, y como punto prioritario del ergónomo, un cambio de impresiones (entrevista) con el trabajador más o menos pautado, o en su defecto un cuestionario abierto o cerrado, dan a la toma de datos un sesgo subjetivo, imprescindible para conocer los problemas reales del PP.TT.

## 9.2 Desarrollo de un caso práctico mediante el programa TAYLOR (hecho a medida)

Supongamos que la empresa *Ergofit* recibe quejas continuadas de una sección debido a problemas musculares. Para ello se decide proceder al análisis de la interacción trabajadores-máquina para comprobar los desajuste que pudiera haber, de la siguiente forma:

1. Se efectúa un análisis del puesto de trabajo *in situ*, para conocer qué se hace, cómo se actúa y en qué estado se encuentran las relaciones entre el puesto de trabajo y los operarios.

Nos encontramos con un puesto rotativo por el que deben pasar todos los operarios de esa sección, un

total de 21 (6 mujeres y 15 hombres). La máquina tiene un botón (On-Off) al que se accede un promedio de tres a cuatro veces al día. La operación consta de recoger una pieza de 10 kg desde una posición lateral a su izquierda a 60 cm del suelo, hasta la bancada frontal a 1,20 m y descargarla hasta una cinta que está a 75 cm del suelo a su derecha. La frecuencia del ciclo es de 30 piezas por hora.

Por otro lado, el operario ajusta la pieza para su mecanización con un volante que tiene un momento de giro de 5 Nm; esta operación la realiza 2 veces por pieza (apretar y aflojar) con una cadencia de 60 veces por hora. El volante está situado a su izquierda a 75 cm del suelo, y a 50 cm del centro del operario.

Para desarrollar la operación de mecanizado el operario debe tirar de una palanca 4 veces por pieza (120 veces por hora) con un esfuerzo de 50 N, y con la mano vista sobre el dorso.

- Decididas las dimensiones relevantes, se toman las medidas de las 21 personas. En la figura 1 se muestran como ejemplo las dimensiones de diez de ellas.

TAYLOR: Diseño ergonómico de lugares de trabajo											
np = 21	nps = 21	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sexo		h	h	h	m	h	m	h	h	h	m
Edad		24	23	30	24	25	25	26	24	23	24
Altura poplítea		43	42	46	41	44	41	45	46	46	45
Distancia sacro-poplítea		51	49	51	43	47	42	51	54	51	50
Distancia sacro-rótula		60	58	61	54	57	53	58	66	64	59
Altura muslo-asiento		16	17	14	16	15	12	13	15	17	17
Altura muslo-suelo		57	56	58	57	58	54	59	57	58	58
Altura codo-asiento		26	20	17	23	19	17	20	15	26	22
Alcance mínimo		46	36	44	47	43	34	54	42	45	46
Alcance máximo		78	70	78	79	80	68	80	78	76	76
Altura ojos-suelo sentado		118	119	121	116	120	113	115	117	118	122
Anchura caderas		41	46	45	45	42	41	40	47	41	43
Anchura codos		52	52	57	48	57	47	54	60	54	56
Anchura hombros		46	44	49	43	44	42	47	52	48	46
Altura codo-suelo de pie		108	99	113	101	110	100	110	105	113	108
Altura ojos-suelo de pie		164	156	167	157	166	149	162	163	167	164
Estatura		176	168	179	176	174	160	176	180	180	174
Distancia resp.-pecho		22	23	24	25	23	24	19	22	24	23
Distancia resp.-abdomen		24	29	23	24	22	23	23	21	23	23
Altura hombros sentado		103	104	106	99	100	97	103	101	103	120
Altura hombros de pie		149	141	152	140	148	135	148	146	148	142
Distancia codo-mano		35	30	38	41	37	29	46	36	37	39
		<b>F1: Ayuda</b>		<b>F9: Modificar</b>		<b>1 de 21</b>		<b>ESC</b>			

Fig. 9.1 Medidas antropométricas relevantes de un grupo de 10 personas para el puesto de trabajo analizado



3. Análisis de las diferentes interacciones que realizará Maximín en función de los requerimientos de la tarea que tienen asignada.

En primer lugar analizaremos si el alcance está dentro de los rangos admisibles (como mando sólo es crítico el de On-Off). Con los mapas zonales de alcance podemos observar que está fuera de una zona confortable, pero su función y cadencia recomiendan dejarlo en ese lugar topográfico, ya que su relevancia aconseja un uso discriminado del mismo.

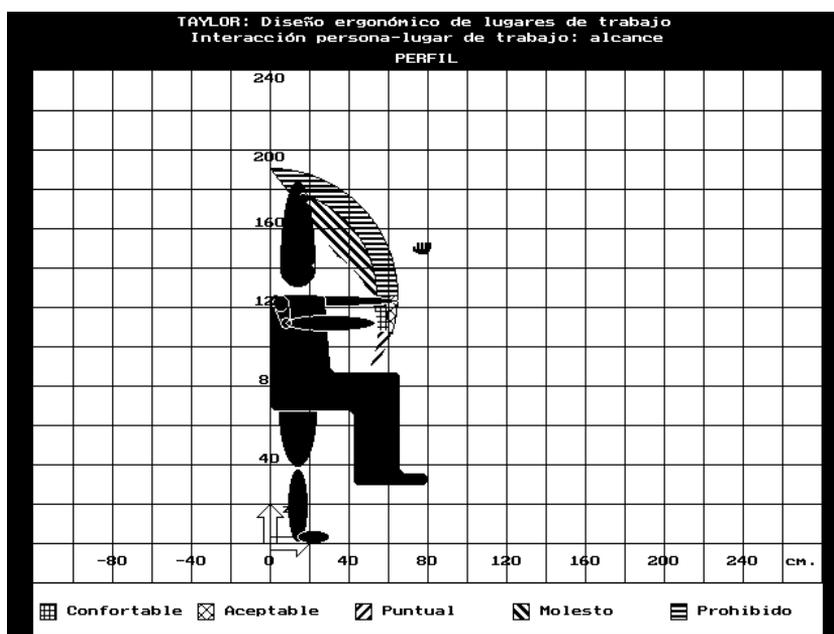


Fig. 9.4 Mapa zonal de alcance en perfil

En segundo lugar procedemos a analizar el posicionamiento del display visual de aviso del funcionamiento correcto de la máquina, mediante el color del DIV (verde-rojo). Observamos en la figura 9.5 que el display está correctamente situado.

4. Análisis para comprobar si la fuerza solicitada se ajusta a las recomendaciones de AFNOR. En la figura 9.6 podemos ver que este esfuerzo está por encima del valor recomendado que estaría próximo a 38 N.

El giro del volante lo analizamos por el método de REFA, y encontramos que el giro a izquierdas es correcto, y que en el otro sentido está fuera de rango.

5. Análisis del transporte de cargas, para el cual escogemos el método NIOSH. Podemos observar que aunque los valores relativos son los mismos, el análisis de la carga y de la descarga es diferente.

