

# Ergonomía



MINISTERIO  
DE TRABAJO  
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL  
DE SEGURIDAD E HIGIENE  
EN EL TRABAJO





# Ergonomía

**QUINTA EDICIÓN ACTUALIZADA**

**Autores:**

Manuel BESTRATÉN BELLOVÍ  
Ana HERNÁNDEZ CALLEJA  
Pablo LUNA MENDAZA  
Clotilde NOGAREDA CUIXART  
Silvia NOGAREDA CUIXART  
Margarita ONCINS DE FRUTOS  
M<sup>a</sup> Dolors SOLÉ GÓMEZ

Centro Nacional de Condiciones de Trabajo - INSHT

**Ilustraciones:**

Enric MITJANS TALÓN

Centro Nacional de Condiciones de Trabajo - INSHT

**Diseño:**

Guillermo LATORRE ALCOVERRO

Centro Nacional de Condiciones de Trabajo - INSHT

**Coordinación:**

Silvia NOGAREDA CUIXART

Centro Nacional de Condiciones de Trabajo - INSHT

La ilustración que aparece en la cubierta de este libro pertenece a la obra *De Re Metallica* de editorial Casariego que, gentilmente, nos ha permitido su reproducción.

**Edita:**

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo  
Torrelaguna, 73 - 28027 MADRID

**Imprime:**

Servicio de Ediciones y Publicaciones - INSHT

Depósito Legal: M-36110-2008  
I.S.B.N.: 978-84-7425-753-3  
N.I.P.O.: 792-08-005-1  
FD-2221

# Presentación



La Asociación Internacional de Ergonomía ha definido la Ergonomía como la disciplina científica relacionada con las interacciones entre las personas y otros elementos del sistema y la profesión que aplica la teoría, los principios, los datos y los métodos disponibles al diseño, de cara a optimizar el bienestar humano y el rendimiento de los sistemas.

En la actualidad la Ergonomía está en fase de franca expansión. Ello se debe a la importancia creciente que en los últimos años se ha ido dando a estos temas debido al incremento sustancial de los daños derivados por trastornos musculoesqueléticos, hasta llegar a que la palabra «Ergonomía», antes un vocablo de poco uso, haya pasado a formar parte del vocabulario habitual en todos los ámbitos, incluso más allá del laboral .

Nadie discute hoy en día la necesidad de tener en cuenta a la persona a la hora de concebir los puestos de trabajo a fin de conseguir un diseño correcto que minimice los riesgos debidos a unas condiciones de trabajo no adecuadas, complementariamente a los riesgos de accidente y enfermedad profesional. Los avances en la Ergonomía suponen no sólo centrar el diseño en aspectos de la persona, sino la visión global de los entornos de trabajo. Ello implica la consideración de todo lo que pueda afectar a la salud, o sea la búsqueda de una interrelación equilibrada entre los aspectos personales, del entorno ambiental, organizativos y, por supuesto, de la tarea que se realiza.

A pesar de que el texto de Ergonomía era de reciente edición, los cambios normativos, especialmente la norma relativa a la estimación de los esfuerzos físicos, han hecho aconsejable su revisión y actualización, en esta nueva edición.

La publicación que aquí se presenta incluye una visión actualizada de los diversos temas incluyendo los aspectos ergonómicos referidos a tareas, herramientas, cargas, etc. intentando conseguir una coherencia en la presentación de los temas. Para ello se ha estructurado empezando por el ser humano, ya que es el *leitmotiv* de la Ergonomía, se sigue por el centro de trabajo, centrándose después en el puesto de trabajo y las distintas condiciones que lo configuran, para terminar con una visión sobre los aspectos organizativos, que afectan al conjunto de los elementos que determinan un trabajo bien concebido.

---

**Concepción Pascual Lizana**  
Directora del INSHT



# Índice



## 1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

---

DEFINICIÓN Y OBJETIVOS DE LA ERGONOMÍA .....	12
SISTEMA PERSONA-MÁQUINA .....	15
CIENCIAS RELACIONADAS CON LA ERGONOMÍA .....	17

## 2. EL SER HUMANO Y SU ENTORNO

---

EL CUERPO HUMANO COMO UNIDAD FUNCIONAL .....	19
Funciones del organismo .....	19
La unidad del organismo .....	20
EL SISTEMA NERVIOSO: DESCRIPCIÓN Y FUNCIONES .....	21
El sistema nervioso central .....	21
El sistema nervioso periférico .....	23
LAS BASES BIOLÓGICAS DE LA PERCEPCIÓN SENSORIAL .....	23
La vista .....	25
El oído .....	26
LOS PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA .....	27
El aspecto mecánico de las contracciones musculares .....	28
Las fuentes de energía .....	30
La adaptación del organismo al esfuerzo físico .....	30
TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES .....	32
Edad .....	32
Trabajadoras embarazadas o que han dado a luz recientemente .....	33
Trabajadores con patología cardiovascular ...	34

Trabajadores con antecedentes de patología dorso-lumbar .....	34
Otras condiciones .....	35

## 3. DISEÑO DEL CENTRO DE TRABAJO

---

LA ERGONOMÍA EN EL PROYECTO. EL EMPLAZAMIENTO .....	37
PROXIMIDAD ENTRE EL HÁBITAT LABORAL Y EL DOMÉSTICO .....	40
DISEÑO DEL LUGAR DE TRABAJO .....	41
La funcionalidad en el diseño .....	42
Las circulaciones .....	45
Infraestructuras básicas .....	46
Equilibrio entre forma - función en un sistema productivo .....	47
El orden en los lugares de trabajo .....	49
LA RELACIÓN ENTRE AMBIENTES INTERIORES Y EXTERIORES .....	51
EQUIPAMIENTOS SOCIALES .....	53
Áreas de descanso .....	53
Áreas de reuniones y formación .....	54
Vestuarios y servicios higiénicos .....	55
Áreas de primeros auxilios .....	56
Comedores .....	56
Áreas de esparcimiento y ocio .....	58

## 4. DISEÑO DEL PUESTO DE TRABAJO

---

INTRODUCCIÓN .....	59
ANTROPOMETRÍA .....	60
Percentil (P) .....	62
Criterios antropométricos para el diseño del puesto de trabajo .....	62
EL ESPACIO .....	63

Los alcances .....	65
Altura del plano de trabajo .....	66
Espacio reservado para las piernas .....	69
Zonas de visión .....	71
Posturas .....	71
EL PROCESO DE TRABAJO .....	72

## **5. ILUMINACIÓN Y COLOR**

INTRODUCCIÓN .....	75
CONDICIONES ESENCIALES DEL CONFORT VISUAL .....	75
NOCIONES ELEMENTALES DE ILUMINACIÓN .....	77
Magnitudes y unidades .....	77
FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VISIÓN ..	78
Nivel de iluminación .....	78
Contraste .....	80
Deslumbramientos .....	80
FACULTADES VISUALES .....	82
Agudeza visual .....	82
Acomodación .....	82
Adaptación .....	83
SISTEMAS DE ILUMINACIÓN .....	83
Tipos de lámparas .....	84
Iluminación general uniforme .....	84
Iluminación general con iluminación localizada de apoyo .....	85
Iluminación general localizada .....	86
CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN PUESTOS DE TRABAJO CON PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN DE DATOS .....	86
La pantalla .....	88
El teclado .....	89
El documento y la superficie de trabajo .....	90
El entorno de trabajo .....	90
La ubicación del puesto de trabajo y la pantalla .....	90
EL COLOR. CONCEPTOS BÁSICOS .....	92
UTILIZACIÓN Y EFECTOS DE LOS COLORES .....	93
Efectos psicológicos de los colores .....	94
SELECCIÓN DEL COLOR .....	95

## **6. AMBIENTE TÉRMICO**

INTRODUCCIÓN .....	97
EL BALANCE TÉRMICO .....	98
TERMORREGULACIÓN .....	101
LAS CONDICIONES AMBIENTALES .....	102

LA ACTIVIDAD DEL TRABAJO .....	103
EL VESTIDO .....	105
VALORACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO .....	105
INCONFORT LOCAL .....	109
Asimetría de planos radiantes .....	110
Variación vertical de la temperatura del aire .....	111
Corrientes de aire .....	112
Contacto con suelos fríos o calientes .....	113
CORRECCIÓN DE LAS CONDICIONES .....	113

## **7. RUIDO Y VIBRACIONES**

CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO .....	115
Sensibilidad del oído humano .....	116
La sonoridad y las escalas de ponderación .....	119
El espectro de frecuencias .....	120
Efectos del ruido sobre la salud .....	120
Mediciones de ruido .....	121
Criterios de valoración para ambientes laborales ruidosos .....	124
Reducción de los niveles de ruido .....	132
VIBRACIONES .....	135

## **8. CALIDAD DEL AIRE EN LOS ESPACIOS INTERIORES**

CALIDAD DE AIRE INTERIOR .....	144
CONTAMINANTES QUÍMICOS .....	145
Productos de combustión .....	146
Materiales de construcción y equipamiento ..	147
Otros contaminantes químicos .....	151
CONTAMINANTES BIOLÓGICOS .....	152
Tipos de contaminantes biológicos .....	153
Efectos para la salud .....	154
LA VENTILACIÓN EN LOS AMBIENTES DE TRABAJO .....	157
Sistemas de ventilación y de climatización del aire: funcionamiento .....	157
Efectos de la ventilación y la climatización sobre la calidad del aire .....	161
MEDIDAS DE CONTROL DE LA CALIDAD DE AIRE INTERIOR .....	164
Acciones sobre el foco emisor .....	165
Acciones sobre el medio .....	167

## **9. CARGA FÍSICA: ESFUERZOS, POSTURAS, MOVIMIENTOS REPETITIVOS Y LUMBALGIAS**

INTRODUCCIÓN .....	173
CARGA FÍSICA DE TRABAJO .....	174

Fatiga muscular .....	175	Factores de carga mental relativos al puesto .....	228
Evaluación de la carga física .....	178	Repercusiones sobre el individuo (fatiga) .....	229
Prevención de la fatiga .....	181	<b>PREVENCIÓN DE LA FATIGA MENTAL .....</b>	<b>230</b>
<b>POSTURAS .....</b>	<b>184</b>	<b>12. MANDOS Y SEÑALES</b>	
Postura sedente .....	185	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>235</b>
Evaluación .....	186	<b>PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>237</b>
Prevención .....	187	Diseño de indicadores .....	238
<b>MOVIMIENTOS REPETITIVOS Y</b>		Indicadores visuales .....	240
<b>SU PATOLOGÍA .....</b>	<b>188</b>	Tipos de indicadores visuales .....	241
Evaluación .....	190	Señales auditivas .....	245
Medidas preventivas .....	190	<b>EMISIÓN DE LA RESPUESTA .....</b>	<b>247</b>
Diseño de las condiciones de trabajo .....	191	Diseño de mandos .....	247
Aspectos relativos a la organización del trabajo .....	192	<b>13. MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS</b>	
<b>LUMBALGIAS .....</b>	<b>193</b>	<b>SELECCIÓN Y DISEÑO DE MÁQUINAS .....</b>	<b>257</b>
Descripción anatómica de la espalda .....	194	<b>MÁQUINAS, MEDIO AMBIENTE Y</b>	
Factores causantes o agravantes .....	195	<b>ENTORNO FÍSICO .....</b>	<b>260</b>
Evaluación .....	195	Distribución y localización de las máquinas .....	262
Prevención de las lumbalgias .....	196	Antropometría en el dimensionado de aberturas de acceso y zonas de paso en las máquinas .....	264
Demandas psicosociales y su influencia en los trastornos musculoesqueléticos .....	203	<b>AUTOMATIZACIÓN Y ESFUERZOS .....</b>	<b>265</b>
<b>10. ALIMENTACIÓN Y TRABAJO</b>		<b>POSICIÓN DE TRABAJO EN LAS MÁQUINAS .....</b>	<b>268</b>
<b>NECESIDADES ENERGÉTICAS EN</b>		<b>DISEÑO DE LA MÁQUINA EN RELACIÓN</b>	
<b>EL TRABAJO .....</b>	<b>205</b>	<b>CON SU MANIPULACIÓN .....</b>	<b>270</b>
Los glúcidos .....	206	<b>HERRAMIENTAS .....</b>	<b>271</b>
Los lípidos .....	206	Requisitos básicos .....	272
Las proteínas .....	207	Criterios de diseño .....	273
Las vitaminas .....	208	<b>14. ACTUACIONES SOBRE LA ORGANIZACIÓN</b>	
Los minerales .....	209	<b>NIVEL DE MECANIZACIÓN .....</b>	<b>276</b>
El agua .....	211	Trabajos mecanizados de ritmo libre o semilibre .....	276
<b>LOS ALIMENTOS .....</b>	<b>212</b>	Trabajos en cadena .....	276
<b>TRABAJOS EN CONDICIONES ESPECIALES .....</b>	<b>214</b>	<b>NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN .....</b>	<b>277</b>
Trabajo a turnos y trabajo nocturno .....	214	Influencia del operador en la eficiencia del sistema ser humano-máquina .....	277
Trabajo en ambientes calurosos .....	215	Esfuerzos impuestos al trabajador de un sistema automatizado .....	278
Trabajo en ambiente frío .....	216	Capacidades requeridas del ser humano a distintos niveles de automatización .....	278
<b>ERRORES ALIMENTARIOS EN</b>		<b>FUNCIONALIDAD .....</b>	<b>279</b>
<b>EL ÁMBITO LABORAL .....</b>	<b>216</b>	<b>PARTICIPACIÓN .....</b>	<b>280</b>
<b>RECOMENDACIONES GENERALES PARA</b>		Ergonomía y participación .....	282
<b>UNA BUENA ALIMENTACIÓN .....</b>	<b>217</b>	Organización de la empresa y participación .....	282
<b>PATOLOGÍA ASOCIADA A LA OBESIDAD .....</b>	<b>219</b>	¿Qué es participar? .....	283
<b>11. CARGA MENTAL</b>			
<b>CONCEPTO DE CARGA MENTAL .....</b>	<b>222</b>		
<b>FACTORES QUE DETERMINAN</b>			
<b>LA CARGA MENTAL .....</b>	<b>222</b>		
<b>FATIGA MENTAL .....</b>	<b>224</b>		
<b>VALORACIÓN DE LA CARGA MENTAL .....</b>	<b>227</b>		

¿Quién puede o debe participar? .....	283
Niveles de participación .....	284
<b>COMUNICACIÓN</b> .....	286
Proceso .....	287
Necesidad de la información.....	288
Estructura de las comunicaciones en la organización .....	288
Canales .....	290
Obstáculos en la comunicación .....	290
¿Cómo mejorar la comunicación en la organización? .....	291
<b>FORMACIÓN</b> .....	292
Participantes .....	293
Objetivos .....	293
Metodología .....	294

Duración .....	294
----------------	-----

## **15. TIEMPO DE TRABAJO**

---

<b>LA ORGANIZACIÓN DEL TIEMPO DE TRABAJO</b> .....	298
<b>HORARIO FLEXIBLE</b> .....	299
<b>SEMANA REDUCIDA</b> .....	301
<b>TRABAJO A TURNOS</b> .....	302
Razones determinantes del trabajo a turnos .	303
Inconvenientes del trabajo a turnos .....	304
Intervención en el trabajo a turnos .....	308

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

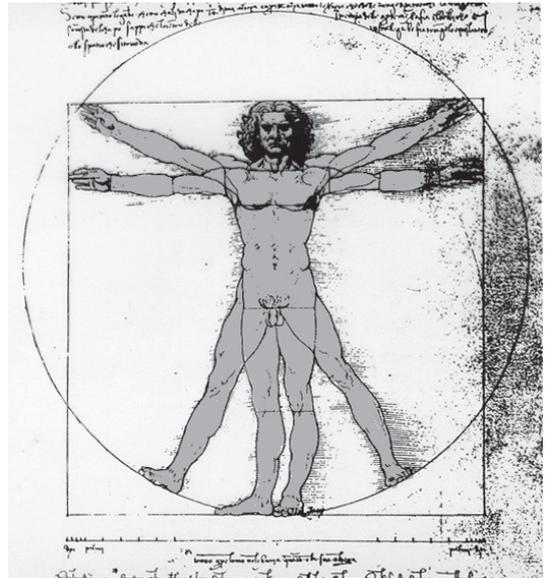
<b>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</b> .....	313
--------------------------------------	-----

# Conceptos fundamentales

# 1

A pesar de que la ergonomía se considera una ciencia moderna, en el transcurso del tiempo siempre ha habido quien se ha interesado por la adaptación entre la persona y su entorno. Los primeros autores conocidos que podríamos citar interesados en este tema son los pintores Leonardo da Vinci, cuyos bocetos sobre dimensiones humanas son sobradamente conocidos; y Alberto Durero que se preocupó por el estudio de los movimientos y por la ley de las proporciones. Más recientemente, tenemos el ejemplo de Le Corbusier, el cual basaba sus diseños en el estudio matemático-geométrico de la arquitectura en función de la vida moderna; para él, una casa no era simplemente un conjunto de habitáculos, sino que tenía que estar diseñada en función de las necesidades de sus usuarios.

Pero, de hecho, no se habla de Ergonomía hasta principios de este siglo, en especial durante las dos guerras mundiales. En la primera se empiezan a considerar las características físicas de los soldados de cara a la adaptación de sus equipos: máscaras, anteojos, localizadores, etc. En la segunda guerra mundial, en la que ya se utilizaban equipos más sofisticados, se empezaron a tener en cuenta las capacidades mentales, sensoriales y musculares del individuo. Es durante esta época cuando se da un poderoso impulso a las investigaciones interdisciplinarias, destinadas a revelar las condiciones óptimas para la actividad de la persona, así como a los límites de sus posibilidades. Estas teorías, posteriormente, se transfirieron al mundo



del trabajo y fue en Inglaterra donde Murrell, uno de los creadores, en 1949, de la sociedad científica británica denominada *Ergonomics Research Society*, propuso el término *ergonomics* y lo definió como *el conjunto de investigaciones científicas de la interacción del hombre y el entorno de trabajo*. Estas teorías se desarrollaron después con gran rapidez en la República Federal Alemana, Francia, Suecia y en los demás países industrializados.

En los países en desarrollo ha habido un interés cada vez mayor por las investigaciones ergonómicas y sobre todo por la utilización de sus resultados en la práctica.

En EEUU, en el año 1957, se constituyó la Sociedad de Factores Humanos. El término “factores humanos” surgió como resultado de la traducción literal y de la contracción de la expresión norteamericana: *human factors engineering*.

En 1961 se fundó la Asociación Internacional de Ergonomía, en la que están representados especialistas de más de treinta países y forman parte de ella varias asociaciones nacionales e internacionales. Uno de sus principales objetivos es apoyar/respalda la ergonomía en aquellos países en la que no se ha desarrollado e inspirar la formación de sociedades ergonómicas.

## DEFINICIÓN Y OBJETIVOS DE LA ERGONOMÍA

Globalmente, podemos definir la ergonomía como el conjunto de técnicas cuyo objetivo es la adecuación entre el trabajo y la persona. Queremos destacar de esta definición que la ergonomía es multidisciplinar, es decir, requiere la aplicación de distintas ciencias con el fin de conseguir su finalidad: la correcta acomodación entre el puesto de trabajo y su entorno y las características de la persona.

La persona es adaptable con unos límites, existen intervalos

		SALUD		
		Física	Mental	Social
DAÑO 	CONDICIONES MATERIALES	CONTENIDO DEL TRABAJO	ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	
	Seguridad Higiene Medicina	Psicosociología		
	BIENESTAR EQUILIBRIO	ERGONOMÍA		

de condiciones óptimas para cualquier actividad; la ergonomía define cuáles son estos intervalos y determina cuáles pueden ser los efectos no deseados si se superan estos límites. La adaptación al trabajador implica un aumento del rendimiento de la persona y esto, a su vez, aumenta el rendimiento del sistema.

La ergonomía, aplicada ya al mundo laboral tal como su etimología indica, nació en un principio para adecuar los esfuerzos y movimientos que implica la realización de una tarea y las dimensiones del puesto de trabajo a la persona; el objetivo, en este caso, era conseguir que la persona realizara el trabajo con el mínimo número de movimientos posible, con el fin de ahorrar una fatiga inútil y conseguir un mayor rendimiento en el menor tiempo posible. Más tarde, este enfoque se hizo insuficiente y se amplió el campo de estudio, incluyendo las condiciones ambientales (temperatura, ruido, iluminación, etc.) y los aspectos organizativos tanto de tipo temporal como los que dependen de la tarea.

Existen diversas definiciones de la ergonomía, según el punto de vista del autor que la estudia, por lo que creemos interesante incluir algunas de ellas.

En el IXº Congreso internacional de ergonomía celebrado en Bournemouth en el año 1985, se definió la ergonomía como *una ciencia, un arte y una técnica*. Se consideró que era *ciencia* porque siguiendo las investigaciones sobre las posibilidades y las limitaciones psicofisiológicas humanas es capaz de concebir unos sistemas adaptados a las capacidades humanas y de corregir los sistemas que presentan riesgos para la salud. También es *arte* porque la aplicación requiere más que la traducción de una fórmula. Es el arte de integrar el individuo y el conjunto, de superar las presiones económicas, tecnológicas y de organización para preservar y desarrollar la personalidad humana. Y, por último, es un conjunto de *técnicas* de medida no sólo de los factores del ambiente o del funcionamiento de los equipos, sino también del estado funcional físico y psíquico del individuo en el trabajo.

La enciclopedia Larousse la define como el *estudio de la organización racional del trabajo*.

La definición propuesta por Favergé, decano de la Universidad Libre de Psicología de Bruselas e impulsor de la Ergonomía de Sistemas, es la siguiente: la ergonomía es el *análisis de los procesos industriales, centrado en los hombres, que asegura su funcionamiento*.

Cazamian, profesor asociado de la Universidad de París, por su parte, cree que *es el estudio multidisciplinar del trabajo humano que pretende descubrir sus leyes para formular mejor sus reglas. La ergonomía es pues conocimiento y acción; el conoci-*

*miento es científico y se esfuerza en procurar modelos explicativos generales; la acción trata de adaptar mejor el trabajo a los trabajadores.*

Quizá la más sencilla es la definición americana de *Human Engineering* -nombre dado allí a la ergonomía- que considera que ésta es *el esfuerzo que busca acoplar a los seres humanos con las máquinas, de forma que la combinación resultante sea confortable, segura y más eficiente.*

El desarrollo de la ergonomía fue paralelo tanto en Europa como en América. Aunque utilizaron nombres distintos, los criterios básicos partieron de una misma idea. En Europa, la ergonomía tuvo un enfoque más fisiológico, por ser los profesionales de la medicina los que iniciaron su estudio; en América, sin embargo, fueron los ingenieros los pioneros en su estudio, de ahí que la ergonomía recibiera el nombre de *Human Engineering*. No obstante, tal como decíamos anteriormente, europeos y americanos partieron de la base común de buscar la adaptación del sistema y la persona.

Los factores humanos y la ergonomía tenían algunas diferencias en las primeras etapas de su desarrollo, aunque ya entonces representaban una misma orientación, pero la diferencia entre ellos se nivela cada vez más y la propia orientación de los investigadores se enriquece a cuenta de la aproximación entre los factores humanos y la propia ergonomía.

PERSONA Y MÁQUINA SE CONSIDERAN  
CONJUNTAMENTE

Por último, cabe destacar que en España la Real Academia Española de la Lengua no introduce este vocablo hasta el año 1992 y lo define como *el estudio de datos biológicos y tecnológicos aplicados a problemas de mutua adaptación entre el hombre y la máquina.* Evidentemente la definición lingüista difiere de la técnica ya que sólo contempla los datos biológicos del trabajador y los tecnológicos del trabajo, pero no tiene en cuenta ni las capacidades físicas, mentales y cognitivas de las personas, ni los factores ambientales, ni los de organización.

Los principales objetivos de la ergonomía son básicamente los siguientes:

- Seleccionar la tecnología más adecuada al personal disponible.
- Controlar el entorno del puesto de trabajo.
- Detectar los riesgos de fatiga física y mental.
- Analizar los puestos de trabajo para definir los objetivos de la formación.
- Optimizar la interrelación de las personas disponibles y la tecnología utilizada.

- Favorecer el interés de los trabajadores por la tarea y por el ambiente de trabajo.

La OIT establece como objetivo global la eficiencia en cualquier actividad, es decir, conseguir el resultado deseado sin desperdiciar recursos materiales ni personales y marca como objetivos cuantificables, que sean contrastables con los resultados obtenidos, los siguientes:

- Salud y Seguridad
- Productividad y eficacia
- Fiabilidad y calidad
- Satisfacción en el trabajo y desarrollo personal

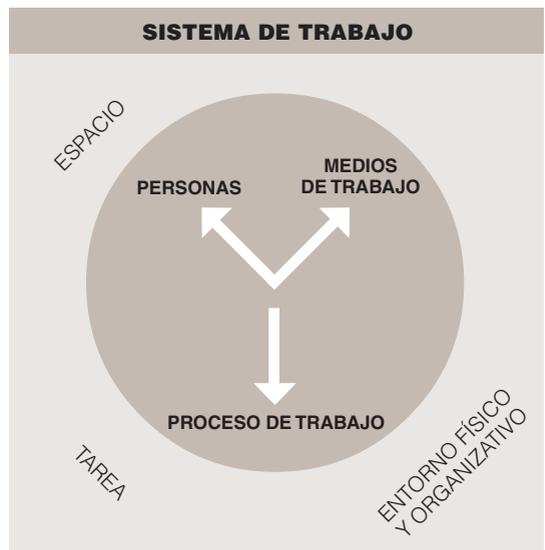
Además de estos objetivos generales enfocados a la mayoría de personas, la ergonomía desempeña también un papel creciente en la solución del problema de rehabilitación de personas que en una u otra medida han perdido la capacidad de trabajo; también se estudian las aptitudes y peculiaridades psíquicas y físicas de las personas de edad avanzada y de aquellos individuos considerados como trabajadores especialmente sensibles.

### SISTEMA PERSONA-MÁQUINA

Definimos el sistema persona-máquina como el conjunto formado por la persona y su puesto de trabajo, la unidad dentro de la que se establece una relación mutua entre ambos elementos.

El interés por el sistema “persona-máquina” surgió a mediados del siglo XX, condicionado por el hecho de que empezaron a aparecer cada vez más frecuentemente sistemas complejos de dirección de la producción, el transporte, las comunicaciones, los vuelos cósmicos, etc., cuya eficacia de funcionamiento está sobre todo determinada por la persona. El objeto de la ergonomía es la actividad concreta de la persona (grupo de personas) que utiliza las máquinas (medios técnicos), mientras el objeto de investigación es el sistema “persona (grupo de personas) - máquina (medios técnicos)-medios”. La optimización de estos sistemas requiere un enfoque integral.

La persona, la máquina y el ambiente forman un complejo funcional en el que el papel rector corresponde a la persona. Se trata de hacer un diseño del conjunto de los elementos, teniendo en cuenta las



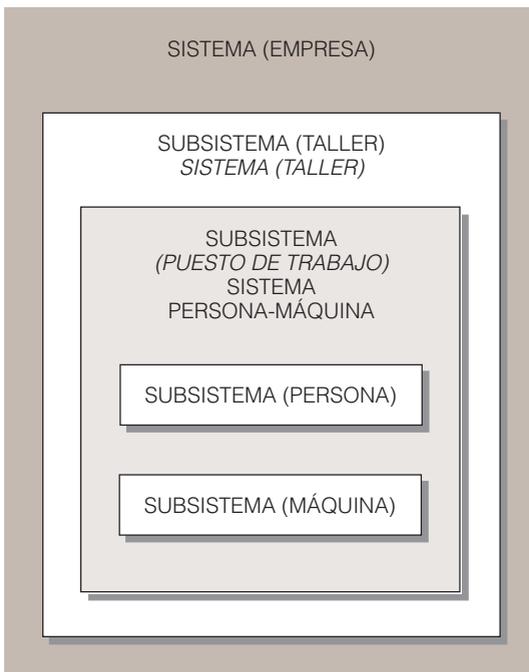


características/capacidades físicas y mentales de las personas en interacción con el ambiente.

Si consideramos que todo sistema forma parte de un sistema más amplio podemos hablar de sistema persona-máquina (P-M) y sistemas personas-máquinas (Ps-Ms). El primero sería el puesto de trabajo individual, una persona más una máquina, integrado, como un subsistema, en un sistema más amplio: el sistema Ps-Ms (taller, empresa, etc.). Si bien se suelen llevar a cabo estudios horizontales, nivel por nivel; en ningún caso se debe olvidar la existencia de interrelaciones entre ellos.

La norma UNE 81-425-91 “Principios ergonómicos a considerar en el proyecto de los sistemas de trabajo” (ISO 6385-1981) dice, en el apartado “campos de aplicación”, que *los principios ergonómicos que se especifican en esta norma europea se aplican al proyecto de las condiciones de trabajo óptimas en relación al bienestar de la persona, su salud y a su seguridad, teniendo en cuenta la eficiencia tecnológica y económica, y, así mismo, define lo que es “sistema de trabajo” como el sistema que comprende la combinación de personas y medios de trabajo, actuando en conjunto sobre el proceso de trabajo, para llevar a cabo una actividad laboral, en un espacio de trabajo, sometidos a un determinado ambiente de trabajo y bajo unas condiciones impuestas por la tarea a desempeñar.*

Para lograr una mayor adaptación entre la persona y la máquina y poder optimizar el diseño de los sistemas, éste se tendrá que llevar a cabo teniendo en cuenta las funciones de las personas y de la técnica y según el objetivo que se pretenda alcanzar. Para ello se describen a continuación algunas de las funciones asociadas a las personas y a las máquinas:



- Los humanos son mejores que las máquinas para: detectar pequeñas cantidades de energía visual o acústica, percibir modelos de luz y sonido, improvisar y utilizar procedimientos flexibles, habilidad para almacenar grandes cantidades de información para períodos largos, recordar hechos relevantes en el momento adecuado, razonar de forma inductiva y juzgar.
- Las máquinas son mejores para responder rápidamente a las señales de los controles y aplicar una gran fuerza de manera suave y precisa, para realizar tareas rutinarias y repetitivas, para almacenar información brevemente y borrarla completamente, para razonar deductivamente incluyendo habilidad de cálculo, manejar operaciones de gran complejidad, por ejemplo, hacer varias cosas a la vez (Fuente: Fitts 1951, The Original Fitts List).

Así mismo, la Norma UNE-EN 894-1 “Seguridad en máquinas. Requisitos para el diseño de dispositivos de información y mandos Parte 1: Principios generales de la interacción entre el hombre y los dispositivos de información y mandos” presenta los requisitos que

LA ERGONOMÍA INCIDE ANTE TODO  
EN LAS COMUNICACIONES ENTRE  
LA PERSONA Y LA MÁQUINA

deben ser respetados a la hora de proyectar un sistema persona-máquina y que se deben definir en la fase de proyecto, en especial, el grado de participación de la persona que es necesario para un correcto desarrollo de la tarea. En el Anexo de esta Norma se especifica la importancia del reparto de las funciones, de las tareas entre los operadores y las máquinas, y se expone, de forma resumida, que tipo de actuaciones son más idóneas para la persona o para la máquina -para diferentes tareas- en función de las características del comportamiento: características generales (flexibilidad, adaptación a cambios en los requisitos de la tarea, etc.), las entradas (percepción y reconocimiento, control, etc.), tratamiento de la información (aptitud para tareas repetitivas y monótonas, memoria, etc.), salidas (capacidad física, precisión, etc.) y ambiente (condiciones ambientales y mantenimiento y suministro)

## CIENCIAS RELACIONADAS CON LA ERGONOMÍA

La actividad humana constituye el comienzo y la coronación de la investigación, educación y diseños ergonómicos. Para alcanzar esta meta existen numerosas ciencias aplicadas y técnicas concretas que pueden usarse en múltiples estudios ergonómicos. Algunas tienen como elemento central de estudio el ser humano, por ejemplo, la medicina, la biología, la antropometría, la psicología, etc.; otras, se basan en los factores presentes en

LA ERGONOMÍA ESTUDIA LA MANERA DE PLANIFICAR Y DISEÑAR LOS PUESTOS DE TRABAJO DE MANERA QUE EXISTA UNA ADAPTACIÓN ENTRE ÉSTOS Y EL INDIVIDUO

cualquier puesto de trabajo, en el entorno físico, en el diseño del centro, etc. y en los factores de organización.

Entre las disciplinas fundamentales podemos citar las siguientes:

- La anatomía, ciencia que trata de la forma y estructura de los distintos órganos y del organismo en su conjunto, se centra en los aspectos antropométricos y biomecánicos.
- La fisiología estudia el funcionamiento de los sistemas fisiológicos y de todo el organismo; el consumo energético es uno de los objetos principales de esta ciencia.
- La organización contribuye a elevar la productividad del trabajo, a mantener la salud y al desarrollo del individuo. Así mismo, incluye todo lo relacionado con los métodos y tiempos, así como las comunicaciones.
- La psicología trata las leyes del comportamiento y la actividad humana, de las actitudes, de las aptitudes y de la carga mental.
- La pedagogía tiene en cuenta los aspectos relacionados con la participación y el adiestramiento y está llamada a contribuir al proceso de perfeccionamiento de la formación.
- La ingeniería ayuda a planificar y a diseñar el puesto y el centro de trabajo.
- La arquitectura abarca, principalmente, temas referidos a los espacios y a los accesos.

La mejora de las condiciones de trabajo, así como una mayor calidad de vida, se obtiene con el trabajo conjunto de todas las ciencias, a pesar de que cada una de ellas parta de ideas distintas y emplee medios diferentes para lograr sus objetivos.

Con esta unión se adapta de manera óptima la máquina a la persona, y se forman activamente las capacidades del hombre en función de las exigencias que le presenta el progreso técnico, adaptándose a las posibilidades que se abren ante él con el desarrollo de la técnica.

# El ser humano y su entorno

# 2

## EL CUERPO HUMANO COMO UNIDAD FUNCIONAL

El cuerpo humano contiene aproximadamente unos 100 billones de células organizadas en tejidos y órganos que a su vez se agrupan en sistemas.

Estos sistemas o aparatos podemos clasificarlos en tres grupos según su función:

- Funciones de relación
- Funciones de nutrición
- Funciones de reproducción

### *Funciones de relación*

Nos permiten recoger información del medio externo y transmitirla a través de los nervios a los centros nerviosos que desencadenan, siempre a través de los nervios, ciertas reacciones de las cuales las más evidentes son las reacciones motoras. El sistema nervioso procesa las distintas informaciones, las integra y provoca una reacción apropiada, adaptada. Los sistemas que realizan este tipo de funciones son los órganos de los sentidos, el sistema nervioso y el conjunto formado por los músculos y el esqueleto.

### *Funciones de nutrición*

Facilitan la obtención, del medio externo, de las sustancias indispensables para el organismo, transformando los alimentos en materias solubles que atraviesan la pared del tubo digestivo y pasan a la sangre para ser distribuidas a todos los órganos. Estas sustancias son utilizadas por aquéllos gracias al oxígeno captado del exterior por el aparato respiratorio y transportado

## Funciones del organismo

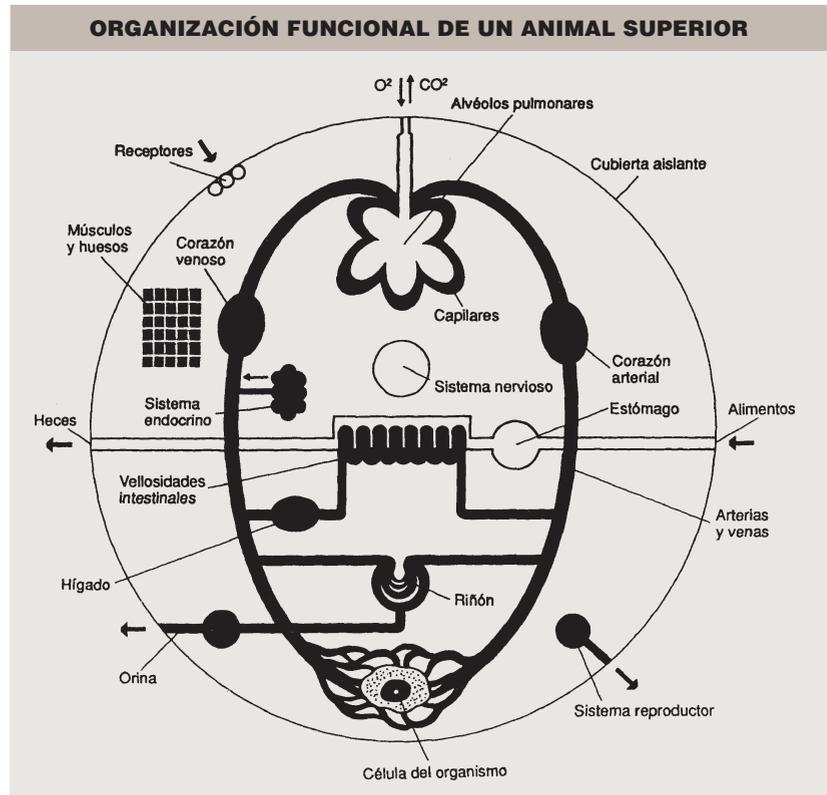
por la sangre. Permiten la renovación de la materia viva que se gasta y la producción de energía. Los productos de desecho (sustancias no utilizables por el organismo) son eliminados por los riñones, en el caso de sustancias solubles en agua, y por el aparato respiratorio, en el caso de sustancias gaseosas. La sangre, en continuo movimiento por las contracciones cardíacas, permite el transporte de todos ellos. Los sistemas responsables de estas funciones de nutrición son el aparato digestivo, el aparato respiratorio, el aparato circulatorio y el aparato excretor.

### *Funciones de reproducción*

Aseguran la multiplicación y el mantenimiento de la especie.

### **La unidad del organismo**

Los sistemas citados y sus correspondientes funciones están estrechamente relacionados mediante el sistema nervioso y el medio interno. Gracias, sobre todo, a la parte del sistema nervioso que denominamos sistema neurovegetativo el funcionamiento de un órgano puede, por vía nerviosa, repercutir sobre el de los otros y viceversa. Por ejemplo, una fuerte actividad muscular determina, por el intermediario de los centros nervio-



sos, una aceleración de los ritmos cardíaco y respiratorio, un aumento de la presión sanguínea y del aporte de sangre que irriga los músculos, permitiéndoles una mayor actividad. El medio interno comprende no sólo la sangre y la linfa, sino también el líquido intersticial que baña directamente los elementos funcionales de los órganos, las células. La sangre transporta, además de sustancias nutritivas, gases respiratorios y productos de desecho, una serie de productos químicos (*hormonas*) elaborados en ciertos lugares del organismo como el tiroides y las glándulas suprarrenales. Estas hormonas, al igual que el sistema nervioso y en relación con él, modifican el funcionamiento de numerosos órganos para adaptarlos a las necesidades y a los requerimientos momentáneos. En resumen, el cuerpo humano está organizado de tal forma que ningún aparato o sistema trabaja aisladamente sino bajo la supervisión y control del resto, integrándose en una unidad cuyo funcionamiento está a su vez influenciado por las variaciones, físicas y biológicas, del medio en el que se desenvuelve.