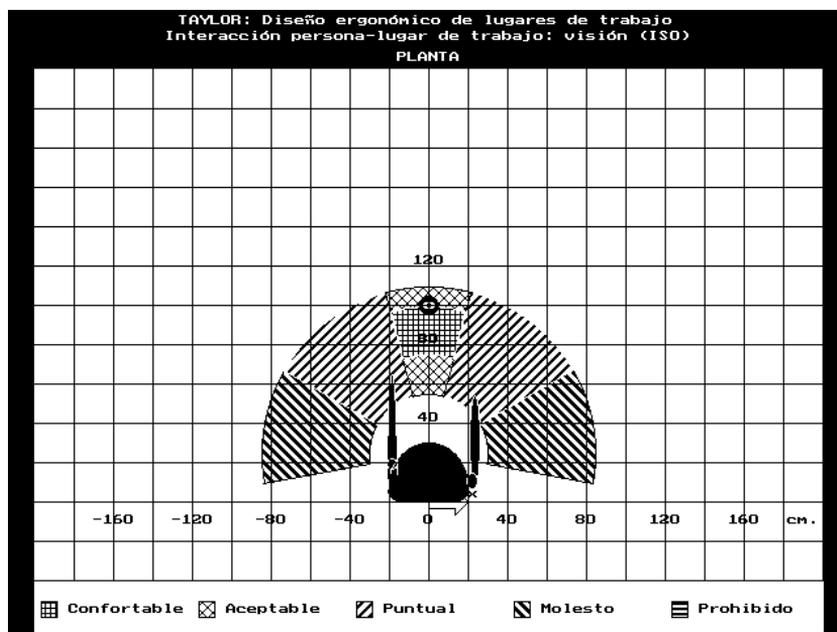


Fig. 9.5 Campos visuales y posición del DIV en planta

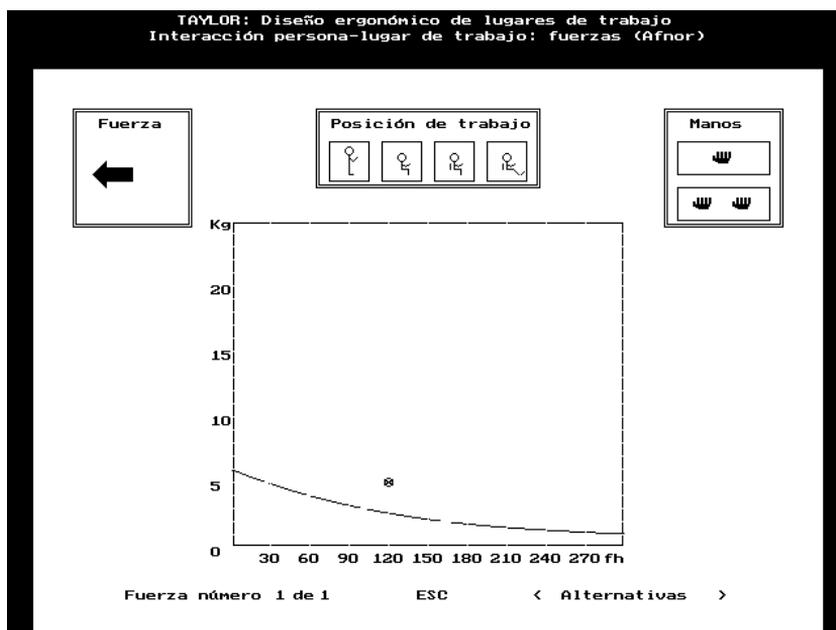


Fig. 9.6 Ábaco de AFNOR en el que aparece una solicitud por encima de límite

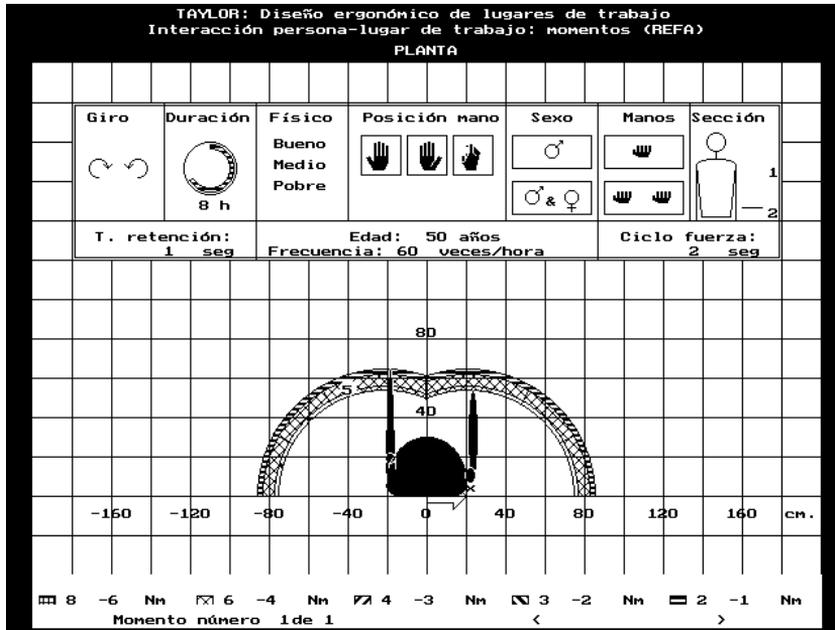


Fig. 9.7 a) Vista en planta en la que observamos que el giro de abducción es correcto a izquierdas

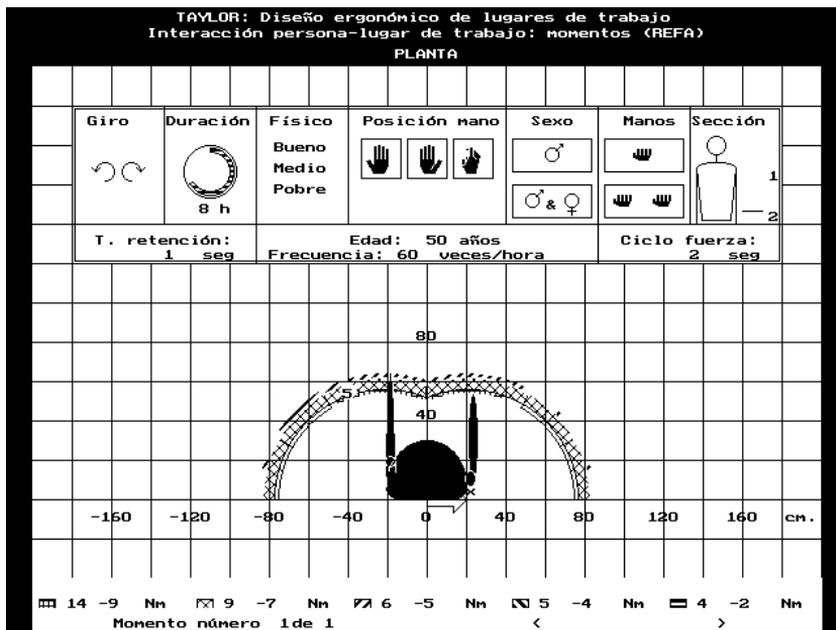


Fig. 9.7 b) Vista en planta en la que se observa que el giro de adducción está fuera de rango

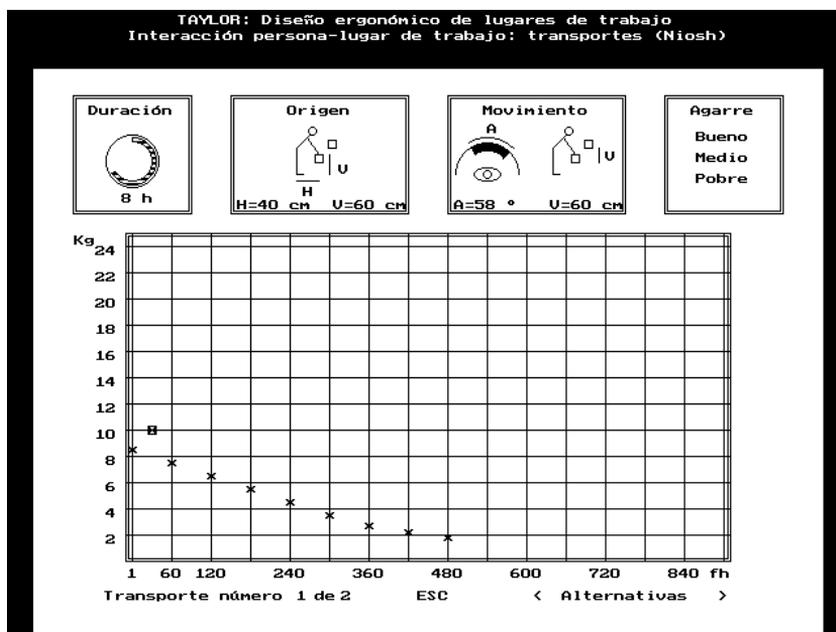


Fig. 9.8 Operación de carga fuera del límite de NIOSH

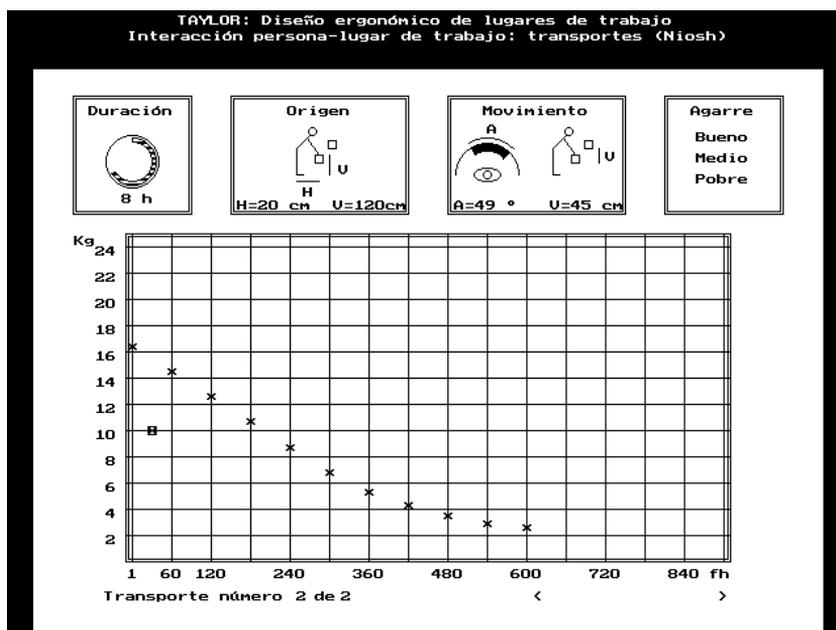


Fig. 9.9 Operación de descarga dentro de los límites

Con este análisis se puede comprobar que mientras el mando, el DIV, y el proceso de descarga están correctamente implementados, el esfuerzo de la palanca, el giro de abducción y el proceso de carga están mal diseñados. Para ello el programa nos ofrece las soluciones y alternativas que nos permiten optimizar todo el proceso.

### 9.3 Alternativas de TAYLOR a los problemas detectados

En el campo de los esfuerzos, según AFNOR, hay dos posturas que permiten realizar este esfuerzo: sentado con apoyapiés o de pie con dos manos. Pero para hacer compatible esta solución con el transporte de cargas analizado por NIOSH (sólo válido para posturas de pie), nos vemos obligados a utilizar la solución de AFNOR que contempla la postura de pie y actuando con dos manos.

La intervención consistiría en un rediseño de la palanca que obligaría al operario a trabajar con las dos manos.

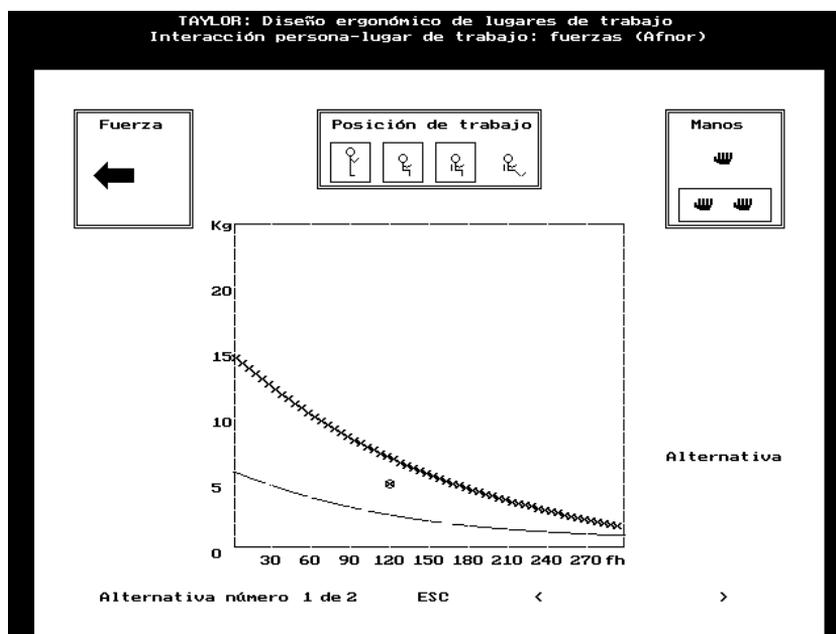


Fig. 9.10 Abaco de AFNOR con la solución al problema de solicitud de fuerza

Para el volante tenemos que actuar buscando que el valor máximo exigido sea el mínimo admisible, que pueda realizarse indistintamente en abducción y adducción, ya que si uno de estos momentos de giro queda fuera de rango invalidaría el diseño. Siempre el esfuerzo limitante es el de adducción (por su penosidad); no obstante, debemos observar el proceso de producción y procurar colocar siempre los volantes para que el operario realice los giros en abducción (más fácil), y con su mano dominante.

En el proceso de carga la solución pasa por el rediseño de las alturas de los planos de trabajo. No podemos actuar sobre el plano de la máquina ya que implicaría cambiar todo el sistema, luego debemos actuar sobre la altura del plano de la cinta de aprovisionamiento. Un rediseño óptimo contemplaría subir la cinta 10 centímetros y reducir el movimiento de rotación del raquis unos 10°.