LA ADQUISICIÓN DE UNA PERSPECTIVA ERGONÓMICA REQUIERE PREVIAMENTE EL CONOCIMIENTO DEL CUERPO HUMANO

## EL SISTEMA NERVIOSO: DESCRIPCIÓN Y FUNCIONES

Como ya se ha visto, el sistema nervioso asegura la conexión del organismo con el medio externo, por una parte (a través de los órganos de los sentidos y de los nervios sensitivos) y, por otra, con los músculos, es decir, con los órganos de reacción, a través de los nervios motores. Los responsables de la integración y organización de ambas funciones son los centros nerviosos. El sistema nervioso consta de dos partes bien diferenciadas, el sistema nervioso central (SNC) y el sistema nervioso periférico (SNP).

El SNC está constituido a su vez por varias estructuras con características y funciones propias. La médula espinal es la zona menos compleja del SNC. Por ella pasan múltiples vías que provienen o se dirigen al cerebro. Las primeras, llamadas vías motoras, son las responsables de la transmisión de las órdenes al organismo; siendo las segundas, llamadas vías sensitivas, el medio de transporte hacia el cerebro de los estímulos recogidos por nuestros órganos de los sentidos.

A pesar de ser mayoritariamente una zona de paso, la médula espinal tiene también funciones propias: los reflejos medulares. Consisten éstos en una serie de reacciones de carácter involuntario encaminadas a responder a estímulos externos

### El sistema nervioso central



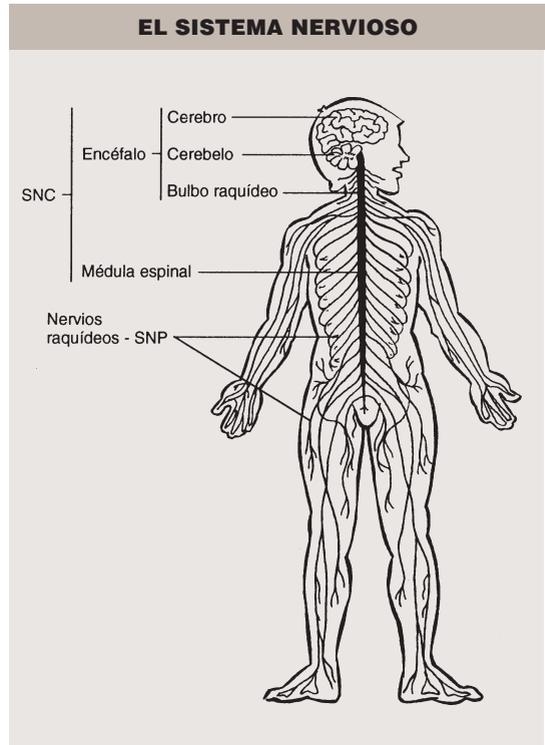
o internos con el fin primordial de salvaguardar el equilibrio existente entre el organismo y el medio. Se clasifican en reflejos de la vida de relación y reflejos de la vida vegetativa.

Los reflejos de la vida de relación pueden ser de dos clases: reflejos de extensión, cuya finalidad es la de mantener el tono muscular, y reflejos de flexión o de defensa (retirar la mano del fuego, cerrar los ojos ante la proximidad de un objeto...). Los reflejos de la vida vegetativa están al servicio de las funciones de nutrición y de las de reproducción: regulan actos como la micción, la defecación, la erección y la eyaculación. En el cerebro se integran y elaboran todas las funciones motoras, sensitivas y de relación. Él recibe la información que le llega de los órganos de los sentidos y la traduce en sensaciones (ver, oler, oír). Envía a los músculos órdenes explícitas a través de los nervios motores, que se convierten en movimientos voluntarios (andar, escribir). Es el lugar donde se encuentran funciones como la memoria y las emociones. La función esencial del cerebelo es la de regulación. Para cumplir este cometido se halla en derivación sobre las grandes vías sensitivas y motoras. El cerebelo controla tanto la vertiente estática como la dinámica de nuestro cuerpo: regula el equilibrio, el tono postural y coordina los movimientos voluntarios en el espacio y en el tiempo. Las lesiones en el cerebelo provocan alteraciones del equilibrio, vértigos, falta de tono muscular y movimientos voluntarios aberrantes.

El sistema nervioso periférico está formado por múltiples “cables” (los nervios) que unen el sistema nervioso central al resto del organismo; estos “cables” transmiten el impulso nervioso tanto en sentido ascendente (del exterior hacia el sistema nervioso central) como descendente (del sistema nervioso central a la periferia). El sistema nervioso periférico comprende dos tipos de nervios: los nervios cerebroespinales y los nervios simpáticos. Los nervios cerebroespinales nos conectan con el mundo exterior y están bajo el control de nuestra voluntad; son los que dirigen a los músculos y transportan la sensibilidad. Los nervios simpáticos rigen las funciones de nuestro interior (de las vísceras), independientemente de nuestra voluntad. Los nervios periféricos están formados por un cierto número de fibras nerviosas procedentes de las prolongaciones de las células nerviosas situadas principalmente en el sistema nervioso central y rodeadas por una envoltura que las protege. Los tipos de fibras que componen los nervios son tres:

**El sistema nervioso periférico**

- Fibras motoras, que transmiten las órdenes del SNC a los músculos del esqueleto y controlan los movimientos voluntarios.
- Fibras sensitivas, que transmiten al SNC los impulsos generados en la periferia.
- Fibras neurovegetativas, que inervan los músculos de las estructuras internas de nuestro organismo (vasos, vísceras, pelos) y controlan la secreción de las glándulas y el funcionamiento de las vísceras.



**LAS BASES BIOLÓGICAS DE LA PERCEPCIÓN SENSORIAL**

El ser humano, como todos los animales, desarrolla sus actuaciones en el medio donde vive a partir de las informaciones que recogen y analizan ciertos sistemas especializados llamados órganos de los sentidos. Los diferentes órganos de los sentidos son: la vista, el oído, el tacto, el olfato y el gusto.

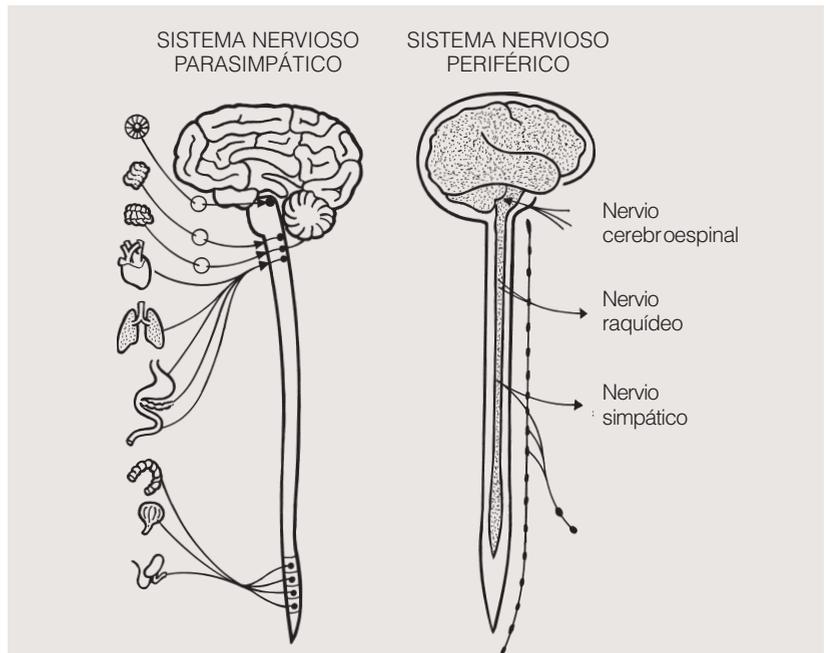
LOS SENTIDOS NOS PONEN EN CONTACTO CON EL MUNDO

Receptores Periféricos	Sentido	Estímulo
Retina ojo	Vista	Luz
Órgano de Cor ti (oído)	Oído	Sonido
Botones gustativos (lengua)	Gusto	Substancias químicas en la saliva
Vesícula olfatoria (nariz)	Olfato	Substancias químicas volátiles
Piel	Tacto	Presión, frío, calor, dolor y tacto

Sentido	Nervio
Vista	N. óptico
Oído	N. auditivo
Gusto	N. glossofaríngeo
Olfato	N. olfativo
Tacto	N. periféricos

Todos estos órganos se estructuran en tres partes, principalmente:

- Un receptor periférico, compuesto por células nerviosas o como mínimo de sus prolongaciones, sensibles a ciertos estímulos.
- Una vía de comunicación, el nervio sensitivo.
- Un centro nervioso, que suele hallarse en el cerebro y cuya función no es tan sólo



analizar los mensajes que le son enviados, sino también sintetizar dichos mensajes, es decir, asociar y comparar las informaciones actuales y pasadas dando lugar a la identificación del estímulo. Esta identificación constituye lo que llamamos percepción: el cerebro no sólo ve, sino que reconoce lo que ve.

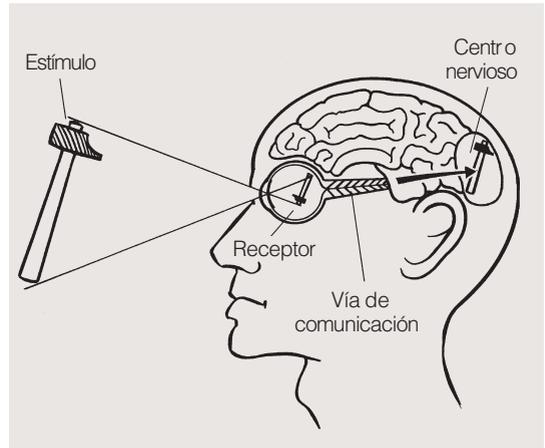
De entre los distintos órganos de los sentidos hablaremos más detalladamente de dos de ellos que consideramos más importantes, por ser los más utilizados tanto en la ejecución de un trabajo como, en general, en nuestra relación con el entorno. Son la vista y el oído.

La percepción visual es posible gracias a un complejo sistema compuesto por el ojo, en el que se forman las imágenes de los objetos, y las vías ópticas (células retinianas y nervio óptico) que conducen la información recibida hasta el cerebro, donde radican los centros de visión.

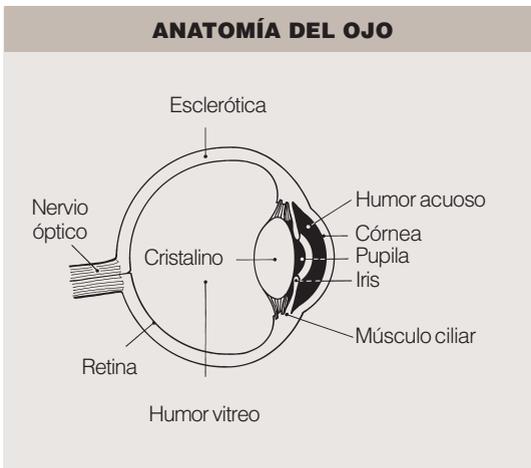
El ojo dispone de varios medios transparentes que actúan a modo de lentes ópticas: la córnea, el humor acuoso, el cristalino y el humor vítreo. El cristalino actúa como una lente óptica que puede modificar su curvatura mediante la acción de los músculos ciliares, de tal modo que la imagen se forma siempre nítida, sea cual sea la distancia a que se encuentre el objeto.

El iris es un disco muscular pigmentado que presenta un orificio denominado

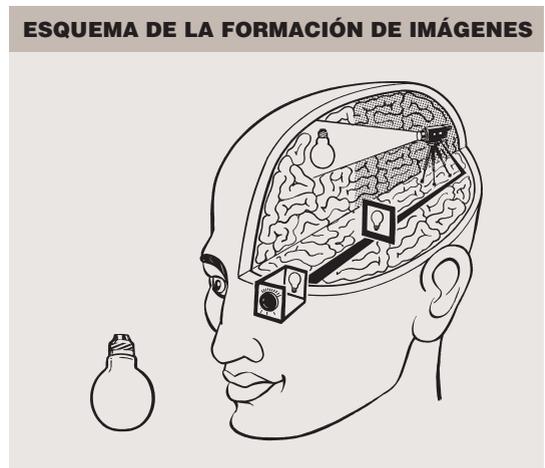
### La vista

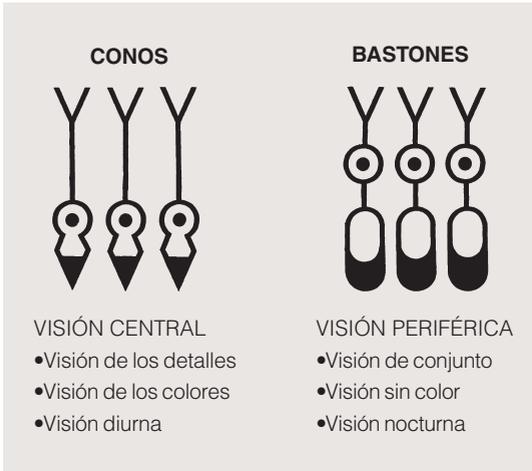


### ANATOMÍA DEL OJO



### ESQUEMA DE LA FORMACIÓN DE IMÁGENES

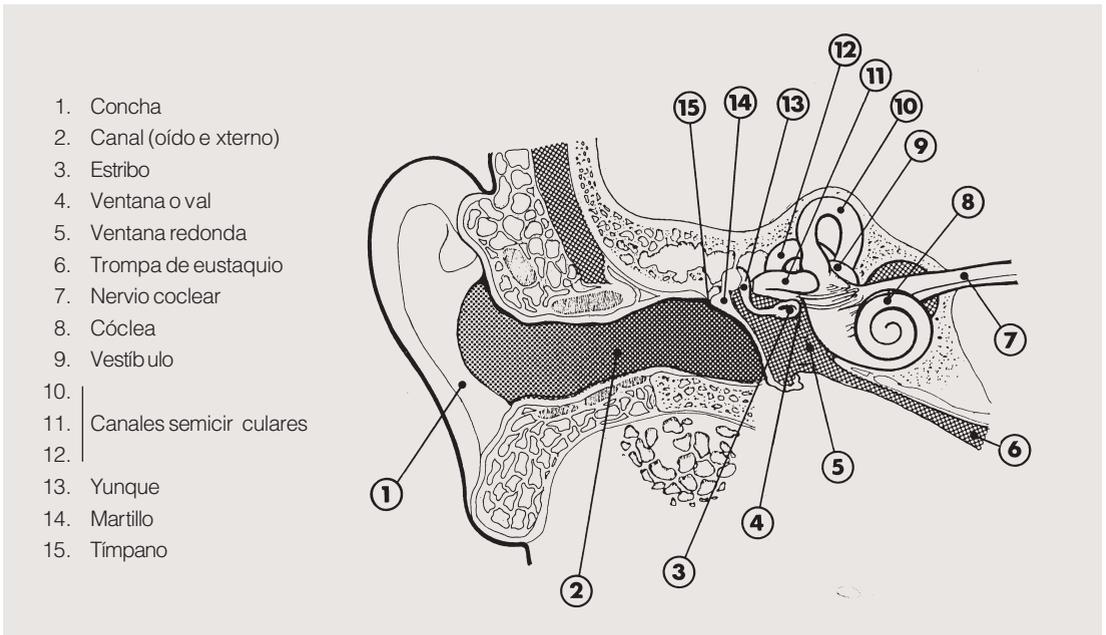




pupila, que actúa a modo de diafragma. El diámetro de la pupila varía en función del nivel de iluminación. La retina capta los rayos luminosos que atraviesan el sistema óptico, gracias a dos tipos de células fotosensibles: los conos y los bastones. Los conos permiten una visión de detalle y coloreada, siempre que el nivel de iluminación sea suficiente; los conos son los responsables de la visión fotópica o diurna. Los bastones son más sensibles a bajos niveles de iluminación, pero proporcionan una visión de conjunto y sin color. Los bastones son los responsables de la visión escotópica o nocturna.

**El oído**

El oído está compuesto por cuatro partes: oído externo, oído medio, oído interno y centros auditivos del cerebro. El oído externo está formado por el pabellón auricular (oreja) y el conducto auditivo externo. El oído medio lo componen el tímpano y una cadena de huesecillos (martillo, yunque, lenticular y estribo) que permiten el paso del sonido hacia las estructuras del oído interno. El oído interno comprende dos órganos separados, con funciones diferentes: la cóclea (órgano auditivo) y el vestíbulo (órgano del equilibrio).

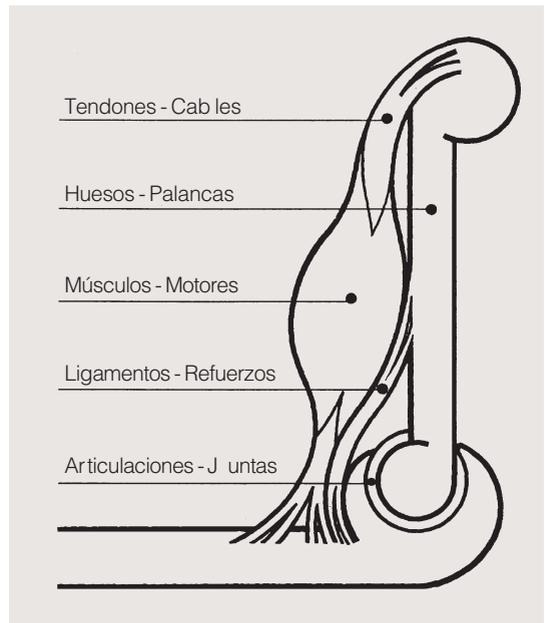


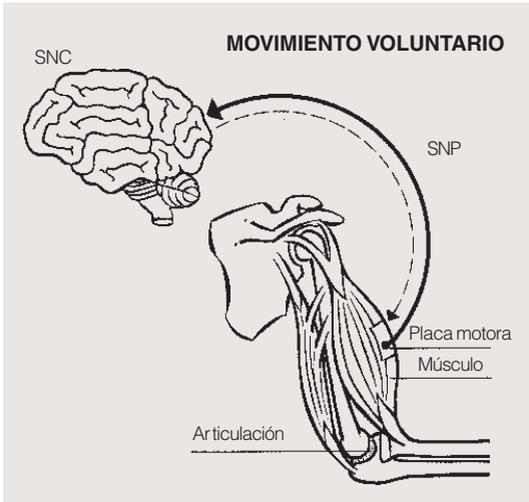
Cuando golpeamos una mesa con la mano, se producen unas ondas sonoras que se propagan por el aire y son recibidas por el pabellón auricular y canalizadas por el conducto auditivo. Esas ondas hacen vibrar el tímpano y las vibraciones son a su vez transmitidas por la cadena de huesecillos del oído medio hasta una abertura situada en el oído interno (ventana oval). Las ondas penetran en los canales semicirculares de la cóclea hasta llegar al verdadero órgano auditivo: el órgano de Corti. En el órgano de Corti se encuentran células sensoriales (compuestas por órganos ciliados) que captan las ondas sonoras; la estructura del órgano de Corti es tal que cada una de estas células responde a una determinada frecuencia sonora transformando las ondas en impulsos nerviosos que son transmitidos por el nervio auditivo a los centros auditivos del cerebro, donde identificamos el sonido.

### LOS PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA

El ser humano puede moverse, adoptar posturas y relacionarse gracias a su aparato locomotor, cuyos elementos esenciales son: los huesos, las articulaciones, los músculos, los tendones y los ligamentos. Cada uno de estos elementos juega un papel diferente en la mecánica del movimiento:

- Los huesos actúan a modo de palancas favoreciendo el movimiento e, incluso, amplificándolo.
- Las articulaciones constituyen las juntas de los distintos huesos, permitiendo el movimiento de un segmento óseo con respecto al contiguo.
- Los músculos son el motor de dichos movimientos. Este sistema de palancas y juntas requiere, para funcionar, una energía que le proporciona la contracción muscular.
- Los tendones, a modo de cables, unen los músculos a los huesos transportando la energía producida en el seno del tejido muscular hasta el punto de inserción.
- Los ligamentos mantienen unidos los elementos óseos vinculando el movimiento de los distintos segmentos dentro de unos límites fisiológicos bien precisos.





Todo este aparato mecánico requiere, además, un mecanismo de control constituido a su vez por el sistema nervioso central, donde se elabora y controla el movimiento, el sistema nervioso periférico, encargado de transmitir las órdenes del primero y la placa motora o neuromuscular, que no es más que la unión del músculo con el nervio periférico. Así pues, un movimiento voluntario requiere una orden del sistema nervioso central, transportada por el sistema nervioso periférico y transmitida al músculo por la placa neuromuscular. El producto final de este impulso nervioso será la contracción muscular.

### **El aspecto mecánico de las contracciones musculares**

Existen dos tipos de contracciones musculares: las isotónicas y las isométricas. Supongamos que hemos de levantar un peso de 1 kg, partiendo de la posición horizontal del antebrazo y manteniendo el brazo vertical. Si mientras realizamos la acción, palpamos el bíceps, nos damos cuenta de que éste se abomba, se endurece y se acorta a la vez que la fuerza desarrollada es constante. Estamos experimentando una contracción isotónica. Si partimos de la misma posición pero, trabando el antebrazo bajo una tabla fija, intentamos levantar dicha tabla, nuestro bíceps se abombará y se endurecerá, ya que estará desarrollando una fuerza creciente para levantar la tabla; ahora bien, dado que no logrará ningún desplazamiento, el músculo no se acortará. Estamos experimentando una contracción isométrica, una contracción contra resistencia. En realidad, el músculo está permanentemente en un estado de ligera contracción isométrica. Si dejamos que nuestro brazo cuelgue a lo largo del cuerpo, notaremos que los músculos no están flácidos, sino que mantienen una cierta tensión: es el llamado tono muscular. Resumiendo, en las contracciones isotónicas hay cambios en la longitud del músculo, pero muy discretos cambios en la tensión muscular; en las contracciones isométricas, por el contrario, hay cambios en la tensión muscular con pocas modificaciones en la longitud del músculo.

Centrándonos en las contracciones isotónicas, artífices del movimiento, vemos que el músculo, acortándose, arrastra al hueso, dando lugar al acercamiento de partes de nuestro organismo (flexión del antebrazo sobre el brazo). Ahora bien, si deseamos volver a la posición de partida (extensión del antebrazo), no siendo el músculo capaz de empujar, se hace necesario

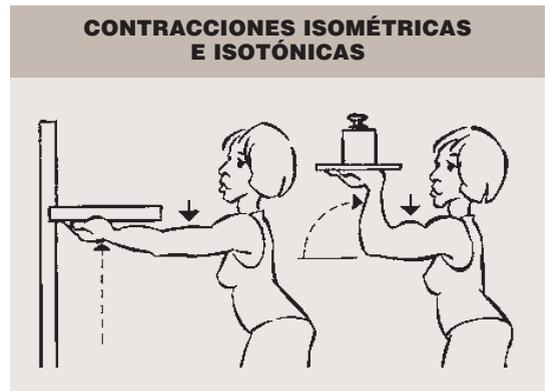
aplicar otro motor capaz de cumplir el movimiento contrario. Así pues, el movimiento de nuestro cuerpo estará asegurado por la coexistencia de grupos musculares cuyas acciones son opuestas: son los llamados músculos antagonistas.

Las situaciones que se pueden presentar son las siguientes:

- Contracción única del músculo agonista (es una situación totalmente hipotética).
- Contracción simultánea de agonista y antagonista, con igual intensidad de fuerza: el resultado es un movimiento nulo, pese a la contracción de ambos músculos (contracción isométrica).
- Contracción simultánea, pero el músculo agonista ejerce una fuerza mayor que el antagonista, que en este caso actúa como control y freno del músculo agonista en la fase final del movimiento: el resultado es el desplazamiento dentro de los límites fisiológicos de la articulación. El sistema nervioso central es el responsable de que los músculos, tanto agonistas como antagonistas, sean los adecuados para el gesto que se debe realizar y, además, intervengan en su justa medida. Dicha modulación y coordinación ha de ser ajustada a través de sucesivas aproximaciones, es decir, de la experiencia. Por ejemplo, si tenemos que levantar un objeto del que desconocemos el peso, tenderemos a realizar una fuerza mayor de la necesaria. En sucesivos intentos el sistema nervioso central intentará acercarse a las exigencias reales y finalmente el movimiento se efectuará sin contracciones innecesarias y en el momento adecuado. En términos técnicos, diremos que se ha desarrollado el esquema motor correcto.

Las etapas de elaboración de este esquema motor serían:

- El sistema nervioso central, basándose en experiencias previas, diseña el movimiento.
- El sistema nervioso periférico transmite la orden al aparato locomotor.
- El aparato locomotor realiza el movimiento y a la par envía las informaciones necesarias al SNC para que éste calibre si el gesto es el correcto.
- El SNC modifica el esquema motor, basándose en las informaciones que recibe del aparato locomotor y de los demás órganos de los sentidos, repitiendo la acción hasta que llega a la construcción del esquema correcto.
- Posteriormente, el gesto se realizará de forma automática, sin mediar más que la voluntad de iniciarlo y controlarlo.



## Las fuentes de energía

Como cualquier otra parte de nuestro organismo, el músculo está formado por un conjunto de células que requieren de «combustible» para, por un lado, seguir vivas y, por otro, efectuar un trabajo: contraerse. El músculo obtiene dicha energía de las reservas que constituye, a partir de los alimentos que nuestro organismo ingiere.



La primera fuente de energía disponible en nuestras células es una sustancia llamada adenosintrifosfato (ATP). El nivel de ATP en el músculo se suele mantener constante; no disminuye ni tan siquiera durante una contracción continua. Ello es debido a que las células musculares disponen de un mecanismo de generación de ATP a través de las reservas de fosfocreatina (CP). Este compuesto, de elevada energía, se halla a una concentración entre 4 y 5 veces más alta que el ATP. Las

reservas de ATP y CP en las células musculares son suficientes para hacer frente, durante periodos de tiempo muy cortos, a ejercicios de potencia elevada. Cuando dichas reservas se agotan, el organismo debe sintetizarlas de nuevo. Las posibles vías de síntesis son dos, ateniéndonos a la utilización o no de oxígeno por parte de la célula:

- Vía aeróbica: síntesis de ATP a partir de los azúcares y de las grasas de los alimentos con intervención del oxígeno.
- Vía anaeróbica: síntesis a partir de los azúcares sin necesidad de oxígeno. Esta segunda vía tiene importancia una vez se ha acabado el ATP o la CP y antes de que intervengan los mecanismos de aporte de oxígeno al músculo (respuesta cardiorrespiratoria al esfuerzo). Así pues, existen tres posibilidades para obtener energía a nivel muscular:
  - Hacer uso de las reservas de energía en forma de ATP y CP.
  - Utilizar la vía aeróbica.
  - Utilizar la vía anaeróbica.

Todos los mecanismos pueden coexistir, pero en general los esfuerzos intensos de poca duración movilizan las reservas de ATP y CP, los esfuerzos moderados y extremadamente cortos ponen en marcha la vía anaeróbica y los esfuerzos de larga duración pero poco intensos usan la vía aeróbica.

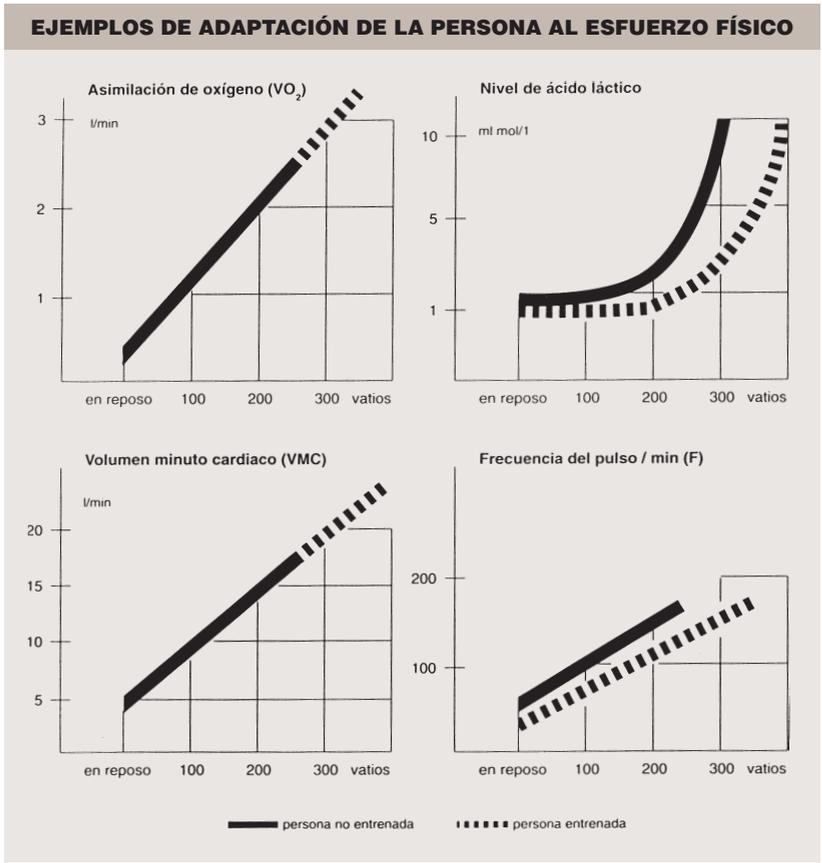
## La adaptación del organismo al esfuerzo físico

La situación ideal es aquella en la que el músculo obtiene la energía a partir de la vía aeróbica. Por ello nuestro organismo pone en marcha una serie de mecanismos que permiten un apor-

te suficiente de oxígeno a las células musculares: el sistema respiratorio (captación del oxígeno del aire) y el cardiocirculatorio (transporte del oxígeno en el organismo). La función principal del aparato respiratorio es la de suministrar oxígeno a nuestras células y librarlas del dióxido de carbono que producen. Esta función se lleva a cabo a partir de los intercambios gaseosos que se producen en los pulmones, en la zona de contacto del alveolo pulmonar con la sangre. Durante el ejercicio, las necesidades de oxígeno aumentan considerablemente, así como la producción de dióxido de carbono, por lo que nuestro organismo intenta facilitar el intercambio de estos gases aumentando:

- La frecuencia respiratoria.
- La cantidad de aire que penetra en los pulmones en cada respiración.
- La velocidad de difusión del oxígeno y del dióxido de carbono, a través de la membrana alveolo-capilar.

Una vez en la sangre, el oxígeno es transportado por la hemoglobina hacia las células. Para favorecer una circulación más



rápida, es decir, un tiempo de transporte más corto, el corazón aumenta su frecuencia de contracción. Paralelamente, en los vasos sanguíneos se produce un aumento de la presión sistólica acompañada de una vasodilatación en los músculos que trabajan. En un organismo entrenado, la adaptación al esfuerzo es sensiblemente diferente. A unos cambios funcionales más efectivos se les unen unos cambios estructurales que facilitan el trabajo muscular:

- Para un consumo de oxígeno determinado, el aprovechamiento del mismo es superior en el sujeto entrenado por una capacidad de difusión superior, una mayor cantidad de hemoglobina en sangre y un volumen de sangre movilizado por contracción cardíaca superior.
- La frecuencia respiratoria y la cardíaca son inferiores, ante un mismo esfuerzo, en el individuo entrenado, lo que optimiza la relación coste/beneficio.
- A nivel estructural, existe un aumento en la capacidad pulmonar y en el peso y tamaño cardíacos.

## TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales en su artículo 25, bajo la rúbrica “Protección de los trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos” contiene una regulación de carácter genérico mediante la cual obliga al empresario a garantizar la protección de todos aquellos trabajadores que puedan verse afectados de forma singular por algún riesgo identificado en el puesto de trabajo. Esto no es más que la aplicación del principio de adaptación del trabajo al individuo que aúna la evaluación objetiva con la subjetiva. Dentro del grupo de trabajadores especialmente sensibles, aunque objeto de una regulación particular, se han de incluir también los menores (característica personal) y la maternidad (estado biológico).

Sin ánimo de ser exhaustivos, las características personales o estados biológicos que van a condicionar una especial sensibilidad a los requerimientos físicos de un trabajo son: la edad, el estado físico, las dimensiones antropométricas, la situación de embarazo en la mujer y los antecedentes de patología cardiovascular o dorso-lumbar.

---

### Edad

Las dificultades en el desempeño de la tarea de deben a las demandas del entorno físico o del sistema, que suelen exceder las capacidades individuales, especialmente en los aspectos de

percepción sensorial, destrezas psicomotoras, memoria, aprendizaje y fuerza muscular.

Al considerar la edad como factor que define a los trabajadores como especialmente sensibles tenemos en cuenta a aquellas personas menores de 18 años (trabajadores jóvenes) y a aquellos con edades superiores a los 45 años (trabajadores de edad)

#### *Trabajadores jóvenes*

El periodo entre los 16 y los 18 años se caracteriza por ser la fase final del periodo de crecimiento y un momento en el que el aparato locomotor y los sistemas endocrino y reproductor son especialmente sensibles. La fuerza, el tamaño, la madurez ósea, la coordinación motora, las necesidades de sueño y las habilidades cognitivas de estos jóvenes se ponen a prueba en puestos de trabajo diseñados para adultos y que manifiestamente representan y producen desequilibrios entre capacidad y requerimientos.

#### *Trabajadores de edad*

Se ha demostrado que no existe una relación directa entre el envejecimiento y la disminución de la capacidad de trabajo. Los factores que hacen que la edad incapacite están principalmente ligados a unas condiciones de trabajo que imponen demandas físicas exageradas en relación con las personas (independientemente de su edad) y la organización del trabajo. El mantenimiento de la capacidad de trabajo en la población activa de más de 55 años no deja de ser un compromiso entre el estado físico, la formación y la experiencia de la persona y la posibilidad de adaptación de las condiciones u organización del trabajo a las posibles mermas.

Los recursos con los que el trabajador hace frente a las demandas físicas son tanto físicos como mentales. Desde el punto de vista físico, la máxima capacidad se alcanza entre los 20 y los 30 años, iniciándose posteriormente el declive, mayor en las extremidades inferiores y acelerándose a partir de los 40 años. La movilidad articular y la postura cambian gradualmente entre los 20 y los 60 años, siendo más frecuente la artritis después de los 45 años. Sin embargo, esto que es válido a nivel general debe matizarse a nivel individual dependiendo de cuestiones genéticas y estilos de vida.

La Comisión europea hizo pública a finales del año 2000 una Comunicación sobre las directrices para la evaluación de los agentes químicos, físicos y biológicos, así como los procedimientos industriales considerados como peligrosos para la salud o la seguridad de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz re-

---

**Trabajadoras embarazadas o que han dado a luz recientemente**

cientemente o en periodo de lactancia. En esta comunicación se citan como factores ligados a la carga física que deben ser objeto de especial atención los movimientos y posturas incómodos y la manipulación manual de cargas en razón del riesgo que suponen para el embarazo o para la salud de la mujer en los tres meses siguientes al parto. Para ello aconseja tener en cuenta, entre otros: la naturaleza, duración y frecuencia de las tareas/movimientos; la intensidad, el ritmo y la variedad del trabajo, y la organización del tiempo de trabajo y las pausas para el descanso.

---

**Trabajadores con  
patología  
cardiovascular**

Este tipo de lesiones suele aparecer antes de la jubilación, siendo frecuente que el trabajador esté a pleno rendimiento en el momento de su aparición. Los avances en el tratamiento de estas patologías favorecen el restablecimiento de una buena o aceptable capacidad funcional que, en ausencia de otras contraindicaciones, permite el retorno al trabajo sin ningún tipo de medidas especiales o con restricciones mínimas o moderadas.

Esta vuelta al trabajo deberá calibrarse minuciosamente teniendo en cuenta tanto factores físicos como psicológicos.

---

**Trabajadores con  
antecedentes de  
patología  
dorso-lumbar**

Los dolores de espalda, en especial la patología lumbar, son uno de los problemas laborales más frecuentes. Se ha comprobado que más del 50% de la población activa ha tenido en algún momento de su vida dolor de espalda. Esta situación, pasajera en muchos casos, puede derivar en dolores persistentes o en recaídas cuyo coste, en horas trabajadas y en calidad de vida, puede ser altamente gravoso. El grado de incapacidad ligado a la lumbalgia combina criterios ligados a factores posturales, esfuerzos, procesos metabólicos y actividades diarias que pueden condicionar un desequilibrio entre los requerimientos del puesto de trabajo y las aptitudes del trabajador. Las tareas más afectadas son aquellas que requieren la manipulación manual de cargas, el mantenimiento de la postura sentado o de pie y la flexión y torsión del tronco.

Los trabajadores con patologías dorso-lumbares previas deberán ser objeto de una vigilancia médica especial y de una reorganización de su trabajo, principalmente en términos de ritmo y pausas así como del rediseño del mismo; además, naturalmente, de todas las medidas preventivas que se deben aplicar de forma general para la protección de la salud de los trabajadores expuestos a una carga física determinada.

Desde principios de la década de los 90, se multiplican los ejemplos de programas para la reintegración de los trabajadores con problemas dorso-lumbares siendo especialmente atrac-

tivo el modelo biopsicosocial que toma en consideración no sólo los aspectos físicos sino también los cognitivos, afectivos y psicosociales.

Existen otras circunstancias que requerirán una atención especial e individualizada como son, por ejemplo, los trabajadores con diabetes en los que los esfuerzos físicos irregulares pueden dificultar el mantenimiento del equilibrio metabólico o ciertos trastornos mentales que pueden agravarse ante ritmos de trabajo elevados.

---

**Otras condiciones**



# Diseño del centro de trabajo

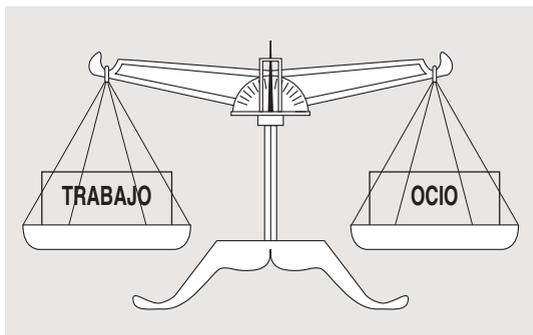
## 3

### LA ERGONOMÍA EN EL PROYECTO. EL EMPLAZAMIENTO

El ser humano dedica gran parte de su vida a la actividad laboral y, lo que es más significativo, el trabajo condiciona y se relaciona con todas las otras actividades humanas. Al trabajo se le exige que, además de cubrir nuestras necesidades de sustento económico y de estabilidad, también dé respuesta satisfactoria a nuestras necesidades de relación social y de autorrealización.

Para que la persona viva en condiciones de salud en el contexto social al que pertenece, debe alcanzarse un equilibrio entre el tiempo dedicado al trabajo y el tiempo dedicado al ocio y a las actividades no estrictamente laborales y que estén consideradas como no retributivas. Existe una evidente interrelación entre todo el conjunto de actividades que desarrolla la persona. Una vida personal y familiar positiva y estimulante repercutirá favorablemente en el trabajo, siempre que éste se enmarque en unas condiciones mínimamente aceptables. A su vez, si el trabajo enriquece profesional y humanamente, se estará contribuyendo a aportar también aspectos positivos a su vida extralaboral, ello obviamente en función de las propias cualidades individuales.

El tiempo de descanso asociado al ocio es necesario para que el trabajo pueda desarrollarse en condiciones aceptables. Si la persona arrastra problemas importantes de fatiga o estrés, generados en su trabajo, presumiblemente su tiempo de descanso se verá afectado negativamente por éstos, pudiendo condicionarse incluso la recuperación requerida. Por ello, es importante encontrar el equilibrio necesario



MANTENER UN BUEN NIVEL DE SALUD  
REQUIERE UNAS ADECUADAS  
CONDICIONES DE TRABAJO Y UN  
EQUILIBRIO CON LAS ACTIVIDADES DE  
OCIO Y DE DESCANSO

entre el conjunto de actividades, de forma que, si como es deseable predomina lo positivo, ello pueda hacerse extensible al resto y actúe como mecanismo compensatorio ante las dificultades. Lo conveniente es que el trabajo, que tiene una consideración relevante en nuestra socie-

dad, sea un elemento enriquecedor y de contribución al bienestar personal.

Las empresas, bajo una concepción ergonómica, no deberían ser ajenas a los condicionantes que determinan la calidad de vida de los trabajadores y deberían tratar de paliar en la medida de sus posibilidades aquellas cuestiones que les pueden afectar significativamente de forma desfavorable y, consecuentemente, también a su propia organización y a sus procesos productivos. La ergonomía en el centro de trabajo debería tener en cuenta todos los aspectos que permiten una adecuada integración y adaptación del entorno ambiental al trabajador.

El diseño ergonómico del centro de trabajo debería iniciarse incluso antes del propio proyecto de construcción del mismo, eligiendo un emplazamiento idóneo. Implantar de manera adecuada una determinada actividad, en un lugar concreto, requiere efectuar en primer lugar el estudio del posible impacto ambiental que va a ocasionar. O sea, evaluar qué repercusiones en el medio va a generar la empresa y, por otra parte, analizar también los condicionantes tanto positivos como negativos del entorno social y físico que van a influir sobre la misma.

Las empresas han de ser capaces de evitar y, en su caso, solventar los problemas que pudieran generar al medio ambiente; así por ejemplo, la contaminación por productos químicos del aire y del agua debe ser eliminada en el origen y no trasladada de forma incontrolada al exterior, dañando al entorno y a la población. Aspectos significativos a considerar en esta fase de proyecto serían todos aquellos que puedan estar directa o indirectamente relacionados con el medio natural próximo a la actividad económica de prevista implantación, así como la influencia de las condiciones ambientales exteriores con las del propio centro de trabajo.

Así, por ejemplo, el emplazamiento junto a un cauce fluvial, o en una zona con vientos predominantes, o la proximidad a zonas marítimas puede influir en aspectos negativos tales como, acrecentamiento de daños ante posibles riadas, vías preferentes de propagación de fugas de gases tóxicos, corrosión salina de instalaciones,... del centro de trabajo; aspectos todos ellos de gran importancia para la seguridad y el bienestar físico de los trabajadores y que se deberían poder solucionar precisamente

en esta fase de proyecto, eligiendo un lugar idóneo para el desarrollo de la actividad.

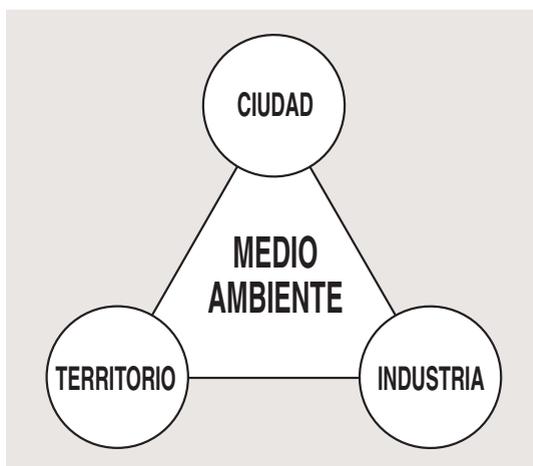
La tipología constructiva de las edificaciones debe adaptarse totalmente al medio. Según el clima y la radiación solar se debería orientar de la mejor manera posible el centro de trabajo y los tipos de lucernarios a habilitar, de tal forma que se aprovechen al máximo la luz y la energía solar, pero, a su vez, se disponga también de la necesaria protección, más cuando tal radiación pueda molestar a las personas o dificultar la correcta climatización de los locales. Así, por ejemplo, si en los países de clima frío la disposición de amplios ventanales para lograr el máximo aprovechamiento solar pueden hacerla aconsejable, siempre que se cuente con los sistemas necesarios de calefacción, en zonas de clima mediterráneo más bien hay que encontrar mecanismos de aislamiento y de protección ante el calor solar.

Las características de la población próxima al centro de trabajo en proyecto es otro aspecto importante a tener en cuenta. Los valores culturales, las costumbres, la pirámide de edad, estructura y hábitos sociales, etc. son algunos de los factores clave que podrán facilitar tanto la adaptación de la empresa a las peculiaridades de la sociedad como la adecuada integración de las personas en el sistema productivo, que a bien seguro requerirá de mano de obra cualificada en diferentes campos profesionales.

Pero también la empresa, como otros estamentos sociales, debiera contribuir a facilitar la integración de las personas procedentes de otros ámbitos geográficos y otras culturas, ya que el trabajo es una vía determinante de integración de las personas en la sociedad plural en la que vivimos.

Los centros de trabajo son en cierto modo interdependientes unos de otros, y es imprescindible el poder contar con una buena infraestructura de servicios para dar respuesta a la diversidad de necesidades que a una empresa se le plantean continuamente para su funcionamiento. Además, razones económicas imposibilitan, cada vez más, que las empresas pequeñas y medianas puedan disponer de servicios propios para cubrir necesidades más allá de las estrictamente vinculadas a sus procesos productivos.

Las grandes concentraciones urbanas, al disponer en general de una gran oferta de servicios, actúan como foco de atracción,



provocando la formación de lo que se denominan “ciudades o barrios dormitorio”. Para evitarlo, se requiere que las ciudades pequeñas y mediana puedan contar con la infraestructura de servicios indispensable para el asentamiento de los centros de trabajo. Hay que tener en cuenta que este equilibrio deseado entre ciudad, territorio y lugar de trabajo es más fácil de alcanzar fuera de las grandes ciudades. Afortunadamente, en la actualidad se dispone de los adecuados mecanismos de análisis y planificación urbana, que debidamente aprovechados habrían de facilitar un crecimiento equilibrado. Además, el mayor crecimiento del sector servicios, como vía principal de ocupación de mano de obra frente al sector industrial, debería permitir, contando con las ventajas de las nuevas tecnologías de la información, que las ciudades medianas puedan ser cada vez más un atractivo lugar de residencia y de trabajo y ofrezcan una calidad de vida aceptable. De esta manera, se lograría una implantación más equilibrada de actividades empresariales en el territorio.

EL EMPLAZAMIENTO ADECUADO DE LAS ACTIVIDADES EMPRESARIALES CONTRIBUYE A MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE TRABAJADORES Y CIUDADANOS

Si la actividad laboral del centro de trabajo que se proyecta construir no va a ser contaminante, su nivel de contaminación va a estar muy por debajo de los límites tolerables, sintoniza con las actividades productivas e intereses del territorio, se adecua a los criterios exigibles en el plan de ordenación territorial, integrándose en el paisaje y el medio natural, la población laboral puede surgir en buena parte del propio ámbito geográfico próximo y se plantea la posible colaboración en proyectos o actividades de interés local o territorial, se estará contribuyendo con su implantación a un adecuado desarrollo socioeconómico de la comunidad, aspecto éste de reconocido valor incluso para el desarrollo de la propia empresa.

## PROXIMIDAD ENTRE EL HÁBITAT LABORAL Y EL DOMÉSTICO

Existe una gran interrelación entre la propia actividad laboral y aquellas otras actividades que se desarrollan fuera del lugar de trabajo, unas en la vivienda y otras en la ciudad o incluso en el campo. Aunque el tiempo dedicado al trabajo diario se ha ido reduciendo, no es fácil compatibilizarlo plenamente con la dedicación a actividades de ocio y de relación social. El problema se agrava en las grandes ciudades, donde el tiempo invertido en los desplazamientos es considerable.

Tradicionalmente la vivienda se ha localizado en las áreas

urbanas, ya que éstas aportan la necesaria infraestructura de servicios e intereses que la vida humana requiere, aunque muchas familias, por razones de coste de la vivienda o por evitar los conflictos de las aglomeraciones urbanas, decidan vivir en el extrarradio de las ciudades o en lugares aislados en donde poder estar más próximos al medio natural. En cualquier caso, la proximidad de la vivienda al lugar de trabajo siempre debería resultar más cómoda en la vida de las personas.

La construcción de buenas vías de circulación y medios rápidos de transporte acorta distancias y sobre todo tiempos de desplazamiento, pero no debiera obviarse el procurar la proximidad física entre el hábitat laboral y el hábitat doméstico.

Sería conveniente, además, que el desplazamiento al lugar de trabajo pudiera realizarse con medios públicos y, cuando éstos no existan o no ofrezcan un aceptable servicio, sean suplidos con medios colectivos aportados por la empresa o grupos de empresas afectadas. El transporte colectivo es más económico, más cómodo, más seguro y más respetuoso con el medio ambiente. Son todas ellas buenas razones para limitar el uso del automóvil en nuestra vida cotidiana.

Lo ideal sería, como se ha citado, el poder compatibilizar algo que fue tradicional en las ciudades: la residencia, el trabajo y el ocio; pero el crecimiento desmesurado de las grandes urbes y el tamaño de las empresas lo dificultan en demasiadas ocasiones. La total desvinculación de los lugares dedicados a las diferentes actividades humanas resulta en general contraproducente y, más que la proximidad entre las mismas, sería deseable alcanzar una saludable integración o equilibrio entre todas ellas.

## DISEÑO DEL LUGAR DE TRABAJO

---

Salvo que el trabajo se realice en ambientes exteriores, la persona debe permanecer en el centro de trabajo durante toda o la mayor parte de su jornada laboral. Durante este tiempo de permanencia, debe realizar diversidad de actividades productivas, pero también tiene que satisfacer necesidades personales, unas meramente fisiológicas (comer, descansar, asearse,...) y otras de carácter psicosocial, según sus propias necesidades individuales y de relación social.

Es necesario considerar en primer término las características de las personas que han de ocupar los lugares de trabajo, tanto de los propios trabajadores como de otros colectivos, por ejemplo ciudadanos, cuando se trate de locales públicos. Los trabajadores minusválidos, las mujeres embarazadas y los me-

nores son colectivos que requieren especial atención y que plantean una serie de condicionantes en la configuración de los espacios de trabajo.

---

**La funcionalidad en el diseño**

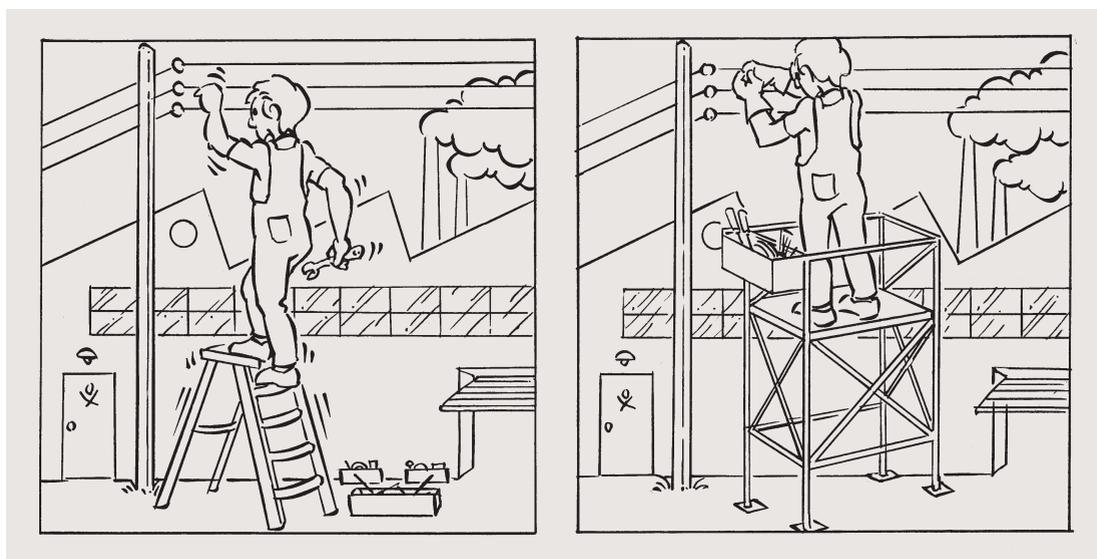
El centro de trabajo como hábitat temporal de un colectivo de personas debe ser proyectado como un espacio en el que confluyan de forma racional todo el encadenamiento de funciones que constituyen el sistema productivo -razón de ser de la empresa-, más todo el conjunto de actividades y exigencias colaterales de las personas que allí trabajan. Además, ello también es esencial para que la empresa sea eficiente.

Las personas deben realizar funciones no estrictamente implicadas con el proceso productivo pero que son fundamentales para que el mismo funcione adecuadamente. Por ejemplo, las instalaciones deben ser revisadas, renovadas o actualizadas periódicamente y los equipos deben ser mantenidos para evitar que se averíen y la producción se detenga de manera incontrolada, generándose costes significativos y evidenciándose los fallos de una falta de planificación.

En aquellas instalaciones en las que la intervención humana es continua o frecuente, la consideración de los aspectos ergonómicos en su diseño suele ser más fácilmente asumida. Si ello no fuera así, los usuarios del sistema, tanto responsables del proceso productivo, como operarios del mismo, los pondrán posiblemente en evidencia y reclamarán las elementales soluciones. Los lugares más olvidados en cuanto a diseño ergonómico suelen ser aquellos en los que la presencia de personas es ocasional, así como los puestos de trabajo relacionados con el mantenimiento de instalaciones y equipos. Es precisamente tal ocasionalidad, unida a las carencias de conocimientos ergonómicos de los proyectistas, lo que determina que sean olvidadas cuestiones significativas de diseño desde la perspectiva de la intervención humana. Por otra parte debe destacarse que este tipo de situaciones, tratadas a posteriori, suelen requerir soluciones de difícil y a veces incluso inviable aplicación.

Por ejemplo, imaginemos un proceso químico con tuberías por las que circulan diversidad de fluidos. No todas las válvulas de seccionamiento son accionadas a diario y las bridas y juntas de unión, puntos de posibles fugas, pueden ser revisadas muy de tarde en tarde. Si olvidamos que, a pesar de la ocasionalidad de la intervención, el trabajador ha de acudir a tales puntos, es probable que las condiciones de trabajo en las que se va a desarrollar dicha intervención sean desfavorables y, de no preverse en la fase de diseño, las medidas de mejora y/o intervención serán de elevado coste.

La accesibilidad y permanencia de personas en lugares de trabajo ocasionales, generalmente operaciones de mantenimiento y limpieza, debe ser estudiada y resuelta en el proyecto, no con elementos provisionales o portátiles, sino preferentemente con escaleras y plataformas fijas de trabajo de dimensiones adecuadas y con sus sistemas de seguridad incorporados. Hay que evitar, por ejemplo, que las personas tengan que acceder y utilizar escaleras manuales para realizar trabajos desde las mismas por el peligro e incomodidad que comportan. Las escaleras, tanto las principales como las de servicio, son fuente de peligro y por ello es necesario que se diseñen respetando los criterios y medidas de seguridad y de confort. El RD 486/1997 trata en particular sobre las características de los diferentes tipos de escaleras.



Para evitar un cúmulo de accesos ocasionales, el criterio básico de racionalización sería el agrupamiento de elementos que precisen intervenciones para que, con el menor número posible de escaleras de servicio y vías de circulación, se pueda acceder a todos los puntos necesarios.

¿Cuáles deben ser, entonces, los criterios a seguir para diseñar un centro de trabajo que ofrezca un adecuado hábitat industrial en el que se pueda trabajar eficientemente y las personas convivan en unas óptimas condiciones de trabajo? La respuesta no es simple y un solo proyectista difícilmente podrá resolver problemas tan complejos y diversos. Es imprescindible el trabajo de un equipo de especialistas que sepan analizar en profundidad tanto los aspectos técnicos como los humanos y organizativos del proceso productivo que se trata de diseñar.

Al diseñar el centro de trabajo se han de tener en cuenta las necesidades del proceso productivo o servicio en lo relativo al espacio, tanto para la ubicación física de los medios materiales como para la ordenación y la secuencia de las tareas que deben realizarse. Además, es en esta fase de diseño donde se deben contemplar los espacios necesarios para que los trabajadores desarrollen su actividad de una manera cómoda y eficaz, procurando no olvidar que los servicios subsidiarios (limpieza, mantenimiento,...), por las peculiaridades de su trabajo, tienen sus propias necesidades de espacio.

Pero este diseño no debe plantearse como una solución cerrada. La empresa es algo vivo y dinámico que va a estar sometida desde su puesta en marcha a un proceso continuo de cambios, debiendo ser capaz de incorporar innovaciones tecnológicas y ampliaciones. Por ello es conveniente diseñar los espacios con la amplitud suficiente para alojar las modificaciones normalmente previsibles en un plazo razonable.

La red de servicios complementarios (electricidad, vapor, aire comprimido, etc.,) debiera estar concebida precisamente con la flexibilidad necesaria para permitir la fácil interconexión tanto de las existentes como de posibles ampliaciones. Ello requiere que tales redes sean concebidas contemplando aspectos de accesibilidad, de sobredimensionado de su capacidad de suministro y de facilidad de conexión, como se ha apuntado.

Si debiéramos sintetizar con dos palabras los conceptos clave para un correcto diseño del hábitat laboral elegiríamos: RACIONALIDAD y HUMANISMO. La racionalidad de un proceso productivo consiste en que todas las fases del mismo se encadenen de forma coherente en los espacios adecuados, evitando problemas típicos como: acumulaciones de materiales y residuos con *stocks* excesivos, obstrucciones en el flujo de productos, recorridos y esfuerzos innecesarios de las personas, tiempos perdidos en actividades no generadoras de valor,... y en general deficiencias que, por falta de análisis y planificación del funcionamiento de instalaciones, máquinas y equipos, repercuten en paradas innecesarias, averías, insuficiente calidad de los productos y servicios, condiciones de trabajo deficientes y baja productividad.

Pero esta racionalidad en la implantación tecnológica debe estar integrada en una concepción humanista en su aplicación y utilización. En cualquier instalación, por muy automatizada que esté, debe estar siempre contemplada la persona que ha de intervenir, aunque sea de manera ocasional o esporádica. Nada debería ser diseñado sin considerar su relación con la posición y la movilidad de las personas, con sus exigencias y sus limitaciones.

El centro de trabajo debería disponer, de modo similar a una estructura urbana orgánicamente funcional y saludable y en la que es apetecible vivir, de un conjunto de elementos que ofrezcan la necesaria racionalidad y coherencia para su buen funcionamiento. El Reglamento 486/1997 de Lugares de Trabajo aporta una serie de aspectos a considerar tanto en lo que se refiere a las condiciones generales de seguridad como de confort que deben reunir los ambientes físicos de trabajo.

Los diferentes tipos de circulaciones, cuidadosamente estudiadas, deben facilitar la dinámica que el proceso productivo requiere. Las vías principales y secundarias, obviamente, deberán tener anchuras diferentes, según, el nivel de tránsito previsible, las dimensiones de los vehículos y sus velocidades máximas permitidas, así como la posibilidad de coexistencia con el paso de personas. Deberían existir lugares de aparcamiento donde ubicar transitoriamente los vehículos de transporte y los materiales para cubrir los tiempos de espera en el proceso productivo. Sería recomendable que las vías de circulación de personas y vehículos o materiales fueran diferenciadas, evitando excesivos entrecruzamientos, por los peligros evidentes que ello comporta. Los cambios de dirección deberían ofrecer la visibilidad necesaria, disponiendo sobre todo los cruces de vías ortogonales, de chaflanes a 45°, para facilitar los giros.

El citado Reglamento indica que el número, dimensiones y condiciones constructivas de las vías de circulación de personas o materiales deberán adecuarse al número potencial de usuarios y a las características de la actividad y el lugar de trabajo. En todo caso la anchura de un pasillo no debería ser inferior a 1 metro y en las vías en que deba simultanearse el paso de personas y vehículos deberá permitirse tal simultaneidad manteniéndose separaciones de seguridad suficientes (debería respetarse un mínimo de 60 cm). Las vías de circulación destinadas a vehículos deberán pasar a una distancia suficiente de las puertas, zonas de circulación de personas, pasillos y escaleras.

En la tabla se indican algunas medidas recomendadas para vías de circulación de personas.

Las aceras de las calles urbanas por las que circulan los peatones constituyeron un

## Las circulaciones

<b>MEDIDAS RECOMENDADAS PARA VÍAS DE CIRCULACIÓN PARA USO EXCLUSIVO DE PERSONAS</b>	
Una persona	650 mm
Una persona con marcha rápida	750 mm
Dos personas de lado	1350 mm
Una persona andando, otra contra la puerta	1000 mm
Una persona transportando una maleta	800 mm
Una persona transportando una bandeja	900 mm
Una persona con muletas	840 mm
Una persona trasladándose en silla de ruedas	800 (750-900) mm

significativo avance social del siglo XIX, por lo que representa de respeto al ciudadano y a su seguridad. A pesar de ello, en la actualidad, la mayoría de accidentes graves de tráfico en las ciudades siguen sufriendolos los peatones. En los centros de trabajo lamentablemente las circulaciones rodadas y peatonales no son suficientemente estudiadas y las superficies de trabajo y de tránsito constituyen el agente material con más alta siniestralidad. En tal sentido, puede ser necesario que las vías peatonales estén protegidas, además de claramente diferenciadas y señalizadas.

---

**Infraestructuras  
básicas**

De la misma manera que toda ciudad requiere sus lugares de descanso y de encuentro y sus centros de formación, etc., el centro de trabajo necesita también lugares de descanso confortables donde puedan estar los trabajadores durante sus pausas, porque de lo contrario el descanso no se realizará satisfactoriamente y ello repercutirá de manera desfavorable en la actividad productiva.

Todas las empresas deberían prever lugares donde poder realizar sus acciones formativas internas y sus reuniones de trabajo. Aspectos éstos que son hoy fundamentales en la empresa moderna, regida por los principios de la eficiencia y del compromiso colectivo. Ello conlleva incorporar como modalidad organizativa preferente el trabajo en equipo e implantar en todos los ámbitos de trabajo el espíritu de mejora continua. Pero para que la cooperación se desarrolle a todos los niveles, tanto horizontal como verticalmente, se requiere que los canales de comunicación y las vías de participación sean ágiles y funcionen adecuadamente, disponiéndose de espacios idóneos próximos a las áreas de trabajo y que por su conveniente flexibilidad puedan también ser utilizados para diversas funciones.

El sistema productivo, para funcionar correctamente, necesita una infraestructura de servicios y equipamientos. Si bien muchos de estos servicios podrán estar centralizados, por ejemplo, los almacenes generales, las oficinas o los vestuarios generales, es recomendable una distribución equilibrada y descentralizada de determinados equipamientos, que es conveniente que estén próximos a los puestos de trabajo (ciertos almacenamientos intermedios, lugares de descanso, servicios higiénicos, etc.).

Si el polígono industrial en el que se va a ubicar la empresa cuenta con una adecuada infraestructura de servicios, por ejemplo: protección contra incendios y emergencias, asistencia sanitaria, comedores colectivos, etc. se podrían obviar entonces parte de estos servicios en la empresa.

Todo sistema productivo tiene una serie de condicionantes para que pueda desarrollarse correctamente. Tanto las máquinas como las personas necesitan unas determinadas condiciones ambientales de trabajo; no todo funciona igual si las condiciones térmicas o de calidad del aire varían. Por otra parte el propio sistema, también altera las condiciones ambientales iniciales.

Es por ello imprescindible el análisis previo y minucioso de exigencias y efectos del sistema para su optimización, logrando que personas y máquinas dispongan de las más idóneas condiciones de trabajo. Contemplar estos aspectos medioambientales ayudará a una adecuada localización y distribución de máquinas y equipos. Cuando esto presente limitaciones o inconvenientes, se adoptarán las medidas correctoras necesarias para que sean minimizados.

Otro principio genérico a tener en cuenta es el de aislar aquellas instalaciones, equipos o ámbitos físicos que, por sus características, sean fuentes de riesgo y puedan afectar a colectivos ajenos a los mismos. Incluso muchas veces el aislamiento no sólo evita la propagación del agente nocivo, como puede ser, por ejemplo, la localización en recinto aparte de compresores de aire u otros equipos generadores de ruido, sino que puede permitir en ocasiones, también, importantes ahorros de costes de las instalaciones. Sea, por ejemplo, una nave de fabricación de productos potencialmente generadores de atmósferas inflamables, en tal caso si las zonas peligrosas se aíslan, se evitará que la instalación eléctrica protegida tenga que cumplir los requisitos legalmente exigibles en todo el recinto fabril, con un encarecimiento innecesario de la misma.

Suele supeditarse el diseño del espacio de trabajo y de los elementos que lo conforman a la funcionalidad del proceso, a veces en detrimento de considerar las diferentes formas alternativas que aquellos puedan tener; o dicho de otra manera, la forma se suele supeditar total y exclusivamente a la función.

Este planteamiento pragmático no puede decirse que sea incorrecto, aunque sí suele resultar insuficiente. Un análisis exhaustivo y profundo de todos los aspectos funcionales del proceso, en especial de las operaciones a realizar por los trabajadores, obligaría también a contemplar una mayor riqueza de contenido en los aspectos de “forma”, la cual sería una respuesta más precisa a las exigencias técnicas y humanas. En tal sentido, la percepción agradable del espacio, su confortabilidad e incluso los valores estéticos del mismo, que son también determinantes para la calidad de un lugar de trabajo, se integrarían para alcanzar la mejor respuesta formal posible del sistema.

---

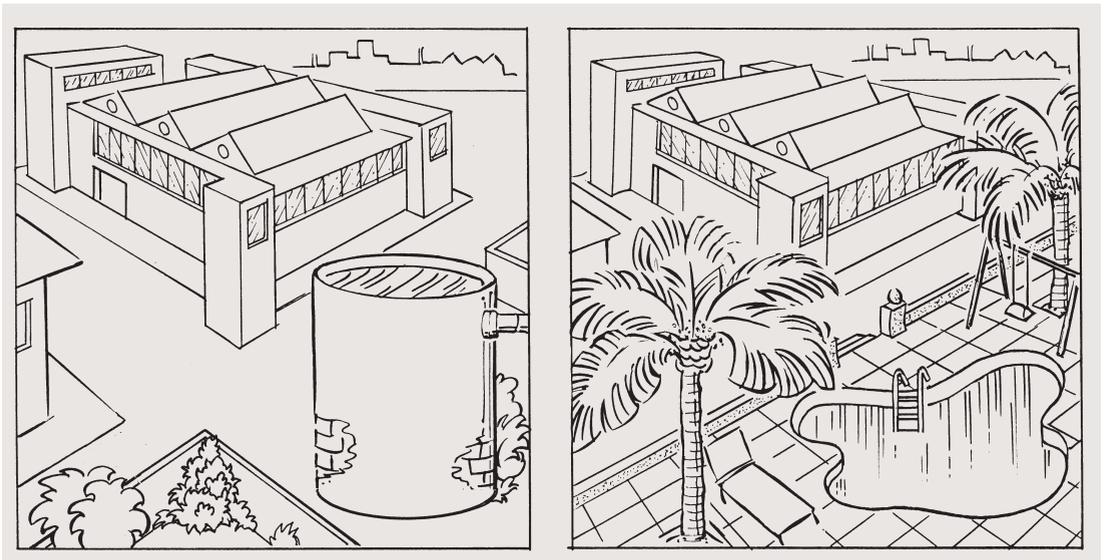
**Equilibrio entre  
forma - función  
en un sistema  
productivo**

La forma en la distribución del espacio y el papel que juegan en él los diferentes elementos que lo configuran influyen en el comportamiento humano, al poder generar sensaciones muy diferentes, aunque la función general del sistema siga siendo la misma. Ahora bien, es obvio que la calidad del entorno físico condiciona en gran medida las percepciones y las actitudes de las personas que allí trabajan.

Al hablar de la “forma” de un espacio, nos referimos también a los aspectos relativos a la percepción que tiene el individuo del mismo. Por ello, no solamente están implícitos los aspectos geométricos, que son fundamentales, sino también aquellos otros como el color y la iluminación que en su interrelación provocan efectos diferentes.

Aparentemente hay funciones en las que la forma pudiera parecer determinada y en realidad ello no es cierto. Sea, por ejemplo, un tanque para almacenamiento de una cantidad importante de agua de una instalación contra incendios; para ello se proyecta un depósito cilíndrico elevado que se presentará en el recinto industrial posiblemente como un paramento de fuerte impacto visual. En cambio, bajo una concepción que integre la función y la forma, la misma cantidad de agua podría ser almacenada en una piscina ofreciendo, además de una función adicional de esparcimiento, una más grata imagen visual.

Hay que considerar también todos aquellos aspectos de “forma” del espacio que aparentemente tienen poco que ver con la función productiva y que no por ello deben ser obviados, como sería la altura del espacio de trabajo y su relación con las super-



ficies existentes. Así, por ejemplo, una altura de 2,70 metros es adecuada para una oficina de 100 m<sup>2</sup>, en donde el personal trabaja normalmente sentado, pero en cambio resultaría agobiante para un taller industrial de varios centenares de metros cuadrados.

El RD 486/1997 establece unas dimensiones mínimas de los espacios de trabajo: 3 metros de altura desde el piso hasta el techo, salvo en oficinas y despachos, locales comerciales y de servicio, que podrá reducirse a 2,5 metros; 2 metros cuadrados de superficie libre por trabajador y 10 metros cúbicos, no ocupados, también por trabajador.

Hay que tener en cuenta que el principal valor de calidad de un espacio, en términos arquitectónicos, son sus dimensiones, así como la disponibilidad de superficies libres no ocupadas permanentemente por elementos. Lamentablemente en muchos centros de trabajo, por necesidades de espacio, pero también por

consideraciones erróneas de que un espacio libre es un espacio útil que puede ser ocupado, los ámbitos físicos de trabajo se convierten en angostos y llegan a crear sensaciones de discomfort. Como reflexión al respecto, habría que pensar en

cómo están equipados nuestros domicilios de residencia habitual: ¿no estamos muchas veces rodeándonos de objetos o elementos innecesarios que no hacen más que ocupar espacio y generarnos trabajo de limpieza? ¿El mobiliario se adecua a las estancias con las dimensiones, forma y funcionalidad necesarias, o no se dispone, a veces, de algún «trasto» mobiliario que roba espacio útil con una dudosa funcionalidad?

AL DISEÑAR UN PROCESO PRODUCTIVO,  
LA FUNCIÓN Y LA FORMA HAN DE ESTAR  
INTEGRADOS DE LA MEJOR MANERA  
POSIBLE

El establecer los mecanismos necesarios para que los lugares de trabajo se mantengan ordenados y limpios es esencial para que las personas puedan sentirse cómodas y sus comportamientos sean acordes con la calidad del entorno físico en el que se encuentran. El RD 486/1997 dedica un capítulo a este tema, haciendo hincapié no sólo en los aspectos relativos a la necesidad de evitar obstáculos que dificultan las circulaciones, incluidas las situaciones de emergencia, sino también a la limpieza periódica de lugares de trabajo, locales de servicio y sus respectivos equipos e instalaciones, los cuales también serán objeto de un mantenimiento periódico.

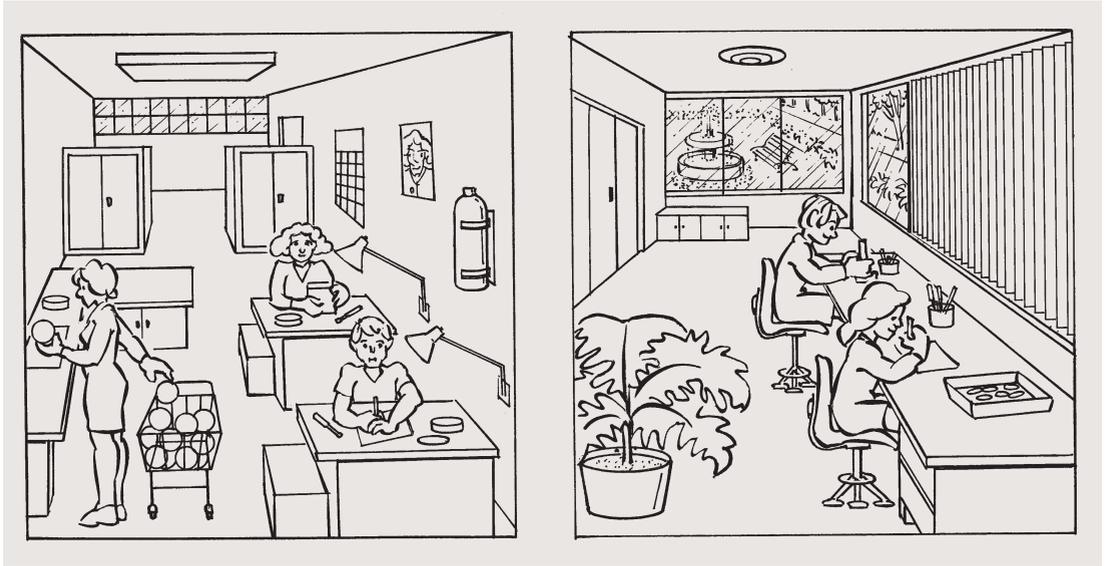
Si el espacio de trabajo está bien concebido a fin de que todos los elementos que conforman el sistema productivo, incluidos los útiles de trabajo, dispongan de un lugar específico en donde localizarlos en las debidas condiciones, y se aplican pro-

### **El orden en los lugares de trabajo**

cedimientos de gestión para que el orden y la limpieza formen parte de la política empresarial, se estará en condiciones, no sólo de lograr un aprovechamiento más racional y efectivo del espacio, sino que también se estará contribuyendo a promover una política global de calidad en la actividad laboral.

Evidentemente los ámbitos físicos de trabajo habrán de ser diseñados con materiales fácilmente limpiables y sobre todo de manera que las tareas de mantenimiento y limpieza puedan realizarse con facilidad y con los medios especialmente concebidos también desde la fase de proyecto.

El ser humano exige un entorno ambiental ordenado, pero también por sus propias características requiere que dicho espacio no sea excesivamente monótono, debiendo ofrecer por tanto una riqueza y diversidad aceptables. Es necesario que en el diseño tanto de interiores como de exteriores de los edificios se sigan unas reglas de composición, respetando las exigencias de funcionalidad descritas, pero procurando enriquecer espacialmente el medio con todo el conjunto de elementos disponibles y de la forma estéticamente más agradable, y con el color y la iluminación tengan un papel relevante. Veamos un ejemplo de lo dicho e imaginémosnos una amplia oficina de una misma unidad funcional de trabajo en donde haya que distribuir las mesas del personal administrativo. No sería ergonómico plantearse una distribución de mesas y armarios siguiendo estrictas normas de alineación, con la repetición sistemática de elementos, como si de una clásica aula de formación del siglo pasado se tratara. Sólo cabría imaginarse, para llegar al absurdo, al responsable de dicha oficina ubicado en posición estratégica desde donde controlar visualmente la actividad de los trabajadores. Por contrapartida, imaginémosnos una distribución de mesas y mobiliario que, basándose en una composición más rica, permita la zonificación de grupos de trabajo, así como la creación de zonas de interés, por ejemplo, para reuniones o para descanso y en donde poder ubicar, además de agua potable fresca, una máquina de suministro de bebidas. Imaginémosnos, además, que, sin perder la transparencia del ámbito físico de la oficina en la que se pretende que se mantengan visualmente en contacto las personas, se plantea un tipo de mobiliario o pequeñas mamparas que faciliten una personalización de los espacios sin perder la coherencia y la unidad global de la oficina. Evidentemente, puede resultar más fácil distribuir una oficina, que además permite mayor flexibilidad, que un taller industrial condicionado por la rigidez de un proceso productivo. En todo caso, de lo que se trata es de lograr que los lugares de trabajo ofrezcan una composición espacial que facilite y haga cómodos el trabajo y la estancia de sus ocupantes. Es necesario lograr en el



diseño del espacio de trabajo un orden —no necesariamente basado en la repetición— y una unidad global y coherente de la diversidad, que pueden ser enriquecedores.

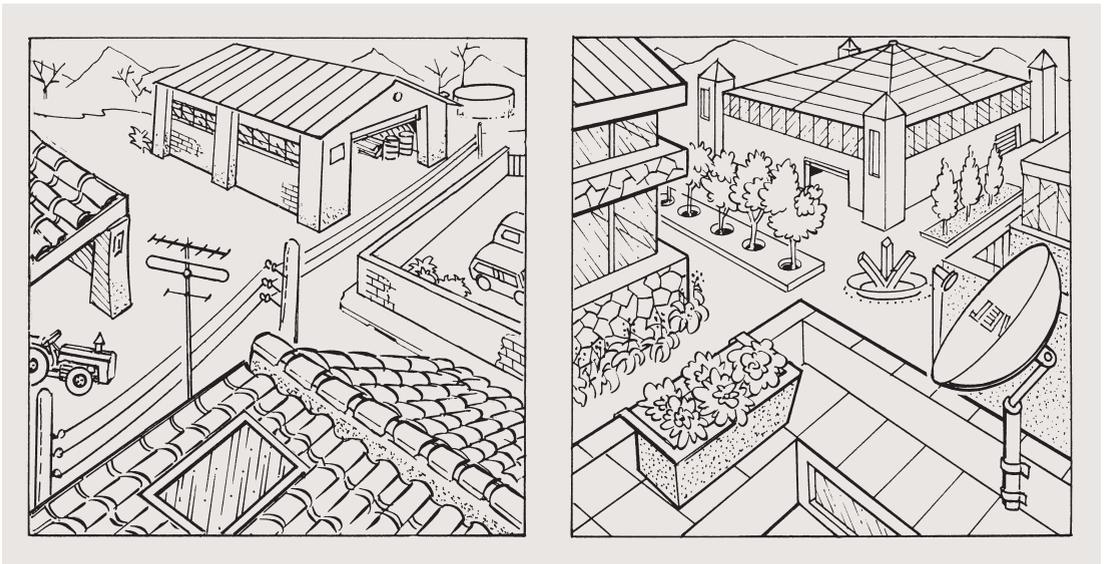
### LA RELACIÓN ENTRE AMBIENTES INTERIORES Y EXTERIORES

Cuando se construye un centro de trabajo para albergar una actividad industrial o de servicios se está conformando un espacio cerrado que proteja a personas y bienes de agentes del exterior que puedan ser perjudiciales. Pero este afán de protección frente al exterior, unido a una concepción errónea de que lo externo es totalmente ajeno al proceso productivo, conduce a plantear el espacio de trabajo como algo que puede estar aislado visual e incluso lumínicamente del exterior. Los proyectistas prescinden, a veces erróneamente, de la iluminación natural, cuando ésta ofrece un confort visual muy superior a la artificial y, donde podría haber agradables ventanales, las paredes cierran la visión al exterior. En la construcción de naves prefabricadas mediante paneles de hormigón en muchas ocasiones, por razones de estandarización, se prescinde de las posibles aberturas que permitirían una relación con el exterior y una notable mejora del confort de sus futuros ocupantes.