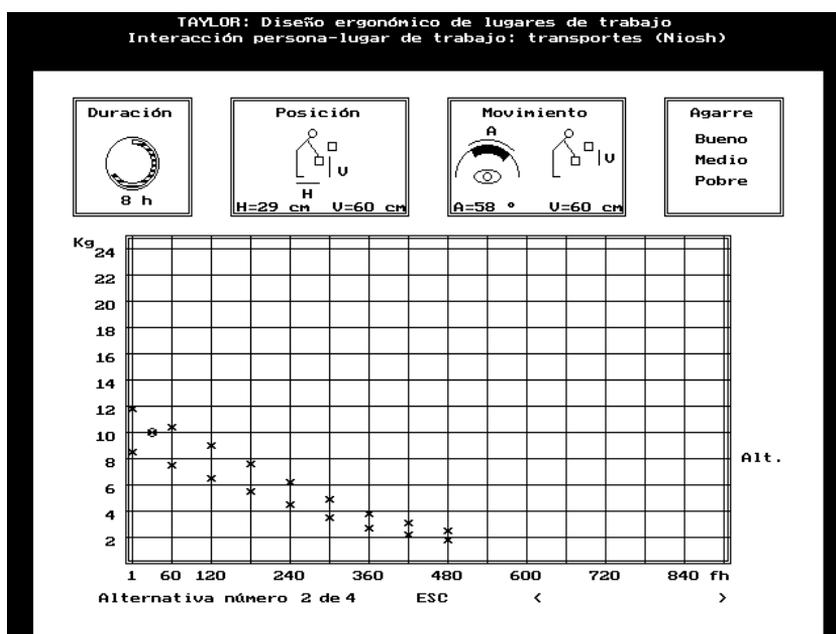


Fig. 9.11 Iteración de las variables de NIOSH hasta encontrar la solución óptima

Como es evidente, realizar toda esta matemática de los diferentes métodos (AFNOR, REFA, NIOSH, ISO, Maximín) para diseñar PP.TT. sin un sistema informatizado es una tarea inviable, ya que requeriría combinar los cálculos de todos y cada uno de los métodos para todas y cada una de las tareas. Luego la matriz de cálculo convertiría el proceso matemático en un trabajo dantesco.

Por otro lado, si sólo utilizáramos un macroprograma de cálculo que tuviera enquistados los diferentes algoritmos de estos métodos, las soluciones encontradas tendrían que llevarse a la práctica para poder optimizar el monto de soluciones. Y es ahí precisamente donde TAYLOR gana claramente la partida, ya que no sólo nos aporta las soluciones matemáticas, sino que además nos ofrece las posibles iteraciones y alternativas, y una visión gráfica del problema, lo que permite al proyectista despreocuparse de soluciones numéricamente correctas, pero no aplicables en la práctica (mandos superpuestos a zonas de trabajo, esfuerzos fuera de alcance, posiciones forzadas, etcétera) y rescatar otras soluciones que estarían en el borde aceptable del puro cálculo matemático.

## 10 Soporte informático TAYLOR (hecho a medida)

### 10.1 Simulación y diseño de PP.TT.

El Departamento de Proyectos de Ingeniería de la Universitat Politècnica de Catalunya conjuntamente con Mutua Universal han desarrollado una metodología de trabajo para el análisis y diseño ergonómico de PP.TT. que se ha concretado en la creación de un soporte informático, el programa TAYLOR 1.0.

Para conseguir los objetivos de realizar proyectos de diseño y de corrección de los diferentes PP.TT. se ha diseñado TAYLOR estructurado en cinco campos: gestión, persona, lugar de trabajo, antropometría e interacción, correspondiente cada uno de ellos a una de las problemáticas existentes en la concepción de los PP.TT.

Las áreas persona y lugar de trabajo son los *inputs* del programa, los datos necesarios para trabajar, mientras que antropometría e interacción hacen el tratamiento de toda esta información, dando los resultados según cada método, criterio o norma utilizados.

El orden de las operaciones que se deban realizar dentro del programa refleja la operativa habitual del ergónomo en el tratamiento de esta clase de problemas: recogida de los datos, tanto de personas como del puesto que se quiera estudiar, operar por separado los datos, y una última etapa de interacción, lo cual o bien nos permitirá diseñar el área de actividad y las diferentes tareas a realizar, o bien nos suministrará aquellas alternativas coherentes a la problemática ocasionada por el PP.TT.

La primera necesidad a cubrir en la creación de una metodología de trabajo propia es la de poder acceder a una base de datos suficientemente flexible para manejar con soltura toda la información de personas y lugares de trabajo que tengamos.

La información necesaria referente a la persona se ha reducido a veinte medidas antropométricas relevantes, que cubren gran parte de los proyectos de diseño de PP.TT. La persona objeto del estudio puede englobar en ella un solo individuo, un grupo o una población, en el segundo y tercer casos es lo que hemos dado en denominar Maximín.

En primer lugar, se hace una descripción geométrica del puesto de trabajo para la posterior evaluación del mismo, cruzando esta descripción con los datos "geométricos de la persona". Al disponer de la información antropométrica de los trabajadores, podemos evaluar los siguientes campos: alcance, visión, fuerzas, momentos, transportes y mobiliario.

Para la fase previa de diseño (ergonomía preventiva) se han informatizado los diferentes criterios, normas y métodos, con la máxima flexibilidad posible para facilitar la tarea de iteración. De esta forma el ergónomo puede prescribir diferentes soluciones siempre teniendo en cuenta la persona, personas o población para la que se elabora el diseño.

Finalmente, previa definición de la "persona" y especificación del lugar de trabajo, se permite el cruce de datos, la interacción matricial PERSONA/LUGAR DE TRABAJO, detecta en cada una de las variables, los problemas y presentar las alternativas o soluciones típicos de la ergonomía correctiva..

## 10.2 Opciones de la demostración

### 10.2.1 Base de datos antropométricos con Taylor 1.0

En esta primera opción de la demostración del programa TAYLOR se ofrece la posibilidad de mantener actualizada una base de datos de medidas antropométricas.

Como ya se ha descrito en la parte teórica del libro, tener unos datos fidedignos de las medidas antropométricas de la población laboral para la que estamos diseñando el PP.TT. es crucial, ya que por un lado nos permite avanzar en la aplicación de la ergonomía a todos los niveles relacionados con la configuración de las tareas, y por otro posibilita el generalizar la metodología de corte ergonómico a los diferentes departamentos de la organización.

A continuación presentamos el capítulo de ayuda que incluye el programa referente al manejo de la base de datos y a la utilización de la página de estadística.

El *menú gestión* permite crear, actualizar y ampliar todos los archivos.

**Nuevo (n):** crea dos ficheros \*.per y \*.lt, en la dirección y nombre indicados. Si sólo se indica el nombre, el fichero se salvará en el directorio de trabajo. El fichero \*.per contiene los datos antropométricos correspondientes a la empresa y a las personas, individualizadas o en forma de población (medias y desviaciones), mientras que \*.lt contiene información referente a los lugares de trabajo.

NOTA: en esta demostración el usuario sólo tiene acceso a los ficheros individualizados. Por esto omitiremos lo referente a los otros ficheros.