El individuo requiere por un lado, unas dimensiones y un equipamiento adecuados de su entorno inmediato, pero, por otra parte, es imprescindible asegurar visualmente el contacto con

el exterior o, en su defecto, establecer algún mecanismo de simulación que facilite la aproximación a un ambiente natural de interés con el que su especie ha convivido durante millones de años. La creación de espacios interiores ajardinados y con buena iluminación puede contribuir a evitar la desagradable sensación de encierro y agobio que se producirá en una persona que trabaje prolongadamente en un lugar cerrado y aislado del exterior. Cuando el entorno exterior inmediato resulte desagradable o incluso agresivo, se hace del todo imprescindible habilitar espacios interiores con un valor natural que favorezcan la calma que el ser humano necesita para trabajar y vivir.

La relación con el ambiente exterior facilita el descanso visual y mental y compensa de alguna forma el aislamiento y la falta de movilidad del lugar fijo de trabajo. En una situación extrema, opuesta a la anterior, se observa la tendencia a construir edificios de oficinas con grandes superficies acristaladas, que en caso de no estar bien diseñados pueden generar efectos contraproducentes (reflejos y deslumbramientos incontrolados, pérdida de intimidad, radiación solar excesiva, etc). La proliferación de edificios cuyo interior está climatizado ha llevado consigo la existencia de ventanales herméticamente cerrados, sin posibilidad de abertura. Ello puede permitir una satisfactoria sensación visual, pero en algunos momentos puede provocar una desagradable percepción de encerramiento. Aunque la no climatización del aire es más insatisfactoria que la ausencia de aberturas de ventilación, debiera ser considerada en el diseño del centro de trabajo la conveniencia de encontrar una adecuada compatibilización entre la ventilación natural y la forzada. Así



pues, la existencia de ventanales practicables habría de conjugar con una correcta calidad y climatización del aire, para que, de esta forma, además de facilitar el contacto visual con el exterior, se evite la sensación de aislamiento físico del exterior.

Evidentemente tales sensaciones variarán de forma considerable, en función no sólo de la amplitud y calidad del espacio interior sino también del aspecto del espacio exterior circundante. La existencia de un entorno natural cuidado en el exterior del centro de trabajo, en especial si forma parte del recinto de la empresa, además de permitir una más agradable perspectiva visual, facilitará su aprovechamiento en ciertos momentos o actividades y ofrecerá una mejor imagen de la empresa ante clientes y vecinos.

## EQUIPAMIENTOS SOCIALES

Nos referiremos a seis tipos de equipamientos sociales que cabe considerar en el diseño del centro de trabajo:

- Áreas de descanso
- Áreas de reuniones y formación
- Vestuarios y servicios higiénicos
- Áreas de primeros auxilios
- Comedores
- Áreas de esparcimiento y ocio

El RD 486/1997 establece una serie de disposiciones que deben reunir los ámbitos físicos de descanso, vestuarios y servicios higiénicos y locales para primeros auxilios, además de los locales provisionales y trabajos al aire libre, que debiera ser consultado a la hora de proyectar este tipo de espacios. Lo que a continuación se expone no se ciñe estrictamente a lo reglamentado, sino que se amplía con criterios técnicos para que tales ámbitos sean más ergonómicos.

Se ha comentado anteriormente que la persona necesita, en función del tipo y ritmo de trabajo, una serie de pausas y descansos para llegar al final de su jornada laboral sin que su fatiga le impida dedicarse a ciertas actividades de ocio, y no sea sólo el descanso total o la no actividad la única alternativa viable

En el trabajo se conjugan el esfuerzo físico y el intelectual; según la intensidad de cada uno de ellos, las personas precisarán descansar en sus pausas de una u otra forma, aunque presumiblemente la mejor sería aquella que pudiera ser elegida por el propio trabajador. En principio se considera que un lugar

### Áreas de descanso

de descanso debería reunir una serie de características básicas tales como:

- Aislamiento de agentes agresivos ambientales (ruido, calor, etc).
- Calidad y confort del espacio que haga factible funciones asociadas al descanso, por ejemplo: escuchar música, leer, practicar ciertos juegos de mesa, etc.
- Proximidad a los servicios higiénicos.
- Disponibilidad de agua potable fresca y otras bebidas refrescantes, en ningún caso alcohólicas.

Cabe considerar alternativas de descanso que no sean precisamente estar sentado o no realizar esfuerzos físicos.

Precisamente aquellas personas cuya fatiga es generada por una mayor carga mental que física pueden preferir un tipo de descanso que se vea favorecido con un ejercicio físico moderado, por ejemplo dar un corto paseo si ocupa un puesto de trabajo sentado, si es conveniente una momentánea pero total desconexión mental con la tarea habitual.

A pesar de la conveniencia de que existan áreas específicas de descanso, es importante diseñar el conjunto de tareas del puesto de trabajo para conjugar un equilibrio entre aquellas que requieren mayor esfuerzo y las que contribuyen a descansar de las anteriores, y que el propio lugar de trabajo sea un marco físico, no agresivo y lo más agradable posible. La fatiga viene determinada por las condiciones de trabajo y las características de cada persona. No todo el mundo necesita el mismo tipo de descanso. Su idoneidad estará en gran medida en la posibilidad de elegir la forma y el momento oportuno de tomarlo, pudiendo ello compatibilizarse con los objetivos productivos.

Las dimensiones de los locales de descanso y su dotación de mesas y asientos con respaldos han de ser suficientes para el número de trabajadores que deban utilizarlos simultáneamente. Las trabajadoras embarazadas y madres lactantes deberían tener la posibilidad de descansar tumbadas en condiciones adecuadas. Deberían adoptarse también medidas adecuadas para la protección de los no fumadores contra las molestias originadas por el humo del tabaco.

---

### **Áreas de reuniones y formación**

Tal como se ha planteado en anterioridad, la empresa precisa desenvolverse en un entorno que favorezca la comunicación y la cooperación. Cuando el espacio físico agrupa a las personas, éste contribuye ineludiblemente a que las mismas se comuniquen y compartan todo lo que configura su trabajo cotidiano de forma natural. La mera separación física entre personas está

dificultando su comunicación. La tendencia actual de evitar compartimentos estancos entre personas y grupos de trabajo, y también de evitar la separación de directivos en despachos aislados responde a tal necesidad para poder desarrollar modelos organizativos basados en la cooperación a todos los niveles.

Las reuniones frecuentes entre los miembros de una misma unidad departamental o interdepartamentales son un medio indispensable para que en la organización prevalezca la gestión por procesos y en donde lo fundamental sea evitar disfuncionalidades en los sistemas productivos y de servicios, a través de la resolución rápida de cualquier tipo de deficiencia detectada o propuesta de mejora surgida. Por ello, en áreas próximas a los propios lugares de trabajo, de manera estratégicamente distribuida pero separados de los agentes perturbadores que aquellos puedan generar, es conveniente que se disponga de espacios habilitados para que tales reuniones puedan desarrollarse de la mejor manera posible. Tales espacios habrán de ser cuidados y gestionados de una manera ágil, a fin de evitar que el control de los mismos no se convierta en modo alguno en obstáculo o freno a su provechosa utilización.

En función de las características de la empresa, su actividad y la disponibilidad de habilitación de espacios de uso colectivo, posiblemente habrá que plantearse que los espacios de reunión compatibilicen tal función con otras afines, como la formativa, muy próxima a la anterior, e incluso con el descanso.

La formación continua de los miembros de una organización es una actividad esencial para la mejora continua de sistemas y la innovación, claves del futuro empresarial. Aunque el proceso formativo en la empresa se desarrolla a través de un conjunto de actividades, que no son necesariamente en aula, es preciso que en un lugar adecuado y dotado de la infraestructura necesaria, fundamentalmente con sillas cómodas, mesa o plataforma de apoyo documental para todos los asistentes, pizarra y medios audiovisuales, puedan realizarse acciones formativas grupales. El empleo de mobiliario versátil permitiría el uso flexible del espacio formativo para reuniones u otros usos colectivos.

La exigencia de vestuarios recae en los lugares de trabajo en los que los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo y no se les pueda pedir, por razones de salud o decoro, que se cambien en otras dependencias. Los vestuarios estarán provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, que tendrán la capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Los armarios o taquillas para la ropa de trabajo y para la calle estarán separados cuando ello sea necesario por el estado

---

**Vestuarios y  
servicios  
higiénicos**

de contaminación, suciedad o humedad de la ropa de trabajo. Debería evitarse en lo posible que tales habitáculos se utilicen también para guardar comida. Los vestuarios por su uso puntual en momentos determinados deberían tener la superficie necesaria para que los trabajadores que los utilicen simultáneamente puedan cambiarse de ropa con comodidad y rapidez. Los vestuarios deberían estar integrados o junto a los locales de aseo personal.

Los locales de aseo deberían disponer de todo el equipamiento necesario, dotados de agua caliente, jabón, toallas individuales u otro sistema de secado con garantías higiénicas.

Como se ha indicado, los servicios higiénicos estarán distribuidos en el centro de trabajo, de manera que su acceso desde los puestos de trabajo sea próximo y fácil.

Estas dependencias tendrán características constructivas de fácil limpieza, serán de uso exclusivo y serán mantenidas en perfectas condiciones higiénicas.

---

### **Áreas de primeros auxilios**

En todo centro de trabajo es necesario habilitar los medios necesarios para poder prestar los primeros auxilios a los trabajadores en el momento que los precisen. Es indispensable la existencia de un botiquín localizado en un lugar idóneo para atender correctamente a las necesidades que la acción asistencial de este tipo requiere.

La exigencia de una sala o local específico para esta función es exigible reglamentariamente (RD 486/1997) cuando el centro de trabajo tenga más de 50 trabajadores, dotándola del equipamiento necesario, como camilla y material sanitario de primeros auxilios. En función de la actividad laboral y los riesgos que conlleve, así como la distancia existente entre el centro de trabajo y el centro asistencial más próximo, puede ser necesaria dicha sala en centros con menor plantilla cuando la autoridad laboral así lo determine.

---

### **Comedores**

Comer es una necesidad fisiológica que requiere cuidar varios aspectos fundamentales: el tipo de alimentos y su calidad nutritiva, el lugar destinado a tal función y el tiempo disponible. Sobre el tipo de alimentación, dietética y la relación de ésta con el trabajo se hablará en el capítulo de "Alimentación y trabajo". Vamos a referirnos ahora exclusivamente al lugar y al tiempo.

Es conveniente que toda empresa disponga de un lugar idóneo donde el personal pueda ingerir algún alimento y beber, aunque disponga en su jornada laboral de tiempo suficiente para

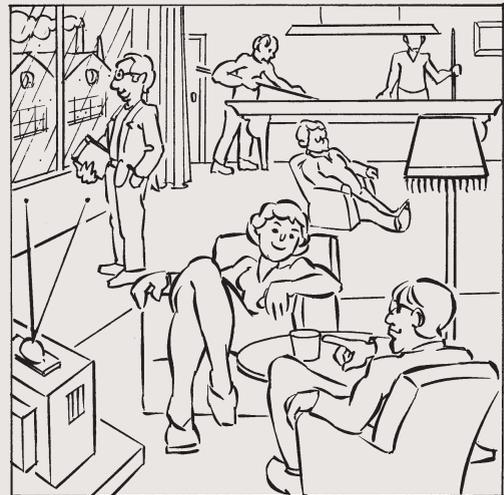
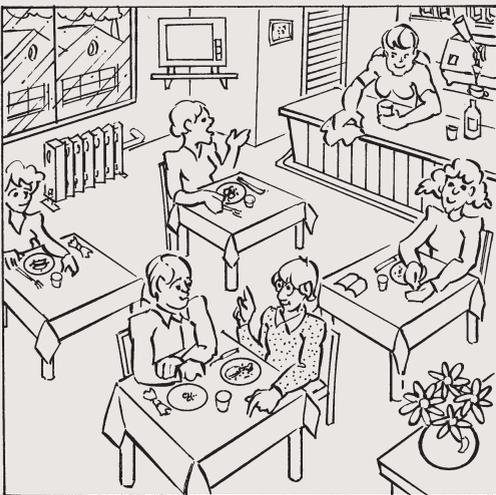
desplazarse al exterior del centro de trabajo a almorzar. Posiblemente los lugares diseñados para pausas y descansos pueden fácilmente habilitarse para que el personal pueda desayunar y tomar algún alimento, cuando no se almuerza en la propia empresa. Debería evitarse que el personal coma en el puesto de trabajo.

Todo esto depende principalmente del horario laboral y del entorno físico del centro de trabajo y la disponibilidad de servicios de restaurante próximos a precios asequibles, e incluso la posibilidad del trabajador de desplazarse a comer a su domicilio.

Si la empresa es capaz de ofrecer un servicio de comedor a sus trabajadores dispondrá de un sistema que facilitará la mejora de su calidad de vida. Hay que tener en cuenta que comer, cuando interrumpe la jornada laboral, debe favorecer además el descanso y, por lo tanto, ello condiciona que el comedor sea un lugar debidamente equipado y de agradable estancia, totalmente diferenciado de las áreas de trabajo. Es importante cuidar la acústica del comedor para que no sea un lugar ruidoso por la propia presencia de personas.

En cuanto al equipamiento mínimo necesario, dependerá de si se ofrecen comidas hechas (restaurante) o simplemente se facilita un lugar con la infraestructura básica en donde el personal pueda comer. En este último caso, es imprescindible que el personal pueda calentar sus comidas y disponer de varios tipos de bebidas.

Respecto al ambiente físico del local, debería reunir las características apuntadas en las áreas de descanso con algunas pe-



cularidades adicionales, debidas a que el tiempo de permanencia va a ser superior:

- Una conveniente relación visual con ambientes exteriores agradables.
- Un ambiente personalizado y de calidez, evitando espacios excesivamente grandes con elevado nivel de ocupación y largas mesas. Son preferibles espacios más reducidos y mesas que faciliten pequeños grupos de cuatro, seis u ocho personas para facilitar el diálogo y la convivencia.

No debiera haber diferencias en un mismo centro de trabajo entre comedores para directivos y comedores para trabajadores, ni habilitar zonas diferenciadas en un mismo comedor.

Otro factor clave es el tiempo hábil del que el personal dispone para comer, que tendrá que ser el necesario, además de para esta función, para facilitar el descanso tras el tiempo de trabajo. Habría que procurar que el tiempo perdido en desplazamientos y esperas sea muy reducido.

---

### **Áreas de esparcimiento y ocio**

No es gratuito referirnos a la conveniencia de tales áreas en empresas que por motivos y situaciones diversas las hacen muy aconsejables. Algunas de esas situaciones son:

- Empresas ubicadas en zonas que carecen de las mismas, por ejemplo por alejamiento de áreas urbanas y/o carencias de tales servicios en dichas áreas.
- Disponibilidad de tiempo libre dentro de una jornada laboral partida, por ejemplo, para practicar alguna actividad tras el almuerzo y antes de reanudar el trabajo.

En todo caso, la disponibilidad de tales áreas en una empresa representa una loable aportación social, que indirectamente habrá de repercutir favorablemente en ella.

La saludable convivencia entre trabajadores, más allá de la actividad laboral, facilitará la mejora de las relaciones humanas y, por ello, tendrá repercusiones positivas para la empresa y su sistema productivo.

# Diseño del puesto de trabajo

## 4

### INTRODUCCIÓN

Generalmente, en el diseño de puestos de trabajo prima el grado de eficacia y el mantenimiento de la calidad técnica de los equipos. Esta circunstancia hace que, en muchos casos, se produzca un detrimento del grado de confort y de la adaptación al puesto de trabajo de las personas que van a trabajar en ellos debido a la falta de consideración de las características individuales. Ello puede conducir a una menor eficacia y a posibles problemas de salud derivados de posturas y movimientos no adecuados, con lo cual se está consiguiendo lo contrario de lo que se pretendía (eficacia).

La ergonomía geométrica tiene como ámbito de estudio las condiciones que son más adecuadas para obtener un confort tanto posicional como cinético-operacional de las personas en su puesto de trabajo. Para conseguir la adaptación entre las personas y su puesto de trabajo, es necesario conocer, por una parte, las dimensiones del cuerpo humano y, por otra, los elementos, equipos y otros accesorios que sean necesarios para el desempeño de la tarea.

Dado que existe gran variedad de tipologías entre los seres humanos, se podría pensar que es mejor diseñar para las personas de tipo medio (ni muy altas, ni muy bajas; ni muy delgadas, ni muy obesas...). Este es un error que suele cometerse en muchos casos. El diseño del puesto de trabajo debe permitir que cualquier persona pueda desempeñar su tarea cómodamente.

De los aspectos a los que se ha de atender cuando se diseñan puestos de trabajo en este capítulo se van a tratar los referentes a la antropometría, el diseño del espacio y el proceso de trabajo, ya que el

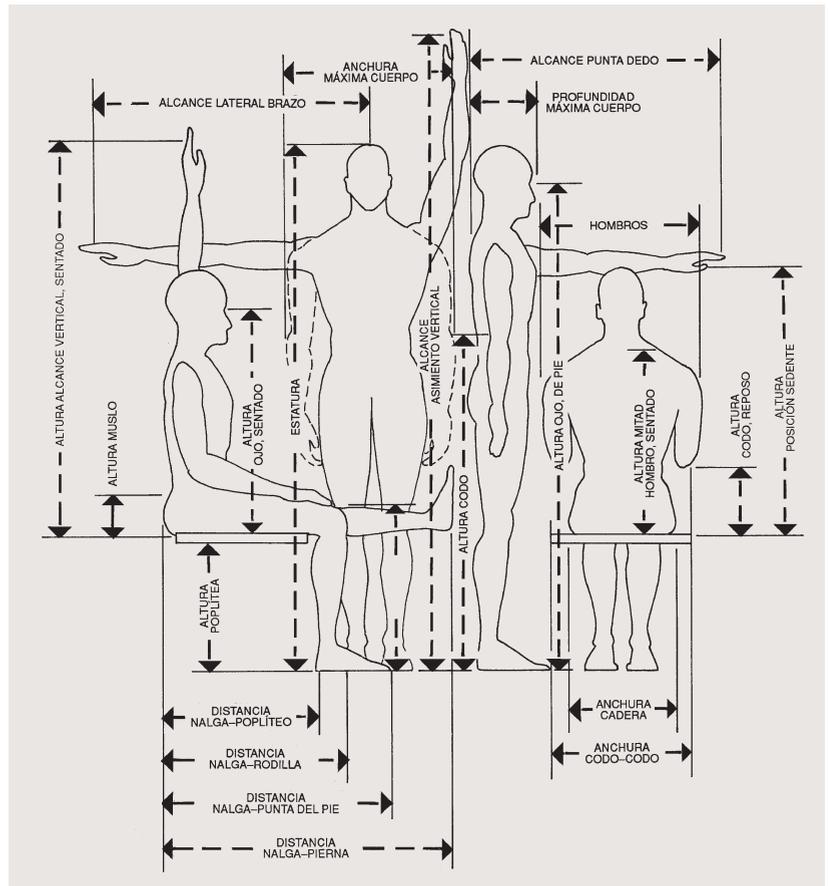
PARA EL DISEÑO DEL PUESTO DE TRABAJO  
SE DEBEN TENER EN CUENTA  
LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE  
LAS PERSONAS QUE VAN A OCUPARLO

resto de factores que hay que tener en cuenta vienen contemplados en distintos capítulos de este texto.

## ANTROPOMETRÍA

La antropometría es el tratado de las proporciones y medidas del cuerpo humano, es decir, estudia las dimensiones corporales. Estos datos son necesarios para poder acomodar los espacios, distribuir los equipos, etc.

Las dimensiones corporales necesarias para el diseño del puesto de trabajo son las dimensiones estructurales o estáticas, es decir, aquellas que han sido tomadas con el cuerpo en posición fija y normalizada; y las dimensiones funcionales o dinámicas, aquellas medidas realizadas a partir del movimiento asociado a ciertas actividades. (Para mayor información ver la norma UNE-EN ISO 7250: "Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico").



Las dimensiones estructurales o estáticas son las que van a servir para establecer las separaciones entre el cuerpo y lo que le rodea. Las dimensiones estructurales de los diferentes segmentos del cuerpo se toman en individuos estáticos en las posiciones de trabajo fijas, de pie, sentado, etc. Es evidente, pues, la necesidad de conocerlas para crear un entorno que considere las dimensiones de los espacios y objetos, contenidos en él, subordinadas a las del usuario que debe desenvolverse en dicho entorno.

En cuanto a las dimensiones estructurales hay un sinnúmero de medidas que pueden interesar, ello va en función de lo que se está diseñando.

Así, si estamos buscando sillas debemos atender a dimensiones tales como: ancho de cadera, anchura de hombros, altura poplítea, distancia nalga-poplítea, altura del codo en reposo. No hay que olvidar que las dimensiones estructurales se toman sobre individuos desnudos, motivo por el cual se debe prever un incremento en alguna de ellas como consecuencia de la vestimenta que se va a utilizar.

Las dimensiones funcionales o dinámicas son las que se toman a partir de las posiciones de trabajo resultantes del movimiento asociado a ciertas actividades.

Para conseguir un diseño adecuado de los puestos de trabajo es indispensable tener en cuenta tanto las dimensiones estáti-

CLASE DE VESTIMENTA	TOLERANCIA	DIMENSIONES PRINCIPALES AFECTADAS
Traje del hombre	1,3cm	Profundidad del cuerpo
	1,9-2,5cm	Anchura del cuerpo
Traje o vestido de la mujer	0,6-1,3cm	Profundidad del cuerpo
	1,3-1,9cm	Anchura del cuerpo
Prenda exterior invierno, incluido traje o vestido	5,1cm	Profundidad del cuerpo
	7,5-10,2cm	Anchura del cuerpo
	4,4-5,1cm	Holgura del muslo
Talón de los hombres	2,5 - 3,8 cm	Estatura, altura del ojo, altura de la rodilla sentado y altura poplítea
Talón de las mujeres	2,5 - 7,6 cm	Estatura, altura del ojo, altura de la rodilla sentado y altura poplítea
Calzado masculino	3,2-3,8cm	Largura del pie
Calzado femenino	1,3-1,9cm	Largura del pie
Gautes	0,6-1,3cm	Largura de la mano

cas como las dinámicas, ya que usualmente no se permanece inactivo en el puesto de trabajo, sino que se está en movimiento. El uso de las dimensiones dinámicas ayuda a centrar el estudio en los movimientos que se deben realizar durante las diferentes tareas.

Para cada una de estas dimensiones se han elaborado tablas de los distintos valores que de esa medida pueden encontrarse en la población. Evidentemente, estas tablas son diferentes según el género. La representación gráfica de estos datos sigue la curva “normal” o “distribución de Gauss”. Ello ha permitido asignar percentiles.

---

### **Percentil (P)**

Es cada uno de los valores que dividen una distribución en 100 partes iguales, cada una de las cuales contiene un 1/100 de los puntajes o personas. Están numerados en orden creciente del 1 al 99. Cada punto indica el porcentaje de casos por debajo del valor dado.

Este dato es muy útil dado que nos permite simplificar cuando hablamos del porcentaje de personas que vamos a tener en cuenta. Así, cuando se habla del P5, quiere decir que por debajo de ese valor sólo hay un grupo muy reducido de personas: el 5% de la población. Cuando se habla del P50, se está haciendo referencia a que por debajo de este valor hay un 50% de la población. Cuando se habla del P95, se está diciendo que por debajo de este punto está situado el 95% de la población. En la norma UNE-EN 547-3 “Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano. Parte 3: Datos antropométricos”, se incluyen las medidas del cuerpo humano, que son valores estimados de los P5, P95 y P99.

---

### **Criterios antropométricos para el diseño del puesto de trabajo**

Hay que tener en cuenta que el objetivo de la ergonomía es diseñar para la mayoría de la población usuaria; dada la imposibilidad de que el diseño ergonómico abarque al 100% de los usuarios, sólo se considera al 90% de la población ya que las personas que están por debajo del P5 y por encima del P95 necesitan diseños especiales. Cuando se plantea cambiar o diseñar los puestos de trabajo, se han de tomar decisiones relativas a la Antropometría. Si estas decisiones afectan a la holgura se tomarán como criterio las medidas de las personas de mayor tamaño (P95). Si afectan a los alcances se deberá tomar como criterio las medidas de las personas de menor tamaño (P5).

Es decir, que en el diseño del puesto de trabajo se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Población usuaria.
- Valores antropométricos de esa población.

- Dimensiones a considerar.
- Necesidad de usar trajes especiales, protecciones, etc. En la norma UNE-EN 547-1 “Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano. Parte 1: Principios para la determinación de las dimensiones requeridas para el paso de todo el cuerpo en las máquinas”, se pueden encontrar valores para los suplementos que se deben añadir a las dimensiones del cuerpo en ciertos supuestos.

## EL ESPACIO

La primera necesidad que surge, a la hora de organizar y diseñar los puestos de trabajo, es la de determinar los espacios necesarios para desarrollar la actividad. Es decir, lo primero que hay que conocer es el espacio de que se dispone (las medidas del local) y cuántos elementos deben estar ubicados en ese espacio, conformando lo que se denomina “el puesto de trabajo”. Ello va a definir las dimensiones del puesto de trabajo, que deben cumplir los requisitos establecidos en el RD 486/1997, resumidos en el cuadro (RD 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Anexo I-A. 2).

También se debe atender a si determinado puesto de trabajo debe cumplir unos requisitos específicos, ya sea por el tipo de tarea o por otras razones. Así, en el caso de trabajos que requieren la utilización de pantallas de visualización de datos, se deben aplicar los principios que se indican en el RD 488/1997.

Un aspecto que se debe cuidar de una forma muy especial es la distribución de los elementos. Por un lado, interesa que se conjuguen: la seguridad, la ergonomía y la eficacia. Por otro lado, es fundamental que se cuente con la persona que ya está ocupando ese puesto de trabajo.

Es importante contar, ya en la fase de diseño, con la participación del interesado, de manera que la distribución de los elementos que configuran el puesto responda a las necesidades de ejecución de la tarea.

La opinión de las personas implicadas es muy importante puesto que son quienes conocen mejor los entresijos del pue-

### DIMENSIONES DE LOS LOCALES DE TRABAJO

RD 486/1997, de 14 de abril, Anexo I-A. 2

Se establece que las dimensiones de los locales de trabajo deben permitir la realización del trabajo sin riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores y en condiciones ergonómicas aceptables. Las dimensiones mínimas establecidas son:

- 3 metros de altura, desde el piso hasta el techo. En locales comerciales, de servicios, oficinas y despachos, la altura podrá reducirse a 2,5 metros.
- 2 metros cuadrados de superficie libre por trabajador.
- 10 metros cúbicos, no ocupados, por trabajador.

Además, la separación entre los elementos materiales existentes en el puesto de trabajo será la suficiente para ejecutar las tareas en condiciones de seguridad, salud y bienestar.

### PRINCIPIOS DE LA DISTRIBUCIÓN RACIONAL DEL PUESTO DE TRABAJO

- *Principio de la importancia:* los elementos más importantes deben estar en los lugares más accesibles.
- *Principio de la frecuencia de uso:* los elementos usados más a menudo deben estar en los lugares más accesibles.
- *Principio de funcionamiento:* los elementos con funciones similares deben estar agrupados (cerca).
- *Principio de la secuencia de uso:* los elementos que comúnmente se usan bajo una secuencia determinada deben estar colocados siguiendo la misma secuencia.

to. Además puede ocurrir que esas personas tengan preferencias concretas en alguna parte de su trabajo o bien que alguna de ellas tenga alguna singularidad que la diferencie del resto de personas (por ejemplo: ser zurda) con lo cual necesitará una disposición del puesto de trabajo distinta.

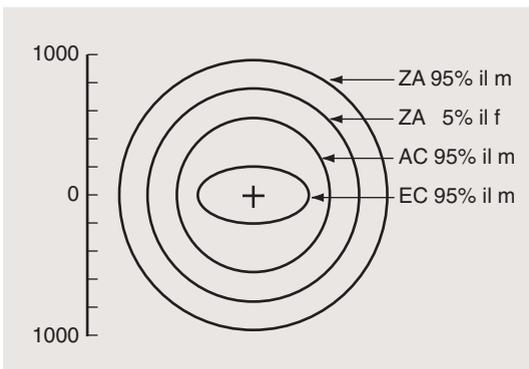
Como norma general, para la distribución de los elementos se aconseja aplicar los “Principios de la distribución racional del puesto de trabajo” de Mac Cormick (1970) recogidos en el cuadro adjunto.

Finalmente, hay que insistir en que una vez colocado todo el mobiliario y los elementos que componen el puesto de trabajo, el espacio resultante debe ser el necesario, como mínimo, para que la persona que desarrolla su trabajo en ese lugar pueda realizar todos los movimientos que la tarea requiere, sin verse expuesta a mantener posturas que pudieran resultar dañinas o a riesgos derivados de la falta de espacio.

Una forma sencilla de estudiar el espacio libre que queda, sobre plano, es utilizar el gráfico de la “elipse corporal” (Fruin, 1971 citado por S. Pheasant). Se basa en reflejar, en el plano horizontal, las dimensiones corporales. Así el cuerpo es una elipse cuyos ejes se corresponden con la máxima amplitud corporal y con la máxima profundidad corporal (P95 masculino, en ambos casos).

Alrededor de la elipse corporal se sitúan tres círculos. El primero corresponde al que se origina tomando como diámetro la anchura de los codos aumentada con un espacio de confort personal (el espacio corporal no se termina donde termina nuestra piel). Cuanto mayor es este espacio más fácilmente pueden circular las personas sin molestarse. Si se reduce, se entra en la “zona de contacto”, que puede ocasionar molestias y riesgos (por ejemplo: golpes y caídas) para las personas.

El segundo y tercer círculos representan las zonas de alcance máximo y mínimo. La zona de alcance mínimo corresponde al P5 femenino y es la distancia entre la punta de los dedos de la mano derecha y los de la mano izquierda. Esta medida se ha de tomar con la persona en posición de brazos en cruz. La zona de alcance máximo se corresponde con la medida anterior para el P95 masculino.



El estudio dimensional de los espacios de trabajo debe abarcar todas las posturas y situaciones de trabajo que se pueden adoptar para la realización de las diferentes tareas.

### Los alcances

Para realizar dicho estudio hay que centrarse en la zona en que se realizan la totalidad de las actividades humanas de carácter operativo, es decir, la zona de trabajo. Esta zona corresponde a un espacio circular comprendido, aproximadamente, entre 0,5 metros y 2 metros alrededor del cuerpo. Es en esta área donde se deben encontrar la mayoría de objetos y elementos que se manipulan durante la realización del trabajo.

EL DISEÑO ERGONÓMICO DEL PUESTO DE TRABAJO IMPLICA LA CONSIDERACIÓN DE LOS ESPACIOS NECESARIOS, LAS ZONAS DE ALCANCE POSIBLES Y EL MOBILIARIO

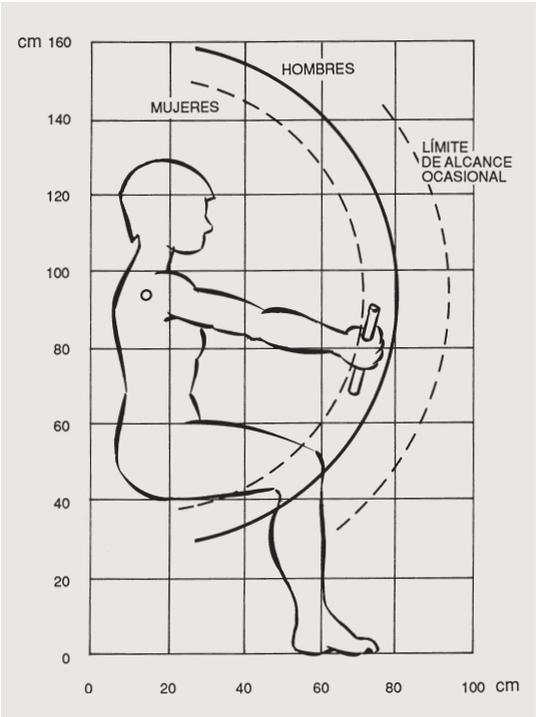
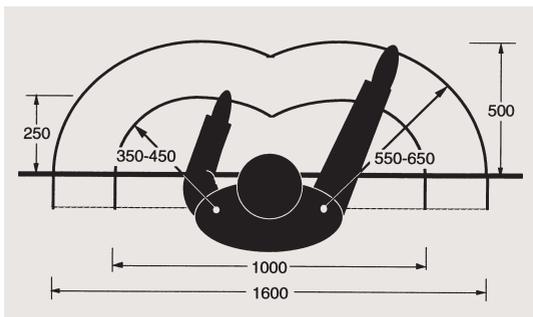
El área funcional de trabajo viene determinada por los diversos movimientos posibles de las extremidades, preferentemente brazos y manos, y es en estas zonas donde se deben situar los elementos que configurarán el área de trabajo.

Para definir las dimensiones esenciales de los puestos de trabajo hay que considerar los siguientes criterios: zonas de alcance óptimas, altura del plano de trabajo y espacio reservado para las piernas. Como las posturas más habituales en el trabajo son las de sentado y de pie, son las que se tomarán en consideración en este apartado.

#### Zonas de alcance óptimas

Una buena disposición de los elementos a utilizar en el área de trabajo permitirá realizar, con menor esfuerzo, los diferentes movimientos de manipulación requeridos, evitando las posturas y los movimientos forzados que, a la larga, pueden implicar dolores de espalda, patología muscular, traumatismos, etc.

Tanto en el plano vertical como en el horizontal se debe determinar cuáles son

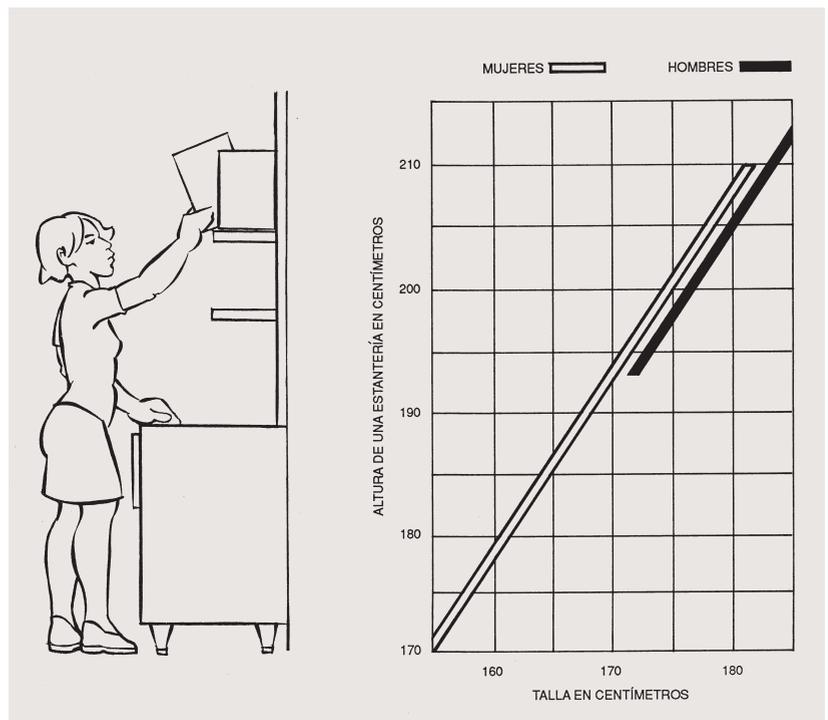


las distancias y áreas óptimas de trabajo para conseguir el confort en la postura.

Son muchas las actividades manuales que se realizan sobre superficies horizontales. Para que estos trabajos puedan ser desempeñados con facilidad por la mayoría de los usuarios, se deben tener en cuenta las distancias de alcance en el plano horizontal para los individuos incluidos en los percentiles más bajos.

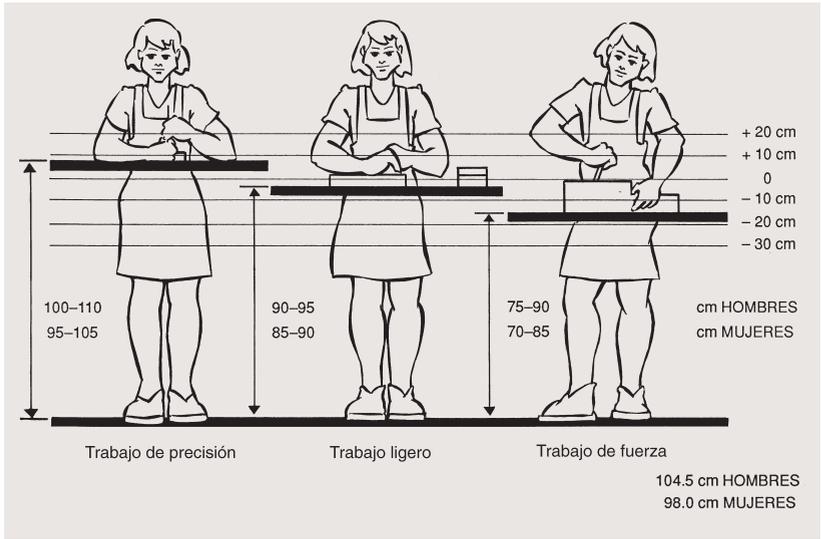
Para determinar las dimensiones de alcance en una actividad normal que requiera operaciones sobre el plano vertical, se deben considerar las personas de menor estatura, es decir, los percentiles más bajos, ya sea en la posición sentado o de pie. En la posición de pie, las alturas máximas de los estantes no deberían sobrepasar los 150-160 cm, para los hombres y los 140-150 cm para las mujeres.

En las figuras de la página anterior pueden observarse gráficamente estos alcances. Los valores indicados en dicha figura corresponden al P5 masculino y femenino.



### Altura del plano de trabajo

En la concepción de los puestos de trabajo es de gran importancia determinar la altura de la superficie de trabajo para conseguir que todas las tareas a realizar, tanto sentado como de pie, se correspondan con la realidad funcional del cuerpo.



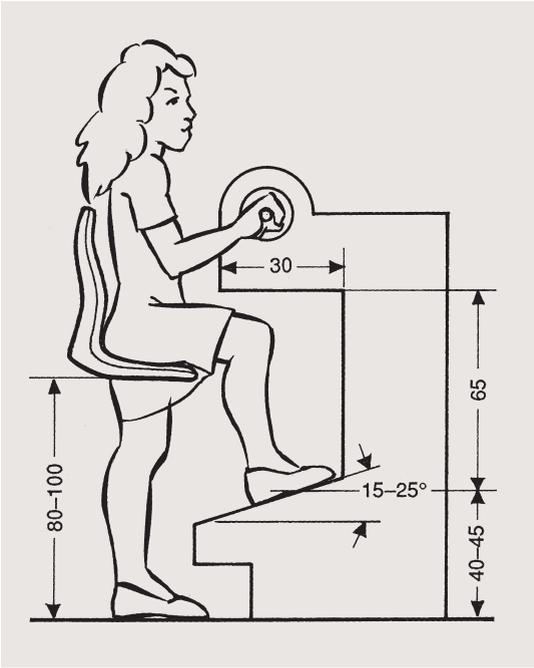
La gran variedad de tareas que se han de realizar y de tipologías de los individuos hacen imposible fijar una única altura. Sin embargo, teniendo en cuenta las características estructurales y funcionales del cuerpo, podemos decir que una relación satisfactoria entre éste y la superficie de trabajo es aquella que permite mantener el antebrazo en posición horizontal o ligeramente inclinado hacia abajo.

Otra consideración para definir la altura del plano de trabajo es la relativa a la naturaleza del trabajo. Así, la altura variará en función de la precisión que requiera la tarea.

Hay que tener en cuenta que estas alturas son valores medios tomados sin tener en cuenta las variaciones individuales, por lo que únicamente deben servir como referencia general.

Es evidente que desde un punto de vista ergonómico, el trabajo realizado en posición de sentado es mejor que el trabajo realizado de pie. Sin embargo, la posición de sentado durante toda la jornada laboral también puede llegar a ser penosa. Por lo tanto, lo más adecuado será un puesto de trabajo que permita alternar las dos posiciones, de pie y sentado.

Las experiencias realizadas por Ellis y Barnes, en relación con la altura del pla-



no de trabajo para personas que trabajan de pie, conducen a la conclusión de que, para una tarea que se realiza de pie, el plano de trabajo debe estar un poco por debajo de la altura del codo; a este respecto Barnes propone entre 5 y 10 cm por debajo.

Por lo tanto, podemos decir que una altura correcta (desde el suelo al plano de trabajo) es, como término medio, de 95 a 100 cm para los hombres y de 85 a 95 cm para las mujeres. No obstante, hay otras dimensiones a considerar en el plano de trabajo. Estas dimensiones vienen determinadas por el número de elementos a ubicar, la postura de la persona que va a ocupar ese puesto, el espacio necesario para realizar los movimientos que la tarea requiera, etc.

En muchas circunstancias se organizan los puestos de trabajo de tal manera que permitan a los trabajadores la rotación por distintos puestos o el pasar por las distintas estaciones necesarias para completar la pieza. Esto que, en principio, podría parecer más saludable, porque permite un mayor movimiento, a la larga se convierte en un aspecto más a modificar. Al cabo del tiempo, el personal empieza a notar molestias derivadas de las malas posturas que deben adoptar puesto que las superficies de trabajo están normalizadas y no adaptadas a sus características y a las de la tarea. Cuando exista esta circunstancia, los distintos elementos del puesto han de ser regulables y adaptables a los usuarios.

#### ALTURA DEL PLANO DE TRABAJO EN FUNCIÓN DE LA TAREA

TIPO DE TAREA	DE PIE (cm)		SENTADO (cm)	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
De precisión	109-119	103-113	90-110	80-100
Montaje ligero o/PVD	99-109	87-98	68	65
Pesada/escritura	85-101	78-94	74-78	70-74

#### PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN DE DATOS

RD 488/1997, de 14 de abril

##### Mesa o superficie de trabajo

La mesa o superficie de trabajo deberá ser poco o no inclinada, tener dimensiones suficientes y permitir una colocación flexible de la pantalla, del teclado, de los documentos y del material accesorio.

El soporte de los documentos deberá ser estable y regulable y estará colocado de tal modo que se reduzcan al mínimo los movimientos incómodos de la cabeza y los ojos.

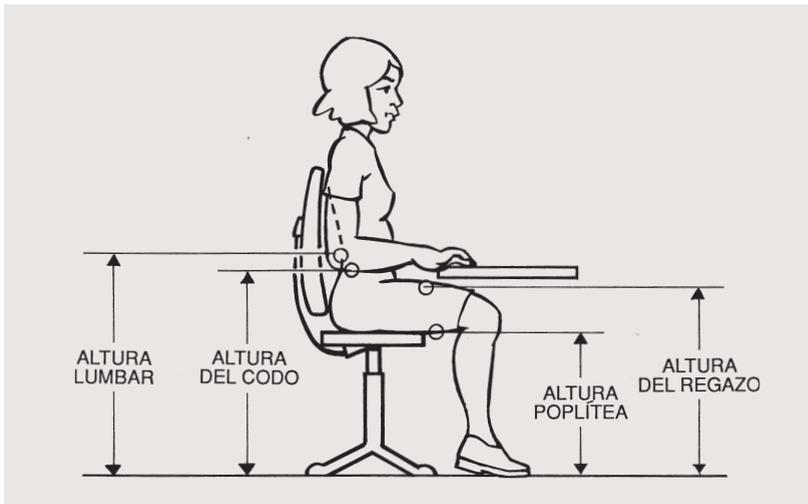
El espacio deberá ser suficiente para permitir al trabajador una posición cómoda.

Se pondrá un reposapiés a disposición de quienes lo deseen.

La altura del plano de trabajo para tareas que se realizan en posición sentado, ante una mesa, un banco de trabajo, una máquina, etc., debe fijarse teniendo en cuenta las características de la propia tarea. Así, la altura para una tarea que requiera cierta precisión no será la misma que para una tarea en la que se usa una máquina de escribir o con PVD y que requiere libertad de movimiento, o una tarea de escritura manual o lectura, como se observa en el cuadro de la página anterior.

En el caso del trabajo con PVD, las superficies de trabajo deben adecuarse a los requisitos que se detallan en el RD 488/1997. Muchos de ellos pueden aplicarse a otros puestos de trabajo.

Por otra parte, la altura de la superficie de trabajo está íntimamente relacionada con la altura del asiento, el espesor de la superficie de trabajo y el grosor del muslo.

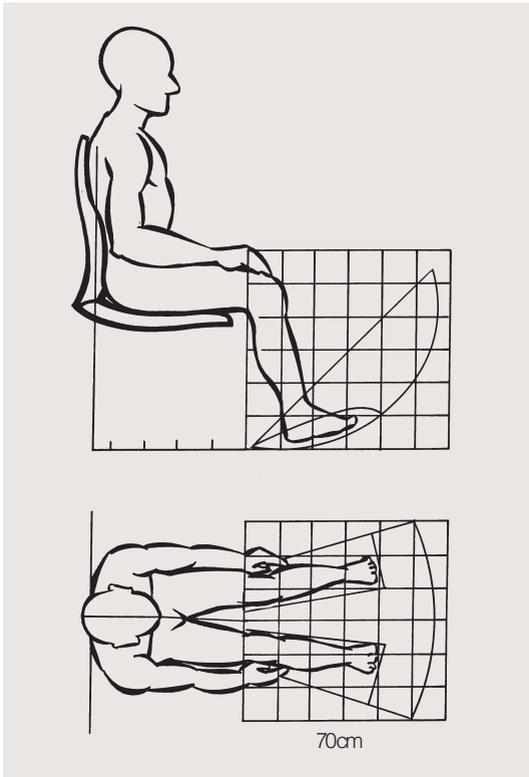


Este espacio está íntimamente relacionado con el “factor holgura”. Cuando el diseño deba tener en cuenta el “factor holgura”, han de considerarse los datos de los usuarios de los percentiles más altos (P95). Es evidente que si el diseño es eficaz para los usuarios de mayores dimensiones, lo será para los de menores.

Para accionar un mando con el pie, o para realizar un trabajo de oficina, se requiere que las piernas dispongan de un espacio mínimo para moverse.

Como ya hemos mencionado, el diseño de los espacios operativo - funcionales se realiza de acuerdo con las características estructurales y funcionales del cuerpo humano. Por lo tanto, hay que tener muy presente, a la hora de diseñar dichos espacios,

### **Espacio reservado para las piernas**



### PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN DE DATOS

RD 488/1997, de 14 de abril

#### Asiento de trabajo

El asiento de trabajo deberá ser estable, proporcionando al usuario libertad de movimiento y procurando una postura confortable.

La altura del mismo deberá ser regulable.

El respaldo deberá ser inclinable y su altura, ajustable.

qué tipo de personas o de población va a ocupar ese espacio (por ejemplo: una persona con alguna disminución física).

#### Diseño antropométrico del asiento

El aumento del número de puestos de trabajo en posición sentado ha llegado a alcanzar, en los países industrializados, las tres cuartas partes de la población activa, esto justifica que el diseño de los asientos sea una preocupación creciente para diseñadores y usuarios.

Si el asiento no proporciona el equilibrio y confort suficientes, el usuario se ve forzado a adoptar posturas incómodas. Por esta razón se aconseja que la adquisición de asientos se haga teniendo en cuenta una serie de datos y características de diseño.

El asiento estándar debe responder a las características siguientes (las medidas son orientativas):

- Regulable en altura (en posición sentado), margen de ajuste entre 380 y 500 mm.
- Anchura comprendida entre 400 y 450 mm.
- Profundidad comprendida entre 380 y 420 mm.
- Asiento acolchado, de espuma de 20 mm. de espesor sobre una base rígida, recubierto con una tela flexible y transpirable.
- Borde anterior del asiento inclinado (gran radio de inclinación).
- La base de apoyo del asiento debe garantizar una correcta estabilidad y para ello dispondrá de cinco patas con ruedas que permitan la libertad de movimiento.

• La longitud de las patas será por lo menos igual a la del asiento (380 - 450 mm).

- El respaldo deberá ser regulable en altura y ángulo de inclinación.

En el caso de las PVD, el RD 488/1997 aporta algún complemento más para mejorar el puesto.

Los apoyabrazos cumplen varias funciones, cargan con el peso de los brazos y ayudan al usuario a sentarse o levantarse, asi-

mismo proporcionan gran estabilidad a la mano. La forma de los apoyabrazos será plana con los rebordes redondeados. Las características principales son:

- Anchura: 60-100 mm.
- Longitud: la que permita apoyar el antebrazo y el canto de la mano.

Otro complemento importante en el puesto de trabajo es el reposapiés. Se utiliza para trabajos tanto en posición de pie como sentado. Es un elemento que en ciertas circunstancias es básico. Por ejemplo, cuando la altura de la superficie de trabajo es elevada, por requerimiento de la tarea, y la persona que desempeña su labor en ese puesto es de baja estatura. En los puestos de trabajo en que se debe estar de pie, es muy saludable disponer de un reposapiés o plataforma elevada para poder ir descansando una pierna cada vez, de forma alternativa, así mismo, poner algún tipo de apoyo o taburete que permita al trabajador adoptar la postura de semisentado.

Las zonas o áreas de visión son otra variable que se ha de tener en cuenta en el momento de diseñar el puesto de trabajo. Ello es particularmente importante en puestos de atención al público, con PVD, y con *displays* o dispositivos de información visual a los que deben atender. En estos casos se deben tener en cuenta las zonas óptimas de visión tanto en el plano vertical como en el horizontal. En el capítulo 8, se detallan los ángulos más adecuados para una óptima visión y una correcta postura corporal.

En muchas partes de este texto se hace referencia a la postura. El mantenimiento de la postura corporal correcta es fundamental a la hora de evitar ciertas molestias. De poco sirve una silla que cumpla todos los requisitos ergonómicos si luego se utiliza sólo el borde exterior para sentarse.

La adquisición de material nuevo (mesas, sillas, etc.), más adaptable a las necesidades de los individuos, comporta por parte del servicio de prevención unas charlas formativas. En ellas se debería mostrar tanto la correcta postura que se debe mantener en el puesto de trabajo como las posibilidades del nuevo equipo, en cuanto a la adaptabilidad (cómo se puede graduar para adaptarlo mejor a los requisi-

### REQUISITOS ERGONÓMICOS PARA TRABAJOS DE OFICINA CON PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN DE DATOS (PVD).

Parte 5: Concepción del puesto de trabajo y exigencias posturales.

UNE-EN ISO 9241-5: 1998

#### Reposapiés

Inclinación ajustable en  $\pm 5^\circ$  y  $15^\circ$  sobre el plano horizontal.

Dimensiones mínimas de 45 cm de ancho por 35 cm de profundidad.

Tener superficies antideslizantes tanto en la zona superior como en sus apoyos para el suelo.

## Zonas de visión

## Posturas

MANTENER UNA POSTURA CORRECTA FACILITA EL DESEMPEÑO DE LA TAREA, MEJORA LA DESTREZA Y LA HABILIDAD E IMPIDE MUCHAS DE LAS MOLESTIAS QUE SE SIENTEN

tos corporales de cada persona). En el capítulo 6 se trata este tema con más amplitud.

## EL PROCESO DE TRABAJO

En la norma UNE 81-425-91 “Principios ergonómicos a considerar en el proyecto de los sistemas de trabajo” se determinan las condiciones que deben cumplir los sistemas de trabajo (“...la combinación de personas y medios de trabajo, actuando en conjunto sobre el proceso de trabajo, para llevar a cabo una actividad laboral, en un espacio de trabajo, sometidos a un determinado ambiente de trabajo y bajo unas condiciones impuestas por la tarea a desempeñar.”) para que satisfagan las exigencias de la persona.

Para ello, se establecerá de tal manera que, además de garantizar la salud y la seguridad de los trabajadores, “...contribuya a su bienestar y favorezca el desempeño de las tareas que deban realizar, evitando especialmente aquellas que supongan una demanda excesiva o muy pobre”.

En la misma UNE se puntualiza acerca de estas demandas: “...se producen cuando se requieren de la persona unas prestaciones fisiológicas y/o psicológicas que sobrepasan los límites superiores e inferiores de un desempeño satisfactorio, por ejemplo:

- Una demanda de esfuerzo físico o sensorial excesiva produce fatiga.
- Al contrario, una demanda muy pobre o una tarea monótona conduce a una disminución de la atención.

Las presiones físicas y psicológicas ejercidas no dependen sólo de los factores relativos al proyecto del espacio y de los medios de trabajo y al ambiente de trabajo, sino también del contenido y repetitividad de las operaciones y de la autonomía que el trabajador pueda tener respecto del proceso de trabajo”.

Para ello se proponen medidas para mejorar la calidad del proceso de trabajo. Dichas medidas se centran en:

- *Ampliación de tareas*: el trabajador realiza varias operaciones sucesivas dentro de la misma actividad que antes eran ejecutadas por personas distintas.
- *Enriquecimiento de tareas*: el trabajador realiza operaciones sucesivas que pertenecen a actividades diferentes en vez de que sean ejecutadas por varias personas (por ejemplo: montajes seguidos de verificación de la calidad, que a su vez también corrige posibles defectos).

- *Cambio de actividad*: rotación entre los distintos operarios de una línea de montaje o de un equipo de trabajo perteneciente a un grupo semiautónomo.

Cuando se aplique alguna de estas mejoras, se deberá prestar una atención especial a lo siguiente:

- Las variaciones en la atención y en la capacidad de trabajo que se producen entre el día y la noche.
- Las diferencias entre la capacidad de trabajo de los distintos operarios, así como su variación con la edad.
- La conveniencia de procurar un desarrollo personal.

En el caso de las PVD, en el punto 3 del anexo del RD 488/1997 se dictan las normas que deben cumplirse para conseguir la mejor interrelación entre el ordenador y la persona.

### PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN DE DATOS

RD 488/1997, de 14 de abril

#### 3. Interconexión ordenador/persona

Para la elaboración, la elección, la compra y la modificación de programas, así como para la definición de las tareas que requieran pantallas de visualización, el empleador tendrá en cuenta los siguientes factores:

- El programa habrá de estar adaptado a la tarea que deba realizarse.
- El programa habrá de ser fácil de utilizar y deberá, en su caso, poder adaptarse al nivel de conocimientos y de experiencia del usuario; no deberá utilizarse ningún dispositivo cuantitativo o cualitativo de control sin que los trabajadores hayan sido informados y previosamente consultados.
- Los sistemas deberán proporcionar al trabajador las indicaciones sobre su desarrollo.
- Los sistemas deberán mostrar la información en un formato y a un ritmo adaptados a los operadores.
- Los principios de Ergonomía deberán aplicarse en particular al tratamiento de la información por parte de la persona.



## INTRODUCCIÓN

---

De todos los tipos de energía de los que se puede servir la persona, la luz es el más importante. Sin luz, la vida tal y como la conocemos no hubiera sido posible debido a la ausencia de las plantas verdes, que constituyen el primer eslabón de nuestra compleja cadena alimenticia. La luz es también una parte fundamental en la capacidad de ver. De hecho, la importancia de la luz en todos los aspectos de la vida diaria es obvia, pero a menudo, debido a la costumbre de disponer de ella, se da por garantizada. La mayor parte de la información, aproximadamente un 80%, se recibe a través de la vista. Ello convierte a la visión en uno de los sentidos más importantes. Sin luz no podemos ver. También es cierto que, gracias a la capacidad de la vista de adaptarse a deficientes condiciones de iluminación y por tanto “ser capaces de ver”, en numerosas ocasiones no se cuida lo suficiente este aspecto.

## CONDICIONES ESENCIALES DEL CONFORT VISUAL

---

Cualquiera que sea la tarea que se realice precisará estar iluminada, pero no de cualquier forma sino que deberá estar bien iluminada. ¿Qué se entiende por buena iluminación? Una buena iluminación es la que se adecua a las características de la actividad que se realiza, teniendo en cuenta los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores y las tareas visuales que se desarrollan, de manera que permita evitar los accidentes y ver la tarea sin dificultad ni esfuerzos visuales extraordinarios.

Un buen sistema de iluminación debería proporcionar ambientes visuales confortables, en los que, además de las lámparas y del color de la luz, juegan un papel importante los elementos de decoración y los colores seleccionados para las distintas superficies del local. Al iluminar un espacio, es importante tratar la iluminación que incide sobre el plano de trabajo no exclusivamente desde el punto de vista cuantitativo o cantidad de luz necesaria para realizar el trabajo, sino también desde el punto de vista cualitativo; la luz debe contener componentes de radiación tanto difusa como directa, cuya resultante produzca sombras suaves, lo que hace aparecer la forma y posición de los objetos y facilita la creación de contrastes que revelan la textura de los mismos. Por otra parte, se deben evitar las reflexiones molestas que dificultan la percepción de los detalles. Se deben eliminar los deslumbramientos y las sombras excesivas colocando las lámparas en luminarias que las oculten a la visión directa y distribuyan una cierta cantidad de luz sobre el techo y la parte superior de las paredes serán de colores claros, lo cual contribuye a difundir convenientemente la luz. Así mismo, se debe prever la necesidad del mantenimiento de la instalación luminosa. Si el mantenimiento de una instalación de iluminación no es el apropiado, la depreciación ocasionada por el envejecimiento de las lámparas y la acumulación de polvo sobre las luminarias pueden ocasionar una constante pérdida de luz. Por lo tanto, se deberá tener en cuenta que:

- El equipo de iluminación seleccionado sea de fácil mantenimiento; así mismo, se deberán prever mecanismos apropiados para el cambio de las lámparas fuera de uso. Cuando las luminarias estén colocadas muy altas habrá que pensar en el empleo de dispositivos tales como torres móviles, plataformas elevadoras, pasarelas de trabajo o contemplar la posibilidad de que la luminaria descienda hasta el nivel del suelo.
- Las luminarias deberán limpiarse con regularidad, con una frecuencia suficiente como para evitar reducciones del nivel de iluminación superiores al 20% - 30% durante el intervalo entre dos limpiezas. El cambio de las lámparas también se llevará a cabo de forma sistemática ya que no siempre es oportuno esperar a que estén fuera de uso. Una lámpara de incandescencia deja de funcionar sin que se haya producido un notable descenso en su eficacia, pero esto no se cumple cuando se trata de lámparas fluorescentes ya que éstas pueden continuar iluminando mucho tiempo después de que su eficacia haya decaído notablemente. De modo general, tras 100 horas de uso la eficacia de una lámpara fluorescente cae por debajo del 75%.

### NOCIONES ELEMENTALES DE ILUMINACIÓN

En el campo de la iluminación se manejan una serie de conceptos que, para una comprensión adecuada de los temas que se tratarán luego, es preciso definir previamente.

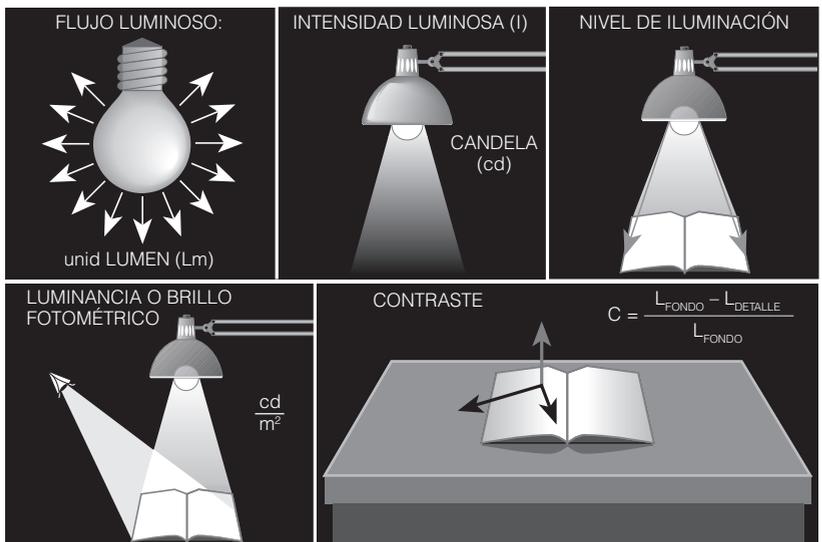
Las magnitudes y unidades empleadas para la valoración de la iluminación tienen en cuenta dos elementos básicos: la fuente productora de luz y el objeto que debe ser iluminado.

#### Magnitudes y unidades

La energía transformada por los focos luminosos no se aprovecha del todo para la producción de luz, por ejemplo, una lámpara de incandescencia consume cierta cantidad de energía eléctrica que se transformará en energía radiante, de la que sólo una pequeña parte es percibida por el ojo en forma de luz, mientras que el resto se pierde en calor.

A la energía radiante de una fuente de luz que produce sensación luminosa se le denomina *Flujo luminoso* y su unidad es el lumen (lm).

El flujo luminoso emitido por una fuente de luz, en general, no se distribuye por igual en todas las direcciones, sino que depende de las características de la fuente (forma, tamaño, etc.). La *Intensidad luminosa* de una fuente de luz, en una dirección determinada, es igual a la relación entre el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido (ángulo definido por la abertura de un cono) cuyo eje coincide con la dirección considerada y el valor de dicho ángulo sólido expresado en estereorradianes. Su unidad es la candela (cd).



El *Nivel de iluminación o iluminancia* de una superficie es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie en cuestión y su extensión. Su unidad es el lux.

La *Luminancia o brillo fotométrico* de una superficie en una dirección determinada es la relación entre la intensidad luminosa de la superficie en dicha dirección y el área aparente de la misma para un observador situado en la mencionada dirección. Su unidad es la candela por centímetro cuadrado ( $\text{cd}/\text{cm}^2$ ). La luminancia de una superficie está condicionada por el factor de reflexión que es característico de cada material, de su acabado superficial y de su microestructura.

El *Factor de reflexión* es la relación existente entre el flujo luminoso reflejado por una superficie y el flujo luminoso que recibe la misma. Habitualmente se expresa en tanto por ciento.

El *Contraste* es la magnitud que representa la diferencia de luminancias entre un objeto y su entorno o entre diferentes partes de un objeto.

## FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VISIÓN

A fin de facilitar la percepción visual deben tenerse en consideración diversos aspectos que, están relacionados entre sí y que son decisivos para una visión adecuada de los objetos.

### Nivel de iluminación

Cada actividad precisa de un nivel de iluminación determinado en la zona en que se desarrolla la misma. Este nivel de iluminación es función de:

- El tamaño de los detalles que se han de ver. Cuanto más pequeños sean los objetos mayor será el nivel de iluminación necesario.
- La distancia entre el ojo y el objeto observado. A mayor distancia, mayor nivel de iluminación.
- El factor de reflexión del objeto observado. Objetos con factores de reflexión bajos precisarán niveles de iluminación más elevados.
- El contraste entre los detalles del objeto y el fondo sobre el que destaca. Unas condiciones de contraste deficientes precisarán mayores niveles de iluminación.
- La edad del observador. Con la edad las facultades del ojo se deterioran por lo que a más edad una tarea que supone una exigencia visual requiere niveles de iluminación superiores.

CUANTO MAYOR SEA LA DIFICULTAD PARA LA PERCEPCIÓN VISUAL, MAYOR DEBE SER EL NIVEL MEDIO DE ILUMINACIÓN

El nivel de iluminación se mide con un *luxómetro*, instrumento que convierte la energía luminosa en una señal eléctrica que es amplificada y que proporciona la lectura en una escala calibrada en lux. El RD 486/1997 sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, en su anexo IV, establece las condiciones de iluminación de los lugares de trabajo y, entre ellas, los niveles mínimos de iluminación:

- Zonas donde se ejecuten tareas con:
  1. Bajas exigencias visuales..... 100 lux
  2. Exigencias visuales moderadas ..... 200 lux
  3. Exigencias visuales altas ..... 500 lux
  4. Exigencias visuales muy altas ..... 1.000 lux
- Áreas o locales de uso ocasional..... 50 lux
- Áreas o locales de uso habitual..... 100 lux
- Vías de circulación de uso ocasional ..... 25 lux
- Vías de circulación de uso habitual ..... 50 lux

Los niveles de iluminación deben medirse a la altura del plano de trabajo: en el caso de zonas de uso general, a 85 cm del suelo y en el de las vías de circulación, a nivel del suelo.

Estos niveles deberán duplicarse, en las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes. Y, en las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto y el fondo sobre el que destaca sea muy débil.

La norma UNE 72163-84 “Niveles de iluminación. Asignación a tareas visuales” y la norma UNE 72112-85 “Tareas visuales. Clasificación” proporcionan criterios para una mejor definición las exigencias visuales que suponen diferentes tipos de tareas.

La tarea debería ser iluminada de la forma más uniforme posible, lo recomendable sería que la relación entre los valores mínimo y máximo de los niveles de iluminación existentes en el área donde se realiza la tarea no fuera inferior al valor 0,8. En los alrededores del puesto de traba-

NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS SEGÚN LA CATEGORÍA DE LA TAREA	
Categoría de la tarea	Nivel de iluminación mínimo recomendado (lux)
D(fácil)	200
E(normal)	500
F(difícil)	1.000
G(muydifícil)	2.000
H(complicada)	5.000
<p><b>Categoría D.</b> Manejo de máquinas, herramientas pesadas, lavado de automóviles, etc.</p> <p><b>Categoría E.</b> Trabajos comerciales, reparación de automóviles, planchado y corte en trabajos de confección, etc.</p> <p><b>Categoría F.</b> Escritura y dibujo con tinta, ajuste en mecánica, selección industrial de alimentos, etc.</p> <p><b>Categoría G.</b> Escritura y dibujo con lápiz, costura en actividades de confección, etc.</p> <p><b>Categoría H.</b> Montaje sobre circuitos impresos, trabajos de relojería, igualación de colores, etc...</p>	

jo, y con el fin de evitar las molestias que suponen los cambios bruscos de luminancia, se debería procurar que los niveles de iluminación fueran lo más similares posible; se recomienda que los niveles de iluminación entre zonas adyacentes no difieran en un factor mayor que 5.

**Contraste** Los factores determinantes de la discriminación de objetos son las diferencias de luminancia y de color entre el objeto observado y el medio circundante.

En realidad, el ojo lo que aprecia son diferencias de luminancias; la diferencia de luminancia entre un objeto y su entorno o bien entre diferentes partes de un objeto es lo que se denomina “contraste de luminancias”.

También se puede definir un contraste de color en el que influyen básicamente los colores de los diferentes objetos y el color del fondo contra el que destacan.

**Deslumbramientos** El deslumbramiento está provocado por la presencia en el campo visual de una fuente brillante, su consecuencia es una molestia y/o una disminución en la capacidad para distinguir objetos. Este fenómeno se produce sobre la retina del ojo en la que desarrolla una enérgica reacción fotoquímica que la insensibiliza durante un cierto tiempo, transcurrido el cual vuelve a recuperarse. El deslumbramiento puede tener su origen,

además de en la visión directa de fuentes de luz brillantes como son las lámparas, las ventanas, etc. (*deslumbramiento directo*), en la reflexión de las fuentes de luz sobre superficies de gran reflectancia que se comportan como fuentes de luz secunda-

#### CONTRASTES DE COLORES EN ORDEN DECRECIENTE

Color del objeto	Color de fondo
Negro	Amarillo
Verde	Blanco
Rojo	Blanco
Azul	Blanco
Blanco	Azul
Negro	Blanco
Amarillo	Negro
Blanco	Rojo
Blanco	Verde
Blanco	Negro

#### VALORES APROXIMADOS DE LUMINANCIAS (cd/m<sup>2</sup>)

Color del objeto	Color de fondo
Sol	$15 \times 10^8 \text{ cd/m}^2$
Cielo despejado	3.000 a 5.000
Lámpara de incandescencia clara	$1 \times 10^6$
Lámpara de incandescencia mate	50.000
Lámpara fluorescente 40w/20	7.500
Papel blanco con iluminación de 100 lux	250

rias (*deslumbramiento indirecto o por reflexión*). Este tipo de deslumbramiento no es tan molesto o incapacitante como el directo, pero sí tiene gran influencia en el deterioro del confort visual, siendo su característica más importante la disminución o anulación de los contrastes en el objeto examinado.

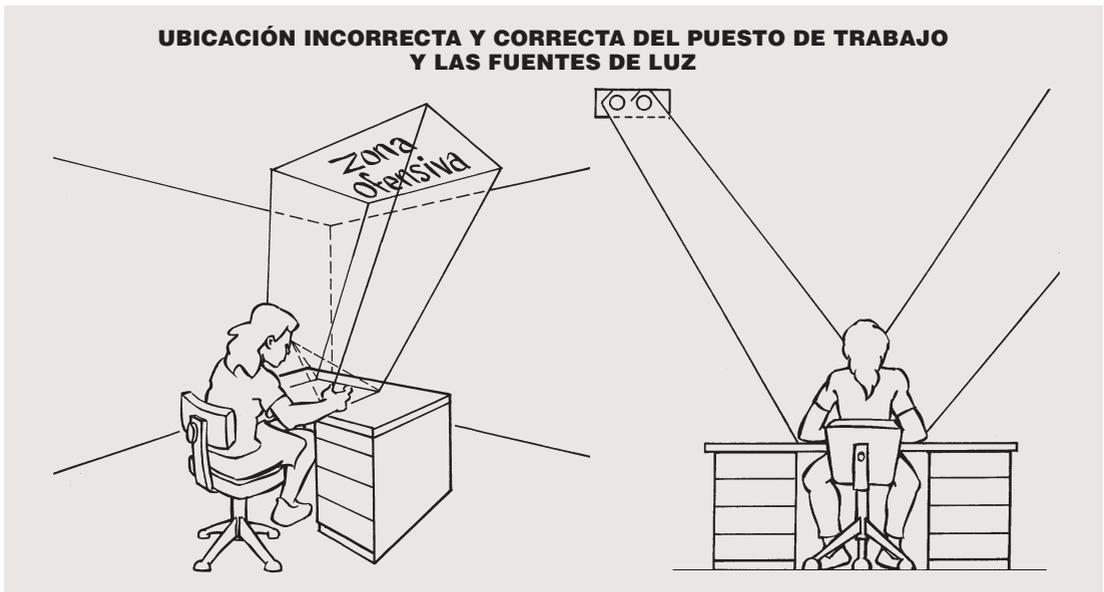
Los principales factores que intervienen en el deslumbramiento son:

- *La luminancia de la fuente de luz* o de las superficies iluminadas. La luminancia máxima tolerable para la visión directa es de 7.500 cd/m<sup>2</sup>.
- *La situación de la fuente de luz*. El deslumbramiento tiene lugar por debajo del ángulo visual, a partir de los 45° con respecto a la vertical. El ángulo visual depende de la profundidad del local y de la altura a que se encuentran las fuentes de luz.

La situación de la fuente de luz tiene gran importancia en la aparición del deslumbramiento por reflexión, el medio más eficaz de prevenir este tipo de deslumbramiento es la correcta ubicación de las fuentes de luz y de los puestos de trabajo. Lo más recomendable es que la luz incida lateralmente sobre el plano de trabajo.



EL DESLUMBRAMIENTO SERÁ MENOR CUANTO MÁS POR ENCIMA DEL ÁNGULO VISUAL QUEDE LA FUENTE DE LUZ



- *La distribución de luminancias* entre los diferentes objetos y superficies incluidos en el campo visual, puesto que cuanto mayores sean las diferencias de luminancias entre un objeto y su entorno, mayor será el deslumbramiento provocado. Las máximas relaciones de luminancias admisibles son:
  - Entre la tarea visual y su entorno inmediato: se recomienda que la luminancia del entorno inmediato sea menor que la de la tarea pero no inferior a 1/3.
  - Entre la tarea visual y el entorno alejado: en este caso se recomienda que la relación de luminancias no sea superior a 10 ni inferior a 1/10.
- *El tiempo de exposición.* Fuentes de luz de baja luminancia presentes en el campo visual, pueden producir deslumbramientos si el tiempo de exposición es prolongado.

## FACULTADES VISUALES

De entre las facultades visuales de mayor interés, cuando se trata de realizar estudios ergonómicos de puestos de trabajo deben destacarse: la agudeza visual, la acomodación y la adaptación.

### Agudeza visual

La agudeza visual es la facultad del ojo para distinguir, de forma separada, pequeños objetos muy próximos entre sí, unos de otros. El grado de agudeza visual está influenciado por numerosos factores, entre los que destacan los siguientes:

- La edad.
- La luminancia. La agudeza visual aumenta con la luminancia de adaptación. Los ojos tienden a adaptarse a una luminancia media que es función de la magnitud y distribución de las luminancias de los diferentes objetos presentes en el campo visual.
- El contraste. La agudeza visual se incrementa con unas buenas condiciones de contraste.
- El color de la luz. La agudeza visual depende de la composición espectral de la luz, aumenta con la fracción del espectro correspondiente al amarillo-verde y disminuye con el azul.

### Acomodación

La acomodación es la facultad del ojo para formar una imagen nítida de un objeto que se encuentra a una distancia determinada. Ello se obtiene mediante el aumento o disminución del radio de curvatura del cristalino.

Los factores que pueden influir sobre la acomodación son los siguientes:

- Unos niveles de iluminación insuficientes, que implican una disminución de la amplitud, el tiempo y la precisión;
- la presencia en el campo visual de reflejos y/o superficies brillantes;
- la edad; con la edad el cristalino pierde elasticidad y por tanto se reduce la amplitud de acomodación, o sea, el campo nítido de visión entre objetos próximos y lejanos; asimismo influye negativamente en el tiempo de acomodación.

Es la capacidad que tiene el ojo para ajustarse automáticamente a las diferentes iluminaciones de los objetos. Este ajuste lo realiza la pupila en su movimiento de cierre y apertura.

### Adaptación

Cuando se pasa de un local bien iluminado a otro completamente a oscuras, el ojo se ve sometido a un proceso de adaptación para cuyo ajuste total necesita unos 30 minutos; mientras que, por el contrario, cuando se pasa de un local a oscuras a otro bien iluminado, el período de adaptación es de sólo unos segundos.

## SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

El empleo de luz natural en los lugares de trabajo tiene varias ventajas; al ahorro energético que pueda suponer el aporte de luz solar, se une la calidad de la luz natural: su capacidad de reproducción cromática, la estabilidad del flujo luminoso, la tonalidad de la luz, etc.; por otra parte, el aporte de luz natural puede satisfacer la necesidad psicológica de contacto visual con el mundo exterior.

El acondicionamiento de la iluminación natural debe llevar implícita la colocación correcta de los puestos de trabajo respecto a las ventanas o claraboyas, de manera que los trabajadores no sufran deslumbramiento y la luz solar no se proyecte directamente sobre la superficie de trabajo. Estas medidas se pueden complementar con la utilización de persianas, cortinas, toldos, etc., destinados a controlar tanto la radiación solar directa como el posible deslumbramiento.

Ahora bien, en la mayor parte de los lugares de trabajo la luz solar no será suficiente para iluminar las zonas más alejadas de las ventanas ni para satisfacer las necesidades a cualquier hora del día, por lo que será necesario contar con un sistema de iluminación artificial complementario. Estos sistemas deberían

estar diseñados para proporcionar una iluminación general suficiente en las condiciones más desfavorables de trabajo.

En muchos casos, el nivel de iluminación general puede ser suficiente para todas las tareas realizadas en un local de trabajo, pero en otras ocasiones las necesidades particulares de algún puesto, tarea visual o trabajador pueden hacer aconsejable el uso de sistemas de iluminación localizada que complementen el nivel de iluminación general. Cuando se utilice iluminación localizada, es necesario proporcionar también una iluminación general, destinada a evitar desequilibrios de luminancia en el entorno visual.

### Tipos de lámparas

Los tipos principales de fuentes luminosas empleadas en iluminación son tres: de incandescencia, fluorescentes y de descarga de gases (de mercurio y, en menor grado, de sodio). Las *lámparas de incandescencia* están indicadas cuando la iluminación artificial sólo se precisa de forma ocasional y cuando es necesario un haz luminoso concentrado y potente, pero deben descartarse para instalaciones de iluminación general, su menor duración y eficacia luminosa la hacen menos ventajosa que los otros tipos. La alta eficacia luminosa y la larga duración de las *lámparas fluorescentes* hacen que su empleo sea recomendado para instalaciones de iluminación general. El uso de *lámparas de descarga de gases (mercurio)* puede estar indicado en los siguientes casos:

- En edificios industriales de gran extensión y altura, en los que pueden utilizarse fuentes luminosas de gran potencia y suficientemente espaciadas, sin que ello perjudique la uniformidad de iluminación del plano de trabajo.
- Para la iluminación exterior (depósitos, vías de comunicación, etc.)

En todo caso, la selección del sistema de iluminación, así como la distribución y disposición de las luminarias, requiere un análisis del local que se debe iluminar y de las tareas visuales que se van a realizar en el mismo.

Los sistemas más comúnmente utilizados son los que proporcionan una iluminación general uniforme o una iluminación general con iluminación localizada de apoyo o bien una iluminación general localizada.

### Iluminación general uniforme

Una instalación de iluminación general uniforme puede definirse como aquella en la que las luminarias están repartidas regularmente por todo el local, sin tener en cuenta los emplazamientos de los diferentes puestos de trabajo. El nivel de ilumi-

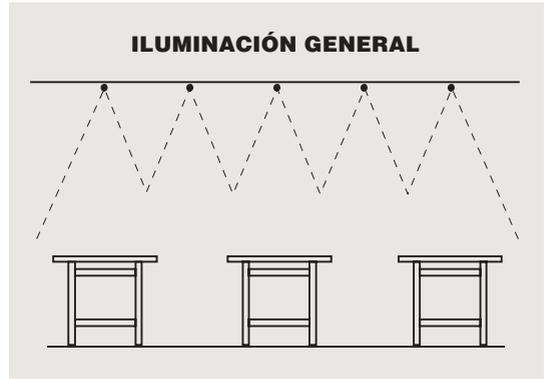
nación medio debería ser igual al nivel de iluminación requerido por la tarea visual a realizar. Este tipo de iluminación encuentra sus principales aplicaciones en los locales donde los lugares de trabajo no son fijos (fundiciones, salas de montaje, depósitos, etc.).