**Abrir (b):** abre los ficheros \*.per y \*.lt, salvados en la dirección indicada. Si sólo se indica el nombre, el fichero se buscará en el directorio de trabajo.

**Actual (c):** da acceso al fichero abierto.

**Ampliar personas (p):** permite añadir al fichero \*.per abierto si tiene estructura individualizada.

**Salir (s):** finaliza el trabajo con TAYLOR.

El menú individualizado ofrece todas las opciones de trabajo con el fichero abierto.

**F2 Ficha:** muestra la ficha de identificación de la empresa. Consta de cinco campos de información general.

**F3 Lista personas:** ofrece el sexo, la edad y las medidas antropométricas de todas las personas seleccionadas.

**F4 Lista individualizada:** muestra la ficha y las medidas antropométricas de todas las personas seleccionadas.

**F5 Lista de lugares de trabajo:** ofrece la ficha y permite el acceso a todos los lugares seleccionados.

**F6 Selección:** permite seleccionar las personas y los puestos de trabajo en función de diversas variables. Las personas pueden seleccionarse por el sexo (h: hombres; m: mujeres; t: todos), edad mínima (16), edad máxima (65) y/o lugar de trabajo. Los lugares de trabajo pueden seleccionarse por su nombre y/o departamento.

El *menú antropometría* ofrece los resultados estadísticos, si hay un fichero abierto, y los antropométricos si se ha realizado el diseño.

**Estadística:** muestra los valores máximo, mínimo, media, desviación tipo y horquilla de percentil, del conjunto seleccionado si hay un fichero abierto o la persona activa correspondiente a la población. Se da acceso a la selección (F6) y al menú de percentiles (F7).

## 10.2.2 Ejemplos con casos prácticos con Taylor 1.0

Para explicar y visualizar todas las posibilidades del programa TAYLOR, se ha estructurado una demostración con tres casos que describen distintas situaciones que se dan habitualmente en los puestos de trabajo.

A continuación se enuncian los tres casos y se hace un seguimiento comentado de la demostración.

### **Caso 1: Sala de control**

Este primer caso plantea el estudio de un operador en la sala de control de una industria química.

Este trabajador, tiene una jornada laboral continua de 8 horas. Su tarea consiste en el seguimiento, a través de monitores, del estado de los diferentes equipos y del proceso en general de una línea de producción. Algunas irregularidades las puede corregir él directamente y para otras debe avisar a mantenimiento. Por último tiene acceso a la alarma de seguridad de la planta.

Para ello se encuentra en la sala de control que consiste en unos pupitres, que tienen incorporados el teclado y el monitor, con una silla con intervalo de ajuste para la altura.

El plano de trabajo en el cual está situado el teclado se encuentra inclinado y por encima del borde de la mesa.

La información a través de los monitores consiste en un diagrama del proceso, con la descripción de los diferentes equipos (bombas, compresores, etc.) a través de las variables que los definen.

El botón de alarma consiste en un mando tipo "seta".

A lo largo del día puede realizar otras tareas de oficina.

El operario se queja frecuentemente de dolores en las vértebras cervicales.

### Seguimiento

Inicio	"Entramos en la gestión de ficheros para recuperar los datos"
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• "Abrimos el fichero para leer los datos". Tanto los datos antropométricos de los trabajadores como la descripción de los distintos lugares de trabajo se pueden almacenar en un archivo.</li> <li>• "No modificamos la ficha y continuamos". Como identificación de cualquier archivo existe una ficha de datos genéricos.</li> <li>• "Veamos los datos de esta persona". Toda persona se define en el programa con veinte medidas antropométricas relevantes y una ficha personal para hacer estudios sectoriales.</li> </ul>
ESC	"Listamos el lugar de trabajo". Un fichero puede almacenar todos los puestos de trabajo de una empresa.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al igual que las personas existe una ficha de datos genéricos.</li> </ul>
INT	Un solo puesto de trabajo puede incluir puntos o zonas de alcance, dispositivos visuales, esfuerzos, manutención manual y el mobiliario utilizado.
Letra código	Cada campo se define por diversas variables, siendo común la localización espacial para el análisis dimensional del puesto. En el caso de DIV's se pide además las características del carácter alfanumérico.

ESC

ESC

"Salimos de la gestión para hacer el diseño"

- "Salimos de la gestión para hacer el diseño"
- "Entramos en el menú de la persona". En esta área se puede hacer todo el tratamiento de los datos de las personas.
- "Haremos el diseño para esta persona". En este caso, como se trata de un solo individuo, la persona resultante para el análisis posterior coincidirá exactamente con el individuo aquejado.
- "Lo hacemos según el criterio de individuo"
- "Operamos"
- "*Diseño realizado*"
- "Salimos del menú persona para ver el puesto trabajo"
- "Entramos en el menú del lugar para visualizar la especificación". Al igual que en el menú persona, desde aquí se puede acceder a cualquier variable de cualquier puesto de trabajo.
- "Veamos el gráfico esquemático del lugar de trabajo". Toda la especificación del lugar de trabajo se puede visualizar gráficamente a través de iconos.
- "Escogemos la vista de perfil". Las presentaciones gráficas se ofrecen en las tres vistas: planta, alzado y perfil.
- "Salimos del lugar de trabajo"
- "Para diseñar, en antropometría tenemos los resultados". Se presentan resultados estadísticos y antropométricos. Como sólo hay un individuo no tiene sentido entrar en los estadísticos; pasemos directamente a los antropométricos.
- "Los resultados antropométricos". Los resultados ofrecidos son criterios, métodos o normas internacionales.
- "Los mapas zonales de alcance función del confort". A través de una codificación de colores se presentan las zonas isoconfortables de alcance.
- "Escogemos la vista en alzado"
- "Salimos de los resultados de alcance". El origen de coordenadas situado en los pies del operario es relativo y modificable.
- "Las zonas óptimas de visión". Para el estudio de la colocación de los DIV se han informatizado dos normas europeas.
- "Escogemos la normativa AFNOR". En función del tamaño del carácter ofrece la distancia máxima a la que se puede situar el DIV y el nivel de confortabilidad en función de la inclinación del plano que lo contenga.
- "Escogemos la vista en perfil"
- "Podemos acceder a cualquier variable e iterar". En esta fase de diseño, todas las variables de todos los métodos son accesibles para facilitar los procesos iterativos.
- "*Altura carácter: 5 mm*". Podemos ver que al aumentar el tamaño del carácter es posible situar los DIV a una distancia mayor.
- "Abandonamos el método AFNOR"
- "Salimos de los resultados de visión"
- "Salimos de los resultados para analizar nuestro problema"
- "Cruzaremos nuestro puesto y la persona aquejada". Si en lugar de diseñar, analizamos

un puesto en concreto, podemos cruzar los resultados con la especificación del lugar de trabajo.