La iluminación general uniforme, según cual sea el tipo de luminaria, debe cumplir con dos requisitos básicos:

- Debe estar provista de un dispositivo de protección para evitar los deslumbramientos (paralúmenes, elementos difusores, etc.).
- Debe distribuir una fracción de la luz emitida al techo y sobre la parte superior de los muros.

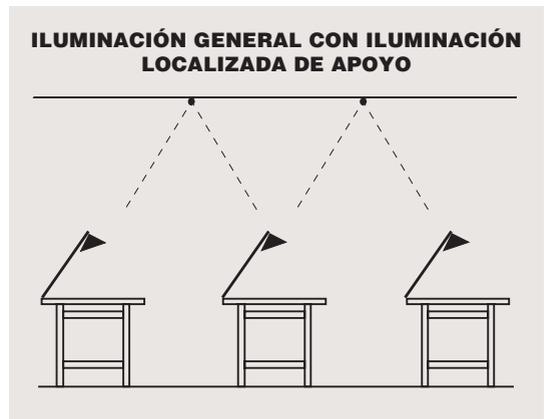
En los referente a la *altura de la instalación*, las luminarias de una instalación de iluminación general deberán colocarse lo más alto posible. Esta disposición permite reducir el riesgo de deslumbramiento y mejorar el reparto de la luz en el local.

La *distancia entre luminarias* no deberá superar en una cierta proporción a la altura a la que está situada la fuente luminosa sobre el plano de trabajo; estas distancias se miden, en todos los casos, a partir del centro de la luminaria y se expresan en múltiplos de la altura “h” que tiene la fuente sobre el plano útil de trabajo.



La iluminación localizada se consigue colocando focos luminosos cerca del plano de trabajo, con lo que se refuerza la iluminación general. Puesto que las lámparas colocadas cerca del plano de trabajo son en general deslumbrantes, deberán elegirse preferentemente reflectores profundos que oculten el foco luminoso de la vista del trabajador. En su colocación se tendrán en cuenta las posibles molestias que puedan causar en los puestos de trabajo próximos. Se recomienda la iluminación localizada de apoyo en aplicaciones en las que el trabajo implique exigencias visuales muy críticas, tales como niveles de iluminación de 1.000 lux o superiores, cuando la visión de formas y texturas requiera que la luz venga de una dirección determinada, cuando la iluminación general no alcance a ciertas zonas debido a los obstáculos existentes o cuando se necesita mayor nivel de iluminación

**Iluminación general con iluminación localizada de apoyo**

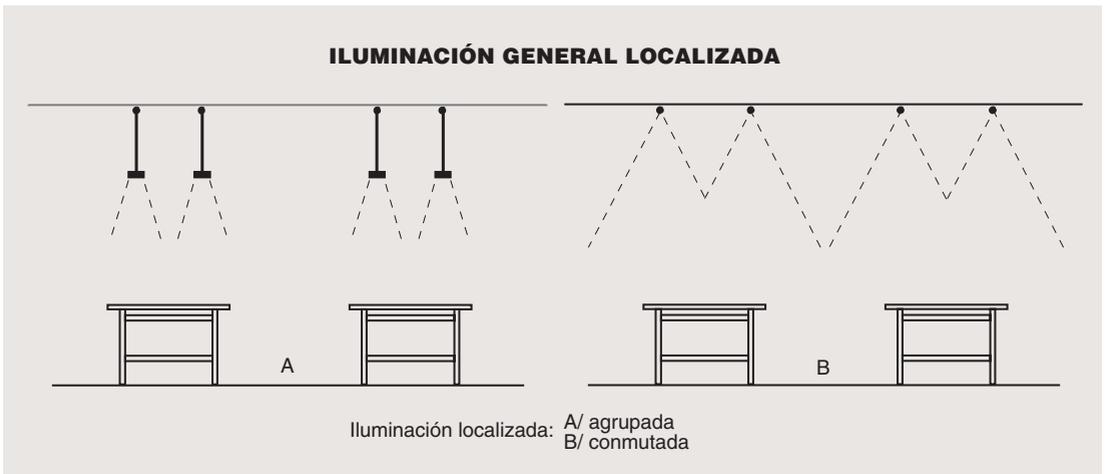


en beneficio de trabajadores de edad o trabajadores con comportamiento visual deficiente.

### **Iluminación general localizada**

Con este sistema, la iluminación se consigue con luminarias de techo, con frecuencia (pero no siempre) distribuidas de forma regular como en el caso de la iluminación general uniforme; la diferencia esencial estriba en que la disposición del material, de las instalaciones y del equipo ha sido cuidadosamente estudiada durante el proyecto, si se desea obtener una iluminación adecuada.

Este tipo de iluminación está indicado para los locales de trabajo en que los diferentes puestos y máquinas, para los que hay que prever un alto nivel de iluminación, están dispuestos a intervalos irregulares en todo el local, debiendo procurar que ninguna zona quede a oscuras o con un nivel de iluminación significativamente inferior.



### **CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN PUESTOS DE TRABAJO CON PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN DE DATOS**

La iluminación de cualquier espacio está condicionada por las tareas que se vayan a realizar y por las exigencias visuales que comporten. Con frecuencia, al diseñar un sistema de iluminación se desconoce la disposición que van a tener los puestos de trabajo, por lo que se opta por un sistema de iluminación general uniforme que proporcione los niveles de iluminación medios recomendados para el tipo de actividad a la que, en principio, está destinado el edificio.

En general, el proyecto de un sistema de iluminación gene-

ral uniforme debería tener en cuenta ciertos requisitos, por ejemplo: la iluminación de los puestos de trabajo debería ser lateral en lugar de frontal para evitar la formación de reflejos en la superficie de trabajo y los posibles deslumbramientos, ello comportaría la ubicación de los puestos de trabajo entre las filas de luminarias y no directamente debajo de las mismas. Para conseguir este objetivo y aprovechar las ventajas de la iluminación natural, si ésta está disponible, el sistema de iluminación debería consistir en luminarias dispuestas en filas longitudinales paralelas a la línea de ventanas. La primera fila se debería instalar próxima a las ventanas y desde allí, y a intervalos regulares, el resto de las filas de luminarias.

Si la iluminación se realiza con lámparas fluorescentes, éstas deben estar conectadas a las tres fases de la red o se deben alimentar dichas lámparas con balastos electrónicos de alta frecuencia, de este modo se eliminarán el parpadeo de las lámparas y los posibles fenómenos estroboscópicos ocasionados por la fluctuación de la corriente alterna.

Los problemas pueden aparecer cuando el edificio es ocupado y los espacios son distribuidos, pero también, y más habitualmente, los problemas van asociados a la redistribución de los puestos de trabajo por cambios en la plantilla, de mobiliario o por la renovación de los equipos de trabajo, como fue el caso de la incorporación de las pantallas de visualización de datos (PVD) en las oficinas. Hasta entonces, en las oficinas tradicionales, las principales tareas visuales consistían en la lectura de textos manuscritos o impresos y en la escritura y mecanografía de textos; estas tareas se realizaban sobre el plano horizontal de la mesa y el campo visual estaba limitado al área normal de trabajo. En esa situación de trabajo, los problemas más importantes son disponer de niveles de iluminación suficientes y tener un adecuado grado de contraste en la tarea, lo que supone la ausencia de reflejos sobre la superficie de trabajo. Las soluciones consisten, en el primero de los casos, en proporcionar los niveles de iluminación necesarios y, en el segundo, en colocar las mesas entre las filas de luminarias de modo que la luz incida lateralmente y utilizando mobiliario con acabados superficiales mates y de colores ni muy claros ni muy oscuros, lo que minimiza los posibles reflejos.

Los problemas más serios aparecen, como se ha indicado anteriormente, con la incorporación de los ordenadores al trabajo cotidiano de las oficinas. Estos equipos de trabajo suponen la realización de tareas diferentes, con exigencias visuales distintas y, dependiendo de las características del equipo, con necesidades de iluminación contrarias a las requeridas para el trabajo tradicional de las oficinas.

### TAREAS VISUALES EN EL TRABAJO CON PVD



El trabajo con una pantalla de visualización de datos (PVD) implica tres tipos de tareas visuales: la lectura de textos presentados en la pantalla, el reconocimiento de letras o símbolos del teclado y la lectura de documentos (manuscritos, impresos, etc.) próximos a la pantalla. El cambio fundamental con respecto al trabajo sobre superficies consiste en el cambio del plano de trabajo, de horizontal pasa a vertical, con la consiguiente ampliación del campo visual; ahora, además del área normal de trabajo, en el campo visual aparece el espacio situado detrás de la pantalla.

Los problemas aparecen debido a que las PVD han sido ubicadas en el escenario donde se desarrollaban y se continúan desarrollando las tareas de oficina tradicionales sin tener en cuenta que ambos tipos de tareas pueden requerir condiciones de iluminación diferentes; el resultado ha sido la aparición de un cierto número de alteraciones de la salud, principalmente: los trastornos musculoesqueléticos, la fatiga mental y los problemas visuales o fatiga visual, esta última directamente ligada a las condiciones de iluminación. Los síntomas más frecuentes de esta fatiga visual son los siguientes: sensación de vista cansada, hipersensibilidad a la luz, picores, irritación y enrojecimiento en conjuntiva y párpados, mareos, lagrimeo, visión borrosa o doble, dolor de cabeza, etc. Su origen puede ser debido a problemas intrínsecos del sujeto (estado de la corrección óptica, alteraciones del órgano de la visión, etc.) o bien a causas relacionadas con el puesto de trabajo (iluminación excesiva o insuficiente, deficiencias en la ubicación del puesto de trabajo, etc.).

El RD 488/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo que incluye pantallas de visualización y la guía técnica "Evaluación y prevención de riesgos relativos a la utilización de equipos con pantallas de visualización" proporcionan los criterios y recomendaciones útiles para la prevención de los riesgos asociados a este tipo de trabajo.

#### La pantalla

Varios son los aspectos que influyen en la legibilidad de un texto presentado en pantalla, como por ejemplo: las dimensiones de los caracteres y la nitidez de sus contornos, la estabilidad de la imagen y la luminancia y el contraste de los caracteres. Con respecto a los dos primeros, la adaptación al progreso técnico de las nuevas PVD permite superar los problemas que presentaban las antiguas. Por lo que se refiere a la luminancia y al contraste

de los caracteres la pantalla debe ser capaz de proporcionar al menos una luminancia de  $35 \text{ cd/m}^2$  (caracteres brillantes o fondo de pantalla claro) aunque el nivel preferible es de  $100 \text{ cd/m}^2$ . El usuario de la pantalla debe poder ajustar el contraste de luminancia entre los caracteres y el fondo de la pantalla; ese ajuste debe permitir que dicha relación alcance el valor 3:1.

Otro aspecto de interés es la polaridad de la imagen. Existen dos formas de representar los caracteres alfanuméricos en las PVD: con polaridad positiva (caracteres oscuros sobre fondo claro) y con polaridad negativa (caracteres brillantes sobre fondo oscuro). Cada una de ellas presenta ventajas e inconvenientes; la polaridad negativa tiene como ventajas que el parpadeo es menos perceptible y la legibilidad es mejor para las personas con menor agudeza visual, mientras que sus inconvenientes consisten en una mayor percepción de los reflejos en la pantalla, ello tiene como consecuencia una reducción del contraste en la zona donde aparecen los reflejos, dificultad en la acomodación visual (la reflexión especular hace que la imagen origen del reflejo se encuentre en un plano posterior al de la superficie de la pantalla donde aparecen los caracteres), dificultad en la adaptación visual (la luminancia de la imagen es mayor que la de la pantalla), en esas condiciones de contraste se requieren niveles de iluminación en la pantalla bajos mientras que el resto de tareas (lectura de documentos) los precisan más elevados, ello hace difícil obtener un equilibrio de luminancias adecuado.

Las pantallas con polaridad positiva tienen como inconveniente que el parpadeo es más evidente, entre sus ventajas se pueden destacar que los reflejos son menos perceptibles, en este tipo de contraste la presentación del texto en la pantalla es similar a la de los documentos, ello hace que requiera niveles de iluminación semejantes a los que se precisan para el resto de tareas facilitando así el equilibrio de luminancias.

El control de los reflejos en la pantalla debidos a la naturaleza reflectante de las mismas se puede conseguir de dos formas:

- Mediante el acondicionamiento del puesto de trabajo, evitando las fuentes de luz susceptibles de reflejarse en la pantalla; esto se puede complementar con los dispositivos de inclinación y giro de la misma.
- Actuando sobre la propia pantalla, ya sea seleccionando modelos con tratamientos antirreflejos o utilizando filtros antirreflejos apropiados.

El principal problema en el teclado son los reflejos ocasionados por focos de luz que estén situados sobre el terminal. Con el fin de asegurar la legibilidad de los símbolos de las teclas es

---

**El teclado**

recomendable que el contraste sea positivo, es decir, caracteres oscuros sobre fondo claro, además, el material del que esté fabricado el teclado debe tener un acabado mate y que mantenga sus propiedades con el uso.

---

**El documento  
y la superficie  
de trabajo**

En este caso son válidas las condiciones de iluminación indicadas para trabajos de oficina tradicionales. No obstante, y cuando se precisa trabajar de una manera habitual con documentos impresos, es recomendable la utilización de un atril o portadocumentos; este dispositivo permite la colocación del documento a una altura y distancia similares a las de la pantalla reduciendo así los esfuerzos de acomodación visual y los movimientos de giro de la cabeza.

---

**El entorno de  
trabajo**

El sistema de iluminación, general y/o localizada, debe garantizar los niveles suficientes para el desarrollo de todas las tareas visuales, pero no se deben alcanzar valores que reduzcan el contraste de la pantalla por debajo de lo tolerable. La pérdida general de contraste en las pantallas de polaridad negativa es debido a niveles de iluminación altos. Este fenómeno también se aprecia en pantallas de polaridad positiva aunque es menos evidente. La mayoría de las actuales PVD, con tratamiento antirreflejo y mayor rango de regulación de contraste, permiten utilizar un nivel de iluminación de 500 lux, que es el mínimo recomendable para la lectura y escritura de impresos y otras tareas habituales de oficina.

Un aspecto importante es conseguir un equilibrio entre las luminancias de las diferentes superficies y objetos que forman parte del entorno visual, de manera que las personas puedan conseguir una adaptación a un nivel medio de luminancias. La relación óptima sería la unitaria, es decir que todos los componentes tuvieran la misma luminancia; lograr esta relación es bastante complejo por lo que se permiten relaciones de luminancia no superiores a 10:1 entre los componentes del entorno visual próximo y no superar nunca la relación 100:1 entre la tarea y el entorno visual lejano. Para evitar el deslumbramiento directo que pueden provocar las luminarias instaladas en el techo, su luminancia no debería sobrepasar las 500 cd/m<sup>2</sup>.

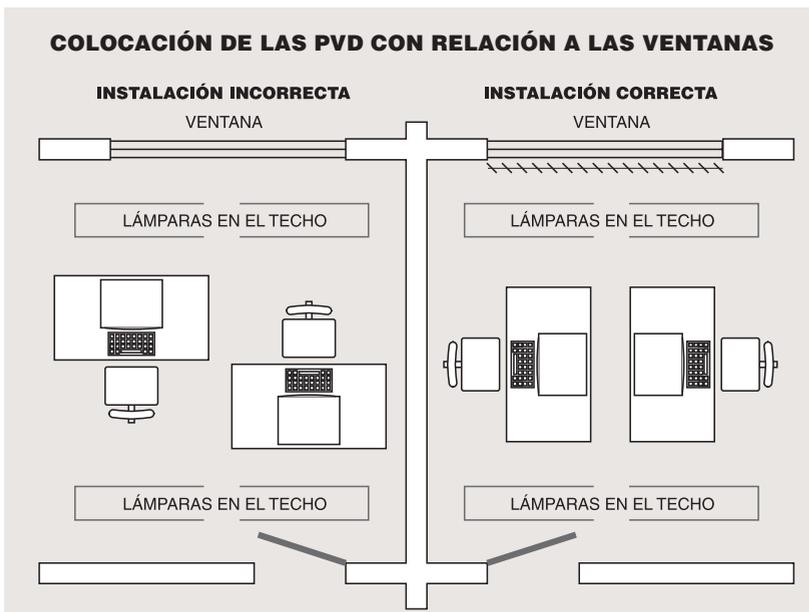
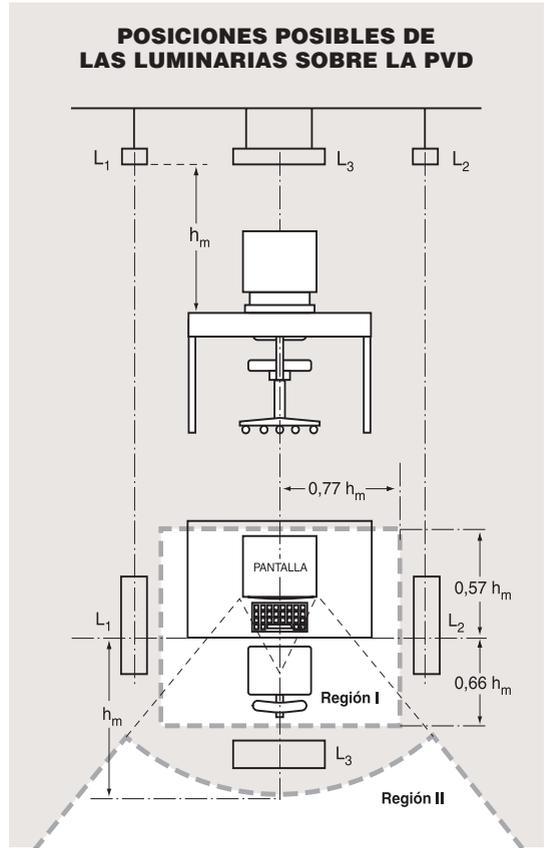
---

**La ubicación del  
puesto de trabajo  
y la pantalla**

Conseguir unas buenas condiciones de iluminación a menudo supone un atento estudio sobre cuál es la mejor forma de ubicar los puestos de trabajo con relación a la disposición de las luminarias y otras fuentes de luz. Ya se ha indicado con anterioridad que los puestos de trabajo deberían estar colocados entre las filas de luminarias y no directamente debajo de

ellas. En la práctica, existen diversos impedimentos que hacen que esta no sea una tarea sencilla, por ejemplo: la falta de espacio, la distribución de las tomas de electricidad, redes informáticas, etc. A continuación se dan algunas recomendaciones básicas para la correcta ubicación de la PVD y/o para minimizar las consecuencias de unas condiciones de iluminación deficientes.

- Es recomendable situar los puestos de trabajo entre las filas de luminarias del techo. Cuando esto no es posible se debe procurar que la luminaria esté situada directamente sobre el operador, perpendicular al eje de la pantalla, lo que permite utilizar la zona libre entre dos regiones críticas correspondientes al riesgo de presencia de reflejos sobre el teclado (Región I) y en la pantalla (Región II).
- Los puestos de trabajo con PVD deberían estar ubicados lo más alejados posible de las ventanas. Esta es una medida especialmente recomendable para PVD de polaridad negativa.



- El plano de la pantalla debe ser perpendicular al plano de las ventanas. Las PVD no deberían situarse frente a una ventana ni contra una ventana: en el primero de los casos, el reflejo de la ventana en la pantalla produciría una disminución del contraste, en el segundo, se produciría el deslumbramiento del operador.
- Las ventanas deberían disponer de cortinas gruesas o de persianas preferiblemente de láminas verticales regulables.
- El espacio de trabajo debería estar apantallado de modo que impida la reflexión de las fuentes de luz en la pantalla o el deslumbramiento que estas pudieran provocar en el operador.
- Las luminarias del sistema general de alumbrado deberían estar provistas de paralúmenes o de difusores o rejillas con baja luminancia. En cualquier situación de trabajo deberían evitarse los sistemas de iluminación con los focos luminosos desnudos y que entren dentro del ángulo de visión del operador.
- En el caso de PVD de polaridad negativa una opción para conseguir los distintos niveles de iluminación necesarios para las tareas es instalar reguladores de intensidad o interruptores que permitan apagar, de forma lo más individualizada posible, el sistema general sobre el terminal y reemplazarlo por la iluminación localizada del documento, siendo ésta asimismo regulable de modo que permita conseguir un equilibrio de luminancias en la zona.

También deben tenerse en cuenta otros factores como son: el tipo de relación que se establece entre el operador y el terminal (introducción de datos, programación, consultas esporádicas, etc.), el nivel de atención requerido y sobre todo el tiempo de permanencia continuada frente a la pantalla, puesto que las posibles combinaciones de estos tres factores pueden conducir a diferentes grados de rigurosidad a la hora de aplicar las medidas recomendadas.

## **EL COLOR. CONCEPTOS BÁSICOS**

La luz que llega al ojo produce en la retina una serie de estímulos que comunican al cerebro las sensaciones cromáticas. De esta forma, el color de la luz y los colores de los objetos existentes en el espacio facilitan el reconocimiento de todo cuanto nos rodea. Los efectos psicofísicos que producen se definen como ambiente cromático.

La luz ordinaria se compone de un conjunto de radiaciones electromagnéticas de diferentes longitudes de onda a cada una de las cuales corresponde uno de los distintos colores del espec-

tro visible. La creencia común de que todos los colores pueden ser obtenidos mediante una mezcla de tres colores primarios elegidos adecuadamente es incorrecta; sin embargo, mediante mezclas de rojo, verde y azul pueden obtenerse la mayor parte de los colores, incluido el blanco. En este sentido, el rojo, el verde y el azul pueden considerarse como colores primarios.

LOS COLORES QUE VEMOS DEPENDEN DEL TIPO DE LUZ Y DE LAS PROPIEDADES DE REFLEXIÓN DE LOS CUERPOS ILUMINADOS

Nuestra percepción del color de los objetos que nos rodean depende del color de la luz con la que se iluminan y de las propiedades que posean de reflejar dicha luz. La mayor parte de los objetos no reflejan por igual todos los colores; por eso, el color de los objetos depende del color de la luz con la que se iluminan y existe, para cada color de la luz con la que se ilumina, un factor de reflexión, que se define como la relación entre el flujo luminoso reflejado y el flujo luminoso incidente.

Es muy importante que los locales dispongan de una buena iluminación, utilizando lámparas que se adapten al tipo de tarea o actividad que deba desarrollarse en dichos locales. Las lámparas normalmente utilizadas para la iluminación de lugares cubiertos se pueden dividir en tres grupos:

- Grupo 1: color de aspecto cálido, como el que presenta la luz blanca-rojiza. Recomendado para locales residenciales.
- Grupo 2: color de aspecto intermedio, como el que da la luz blanca. Recomendado para locales de trabajo.
- Grupo 3: color de aspecto frío, como el que ofrece la luz blanca-azulada. Sólo recomendado para niveles de iluminación elevados, para tareas particulares o para ambientes caurosos.

Nivel de iluminación (Lux)	Aspecto color		
	Cálido	Intermedio	Frío
≤500	agradable	neutra	sensación de frío
500-1.000	↕	↕	↕
1.000-2.000	estimulante	agradable	neutra
2.000-3.000	↕	↕	↕
≥3.000	nonatural	estimulante	agradable

Según sea el nivel de iluminación, el aspecto que presenta cada color nos producirá distintas sensaciones.

### UTILIZACIÓN Y EFECTOS DE LOS COLORES

La elección adecuada de los colores adquiere una especial relevancia cuando está relacionada con aquellas funciones en las que es importante identificar los objetos que se deben manipular, identificar las vías de circulación y en aquellas tareas en las que es necesario un buen contraste entre los objetos o sus ele-

LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES COLORES PUEDE MEJORAR LA ORGANIZACIÓN Y LA CIRCULACIÓN EN GRANDES SUPERFICIES DE TRABAJO

mentos y el fondo contra el que se destacan. Diferentes combinaciones de colores proporcionan distintos grados de contraste y de la calidad del contraste obtenido dependerá la calidad de la visión.

También es importante el uso de colores en la señalización general y en la de seguridad. La utilización de un mismo color para señalar una situación de peligro, automáticamente condiciona nuestra actitud al observar dicho color; por ejemplo: el color rojo significa

ALGUNOS COLORES CONDICIONAN RESPUESTAS INMEDIATAS EN EL INDIVIDUO;  
ROJO: PELIGRO, PARADA; VERDE: SEGURIDAD; AMARILLO: PRECAUCIÓN

peligro y/o parada y se asocia al riesgo de incendio; el verde significa seguridad y se utiliza para indicar las vías de emergencia; el amarillo significa precaución y combinado con negro es señal de advertencia.

Los colores de señalización de las máquinas sólo deberían utilizarse para hacer resaltar los elementos verdaderamente importantes, como pueden ser los mandos de parada y otros dispositivos de seguridad que deben encontrarse rápidamente en caso de emergencia. Los colores empleados deberían señalar un riesgo preciso y no inducir a error.

### Efectos psicológicos de los colores

Es un hecho estudiado y comprobado que el color produce en el observador reacciones psíquicas o emocionales. Existen colores que estimulan e incluso excitan, hay otros que enfrían, tranquilizan o cansan. Ello es debido, en principio, a las cualidades psico-cromáticas de los colores, de las que se pueden destacar las siguientes:

- La *cualidad térmica*, que está basada en la impresión subjetiva de temperatura que producen. Los colores cálidos son los que en el espectro visible van desde el rojo al amarillo verdoso, mientras que los colores fríos son los que van desde el verde al azul. Los tonos cálidos excitan el sistema nervioso, elevan la presión sanguínea, aceleran el pulso y dan la sensación de que la temperatura aumenta. Los tonos fríos provocan efectos contrarios dando la sensación subjetiva de descenso de la temperatura.
- La *cualidad cinética*, que está relacionada con el efecto de movimiento que producen los colores, creando la impresión de avanzar o retroceder.
- La *cualidad ambiental*, que se relaciona con la sensación específica de confort que el ambiente cromático produce sobre el ser humano.

## SELECCIÓN DEL COLOR

Es evidente que no existe una fórmula válida que permita seleccionar los colores más adecuados para cada espacio, sobre todo si se tiene en cuenta que el gusto por los colores varía con la personalidad, la edad, el sexo, el clima, el grupo étnico, etc.; no obstante, sí se dispone de criterios generales que pueden ayudar a la elaboración de un entorno habitable. Algunos de estos criterios pueden ser de utilidad a la hora de modificar la apariencia de las dimensiones de un local, por ejemplo:

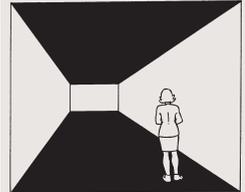
- Un local parecerá más bajo de techo si sus paredes son de color claro y su techo y suelo de color oscuro.
- Un local parecerá más alto cuando las paredes son de color oscuro y el techo es de color claro.
- Los locales alargados parecen más cortos si la pared del fondo es oscura, el efecto contrario se logra pintando la pared del fondo de color claro.

Otros criterios, como los que se exponen a continuación, son útiles a la hora de crear determinados ambientes, por ejemplo:

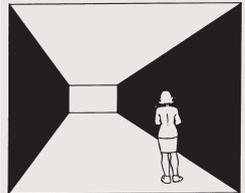
- Los colores cálidos y claros actúan, en los techos, como estimulantes; en las paredes laterales, como acogedores o íntimos y en los suelos, como ligeros e ingravidos.
- Los colores cálidos y oscuros producen, en los techos, sensación de seriedad; en las paredes, de limitación y en los suelos dan sensación de seguridad y resistencia.
- Los colores fríos y claros, en los techos, resultan luminosos y originan distensión; en las paredes producen sensación de curvatura y en los suelos se perciben como lisos y deslizantes.
- Los colores fríos y oscuros, en los techos, se perciben como amenazadores; en las paredes provocan sensaciones de frialdad y tristeza y en los suelos resultan pesados y monótonos.

Otros criterios que pueden ser de utilidad a la hora de seleccionar tanto los colores de las superficies como el tipo de luz que las va a iluminar son los que se enumeran a continuación:

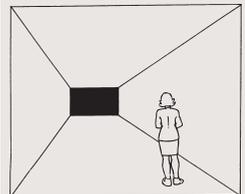
- Los objetos con colores cálidos son más agradables a la vista con una luz de color cálido que con una luz fría.
- Los ambientes físicamente fríos o calientes pueden ser contrarrestados mediante luz cálida o fría, respectivamente.
- Las mejores fuentes de luz para ambientes variables o indefinidos son las de temperatura de color intermedia.
- Los colores preferidos para las superficies de los objetos son los más intensos, siempre y cuando no llenen de manera permanente la mayor parte del campo normal de visión. Como

**MODIFICACIÓN DE UN ESPACIO EN FUNCIÓN DEL USO DE LOS COLORES**


REDUCIR ALTURA



AUMENTAR ALTURA



DISMINUIR LONGITUD

**FACTORES DE REFLEXIÓN DE DIVERSOS  
COLORES Y MATERIALES ILUMINADOS  
CON LUZ BLANCA**

Color / material	Factor de reflexión
Blanco	100%
Papel blanco	80-85%
Marfil, amarillo limón	70-75%
Amarillo vivo, ocre, verde claro, verde, azul pastel, rosa pálido, crema	60-65%
Verde limón, gris pálido, rosa, naranja, azul-gris	50-55%
Madera clara, azul cielo	40-45%
Roble, cemento seco	30-35%
Rojo profundo, verde hoja, verde oliva,	
Verde pradera	20-25%
Azul oscuro, púrpura, gris pizarra	10-15%
Negro	0%

regla general, la intensidad de un color deberá ser inversamente proporcional a la parte que ocupa en el campo normal de visión, tanto en área como en tiempo.

La selección de los colores para las diferentes superficies de un local juega un papel muy importante, puesto que puede contribuir a aumentar la eficacia del sistema de alumbrado escogido para dicho local.

Una parte del nivel de iluminación resultante es el que proviene de la reflexión de la luz sobre las superficies. Por lo tanto, en la selección de los colores se deberá tener en cuenta su factor de reflexión. En un local de trabajo está especialmente indicado el color blanco para los techos, pero hay que encontrar una solución para las demás superficies. A primera vista, se puede pensar que el blanco es el color más idóneo, pero paredes y suelos de ese color pueden convertirse en superficies deslumbrantes cuando la iluminación que reciben es demasiado intensa.

El factor de reflexión de los techos debería ser al menos del 75%; lo que implica que los revestimientos de la superficie de los techos deberían ser blancos o de colores muy claros. Es aconsejable utilizar enlucidos mates.

Para las paredes, lo más conveniente sería un revestimiento de color pastel claro (factor de reflexión entre el 50% y el 75%), excepto para las paredes iluminadas de manera muy intensa, por ejemplo, las adyacentes a una ventana de gran superficie, en esos casos es recomendable reducir el factor de reflexión al 40% o menos, con el fin de evitar un deslumbramiento excesivo.

El mobiliario debería tener un factor de reflexión de entre un 20% y un 50%, siendo preferibles los acabados mates en madera clara o en tonos medios (beige, gris claro, etc.), a los acabados oscuros y sobre todo a los brillantes.

Para los suelos, pueden ser suficientes factores de reflexión de entre el 20% y el 25%. Los colores excesivamente claros pueden provocar deslumbramientos por la reflexión de los focos luminosos.

## INTRODUCCIÓN

El conjunto de variables termohigrométricas correspondientes a un puesto de trabajo constituye su ambiente térmico. El valor de cada una de ellas, combinado con la actividad propia del trabajo (sedentaria, moderada, intensa), el tipo de vestido y las características individuales de las personas expuestas, origina diferentes grados de aceptabilidad de los ambientes.

El ambiente térmico puede suponer un riesgo a corto plazo, cuando las condiciones son extremas (ambientes muy calurosos o muy fríos), pero también, y la mayoría de las veces es así, originan incomfort térmico. Debido a los condicionantes internos (carga física, calor o frío generado por los procesos, etc.) y externos (climatología y mal aislamiento térmico de locales) de los puestos de trabajo, las situaciones confortables son pocas frente a las que presentan incomfort.

El alejamiento de la zona de confort tanto por frío como por calor origina una baja en el rendimiento en el trabajo, pérdida de concentración y, por lo tanto, aumento del número de errores. Debido a esto, existe una relación entre ciertos tipos de accidente y el ambiente térmico, de forma que en ambientes poco confortables puede incrementarse el riesgo de accidentes (distracciones, mareos, etc.).

La legislación española trata en general y brevemente el tema del ambiente térmico en el 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. En particular se dedica a este tema su Anexo III, que se compone de seis interesantes apartados, de los que el tercero asigna intervalos de valores a las variables termohigrométricas.

Tipo de trabajo	Temperatura del aire (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del aire (m/s)	Velocidad del aire (aire acondicionado) (m/s)	Velocidad del aire provocada para evitar estrés térmico (m/s)
Sedentario	17 - 27	30 - 70	≤ 0,25 Ambientes no calurosos	= 0,25	No se establece limitación concreta
			≤ 0,5 Ambientes calurosos		
Ligero	14 - 25		≤ 0,25 Ambientes no calurosos	= 0,35	
Otros	No se establece limitación concreta		≤ 0,75 Ambientes calurosos		

El apartado 4 matiza, a efectos de la aplicación de estas condiciones, que “deberán tenerse en cuenta las limitaciones o condicionantes que puedan imponer en cada caso las características particulares del propio lugar de trabajo, de los procesos u operaciones que se desarrollen en él y del clima de la zona en la que esté ubicado. En cualquier caso el aislamiento térmico de los locales cerrados debe adecuarse a las condiciones climáticas propias del lugar”.

El apartado 5 añade: “En los lugares de trabajo al aire libre y en los locales de trabajo que, por la actividad desarrollada, no puedan quedar cerrados, deberán tomarse medidas para que los trabajadores puedan protegerse, en la medida de lo posible, de las inclemencias del tiempo”.

## EL BALANCE TÉRMICO

El cuerpo humano precisa mantener la temperatura interna constante con un valor aproximado a 37°C. Sea cual sea el fluido que le rodea (agua o aire) y las características termohigrométricas que el mismo posea, el organismo procede a la autorregulación para mantenerse a temperatura constante. Cuando esa temperatura varía desde su valor original en más de 1°C en valor absoluto ( $37 \pm 1$  °C), se dice que existe riesgo de estrés térmico o de estrés por frío.

Si la desviación de la temperatura corporal es positiva, el riesgo de estrés térmico se puede traducir en incremento térmico y/o pérdida hídrica excesiva. Si la temperatura desciende 1°C

el riesgo de estrés por frío para la salud deriva del enfriamiento general del cuerpo (hipotermia) y del enfriamiento localizado (congelación de tejidos expuestos). Este valor (1°C) es, pues, la *restricción básica fisiológica* de la que se derivan los *límites ambientales* en el trabajo. Esta temperatura interna sólo puede ser mantenida si existe un equilibrio entre el calor producido constantemente por el organismo y el cedido o disipado al ambiente. Este equilibrio es lo que se denomina “balance térmico”; en esta situación, la resultante neta de calor debe ser cero, es decir, el calor producido internamente más el calor ganado del ambiente debe ser igual al calor perdido o disipado.

El balance térmico se puede expresar como una ecuación matemática en la que las diferentes formas de intercambio de calor del organismo (expresadas en términos físicos de potencia, esto es, energía por unidad de tiempo) adquieren valores en función de las variables de las que dependen. Se expresa como sigue:

$$S = M - K - C - R - C_{res} - E_{res} - E$$

Cada uno de esos términos es el valor del flujo energético perdido o ganado por el organismo.

S es la potencia calorífica que se gana o pierde netamente (signo + o -) durante el trabajo.

M es la generación de energía metabólica por unidad de tiempo. Depende de la actividad física del trabajo y debido al bajo rendimiento energético se suele asumir su valor como calor.

El intercambio de calor que se produce cuando dos cuerpos están en contacto se denomina conducción (K). En la ecuación, K es la potencia ganada o perdida por conducción y depende de la temperatura de la piel ( $T_p$ ) y de la de los objetos en contacto con el individuo.

Se produce un intercambio de calor por convección cuando el organismo cede calor al aire que le rodea, o al revés.

En la ecuación del balance térmico, C expresa el intercambio por convección, las variables de las que depende son la temperatura del aire ( $T_a$ ), la de la piel ( $T_p$ ), la velocidad del aire (v) y la resistencia térmica del vestido ( $I_{cl}$ ).

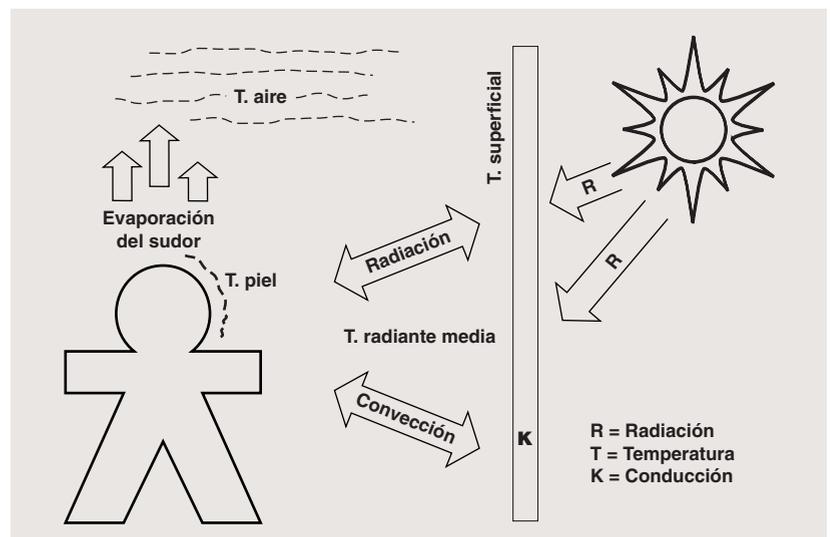
El término R representa la potencia ganada o perdida por radiación electromagnética. El intercambio de calor por radiación se produce entre superficies a diferente temperatura, y no hace falta que estén en contacto entre ellas. Depende de la temperatura superficial de los cuerpos involucrados en el intercambio. En nuestro caso depende de la temperatura de la piel ( $T_p$ ), la temperatura radiante media ( $T_r$ ), que es un cómputo de las temperaturas de las superficies de los cuerpos presentes en el ambiente, y de la resistencia térmica del vestido ( $I_{cl}$ ).

La potencia intercambiada a través del aire de la respiración se representa mediante los términos  $C_{res}$  y  $E_{res}$ , donde el primero está en función de la diferencia de temperaturas entre el aire inspirado y espirado (calor sensible) y el segundo, en función de la diferencia de humedad de ambos (calor latente). Por último, la evaporación del sudor se representa con la letra  $E$  y es función de la presión parcial del vapor de agua en el aire ambiente ( $p_a$ ), de la presión del vapor de agua en la saturación, a la temperatura del aire ( $p_s$ ), de la velocidad del aire y de la resistencia térmica del vestido ( $I_{cl}$ ). Para comprender el concepto de "presión del vapor de agua", éste se debe ligar con la concentración de vapor de agua, que es lo que entendemos por humedad (humedad absoluta). La relación (fracción) entre la presión parcial del vapor de agua existente (concentración de vapor de agua) y la presión del vapor de agua en la saturación es la humedad relativa que se suele multiplicar por 100 y expresar en porcentaje (%HR), el significado es la concentración de vapor de agua en el aire, a una temperatura respecto a la que puede haber como máximo a esa temperatura.