- "La interacción de alcance es:"
- "Escogemos la vista en alzado". La sobreposición de los iconos sobre los resultados permite detectar directamente los problemas existentes.
- "Salimos de la interacción de alcance"
- "El análisis de visión..."
- "...en la normativa ISO..."
- "...y en planta es:". Al igual que en la interacción de alcance, al cruzar especificación del puesto y resultados es posible detectar problemas y plantear soluciones.
- "Salimos de la interacción de visión"
- "La interacción de mobiliario es:"
- "Escogemos la vista en perfil". Ahora en rojo aparecen las cotas de nuestro mobiliario que no son correctas.
- "Salimos de la interacción de mobiliario"

Fín

## Caso 2: Esfuerzos en cadena de montaje

En este segundo ejemplo nos planteamos el estudio de diferentes esfuerzos en una cadena de montaje.

Los distintos puestos de una línea de producción son cubiertos a tres turnos por un total de 17 operarios. Se ha detectado un nivel de absentismo laboral mayor entre los trabajadores que cubren el puesto número 3.

Los operarios trabajan de pie y el ritmo de la cadena le obliga a realizar las operaciones asignadas en medio minuto.

### Seguimiento

- |                     |  |
|---------------------|--|
| Inicio              | "Entramos en la gestión de ficheros para recuperar los datos"  |
| •                   | "Abrimos el fichero para leer los datos". El archivo creado tiene estructura de empresa, es decir, por un lado los operarios y por el otro los puestos de trabajo; un campo en común permite correlacionarlos. |
| •                   | "No modificamos la ficha y continuamos". Como identificación de cualquier archivo existe una ficha de datos genéricos.   |
| •                   | "Listamos todo el fichero con los datos antropométricos". Las personas se pueden listar de forma conjunta o individualmente.   |
| Cursor<br>Av/Re Pág | Con el cursor y el avance/retroceso de página podrá ver todas las personas del fichero.  |
| ESC                 | "Seleccionamos el subgrupo conflictivo". Para hacer estudios sectoriales hay cinco variables de selección. En nuestro caso escogemos las que trabajan en el puesto nº3.  |

- "Listamos las personas del subgrupo individualmente". Ahora podemos ver de forma individual las personas que pasan por este puesto.
- Av/Re Pág Con el avance/retroceso de página podemos ver los datos completos de todos ellos.
- ESC "Listamos los lugares de trabajo seleccionados"
- 
- INT
- Letra código Para definir un esfuerzo (fuerza o momento), se pide el valor, la dirección y el sentido, la localización, el número y la posición de las manos, el tiempo de esfuerzo, el ciclo de fuerza y la frecuencia horaria.
- ESC
- ESC "Salimos de la gestión para hacer el diseño"
- "Entramos en el menú de la persona"
  - "Haremos el diseño para las personas del puesto 3"
  - "Lo hacemos según el criterio de grupo". Con este criterio se configurará nuestro Maximín, escogiendo para cada medida antropométrica el valor máximo o mínimo del grupo.
  - "Operamos". Con este paso el programa calcula Maximín según el criterio y las variables de selección.
  - "*Diseño realizado*"
  - "Salimos para ver la 'persona' resultante"
  - "La 'persona' actual es la resultante del diseño". Esta persona es la que nos resume los condicionantes antropométricos de todo el grupo y para la cual diseñaremos.
  - "Con esta 'persona' trabajaremos a partir de ahora"
  - "Salimos del menú persona para ver el puesto de trabajo"
  - "Entramos en el menú del lugar para visualizar la especificación"
  - "Veamos el gráfico esquemático del lugar de trabajo"
  - "Escogemos la vista de planta"
  - "Salimos del lugar de trabajo"
  - "Para diseñar, en antropometría tenemos los resultados"
  - "Tenemos los resultados estadísticos".
- F7 Podemos escoger la horquilla de percentil que deseemos.
- Cursor
- INT En el diseño para un grupo se trabaja con los máximos y mínimos de cada medida.
- ESC
- ESC "Y los resultados antropométricos"
- "Para evaluar esfuerzos se han informatizado reconocidos métodos"
  - "Según el caso utilizaremos uno u otro. Cojamos el AFNOR". En función de la dirección y sentido de la fuerza, la posición y el mobiliario y el número de manos, nos da la curva Newtons/Frecuencia horaria. Se presentan también los valores 50%, 75% y 90% del esfuerzo para facilitar los estudios.
  - "Podemos acceder a cualquier variable e iterar"
  - "*Número de manos (1 ó 2)*:". Se aprecia como si se utilizan dos manos es posible realizar más esfuerzo cuando se está de pie.

- "Abandonamos el método AFNOR"
- "Abandonemos el estudio de las fuerzas"
- "Estudiem los momentos o giros solicitados"
- "Según el caso utilizaremos uno u otro. Cojamos el Refa-Siemens"
- "Escogemos la vista en planta". Este método nos presenta, con zonas posicionadas en el espacio, el esfuerzo que podemos realizar.
- "Podemos acceder a cualquier variable e iterar"
- "*Altura (1 ó 2)*:". Este método es el único que tiene en cuenta las medidas antropométricas en el estudio de esfuerzos.
- "Abandonamos el método Siemens-Refa"
- "Salimos del estudio de los momentos"
- "Salimos de los resultados para analizar nuestro problema"
- "Cruzaremos nuestro puesto y el subgrupo escogido". Para cada esfuerzo especificado en el puesto de trabajo se calcula el valor máximo según cada método.
- "La interacción de fuerzas..."
- "...según AFNOR...". Podemos ver cómo el valor de la fuerza 'y' que ejerce nuestro operario, que trabaja de pie, con una sola mano y con una frecuencia de n veces por hora, se encuentra por encima del límite permitido según la norma AFNOR.
- "TAYLOR nos da las alternativas posturales". El programa calcula, según las variables consideradas por este método, las posibles soluciones.

Cursor Si hay más de una solución, se ofrecen todas ellas.

ESC

- "Abandonamos el método AFNOR"
- "Abandonemos el estudio de las fuerzas"
- "Analicemos el momentos o giro solicitado..."
- "...según Siemens..."
- "...y en planta". El esfuerzo en concreto analizado se puede presentar de tres formas:
  - azul: correcto, se puede ejercer.
  - amarillo: el punto de aplicación está dentro de la zona de alcance pero en una posición donde no se puede ejercer este par.
  - rojo: el punto de aplicación está fuera del alcance confortable de la persona.
- "TAYLOR nos da las alternativas posicionales". Si existen, el programa nos busca las zonas del espacio donde este esfuerzo se pueda realizar y nos las marca con un punto azul.

Cursor

ESC

- "Abandonamos el método Siemens"
- "Abandonemos el estudio de los momentos"

Fín

### Caso 3: Levantamiento manual de cargas

Finalmente planteamos el estudio de los mozos de almacén de una cadena de supermercados.

#### Seguimiento

- Inicio "Entramos en la gestión de ficheros para recuperar los datos"
- "Abrimos el fichero para leer los datos". El fichero de personas puede tener estructura individual, cuando conocemos las medidas antropométricas de cada uno de ellos, o poblacional, cuando nuestra información se reduzca a la media y a la desviación tipo de cada medida.
  - "Listamos las medias antropométricas de la población..."
  - "... y las desviaciones estándar de cada una de ellas."
  - "Salgamos de los datos antropométricos"
  - "Listamos los lugares de trabajo seleccionados"

INT

Letra código En este ejemplo sólo hay descritos transportes manuales de carga, para los que se indica la masa, el origen y final, el número y la posición de las manos, la calidad del agarre, los tiempos de esfuerzo y el ciclo de fuerza y la frecuencia.

ESC

- ESC "Salimos de la gestión para hacer el diseño"
- "Entramos en el menú de la persona"
  - "Haremos el diseño para esta población."
  - "Lo hacemos según el criterio de población"
  - "Operamos". Ahora las medidas de Maximín se calcularán a partir de las medias y desviaciones tipo y en función del percentil escogido.
  - "*Diseño realizado*"
  - "Salimos para ver la 'persona' resultante"
  - "La 'persona' actual es la resultante del diseño". Esta persona es la que nos resume los condicionantes antropométricos de todo el grupo y para la cual diseñaremos.
  - "Con esta 'persona' trabajaremos a partir de ahora"
  - "Salimos del menú persona para ver el puesto de trabajo"
  - "Entramos en el menú del lugar para visualizar la especificación"
  - "Veamos el gráfico esquemático del lugar de trabajo"
  - "Escogemos la vista de perfil". En los transportes de cargas manuales se codifican por colores las parejas inicio - final.
  - "Salimos del lugar de trabajo"
  - "Para diseñar, en antropometría tenemos los resultados"
  - "Tenemos los resultados estadísticos". Al tratarse de un fichero poblacional no aparecen máximos y mínimos, sino sólo las medias y desviaciones.

F7

Podemos escoger la horquilla de percentil que deseemos.

Cursor

INT

ESC

- ESC "Y los resultados antropométricos"
- "Estudiamos los transportes o manutención manual"
  - "Según el caso utilizaremos uno u otro. Cojamos el REFA". En función de las cotas de agarre y parámetros temporales y físicos, nos ofrece la curva kilo/frecuencia máxima permitida.
  - "Podemos acceder a cualquier variable e iterar". Si disminuimos la cota del agarre inferior, el operario podrá levantar menos kilos.
  - "*Altura agarre inferior (cm):*"
  - "Abandonamos el método REFA"
  - "Abandonamos el estudio de los transportes"
  - "Salimos de los resultados para analizar nuestro problema"
  - "Cruzaremos nuestro puesto y nuestra población"
  - "La interacción del transporte manual solicitado..."
  - "...con el método NIOSH es:". Vemos en la gráfica como nuestro caso está por encima del límite permitido.
  - "TAYLOR nos ofrece las posibles alternativas". El programa calcula distintas alternativas: optimización global y modificación individual de cada cota hasta encontrarnos dentro del límite permitido.
- Cursor
- ESC
- "Abandonamos el método NIOSH"
  - "Abandonamos el estudio de los transportes"

Fín

### 10.2.3 Secuencia de Taylor 2.0

A través de una serie de pantallas podrá observar las nuevas opciones que ofrece la versión 2.0 de TAYLOR.

## 10.3 Otras utilidades de TAYLOR 2.0

Como cualquier programa informático TAYLOR está sometido a un proceso de mejora, de ahí que en la última revisión que ha sufrido permita realizar otras funciones básicas en el diseño y rediseño de PP.TT., que no habían sido contempladas en la versión 1.0.

La posibilidad de trazar un esquema unifilar articulado del operario y de los planos de trabajo y lugares en que se han de situar las cargas ha sido un avance considerable, ya que de esta forma el

ergónomo puede, en cualquier momento, seguir visualmente el recorrido de la carga y las diferentes posturas por las que pasará el trabajador.

De este modo, se nos presenta una visión secuenciada y clara del recorrido que debe realizar el operario, y no un cliché momentáneo y radiográfico del operario interaccionando con la carga. Al poseer una visión de todas y cada una de las posturas que se deberán desarrollar en el traslado de cargas, el desplazamiento del operario, la colocación de la persona con respecto a sus planos de actividad, etc. y apoyándonos en la visualización del PP.TT. mediante la función de video del programa, podremos, como proyectistas, salvar las dificultades intrínsecas que requerirían determinadas tareas a desarrollar, ya sea por los tipos de posturas exigidos, o por los ángulos a que se verían sometidas diferentes articulaciones, por cualquier otro tipo de error que pudiéramos cometer en la etapa proyectual, y que una vez implementado haría incompatible la persona con el PP.TT., o rebajaría el bienestar del sujeto y/o la productividad del sistema.

Por último, recordar que al interaccionar esfuerzos, alcances, posturas y ángulos de las extremidades y columna, etc., con los espacios de actividad, podemos, por ejemplo, en la fase de ergonomía preventiva, cambiar distribuciones en planta, seleccionar diversos tipos de mobiliario, recortar recorridos, bajar o subir planos de trabajo, etc. De esta forma, el ergónomo posee una herramienta eficaz con la que ahorrar tiempo, trazar distintas alternativas, y modelar el problema en la etapa de diseño teórico, antes de pasar a acotar el proyecto, ya que cualquier cota que coloquemos en un plano es, sin duda, una solicitud de requerimientos psicofísicos de los operarios, y el mínimo desliz que cometamos en la fase proyectual repercutirá negativamente en la concepción de los puestos de actividad de las personas, y reducirá su calidad de vida laboral, que contagiará negativamente la productividad del sistema.

## Bibliografía

Afnor. *Ergonomie*. Paris, France. 1991.

American Industrial Hygiene Association (Sección Española). *Valores límite e índices biológicos de exposición*, Ed. Ronda S.A., Valencia, 1994-95.

Applied Ergonomics Handbook. *IPC Science and Technology Press*, Ltd. Surrey. U.K. 1977.

Arnheim, R. *Arte y percepción visual*. Alianza Forma. Madrid. 1984.

Argyle, M. *The social psychology of work*. Penguin Books. London. 1990.

Astrand, P.-O. & Rodahl, K. *Textbook of Work Physiology*. Mac Graw Hill. New York. 1986.

Atlas Copco. *Ergonomic tools in our time*. Tryck. Stockholm. 1988.

Bailey, R. *Human Performance Engineering*. Prentice Hall. New Jersey. 1989.

Barney, L.V. *Biomecánica del movimiento humano*. Trillas. México, D.F. 1991.

Biewener, A.A. *Biomechanics structures and systems*. IRL Press at Oxford University. Oxford. 1992.

Calle, J.A. *Sistema nervioso y sistemas de información*. Pirámide. Madrid. 1977.

Castejón, E. *NTP-74: Confort térmico. Método de Fanger para su evaluación*, Ed. Servicio Social de Higiene y Seguridad del Trabajo, Barcelona, 1983.

Cazamian, P. *Tratado de Ergonomía*. Octarés. Madrid. 1986.

Clark, T.S & Corlett, E.N. *La ergonomía de los lugares de trabajo y de las máquinas*. Fundación Mutua General. 1991.