Cuando el valor de  $S$  es cero, el cuerpo no acumula ni pierde netamente calor, por lo que no es de esperar aumento o disminución de la temperatura corporal y en consecuencia no se habla de riesgo, pero no está garantizado el confort térmico.

Cuando el valor de  $S$  no es cero y es positivo, se admite como máximo una acumulación de calor en el organismo ( $Q_{max} = 50 \text{ wh/m}^2$ ).

Si el valor de  $S$  es negativo, existe pérdida neta de calor y la exposición debe limitarse teniendo en cuenta un valor  $Q_{max} = -40 \text{ wh/m}^2$ . Estos valores de energía máxima, ganada o perdida ne-



tamente, son los necesarios para que un cuerpo (de unos 70 kg de peso) gane o pierda un grado centígrado de temperatura. El tiempo de exposición (t) interviene en el límite admisible de exposición y debe cumplirse que  $S \cdot t \leq Q_{\text{max}}$ .

## TERMORREGULACIÓN

El hipotálamo, una estructura nerviosa situada en la base del cerebro, está encargado de lograr que el equilibrio térmico se mantenga actuando como un termostato.

La información sobre la temperatura cutánea llega hasta él desde una extensa red de termorreceptores que se encuentran distribuidos por la piel y en algunos órganos vitales. En función de la información recibida, frío o calor, se ponen en marcha una serie de mecanismos fisiológicos tendentes a compensar el sentido de la información recibida. Cuando la información indica descenso de la temperatura, están potenciados los mecanismos de producción y de conservación del calor; cuando la información indica aumento de la temperatura, los contrarios, es decir, los de disipación de calor y los que tienen como finalidad reducir la producción de calor. Entre los primeros se pueden distinguir: el incremento de la actividad muscular, tanto de la involuntaria como de la voluntaria, la estimulación de los centros del hambre y la vasoconstricción periférica de los vasos sanguíneos que tiene como objeto disminuir el transporte de calor desde el núcleo del cuerpo a la periferia. Entre los segundos destaca la vasodilatación, la estimulación de las glándulas sudoríparas con el consiguiente aumento del sudor y la apatía y falta de apetito.

El abanico de posibles situaciones térmicas que el individuo es capaz de compensar con estos mecanismos es muy amplio, en comparación con el pequeño número de combinaciones de las variables termohigrométricas, ambientales e individuales, en las que se encuentra confortable. En parte, y como consecuencia de esto, el número de puestos de trabajo que conllevan riesgo de estrés térmico por calor o frío es relativamente pequeño, frente a la cantidad de situaciones laborales no confortables.

El ambiente térmico produce efectos y sensaciones. El confort térmico se define como la sensación neutra respecto al ambiente térmico.

Mientras que la prevención de efectos sobre la salud es hasta cierto punto generalizable, las sensaciones tienen una importante componente individual.

EL CONFORT TÉRMICO SE PERCIBE COMO UNA SENSACIÓN NEUTRA, RESPECTO AL AMBIENTE TÉRMICO

## LAS CONDICIONES AMBIENTALES

La temperatura seca del aire es la temperatura a la que se encuentra el aire que rodea al individuo. Es la que nos indica un termómetro de mercurio situado en el mismo lugar que ocupa la persona expuesta.

La diferencia entre esta temperatura y la de la piel del individuo determina el intercambio de calor entre el individuo y el aire. Si la temperatura de la piel es mayor que la del aire, el cuerpo cede calor al aire y se refresca. Si es al revés, el individuo recibe calor del aire. En ambos casos, se denomina “intercambio de calor por convección”.

El intercambio de calor por convección depende también de la velocidad con la que el aire se mueve alrededor del individuo; cuanto mayor es, mayor intercambio de calor, pero quien determina la dirección del flujo de calor es la temperatura del aire.

El intercambio de calor por radiación entre unas y otras superficies del ambiente (piel, máquinas, cristales, paredes, techos, etc.) depende de la temperatura de los mismos.

Para facilitar los cálculos de intercambios térmicos por radiación, se define la temperatura radiante media como la temperatura que tendrían las paredes de un local imaginario en el que dicha temperatura fuera uniforme y los intercambios de calor por radiación fueran iguales a los intercambios de calor por radiación en el ambiente real.

Si la temperatura de la piel es mayor que la temperatura radiante media, el cuerpo cede calor por radiación al ambiente; si es al revés, el organismo recibe calor del medio.

La temperatura radiante media no puede medirse con un termómetro común de mercurio, sino que necesita de instrumental sofisticado. Para facilitar la medición, se emplea el globotermómetro, que permite obtener una alternativa a la temperatura radiante media, denominada “temperatura de globo”. Como el globotermómetro es sensible no sólo al intercambio por radiación sino también al de convección, se utiliza la relación matemática entre la temperatura de globo y la temperatura radiante media (válida para globos de diámetro aproximado  $d=15$  cm), que permite utilizar el globotermómetro para conocer la

$$T_r = \left[ (T_g + 273)^4 + \frac{0,25 \cdot 10^8}{\varepsilon} \left( \frac{T_g - T_a}{d} \right)^{0,25} \cdot (T_g - T_a) \right]^{0,25} - 273$$

$$T_r = \left[ (T_g + 273)^4 + \frac{1,1 \cdot 10^8 \cdot v^{0,6}}{\varepsilon d^{0,4}} \cdot (T_g - T_a) \right]^{0,25} - 273$$

temperatura radiante ( $\epsilon$  es la emisividad, una característica de la superficie del globo cuyo valor se suele tomar igual a 0,95).

Cuando se espera poca diferencia entre  $T_r$  y  $T_a$ , y en el intervalo de temperaturas moderadas en que se suele valorar el confort térmico, se utilizan formas simplificadas como por ejemplo:

$$T_r = T_g + 1,9 v (T_g - T_a)$$

La evaporación del agua que forma parte del sudor consigue eliminar calor del organismo. Cuando la concentración de vapor de agua en el aire es elevada, se dificulta la evaporación, por lo que resulta más difícil refrescar el cuerpo y los ambientes son más calurosos.

LA EVAPORACIÓN DEL SUDOR  
CONTRIBUYE, DE FORMA IMPORTANTE,  
A LA ELIMINACIÓN DEL CALOR  
DEL ORGANISMO

La humedad (contenido de vapor de agua que tiene el aire) se puede medir mediante un instrumento denominado psicrómetro que dispone de dos termómetros de mercurio y un pequeño ventilador que hace circular el aire alrededor de sus bulbos. Uno de esos bulbos está rodeado de un tejido que debe permanecer húmedo durante la medición. La lectura que suministra este termómetro húmedo se denomina “temperatura húmeda psicrométrica”. La combinación de este dato y la temperatura del aire que indica el termómetro seco permite conocer la humedad relativa. La temperatura húmeda medida en un local coincide con la temperatura seca del aire cuando la humedad relativa es del 100%.

La velocidad relativa del aire interviene de forma directa en el balance térmico y también en la sensación térmica, puesto que condiciona el intercambio de calor por convección y la evaporación del sudor aumentando la magnitud de los términos C y E, pero también, como se verá más adelante, puede suponer molestias. La velocidad del aire es, pues, en sí misma, un parámetro que se debe medir para conocer el nivel de confort de un puesto de trabajo. Se expresa normalmente en metros por segundo o metros por minuto. El instrumento que sirve para conocer el valor de la velocidad del aire se llama anemómetro o velómetro. La dirección y el recorrido del aire en su circulación, a través del puesto de trabajo, se pueden visualizar mediante la utilización de tubos generadores de humo.

### LA ACTIVIDAD DEL TRABAJO

El organismo necesita energía para desarrollar sus funciones. Esta energía la obtiene de la oxidación compleja de sustancias que se incorporan a través de la alimentación. Se producen, de esta forma, una serie de reacciones químicas exotérmicas de las

que sólo una parte de la energía se aprovecha como tal y el resto es calor. En efecto, el rendimiento energético del organismo es, en el mejor de los casos, del orden de 0,2, lo que significa que el 80% de la energía generada es calor. No es de extrañar, pues, que se utilice el valor estimado de la energía metabólica involucrada en la actividad del trabajo como el del término  $M$  para la valoración del confort térmico y en general del balance térmico.

La actividad del trabajo ( $M$ ) se puede estimar como suma del metabolismo basal y el consumo metabólico del trabajo. El primero es la energía mínima para mantener las funciones vitales. Está en función del peso, la altura, la edad y el sexo del individuo. De forma general se le asigna un valor correspondiente al descanso total (45 W/m<sup>2</sup>).

EL RENDIMIENTO ENERGÉTICO DEL CUERPO HUMANO ES BAJO Y SE GENERA GRAN CANTIDAD DE CALOR CON LA ACTIVIDAD FÍSICA

El segundo depende del esfuerzo que requiere la tarea. El consumo metabólico del trabajo puede estimarse mediante tablas que asignan unos valores determinados de potencia (Energía/tiempo), según el tipo de trabajo, o que relacionan datos como la posición del cuerpo, los esfuerzos musculares y el manejo de cargas según la intensidad y los tiempos empleados. También puede determinarse la energía metabólica a través de la medición del oxígeno consumido en la actividad (directamente relacionado con la energía generada) o la medición de la frecuencia cardíaca. Estos métodos son más precisos, pero su aplicación supone mayor dificultad al requerir instrumentación adecuada y la intervención sobre el individuo expuesto.

Cuando se utilizan tablas para determinar el valor de la actividad metabólica se obtiene el valor medio ponderando en el tiempo las diferentes fases de la actividad de forma que:

$$M = \frac{M_1 \cdot t_1 + M_2 \cdot t_2 + \dots + M_n \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

Siendo  $M_1, M_2, M_3, \dots$  los valores de la actividad metabólica para cada componente diferenciada del trabajo y  $t_1, t_2$  y  $t_n$  los periodos de tiempo correspondientes.

La Norma UNE-EN 28996: 1995 propone diferentes métodos y valores tabulados para el cálculo de la actividad metabólica dependiendo del tipo de trabajo, de la posición del cuerpo y del movimiento.

Con los datos que figuran en las tablas correspondientes del capítulo IX, y teniendo en cuenta la ponderación de tiempo, la actividad metabólica media ( $M$ ) de un individuo que realiza *de*

pie un trabajo *manual ligero* durante el 80 % del tiempo y *camina* realizando un esfuerzo *ligero con dos brazos* el 20% del tiempo, es:

$$M = 0,8 \cdot (25+15+45) + 0,2 \cdot (61+65+45) = 102,2 \text{ W/m}^2$$

donde se ha tomado el valor de 45 W/m<sup>2</sup> como el del consumo metabólico basal.

## EL VESTIDO

Dentro de las condiciones que intervienen en el balance térmico, debemos tener en cuenta el tipo de vestido.

El confort térmico se alcanza cuando se produce cierto equilibrio entre el calor generado por el organismo como consecuencia de la demanda energética y el que es capaz de ceder o recibir del ambiente, por lo que tiene interés saber cómo influye la ropa y en concreto su capacidad aislante respecto al calor. Esa capacidad de aislar térmicamente que poseen las prendas de vestir se denomina *Resistencia térmica del vestido* y se mide en unidades llamadas CLO. Físicamente la equivalencia es: 1 clo = 0,155 °Cm<sup>2</sup>/W, es por lo tanto un coeficiente superficial de transferencia de calor.

Cuanto mayor es la resistencia térmica de las prendas de vestir, más difícil es para el organismo desprenderse del calor generado y cederlo al ambiente.

La combinación de diversas prendas de vestir configura el atuendo de un individuo en una época o situación determinada.

Atuendo de vestir	Resistencia térmica (CLO)	Resistencia térmica (°C m <sup>2</sup> /W)
Desnudo	0	0
Atuendo de Verano (fresco)	0,25	0,039
Atuendo de Verano (habitual)	0,5	0,078
Atuendo Invernal en interiores	0,75 - 1	0,116 - 0,155
Atuendo Invernal en exteriores	2 - 2,5	0,31 - 0,39

## VALORACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO

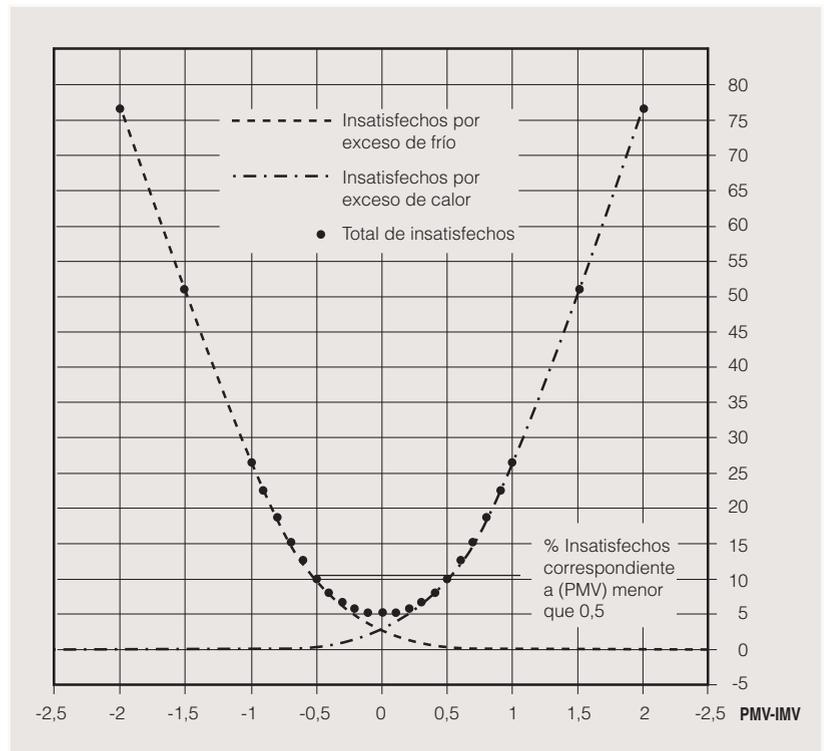
Las diferencias biológicas y la existencia de otros factores individuales de índole estable o temporal, pero en cualquier caso difícil de valorar, influyen en la percepción termohigrométrica del ambiente, de forma que no se puede hablar objetivamente de ambiente confortable si no es desde la óptica estadística.

De esta forma la sensación se cuantifica a través de un índice de confort (PMV, porcentaje medio de voto o IMV, índice medio de valoración) que va ligado al porcentaje esperado de insatisfechos por el ambiente térmico (PPD). En el mejor ajuste

posible de las variables termohigrométricas se espera estadísticamente un 5% de insatisfechos, que presentarán quejas por calor o frío.

A estas conclusiones llegó después de su extenso trabajo de investigación sobre las condiciones para el confort térmico P. O. Fanger, profesor asociado de la Universidad Técnica de Dinamarca. Dicho trabajo fue publicado en 1970 y asumido como método de valoración global del confort térmico por la actual norma UNE-EN 7730.96.

Este criterio implica calcular el índice de confort (PMV) a través de la medición de los parámetros ambientales ( $T_a$ ,  $T_r$ ,  $v$ , % HR), la actividad física ( $M$ ) y el aislamiento del vestido ( $I$ ) y considera aceptable un ambiente cuando el valor del PMV se halla entre  $-0,5$  y  $+ 0,5$ , lo que corresponde a un porcentaje esperable de insatisfechos (PPD) del 10%. (ver figura). El cálculo del PMV requiere disponer de un programa informático pero si no se dispone de él se utilizan tablas. Estas tablas corresponden a los coeficientes de corrección por la humedad ( $f_h$ ) y radiación ( $f_r$ ) necesarios cuando la humedad difiere del 50% y la temperatura radiante media no coincide con la temperatura seca del aire, ya que los valores del PMV que se dan en la figura siguiente son los correspondientes a  $HR = 50\%$  y  $T_r = T_a$ .



El siguiente ejemplo ilustra la mecánica a seguir: supongamos un local destinado a oficina que se encuentra situado en el centro de una nave, elevada sobre un taller de mecánica de transformación. El local dispone de un sistema de climatización del aire pero los trabajadores se quejan de su ineficacia. Se miden las condiciones termohigrométricas de verano e invierno con los siguientes resultados:

Época del año	Temperatura del aire (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del aire (m/s)	Temperatura radiante media (°C)
Invierno	20	30	inapreciable = 0,1	18
Verano	26	60	inapreciable = 0,1	30

A continuación determinaremos si las condiciones de trabajo cumplen con las condiciones de confort térmico, según el criterio UNE EN ISO 7730.96.

Ya que no se menciona el uso de uniforme de trabajo se entenderá que el atuendo de vestir es el habitual de verano e invierno que supone respectivamente un valor de resistencia térmica de 0,5 y 1 clo. De la tabla obtenemos para esas épocas los valores respectivos del índice PMV = 0,44 y -0,32.

Como la humedad no es del 50%, ni la temperatura radiante media es igual a la del aire, deben corregirse los valores del índice PMV obtenidos de la figura de la página anterior:

$$PMV = PMV_0 + f_{rh} (\%HR-50) + f_{tr} (TRM-T_a)$$

(Verano)  $PMV = 0,44 + 0,0087(60-50) + 0,159(30-26) = 1,16$   
 (Invierno)  $PMV = -0,32 + 0,0074(30-50) + 0,114(18-20) = -0,7$

Se considera confortable un ambiente cuando el índice PMV se halla entre -0,5 y + 0,5, (UNE EN ISO 7730.96) por lo que según las mediciones el local, para el tipo de trabajo que se realiza en él, no cumple mínimos de confort térmico ni en verano ni en invierno. El valor de la temperatura radiante media, tanto en invierno como verano, se aproximará a la temperatura del aire en el local en cuestión, tanto más cuanto mejor sea el aislamiento térmico del mismo (suponemos que no hay focos radiantes sino el propio techo de uralita de la nave). Si hacemos que TRM sea igual a T<sub>a</sub> obtenemos nuevos índices PMV:

(Verano)  $PMV = 0,44 + 0,0087(60-50) = 0,53$   
 (Invierno)  $PMV = -0,32 + 0,0074(30-50) = -0,47$

Estos valores suponen ya un cierto nivel de confort en verano y que cumple en invierno con lo dispuesto en la UNE EN ISO 7730.96.

La obtención del PMV se puede llevar a cabo mediante el uso de otro tipo de tablas (por ejemplo UNE EN ISO 7730.96) que parten del valor de la temperatura operativa ( $T_o$ ) que es la temperatura uniforme que tendría un recinto radiante negro en el que un ocupante podría intercambiar la misma cantidad de calor por convección más radiación que en el actual ambiente no uniforme.

El valor se puede estimar mediante la expresión:

$$T_o = A \cdot T_a + (1 - A \cdot T_r)$$

siendo el valor de  $A = 0,5$  cuando la velocidad del aire  $v < 0,2$  m/s;  $A = 0,6$  si  $0,2 \leq v < 0,6$  y  $A = 0,7$  si  $0,6 \leq v \leq 1$ .

<b>Valor del PMV ó IMV para una actividad típica de trabajo de oficinas de actividad metabólica 110 kcal/hora</b>										
<b>En blanco los valores que se consideran aceptables (UNE EN ISO 7730)</b>										
$I_{cl.o}$	T (°C)	<0,1 m/s	0,1 m/s	0,15 m/s	0,2 m/s	0,3 m/s	0,4 m/s	0,5 m/s	1 m/s	1,5 m/s
<b>0,5</b>	18	-2,01	-2,01	-2,17	-2,38	-2,7				
	20	-1,41	-1,41	-1,58	-1,76	-2,04	-2,25	-2,42		
	22	-0,79	-0,79	-0,97	-1,13	-1,36	-1,54	-1,69	-2,17	-2,46
	24	-0,17	-0,2	-0,36	-0,48	-0,68	-0,83	-0,95	-1,35	-1,59
	26	0,44	0,39	0,26	0,16	0,01	-0,11	-0,21	-0,52	-0,71
	28	1,05	0,98	0,88	0,81	0,7	0,61	0,54	0,31	0,16
	30	1,64	1,57	1,51	1,46	1,39	1,33	1,29	1,14	1,04
<b>0,75</b>	32	2,25	2,2	2,17	2,15	2,11	2,09	2,07	1,99	1,95
	16	-1,77	-1,77	-1,91	-2,07	-2,31	-2,49			
	18	-1,27	-1,27	-1,42	-1,56	-1,77	-1,93	-2,05	-2,45	
	20	-0,77	-0,77	-0,92	-1,04	-1,23	-1,36	-1,47	-1,82	-2,02
	22	-0,25	-0,27	-0,4	-0,51	-0,66	-0,78	-0,87	-1,17	-1,34
	24	0,27	0,23	0,12	0,03	-0,1	-0,19	-0,27	-0,51	-0,65
	26	0,78	0,73	0,64	0,57	0,47	0,4	0,34	0,14	0,03
<b>1</b>	28	1,29	1,23	1,17	1,12	1,04	0,99	0,94	0,8	0,72
	30	1,8	1,74	1,7	1,67	1,62	1,58	1,55	1,46	1,41
	16	-1,18	-1,18	-1,31	-1,43	-1,59	1,72	-1,82	-2,12	-2,29
	18	-0,75	-0,75	-0,88	-0,98	-1,13	-1,24	-1,33	-1,59	-1,75
	20	-0,32	-0,33	-0,45	-0,54	-0,67	-0,76	-0,83	-1,07	-1,2
	22	0,13	0,1	0	-0,07	-0,18	-0,26	-0,32	-0,52	-0,64
	24	0,58	0,54	0,46	0,4	0,31	0,24	0,19	0,02	-0,07
26	1,03	0,98	0,91	0,86	0,79	0,74	0,7	0,57	0,5	
28	1,47	1,42	1,37	1,34	1,28	1,24	1,21	1,12	1,06	
30	1,91	1,86	1,83	1,81	1,78	1,75	1,73	1,67	1,63	

**FACTOR DE CORRECCIÓN POR LA HUMEDAD**

Resistencia térmica clo	Factor de corrección por la humedad (fh)				
	< 0.1 m/s	0.2 m/s	0.5 m/s	1.0 m/s	5.0 m/s
0	0.0099	0.0106	0.0112	0.0120	0.0130
0.25	0.0093	0.0100	0.0104	0.0110	0.0118
0.50	0.0087	0.0091	0.0097	0.0100	0.0108
0.75	0.0081	0.0086	0.0090	0.0093	0.0099
1.00	0.0074	0.0079	0.0084	0.0089	0.0091
1.25	0.0069	0.0073	0.0079	0.0082	0.0084
1.50	0.0063	0.0068	0.0071	0.0074	0.0078

**FACTOR DE CORRECCIÓN POR LA RADIACIÓN**

Resistencia térmica clo	Factor de corrección por la radiación (fr)					
	5.0 m/s	2.0 m/s	1.0 m/s	0.5 m/s	0.2 m/s	0.1 m/s
0	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
0.25	0.118	0.145	0.161	0.173	0.189	0.200
0.50	0.080	0.100	0.118	0.134	0.152	0.159
0.75	0.056	0.075	0.089	0.105	0.123	0.132
1.00	0.041	0.057	0.072	0.089	0.100	0.114
1.25	0.034	0.045	0.059	0.072	0.086	0.098
1.50	0.030	0.043	0.045	0.055	0.068	0.080

$$PMV = PMV_0 + f_h (\% HR - 50) + f_r (TRM - T_a)$$

**INCONFORT LOCAL**

Aunque se cumplan las condiciones de confortabilidad hasta ahora estudiadas de forma global no serán suficientes si se producen asimetrías notables en los intercambios de calor entre el cuerpo y el ambiente. Dicho de otro modo: la valoración del confort térmico a través del índice PMV no se corresponderá con la distribución estadística esperable de insatisfechos si una o varias de las variables (responsables de los correspondientes términos de intercambio de calor) varían sustancialmente de una región del cuerpo a otra. Por ejemplo, la cercanía al cristal frío de una ventana (su temperatura es menor que la del aire del local) supone asimetría en el intercambio de energía radiante entre una parte del cuerpo y otra, de manera que aunque se cumplan las condiciones globales de confort ( $|PMV|=0,5$ ) la opi-

nión de las personas expuestas no será la esperada. El estudio del confort térmico debe incluir lo que se denominan condiciones de incomfort local y consiste en medir no sólo las variables termohigrométricas sino también su distribución espacial.

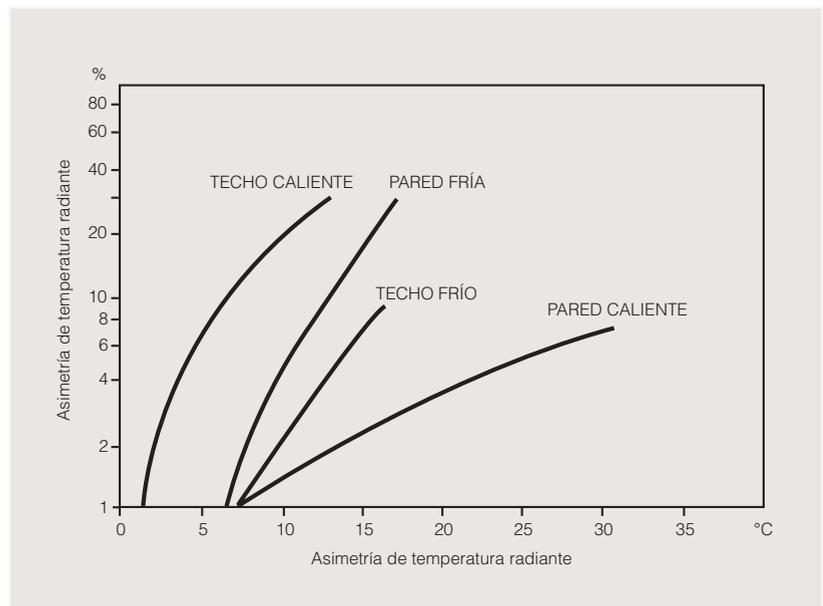
Los factores a tener en cuenta en el estudio del incomfort local son los siguientes:

- a) Asimetría de planos radiantes.
- b) Variación vertical de la temperatura del aire.
- c) Corrientes de aire.
- d) Contacto con superficies frías o calientes.

### Asimetría de planos radiantes

La temperatura radiante media describía el intercambio de calor por radiación entre el cuerpo y todas las superficies que lo rodean (planos anterior y posterior, superior e inferior y planos derecho e izquierdo). La asimetría de planos radiantes describe la diferencia de temperatura radiante entre dos planos, por ejemplo, derecho e izquierdo o superior e inferior.

De las investigaciones realizadas al respecto con individuos expuestos a diferentes condiciones de asimetría, se desprende que las personas son más sensibles a la asimetría horizontal de planos radiantes (por ejemplo techos calientes) que a la vertical (ventanales fríos). Mientras que frente a la asimetría horizontal de planos radiantes expresada como  $\Delta T_r = 5^\circ\text{C}$  le corresponde un  $\text{PPD} = 7\%$  (insatisfechos) cuando se trata de asimetría vertical el



incremento  $\Delta T_r = 10^\circ\text{C}$  supone un porcentaje de insatisfechos del 10 %. Cuando los planos horizontales fríos se encuentran por encima de la cabeza se espera  $\text{PPD} = 7\%$  si  $\Delta T_r = 15^\circ\text{C}$ .

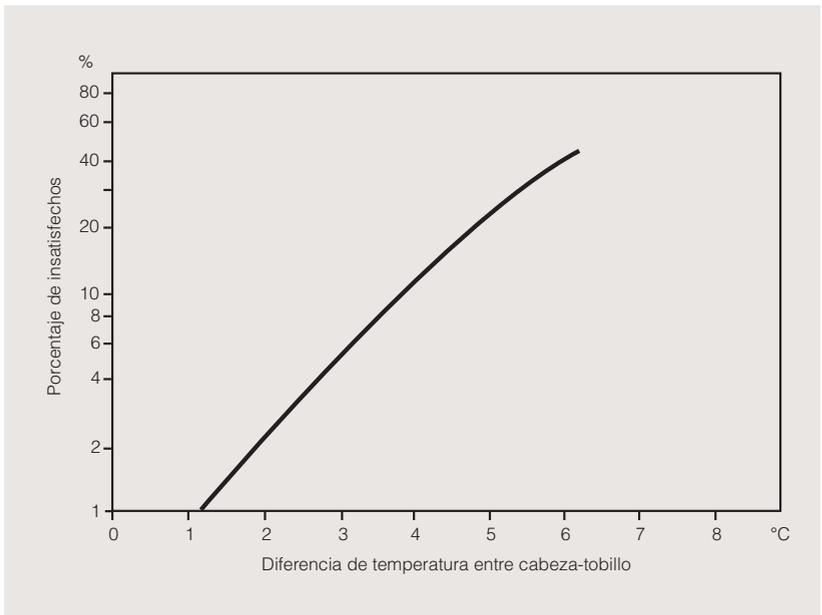
Si se trata de planos verticales calientes (por ejemplo ventanales insolados), cuando  $\Delta T_r = 25^\circ\text{C}$  implica  $\text{PPD} = 5\%$ .

Frecuentemente la temperatura del aire varía según la altura sobre el nivel del pavimento. Si la diferencia entre la temperatura del aire a nivel de cabeza y tobillos es grande, se habla de incomfort local. Se manifiesta cuando la temperatura crece hacia hacia la zona de la cabeza. Estas diferencias están a menudo generadas por el sistema de calefacción.

Las investigaciones experimentales realizadas en cámaras climáticas (se pueden elegir las condiciones) con individuos realizando una actividad ligera y en situación de confort térmico global ( $\text{PMV} = 0$ ) sometidos a diferencias espaciales de temperatura permitieron obtener la correlación entre los correspondientes gradientes y el porcentaje de insatisfechos esperable. Cuando  $\Delta T = 3^\circ\text{C}$  es de esperar  $\text{PPD} = 5\%$ . Cuando la actividad metabólica desarrollada es mayor que la indicada no se manifiesta la sensación de incomfort. Tampoco parece ser motivo de quejas la diferencia vertical de la temperatura, cuando esta decrece desde los tobillos a la cabeza.

**Variación vertical de la temperatura del aire**

EL INCONFORT LOCAL TIENE LUGAR CUANDO LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS VARIABLES TERMOHIGROMÉTRICAS EN UN RECINTO NO ES UNIFORME



## Corrientes de aire

La velocidad del aire puede ser causa de inconfort local cuando produce un enfriamiento localizado del cuerpo. Las corrientes de aire han sido identificadas como uno de los factores ambientales más molestos en los lugares de trabajo en general y como el más molesto en las oficinas. Este hecho conduce, en ocasiones, a cerrar la trampilla de los difusores de entrada de aire climatizado, incluso a desconectar el sistema de ventilación. Las corrientes de aire pueden ser también debidas a fenómenos de convección con circulación de aire a lo largo de las ventanas u otras superficies frías.

La percepción de una corriente de aire depende de la velocidad del aire, del grado de turbulencia del aire, de su temperatura y del área del cuerpo expuesta. En este contexto se entiende por "turbulencia" la variación relativa de la velocidad del aire y se expresa en tanto por cien. La intensidad de la turbulencia ( $Tu$  %) es función de la del aire, se define con los siguientes parámetros: la velocidad media del aire ( $v$ ) y la desviación estándar de las fluctuaciones de velocidad instantánea, respecto a la media y de la velocidad media del aire.

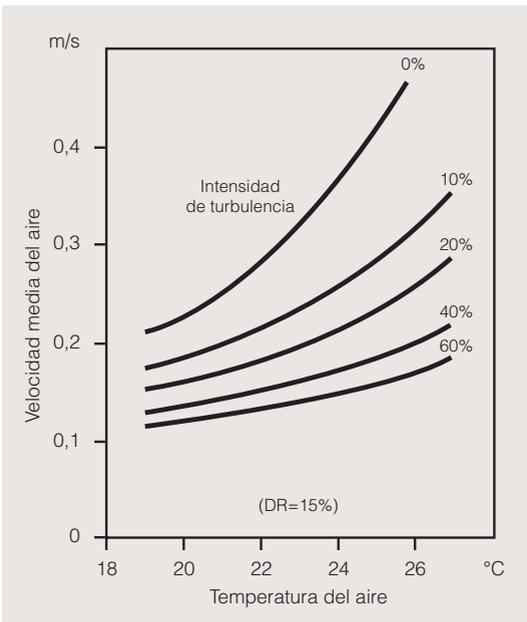
$$\% Tu = \frac{\sqrt{\frac{\sum (v_i - v)^2}{n}}}{v} \times 100$$

De la experimentación llevada a cabo en individuos expuestos a temperaturas del aire entre los 20 °C y 26 °C, velocidades

medias del aire entre 0,05 m/s y 0,4 m/s e intensidades de turbulencia entre el 0% y el 70%, en una actividad sedentaria y en condiciones próximas a la neutralidad térmica, adecuando el vestido, derivó el índice DR (Draught Risk - riesgo de corriente) que expresa el porcentaje de insatisfechos por corrientes de aire y es función de la temperatura del aire y del movimiento de éste, según la siguiente expresión, que asume la mencionada UNE EN ISO 7730.96, aceptando el valor máximo DR=15%

$$DR = (34 - t_a) \cdot (v - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot v \cdot Tu + 3,14)$$

La incomodidad que aporta una corriente de aire es debida más a la variación que a la intensidad. La sensibilidad a las corrientes de aire disminuye (y por lo tanto también las quejas) cuando aumenta la actividad física. Así mismo se



cumple que, en condiciones próximas a las de confort, aumenta la sensibilidad a las corrientes de aire.

Las personas son más sensibles a las corrientes de aire que inciden en la nuca, los hombros y los tobillos.

La temperatura de los pavimentos puede ser motivo de inconfort local. La temperatura del pavimento depende del modo y material del que está construido y aislado, por ejemplo, directamente sobre la tierra, sobre una bodega o sótano, sobre otra habitación o si la calefacción es a través del suelo.

Diversos estudios realizados con personas sobre suelos de diferentes materiales permitieron determinar el rango idóneo de temperaturas: para trabajos de tipo sedentario, 25 °C y para personas de pie o andando, 23 °C.

Como se puede observar en la figura, la temperatura óptima del pavimento es de 24 °C lo que supone que el 6% de los expuestos se mostrará insatisfecho. Si aceptamos un porcentaje de insatisfechos del 10%, el rango de temperaturas oscila entre 19,5 °C y 28°C.

La mencionada norma UNE EN ISO 7730 recomienda para trabajos de poca actividad física (sedentarios) que la temperatura de la superficie del suelo esté comprendida entre 19°C y 26 °C con excepción de los sistemas de calefacción integrado en el pavimento diseñados para 29 °C.

**Contacto con suelos fríos o calientes**

**CORRECCIÓN DE LAS CONDICIONES**

Para que las condiciones térmicas de un puesto de trabajo puedan considerarse aceptables, las variables que hemos definido deben controlarse.

El consumo metabólico en una situación calurosa puede disminuirse reduciendo el ritmo de trabajo, aumentando las pausas, aplicando rotación del personal o automatizando el proceso.

La posibilidad de variar el atuendo de trabajo (resistencia térmica del vestido, I), incluso cuando se trata de uniforme de trabajo, es una opción personal, modificable según la sensación térmica.

La reducción del tamaño, nivel, de ruido y coste de los intercambiadores de calor y sus consolas de ventilación y difusión (Fan-coil) hace posible que en oficinas, bibliotecas, comercios, etc. el aire acondicionado se aplique para conseguir un ambiente térmicamente confortable. Eso implica modificar como mínimo la temperatura del aire.

Por el contrario, muchas veces la climatización es causa de

que el aire sea excesivamente seco en invierno y/o húmedo en verano debido al proceso de calentamiento o enfriamiento que sufre antes de ser distribuido a los locales.

Las ventanas y sobre todo las grandes superficies acristaladas constituyen planos verticales cuya temperatura varía según les da el sol o la temperatura exterior desciende mucho. En ambos casos son motivo de asimetría radiante y discomfort térmico local. También los techos y tejados, dependiendo de su nivel de aislamiento (coeficientes de transferencia de calor), pueden constituirse en superficies que ceden o absorben calor por radiación.

Si las superficies acristaladas ofrecen poco aislamiento frente al calor se pueden instalar persianas cuya eficacia aumenta si están colocadas en la parte exterior. Es cierto que la estética del edificio se ve alterada por este motivo y se recurre a la colocación de persianas interiores o empotradas entre un doble cristal. Los cristales tintados o reflectantes ofrecen cierta protección frente a la radiación solar. Por contra estas soluciones merman la aportación de luz natural al nivel de iluminación de los puestos de trabajo.

La incidencia de la radiación solar en superficies acristaladas causa que los puestos de trabajo cercanos sufran la radiación directa del sol. Si se calienta el cristal éste se convierte a su vez en un plano radiante. Además, el aire se calienta al contacto con el cristal por conducción. En invierno, ya que el sol sigue una trayectoria de menor altura, los rayos solares pueden incidir perpendicularmente al cristal de las ventanas, esto adquiere importancia cuando el sistema de calefacción se diseña sin contar con este factor. Algunos sistemas incluyen difusores longitudinales que proyectan una fina cortina de aire frío que resbala por el plano interior de la ventana, enfriándolo.

El sistema de climatización debe distribuir el aire de tal forma que la temperatura sea más o menos uniforme. Interviene en este hecho el número de difusores y su colocación, así como el aislamiento del local. La velocidad que adquiere el aire, al ser impulsado por los difusores o por las corrientes de convección (diferente temperatura del aire en zonas distintas), debe también cumplir con las recomendaciones mencionadas anteriormente.

En general y dejando aparte la climatización del aire, se mejoran las condiciones termohigrométricas con el apantallamiento y/o aislamiento de los focos de calor radiante (superficies de las máquinas, hornos, piezas calientes, etc.), la ventilación general de las locales (aportando aire del exterior, si su temperatura es inferior a la del recinto), la extracción localizada (eliminando el aire caliente en las proximidades de los focos caloríficos), o la propia extracción del aire que evacue en origen el exceso de vapor de agua (generado por el proceso).

## CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO

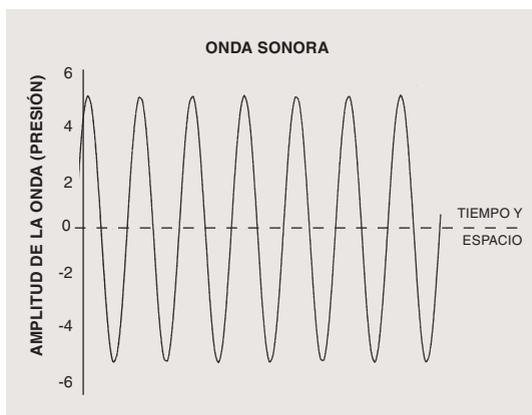
El sonido es la sensación percibida por el oído humano como resultado de rápidas fluctuaciones de la presión del aire. Esas fluctuaciones son inicialmente generadas por vibraciones de sólidos, líquidos o gases. La propagación progresiva de una vibración a los demás elementos de un cuerpo constituye un movimiento ondulatorio.