- Community Ergonomics Action. *Ergonomics Glossary*. CECA. Luxembourg. 1982.
- Creus, A. *Fiabilidad y Seguridad. Su aplicación en procesos industriales*. Marcombo Boixareu Editores. Barcelona. 1992.
- Damon, Stoudt & McFarland. *The human body in equipment design*. Harvard University Press. USA. 1971.
- Donskoi, D y Zatsiorski, V. *Biomecánica de los ejercicios físicos*. Editorial Raduga. Moscú. 1988.
- Eastman Kodak Company, Human Factors Section. *Ergonomic Design for People at Work, (Volumen 1-2)*. Lifelong Learning Publications. Belmont, CA. 1983.
- Fanger, P.O. *Thermal comfort*. McGraw-Hill. New York. 1972.
- Frazier, T.M. *The worker at work*. Taylor & Francis. London. 1989.
- Grandjean, E. *Fitting the Task to the Man*. Taylor & Francis. London 1988.
- Grandjean, E. *Precis d'Ergonomie*. Les éditions d'organisation. París. 1985.
- Guyton, A. *Tratado de fisiología médica*. Interamerican-McGraw-Hill. 1993.
- Ganong, W.F. *Manual de fisiología médica. El manual moderno*. México, D. F. 1971.
- Hurrell, J, Murphy, L and others. *Occupational Stress Issues and developments in research*. Taylor & Francis. London. 1988.
- Institute of Occupational Health. *OWAS*. Helsinki, 1992
- International Organization for Standardization. *ISO 7243: Hot Environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (Wet Bulbe Globe Temperature)*, 1989.
- International Organization for Standardization. *ISO 7730: Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*, 1984.
- International Organization for Standardization. *ISO 7933: Hot Environments - Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate*, 1989.
- International Organization for Standardization. *Projet de Norme Internationale ISO 8996: Ergonomie - Détermination du métabolisme énergétique*, 1987.

- Invergard, T. *Handbook of Control room design and Ergonomics*. Taylor & Francis. London. 1989.
- Kapandji, I.A. *Cuadernos de fisiología articular*. Toray Masson. Barcelona.
- Kirwan, B. *A Guide to practical human reliability assessment*. Taylor & Francis. London. 1994.
- Kletz, A. *An engineer's view of human error*. The Institut of Chemical Engineers. Warwickshire. 1987.
- Köhler, W. *Psicología de la configuración*. Morata. Madrid. 1967.
- Laborda, R. y Velasco, J. *Valoración higiénica de contaminantes químicos en el medio laboral*. APA. San Sebastián. 1996.
- Lehmann, G. *Fisiología práctica del trabajo*. Aguilar. Madrid 1960.
- Ley 31/1995 (8nov). *Ley de prevención de riesgos laborales*. APA. San Sebastián. 1996.
- Normativa de Desarrollo:*
- REAL DECRETO 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- REAL DECRETO 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo
- REAL DECRETO 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- REAL DECRETO 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y Salud relativas al trabajo con equipos que incluye pantallas de visualización.
- REAL DECRETO 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- REAL DECRETO 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- REAL DECRETO 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

REAL DECRETO 1216/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo a bordo de los buques de pesca.

- Lomov, B. Venda, V. *La interrelación Hombre-Máquina en los sistemas de información*. Moscú: Edit. Progreso, 1983.
- Lupton, T. *Human Factors*. IFS (Publications) Ltd. Bedford U.K. 1986.
- Luria, A.R. *Sensación y percepción*. Editorial Fontanella. Barcelona. 1978.
- Marieb, E.N. *Human anatomy and physiology*. Benjamin / Cummings Company. Wokingham U.K. 1989.
- Mayo, E. *Problemas humanos de una civilización industrial*. Galatea - Nueva Visión. Buenos Aires. 1959.
- Mital, A. *Trends in Ergonomics*. Amsterdam. Elsevier, 1984
- Mital, A. Nicholson, A.S y Ayoub, M. M. *Manual materials handling*. Taylor & Francis. London, 1993.
- Mondelo, P. Gregori, E. y Barrau, P. *Fundamentos de ergonomía*. Barcelona. UPC-Mutua Universal, 1994.
- Mondelo, P. Gregori, E. Comas, S. y Castejón, E. *Confort y estrés térmico*. Barcelona.: UPC-Mutua Universal, 1995.
- Mondelo, P. Gregori, E. *La ergonomía en la ingeniería de sistemas*. Madrid. Isdefe. 1996.
- Murell, K.F.H. *Ergonomics*. Chapman and Hall. London. 1986.
- Nordin, M & Frankel, V.H. *Basic biomechanic of the musculoskeletal system*. Lea & Febiger. USA. 1989.
- NIOSH. *Ecuaciones para el diseño y evaluación de las tareas de levantamiento manuales*. USA.1991.
- Oborne, D.J. *Ergonomía en acción*. Trillas. México, D. F. 1987.
- Palastanga, N. Field, D & Soames, R. *Anatomy and Human movement*. Butterworth-Heinemann Ltd. Avon U.K. 1994.
- Panero, J y Zelnik, M. *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. Gustavo-Gili. Barcelona. 1979.

- Parsons, K.C. *Human thermal environments*, Ed. Taylor & Francis, Londres, 1993.
- Pheasant, S. *Bodyspace. Anthropometry, Ergonomics and Design*. Ed. Taylor & Francis, Londres, 1988.
- Putz-Anderson, V. *Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs*. Taylor & Francis. London. 1988.
- REFA. *Estructuración del trabajo (Tomo I)*. Editorial librería Mitre. Buenos Aires. 1982.
- Rodahl, K. *The Physiology of Work*. Taylor & Francis. London. 1989.
- Sachs, S. Teichert, H-J. y Rentzsch, M. *Ergonomische Gestaltung mobiler Maschinen*. Landsberg.1993.
- Sanders, M.S & McCormick, E.J. *Human Factors in Engineering and Design*. 6th Edition. New York: McGraw-Hill Book Company, 1987.
- Scherrer, J. *Précis de Physiology du Travail*. Masson. Paris. 1981.
- Siemens. *Ergonomía y ergotecnia*. Siemens. Erlangen. 1985.
- Sperandio, C. *L'Ergonomie du travail mental*. Paris: Masso, 1981.
- TCO. *Screen Facts*. Swedish. 1991.
- Tichauer, E.R. *The Biomechanical Basis of Ergonomics*. New York: Wiley-Interscience, 1978.
- UAW-Ford. *Implementation Guide. Fitting jobs to people*. UAW-Ford National Joint Committee on Health and Safety.
- Universidad de Surrey. *Niveles límite de fuerza para trabajos manuales*. APA. SAn Sebastian. 1981.
- Warr, P. *Ergonomía aplicada*. Trillas.México, D.F. 1993.
- Weiner. J. *Handbook of ergonomic and Human Factors tables*. Prentice Hall. New Jersey. 1993.
- Weiner. J. *Research techniques in human engineering*. Prentice Hall. New Jersey. 1994.
- Wilson, J.R & Corlett, E.N. *Evaluation of human work: A practical ergonomics methodology*. London: Taylor & Francis, 1990.
- Woodso, W.E. *Human Factors design handbook*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1981.
- Zinchenko, V. Munipov, V. *Fundamentos de Ergonomía*. Editorial Progreso. Moscú. 1985.