La radiación de un sonido es un conjunto de ondas sonoras, conformadas por la variación de la presión con el tiempo, de forma que la presión crece y decrece alternativa y cíclicamente. El número de ciclos que se producen en un segundo es la frecuencia de la onda sonora en Hercios (Hz).

El movimiento ondulatorio presenta una variación periódica no sólo en el tiempo sino también en el espacio.

Las ondas sonoras se propagan a una velocidad que depende de la elasticidad del medio la cual tiene mucho que ver con la densidad y, por lo tanto, en lo que respecta al aire, con su temperatura. A las temperaturas que habitualmente se hallan los ambientes de trabajo (20 °C) la velocidad del sonido ronda el valor de 340 m/s. La distancia a la que se inicia de nuevo el ciclo de variación de la presión se denomina «longitud de onda». Se cumple que el producto de la frecuencia por la longitud de la onda es igual a la velocidad de propagación.

Los sonidos habituales son asociaciones complejas de ondas, por lo que no se puede hablar de una sola frecuencia sino



del espectro de frecuencias del sonido. El oído humano, en término medio, es capaz de detectar sonidos entre 20 y 20000 Hz de frecuencia (frecuencias audibles). Los sonidos de frecuencias inferiores a 20 Hz se denominan «infrasonidos», mientras que aquellos cuya frecuencia es superior a 20000 Hz son los «ultrasonidos».

El sonido como fenómeno físico tiene capacidad para producir cambios físicos en el oído pero, además, sufre un proceso intelectual de interpretación, lo cual va bastante más allá de la detección. La música, un sonido que guarda cierto orden matemático en sus combinaciones de intensidad y frecuencias, puede producir sentimientos diversos y también puede excitar o adormecer.

El ruido es ese sonido que se genera pero no se desea, que normalmente molesta, estorba, interfiere y del que no se obtiene beneficio alguno. Supone además un gasto eliminarlo o reducirlo y puede resultar nocivo. El ruido es pues un residuo respecto al sonido en general.

Las características físicas que describen al ruido se derivan fundamentalmente de las posibles combinaciones de frecuencia e intensidad y aunque en principio pudiera creerse que ruidos de mayor intensidad son menos deseables, debido a que el oído humano no es igualmente sensible a todas las frecuencias, es esa combinación de ambas magnitudes la que le otorga la capacidad de daño o molestia.

De importancia es así mismo el tiempo de duración y la frecuencia con que se produce la exposición al ruido (no se debe confundir esta frecuencia con la mencionada frecuencia de las ondas sonoras). De esta forma se juzga el riesgo de pérdida de audición por exposición al ruido en función de la intensidad y frecuencia del sonido, del tiempo de exposición diario y de los años de exposición.

Sin embargo, la capacidad del ruido para interferir conversaciones, producir molestias, impedir o dificultar la concentración en la tarea o disminuir el rendimiento no parece depender del tiempo de exposición diario o global, pero sí depende de las frecuencias e intensidades e interviene sustancialmente la aleatoriedad de la señal sonora (ruido aleatorio).

### **Sensibilidad del oído humano**

La sensación de sonoridad que produce el sonido no es equivalente a la energía que está involucrada. La ley de Weber-Fechner establece que las sensaciones (S) que experimentamos son proporcionales a los logaritmos de las intensidades (I, energía por unidad de tiempo y superficie) de los estímulos que las provocan, lo que como expresión se escribe:

$$S = k \log I + k'$$

Donde  $k$  y  $k'$  son constantes que sirven para ajustar la escala que se adopte. Si hacemos  $I_0$  el umbral de intensidad (mínima intensidad audible) y  $k=10$ , tenemos una unidad de sensación de sonoridad que se llama decibel:

$$0 = 10 \log I_0 + k' \text{ de donde } k' = -10 \log I_0$$

sustituyendo en la primera ecuación

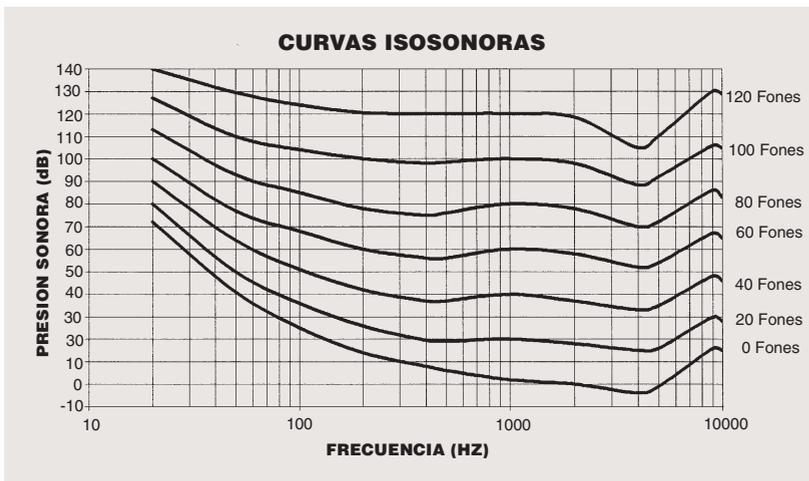
$$S = 10 \log I - 10 \log I_0 = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Se atisba en esa expresión la génesis del decibelio extendido como unidad de medición del sonido.

Pero la sensibilidad del oído humano varía también con la frecuencia y en términos globales se puede afirmar que la mayoría de las personas no detectan sonidos graves, cuya frecuencia es inferior a 20 Hz, ni agudos por encima de 20000 Hz. Además de esta limitación, el oído es poco sensible a frecuencias bajas (entre 20 Hz y 500 Hz) y muy altas (9000 Hz) mientras que tiene un comportamiento neutro a 1000 Hz y es muy sensible a 2000, 4000 y 5000 Hz.

Por ello, el valor que toma la expresión, mostrada con anterioridad, de la sonoridad en función de la intensidad es diferente para cada frecuencia y se utiliza como referencia la frecuencia de 1000 Hz, ya que a esta frecuencia el oído humano tiene un comportamiento neutro.

Leyendo en la curva correspondiente, se observa que para el oído humano la sonoridad de un nivel de 80 dB a la frecuencia de 1000 Hz es la misma que la de 90 dB a 60 Hz o que la de 110 dB a poco más de 20 Hz. Ese valor de sonoridad que siempre es el mismo para una misma curva (curva isosonora) se dice que



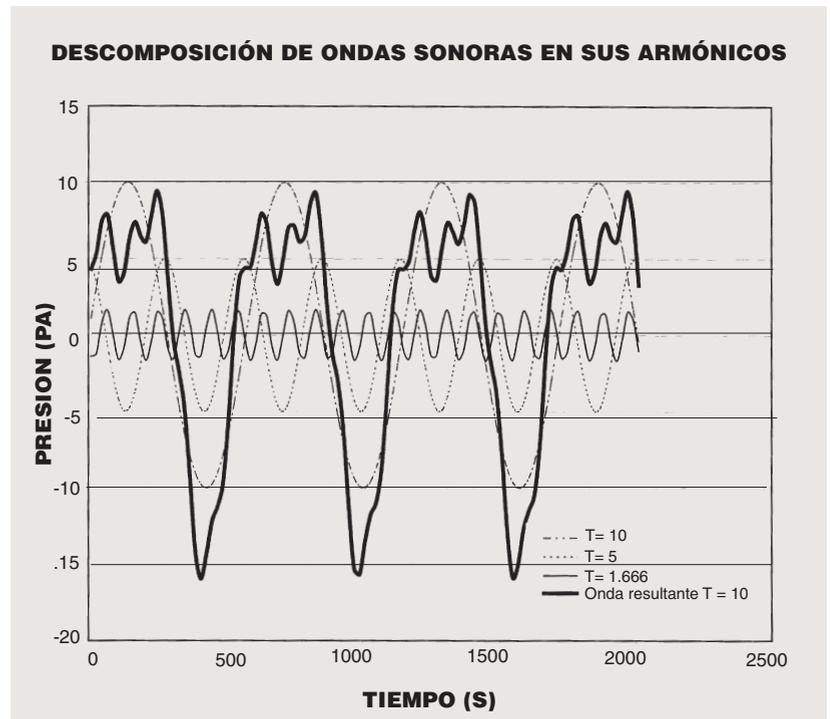
es de 80 fones (se adopta el valor correspondiente a 1000 Hz).

El umbral auditivo, es decir, el cambio de presión mínimo detectable por el oído, varía con los individuos pero se admite como referencia general el valor de 20 micropascales ( $20 \mu \text{ Pa}$  o  $0,00002 \text{ Pa}$ ).

Sirva de comparación de niveles el observar que, mientras el valor de la presión atmosférica es  $P=100 \text{ kPa}$  al nivel del mar, el denominado «umbral de dolor» se sitúa solamente en  $200 \text{ Pa}$  ( $140 \text{ dB}$ ). A partir de ese nivel la audición es prácticamente nula e impera la sensación de dolor.

Al elevar al cuadrado la presión sonora se obtiene la energía involucrada en la transmisión del ruido. Salvo el caso de las ondas sónicas procedentes de explosiones, con cierta capacidad de destrucción, el ruido supone un fenómeno físico de relativamente poca energía y su capacidad física y directa de daño se limita al oído. Pero la detección e interpretación del ruido puede ocasionar otros efectos secundarios derivados fundamentalmente de la afectación del sistema nervioso, pudiendo aumentar la sensación de estrés, la frecuencia cardíaca, disminuir la atención y el rendimiento, etc.

En realidad el oído es capaz de distinguir, en los sonidos, la intensidad (nivel de presión sonora), el tono (frecuencia) y el



timbre. Este último es una característica de los armónicos que lo componen. Los sonidos se pueden representar como la resultante de la suma de diferentes ondas cuyas frecuencias son múltiplos de la fundamental y que se denominan armónicos.

La intensidad y frecuencia de estos armónicos determinan el timbre de un sonido.

La medición de la intensidad del ruido en unidades de presión supone grandes diferencias entre los valores del umbral de audición 20 µPa y del umbral de dolor 100000000 µPa, al utilizar el decibelio se acorta el intervalo de valores.

La presión al cuadrado es dimensionalmente igual a la energía, por lo que el decibelio toma la forma:

$$L = 10 \log_{10} \frac{P^2}{P_0^2} \text{ dB}$$

donde P es el nivel de presión existente y P<sub>0</sub> es la presión correspondiente al umbral auditivo (P<sub>0</sub>=20 µPa). Con esta conversión el nivel de dicho umbral auditivo es de 0 dB y el del umbral de dolor 140 dB.

La pruebas experimentales con seres humanos permitieron en su día la construcción de las curvas de sonoridad que ya se han mostrado en la figura 2 y explican aunque no en su totalidad, el comportamiento del oído. Como la respuesta del oído no es plana, es útil en la práctica realizar las mediciones de ruido de forma que se filtre el sonido tal como ocurre en el oído, esto es, restando importancia a las frecuencias bajas y muy altas y valorando las frecuencias medias y altas a través de coeficientes preestablecidos cuyo conjunto es una escala normalizada de ponderación.

Observando las curvas de sonoridad se entiende que no se puede adaptar la respuesta del oído a una sola escala de ponderación pues varía también según la intensidad del sonido. La escala de ponderación A (el resultado de la medición en este caso se expresa en dB(A)) imita el perfil de sonoridad del oído para frecuencias bajas, mientras que las escalas B y C se adaptan mejor a las frecuencias medias y altas, respectivamente. A pesar de esto en la práctica sólo se ha extendido el uso de la escala A tanto para sonidos graves como para agudos. Existe además una escala «técnica» denominada D para medición específica de polución sonora en aeropuertos y alrededores.

Los sonómetros que se utilizan habitualmente disponen de la escala de ponderación A y en algún caso también de la C, cuya respuesta es prácticamente plana.

---

**La sonoridad y las escalas de ponderación**

## El espectro de frecuencias

Los sonidos que nos rodean y que a veces catalogamos de ruidos son combinaciones complejas de ondas sonoras en las que no se puede hablar de una frecuencia determinada sino de muchas frecuencias. Constituye en este caso una buena marca de identidad el espectro de frecuencias del sonido, que indica numérica o gráficamente (espectrograma) los niveles de presión (dB) que corresponden a cada frecuencia. En realidad la información corresponde a intervalos de frecuencia que se denominan octavas o bandas de octava.

Las octavas se caracterizan por un valor de frecuencia que es su frecuencia central ( $f_c$ ) y cuyo valor se duplica en la siguiente octava. Los valores utilizados habitualmente son 31, 25, 62, 5; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 y 8000 Hz.

---

## Efectos del ruido sobre la salud

De los efectos perjudiciales del ruido destaca y es bien conocida la pérdida de audición irreversible, originada por la exposición continuada a niveles de ruido por encima de 80 dB(A) durante varios años en periodos de 8 horas al día. La prevención de este tipo de lesión se regula en nuestro país a través del Real Decreto 1316/1989.

Parece probado además que el ruido puede dañar el sistema auditivo del feto en aquellos casos en que la madre ha sido expuesta a ruido por encima de 90 dB(A) durante los últimos tres meses de embarazo.

La exposición a ruido disminuye el rendimiento en el trabajo. Pero no se pueden establecer todavía niveles de presión sonora de referencia generalizables.

El ruido a elevados niveles puede interferir en el funcionamiento del sistema cardiovascular y alterar la presión sanguínea. También puede alterar el equilibrio hormonal.

No está suficientemente establecida la relación causa-efecto entre la exposición a ruido y su influencia en el sueño o la fatiga.

Está aceptado que el ruido puede dificultar la capacidad de concentración y por lo tanto puede afectar al desarrollo de según qué tareas. Por otra parte interfiere la comunicación verbal y en términos generales resulta molesto.

Los niveles de molestia y discomfort debidos al ruido son difíciles de cuantificar. En una primera aproximación se podría afirmar que el nivel de presión sonora y la sonoridad del ruido son determinantes. El paso de una motocicleta circulando sin sistema silenciador en el escape de gases resulta molesto al viandante, por el elevado nivel de ruido que supone (por encima de 100 dB(A)), pero también por su súbita aparición en el ambiente. Es pues el incremento del nivel de presión sonora, de forma inesperada, lo que determina a menudo el grado de molestia.

Pero el propietario de la motocicleta no parece molesto con el ruido que él mismo genera, antes bien, lo provoca y le satisface. No son suficientes las características físicas del ruido hasta ahora mencionadas para juzgar su grado de molestia. Tiene que ver con la interpretación subjetiva y el significado del sonido.

Es esa subjetividad, difícilmente cuantificable, la que dificulta la globalización del concepto de molestia y por lo tanto su valoración. Cuando no se conocen ni controlan suficientemente los factores que intervienen en un suceso, se dice que tiene carácter aleatorio y se recurre a la estadística para vaticinar lo que puede ocurrir con más o menos probabilidad.

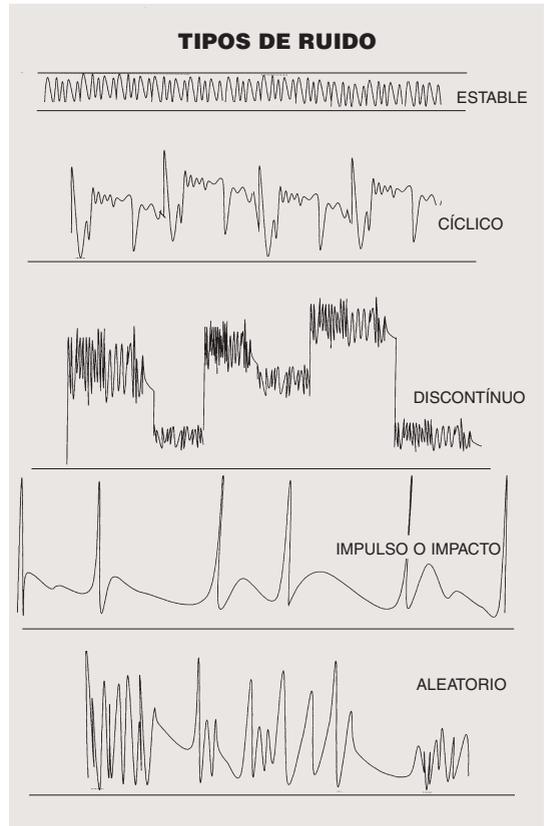
El nivel de presión sonora se mide con un instrumento denominado sonómetro. El micrófono es la parte más importante y característica del sonómetro; su función es recibir las fluctuaciones de presión y convertirlas en una señal eléctrica equivalente que, amplificada y adecuadamente ajustada (calibración), da lugar en el dial a la lectura del nivel de presión sonora en decibelios. Los sonómetros incorporan un filtro (filtro A) que aplica al sonido la escala de ponderación A y permite obtener los resultados en dB(A). Puede disponer de otros filtros para la ponderación (B, C y D) aunque lo normal es que dispongan de la escala A y la C. Además disponen de distintas características de velocidad de lectura denominadas Slow, Fast, Impulse y Peak, según que el tiempo que tarde el sonómetro en «leer» el ruido sea de 1 segundo, 125 milisegundos, 30 milisegundos o 100 microsegundos.

La medición del espectro de frecuencias de un ruido se lleva a cabo mediante la adaptación al sonómetro de un filtro de octavas (o tercios de octava, cada octava se puede dividir así mismo en tres tercios), con lo que se dispondrá de valores de presión sonora para cada banda de octava (o tercio de octava).

Según la variación del nivel de ruido con el tiempo existen diferentes tipos de ruido.

*Ruido estable o continuo:* es el que no varía más de 5 dB (diferencia entre el valor máximo y el mínimo hallado), como el que genera el sistema de aire acondicionado.

### Mediciones de ruido



*Ruido discontinuo*: la diferencia entre el nivel mínimo y el máximo es mayor que 5 dB y se desarrolla en fases. Es característico de la exposición personal a ruido, un tiempo determinado a un nivel, otro tiempo a distinto nivel y el global es la composición de todos teniendo en cuenta el tiempo de duración de cada fase.

*Ruido cíclico*, cuyo perfil se repite cíclica y periódicamente una y otra vez a lo largo del tiempo, como es el caso de maquinaria que trabaja en fases.

*Ruido aleatorio*, de variación totalmente impredecible como ocurre con el ruido de tráfico.

*Ruido impulsivo o de impacto*, como el que generan los golpes, disparos, detonaciones o algunas prensas. Se caracteriza por la corta duración y el elevado nivel.

La medición del ruido depende del tipo de ruido. De esta forma, en el caso de un ruido estable, se puede determinar la media aritmética de varias mediciones puntuales del nivel de presión sonora, realizadas con un sonómetro.

Para la determinación del nivel de ruido cíclico se tiene en cuenta que el nivel promedio del ciclo es igual que el promedio de varios ciclos. Técnicamente al promedio durante un cierto tiempo  $T$  se le denomina nivel equivalente,  $L_{A\text{ eq},T}$ . Midiendo el  $L_{A\text{ eq},T}$  de varios ciclos al azar, la media aritmética de ellos se toma como el nivel de presión sonora medio correspondiente al ruido cíclico.

En general, cuando el ruido es de tipo discontinuo, se promedia midiendo durante un periodo representativo de tiempo y obteniendo el  $L_{A\text{ eq},T}$ . Los sonómetros que miden ese parámetro (obtienen la integral de la función de variación de la presión en el tiempo en un periodo determinado) se denominan sonómetros integradores. Los dosímetros miden la dosis de ruido acumulada durante un cierto tiempo y son de aplicación personal, ligeros y de pequeño tamaño, para que sea transportado sin problemas por el afectado. Actualmente, la diferencia entre sonómetro integrador y dosímetro se difumina pues estos últimos se pueden utilizar como sonómetros.

En la medición de ruido de tipo aleatorio se debe utilizar el nivel equivalente cuando se espera que el nivel medio de ruido pueda superar 80 dB(A) porque así lo establece la legislación española (Real Decreto 1316/1989) para la prevención del daño auditivo. Cuando lo que se pretende juzgar es la posible molestia del ruido (niveles medios inferiores a 80 dB(A)) y éste es de tipo aleatorio, se miden parámetros como el  $L_{90}$ ,  $L_{10}$  u otros percentiles. Como es lógico, con esto se pretende conocer las

características de la exposición en cuanto a la distribución estadística de los niveles, la presencia mayoritaria y la dispersión.

En la tabla se muestran algunos de los parámetros de medición de las condiciones acústicas, símbolo y significado.

SÍMBOLO	DEFINICIÓN	UTILIDAD
$L_{pA}$	Nivel de presión sonora instantáneo ponderado A	Mediciones puntuales. Estimación del nivel equivalente en ruidos estables.
$L_{pC}$	Nivel de presión sonora instantáneo ponderado C	Para determinar características frecuenciales del sonido por comparación con el $L_{pA}$ . Medición puramente física del sonido.
$L_{A\ eq, T}$	Nivel de presión sonora equivalente ponderado A durante el tiempo T	Mediciones del nivel promedio durante un tiempo (T). Evaluación de exposiciones a ruido.
$L_{A\ eq, d}$	Nivel de presión sonora equivalente diario ponderado A	Mediciones del nivel promedio durante una jornada referido a 8 horas. Evaluación de exposiciones a ruido (RD 1316/1989)
$L_{max}$	Nivel de presión sonora máximo	Determinación de fluctuaciones máximas.
$L_{min}$	Nivel de presión sonora mínimo	Determinación de fluctuaciones máximas.
$L_{peak}$	Nivel de presión sonora máximo de característica Peak (pico)	Determinación del valor máximo de pico con la característica peak. Evaluación de exposiciones a ruido (RD 1316/1989)
$L_{10}$	Nivel de presión sonora en dB(A) que se ha superado el 10 % del tiempo	Determinación del máximo nivel de ruido que se ha alcanzado durante el 90% del tiempo de medición. Evaluación de ruido molesto de tipo aleatorio (tráfico, oficinas, etc.).
$L_{90}$	Nivel de presión sonora en dB(A) que se ha superado el 90 % del tiempo	Determinación del mínimo nivel de ruido que se ha alcanzado durante el 90% del tiempo de medición. Evaluación de ruido molesto de tipo aleatorio (tráfico, oficinas, etc.).
$T_{60}$	Tiempo de reverberación medido como la caída de 60 dB Existe también la posibilidad de medir $T_{30}$ y otros tiempos.	Determinación de condiciones acústicas óptimas de locales. Evaluación de ambientes acústicos molestos debidos a la reverberación. Determinación de la absorción acústica de un local.

El tiempo de reverberación de un local es el tiempo que tarda el nivel de presión sonora existente en descender 60 dB de su valor, una vez ha cesado la emisión original. Para su medición se utiliza una instrumentación especializada y se generan sonidos de corta duración (detonación) para cada banda de octava. Los instrumentos, habitualmente incorporados en un sonómetro, revelan el tiempo que tarda el nivel generado por la detonación en descender 60 dB. También suelen suministrar la correspondiente extrapolación a 60 dB del tiempo de descenso de 30 dB, cuando la fuente de generación del sonido carece de potencia y/o el volumen del local es tan grande que no detectaría una caída mayor.

### Criterios de valoración para ambientes laborales ruidosos

La legislación española, a través del Real Decreto 1316/1989 establece los principios para la protección de los trabajadores frente al ruido. Las prescripciones que allí figuran se refieren sólo a la prevención de los efectos auditivos del ruido. Cuando el nivel de ruido sea tal que el nivel equivalente diario supere 80 dB(A), deberá aplicarse la reglamentación indicada. La primera obligación de las empresas al respecto es, pues, medir el nivel de ruido existente y obtener el parámetro  $L_{A\text{ eq, d}}$ . En aquellos puestos de trabajo en los que sea evidente que el promedio de ruido no al-

#### VALORACIÓN DEL RUIDO EN AMBIENTES LABORALES

Nivel sonoro **	Tipo de ruido	Índices de valoración y significado	Medición
$L_{A\text{ eq, d}} > 80 \text{ dB(A)}$ o $L_{\text{peak}} > 140 \text{ dB}$	Se debe prevenir el riesgo de pérdida auditiva, para lo cual se tiene que aplicar el Real Decreto 1316/1989. Se debe medir el $L_{A\text{ eq, d}}$ si no se ha hecho y aplicar las medidas de prevención y protección según el valor de dicho nivel equivalente.		$L_{A\text{ eq, d}}$
$L_{A\text{ eq, d}} \leq 80 \text{ dB(A)}$ y $L_{\text{peak}} \leq 140 \text{ dB(A)}$	En estos casos se supone que el ruido no dañará el aparato auditivo. Se trata entonces de valorar si el ruido puede resultar molesto. Se pueden utilizar diferentes criterios según se trate de:		
	Ruido que dificulta la comunicación a través de la conversación. Ruido estable de fondo fundamentalmente generado por el sistema de aire acondicionado.	PSIL, índice que promedia los niveles de ruido en las principales octavas que aparecen en la voz humana.  Se utiliza también criterio NR (Noise Rating), preferido en Europa al de las curvas de sonoridad denominadas NC o PNC (Noise Criterion o Preferred Noise Criterion).	$L_p$ o $L_{\text{eq}}$ Para 500, 1000 y 2000 Hz  $L_p$ o $L_{\text{eq}}$ Para las octavas de 31,6 a 8000 Hz
	Condiciones acústicas de locales (aislamiento y reverberación)	Valorando fundamentalmente el aislamiento de locales.  Valorando la calidad acústica en función de la adecuada reverberación	$L_{A p}$ o $L_{A\text{ eq}}$  Tiempo de reverberación recomendado para el tipo de actividad del local. Recomendados en la Norma Básica de la Edificación.
	Ruido aleatorio	Se puede utilizar el Índice de ruido en oficinas (IRO), relaciona los niveles de ruido y la dispersión de estos en el tiempo con el porcentaje de insatisfechos (predicción de quejas por discomfort acústico).	$L_{A 10'}$ , $L_{A 90}$

\*\*En este escalón el  $L_{A\text{ eq, d}}$  y el  $L_{\text{peak}}$  se mide o simplemente se estima cuando hay suficiente evidencia para la toma de decisiones.

canzará 80 dB(A) pueden obviarse las mediciones. En general, en el ambiente de trabajo de oficinas, laboratorios o centros hospitalarios no se alcanzan niveles de presión sonora en promedio que hagan pensar en riesgo alguno para la audición. En la siguiente expresión se observa la relación entre el nivel equivalente durante un tiempo T y el nivel equivalente diario:

$$L_{Aeq, d} = L_{Aeq, T} + \log \frac{T}{8}$$

Cuando la diferencia entre dos niveles de ruido se acerca a 10 dB en la composición del nivel global sólo interviene el más alto.

Cuando el nivel equivalente diario no sobrepasa 80 dB(A), la problemática que presenta el ruido no se enmarca en la reglamentación mencionada a pesar de que la sensación de ruido será probablemente notable. No se dispone de información suficiente para delimitar claramente los niveles de ruido que en cada caso son molestos o pudieran producir otros efectos no auditivos. Pero existen ciertos criterios que permiten vaticinar si las condiciones acústicas ambientales y de los locales son en general adecuadas, según el uso y actividad a que serán destinados.

*Capacidad de interferencia conversacional del ruido*

La voz humana posee un registro frecuencial que podríamos limitar entre 125 Hz y 8000 Hz, pero las conversaciones habitualmente oscilan entre 400 y 3000 Hz. Cuando en un local de traba-

<b>VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LA CONVERSACIÓN MEDIANTE EL PSIL</b>		
<b>PSIL (dB)</b>	<b>Distancia máxima para conversación normal con inteligibilidad satisfactoria (metros)</b>	<b>Distancia máxima para conversación elevando mucho la voz, con inteligibilidad satisfactoria (metros)</b>
35	7,5	15
40	4,2	8,4
45	2,3	4,6
50	1,3	2,6
55	0,75	1,5
60	0,42	0,85
65	0,25	0,50
70	0,13	0,26

jo es necesaria la comunicación verbal, el nivel de ruido ambiental puede interferir las conversaciones. La interferencia conversacional se produce cuando el ruido ambiental posee niveles de presión sonora elevados en las octavas en que se desarrolla mayoritariamente la voz humana. La valoración de la molestia que ocasiona el ruido basada en su capacidad de interferencia conversacional se puede llevar a cabo calculando el valor del PSIL, un índice que se obtiene al calcular la media aritmética de los niveles de presión sonora de las octavas de 500 Hz, 1000 Hz y 2000 Hz. En la tabla anterior se indican las distancias máximas entre conversantes para que se conserve la inteligibilidad de la palabra, en conversación normal o elevando la voz.

Por ejemplo, si se desea valorar en una oficina bancaria el ruido molesto proveniente de los difusores cercanos del sistema centralizado de aire acondicionado, por su capacidad de interferencia y enmascaramiento de las conversaciones y la medición de los niveles de presión sonora en bandas de octava, ésta depara el siguiente espectro de frecuencias:

Frecuencia central de la banda de octava (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Nivel de presión sonora, $L_{eq}$ (dB)	88	80	70	60	50	45	40	30

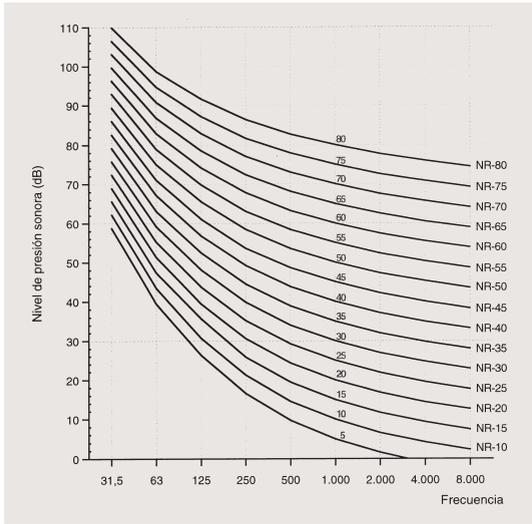
El PSIL calculado será

$$PSIL = \frac{L_{eq}(500) + L_{eq}(1000) + L_{eq}(2000)}{3} = \frac{60 + 50 + 45}{3} = 52 \text{ dB}$$

De este resultado y comparando con los valores orientativos de la tabla III del criterio PSIL se deduce que la distancia máxima entre, por ejemplo, el empleado y el público está entre 0,75 m y 1,3 m para una buena comunicación oral a través de la conversación, que lógicamente, en estas circunstancias, debe desarrollarse sin elevar la voz.

La distancia entre ambos asientos (poco más que el ancho de la mesa estándar que les separa) puede estar entre 1,2 y 1,3 metros.

En conclusión y por lo que se refiere a la posible interferencia conversacional y el disconfort y molestia que ello supone, el nivel de ruido generado por el sistema de aire acondicionado está en el límite de lo recomendado por el criterio PSIL. Obsérvese en el espectro de frecuencias que los niveles de presión sonora a frecuencias bajas es muy elevado pero no intervienen en el cómputo del PSIL. Dependiendo de factores como el regis-



Local-actividad	Intervalo de curvas NR aceptable
Oficinas	50-55
Gimnasios, salas de deportes	40-50
Restaurantes, bares, cafeterías	35-45
Despachos, bibliotecas	30-40
Hospitales, salas pequeñas de conferencias	25-35
Aulas, salas grandes de conferencias	20-30

tro individual de los conversantes o su umbral de audición, éstos deberán forzar ligeramente la voz.

En Europa se utiliza el Noise Rating (NR) pensado así mismo para valorar la capacidad del sonido para interferir la comunicación oral. El NR es un índice similar al conocido Noise Criterium (NC) de mayor utilización en EEUU.

Ambos criterios se presentan gráficamente con una familia de curvas con valores de presión sonora para cada banda de octava denominadas cada una de ellas como se hiciera en las curvas de sonoridad, mediante el valor en dB que corresponde a la octava de 1000 Hz

*Norma Básica de la Edificación (NBE-CA-82). Niveles de presión sonora recomendados.*

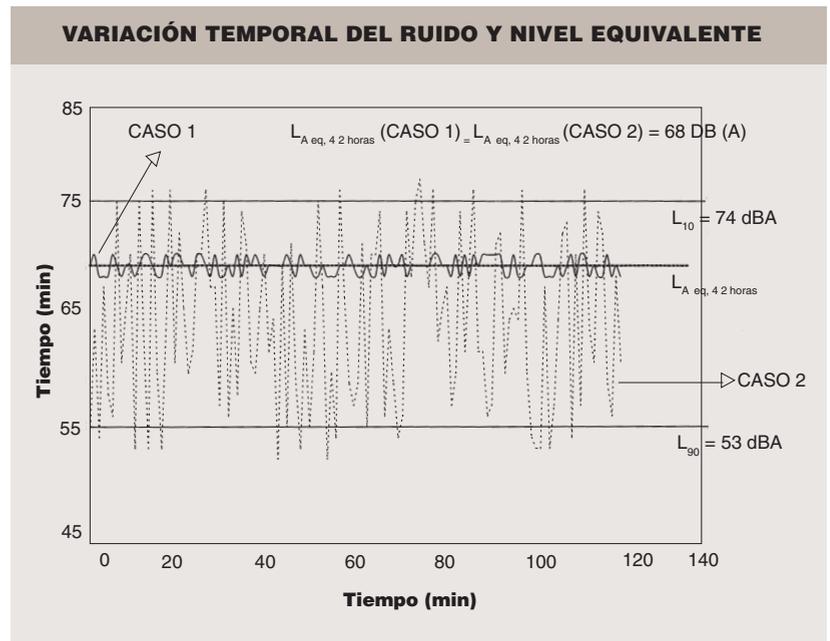
La Norma Básica de la Edificación (NBE-CA-82) establece valores de presión sonora recomendados para diferentes tipos de local según la actividad a la que se destina. La recomendación tiene en principio un destino arquitectónico y de acústica de edificios, refiriéndose fundamentalmente al aislamiento de los locales respecto al ruido exterior. En la tabla se presentan los niveles recomendados. El parámetro de valoración y por tanto el que debe medirse es el nivel equivalente ponderado A  $L_{A,eq,T}$ , siendo el tiempo de referencia el periodo que va de las 8 horas a las 22 horas.

Edificio-Actividad	Local-Actividad	$L_{A,eq,d}$ (dB(A))
Administrativo	Zonas comunes	50
	Despacho	40
	Oficinas	45
Sanitario	Zonas de estancia	45
	Dormitorios	30
	Zonas Comunes	50
Docente	Aulas	40
	Salas de lectura	35
	Zonas Comunes	50

### Ruido aleatorio

El nivel de presión sonora equivalente ponderado A ( $L_{A\text{eq}}$ ) sólo da información de la energía involucrada en el fenómeno acústico durante un cierto tiempo, pero no aporta datos respecto a su variabilidad en el tiempo. La ponderación A tampoco da información precisa sobre los niveles de presión sonora en cada octava. Cuando el ruido es aleatorio, es conveniente que la medición informe de la variación de nivel de ruido en el tiempo. Dado que el fenómeno es de origen aleatorio se puede emplear la estadística como se propone a continuación.

Obsérvese la siguiente figura que muestra dos exposiciones a ruido de 4 horas en las que el  $L_{A\text{eq},4}$  tiene el mismo valor; en el caso 1 se trata de una oficina donde el nivel de presión sonora es estable y oscila durante 2 horas de trabajo entre 67 dB(A) y 69 dB(A). Por medición se obtiene un valor  $L_{A\text{eq},2} = 68$  dB(A).



En el caso 2, una oficina con mayor ocupación y circulación de público, conversaciones a distancia, teléfonos, impresoras y ruido de tráfico proveniente del exterior, el valor del nivel equivalente ponderado A, durante el mismo tiempo, es el mismo  $L_{A\text{eq},2} = 68$  dB(A). En este último caso el ruido es aleatorio y la molestia manifestada por los empleados, aparentemente, es mucho mayor. Los altos niveles de presión sonora que se alcanzan de forma inesperada, al ser de corta duración, computan poco en el valor medio, pero aportan gran incomodidad.

Ambos ambientes, que en cuanto a daño auditivo tendrían la misma valoración, son incomparables desde el punto de vista de confort acústico.

Cuando el ruido es aleatorio se deberá basar la valoración en la medición de la distribución estadística de los niveles de presión sonora en el tiempo ( $L_{10}$  y  $L_{90}$ ). Ya que dos situaciones con el mismo valor medio dan lugar a sensaciones tan diferentes, se trata de valorar la dispersión de los valores de los niveles de ruido además de la magnitud del propio valor.

En el caso 2 mencionado y observando la figura de la página anterior, la interpretación es la siguiente:

- El nivel  $L_{10} = 74$  dB(A). La interpretación es que durante el 10% del tiempo de medición, el nivel de ruido ha sido superior a 74 dB(A) .
- El nivel  $L_{90} = 53$  dB(A). La interpretación es que durante el 90% del tiempo de medición, el nivel de ruido ha sido superior a 53 dB(A) .

En términos globales cuanto mayor es la diferencia entre  $L_{10}$  y  $L_{90}$  y más alto es el valor de  $L_{90}$ , más intensa es la sensación de molestia que provoca el ruido.

PORCENTAJE DE INSATISFECHOS POR EL AMBIENTE RUIDOSO									
$L_{10}$ dB(A)	$(L_{10}-L_{90})$ dB(A)								
	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>55</b>	14	17	20	22	25	28	31	34	37
<b>56</b>	16	19	22	24	27	30	33	36	39
<b>57</b>	18	21	23	26	29	32	35	38	40
<b>58</b>	20	23	25	28	31	34	37	40	42
<b>59</b>	22	25	27	30	33	36	39	42	44
<b>60</b>	24	27	29	32	35	38	41	44	46
<b>61</b>	26	29	31	34	37	40	43	46	48
<b>62</b>	28	30	33	36	39	42	45	47	50
<b>63</b>	30	32	35	38	41	44	47	49	52
<b>64</b>	32	34	37	40	43	46	49	51	54
<b>65</b>	34	36	39	42	45	48	51	53	56

Basándose en este hecho se valora el ruido aleatorio mediante índices que operan con los parámetros  $L_N$ . Así por ejemplo de utilidad en ruido urbano es el Nivel de contaminación sonora ( $L_{Np}$ ) que se corresponde con el  $L_{Aeq}$  penalizado aritméticamente con la diferencia ( $L_{10} - L_{90}$ ).

En ambientes laborales, se puede emplear el Índice de Ruido en Oficinas (IRO), basado en estudios en oficinas y en criterios como los mencionados. Su expresión matemática es:

$$IRO = L_{90} + 2,4 (L_{10} - L_{90}) - 14$$

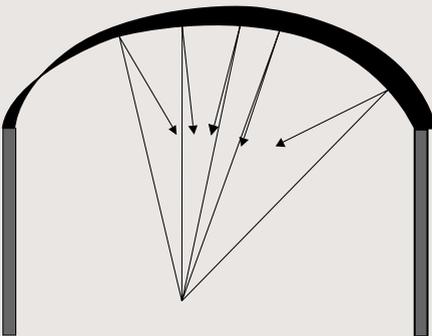
La valoración del ruido de carácter aleatorio a través de este índice se realiza con la ayuda de la tabla de la página anterior que relaciona el IRO (o sus componentes) con el porcentaje de insatisfechos esperable.

De la observación de la tabla se desprende que la variabilidad aleatoria ( $L_{10} - L_{90}$ ) del nivel de ruido pesa más como factor de disconfort que la propia magnitud del ruido. Obsérvese, por ejemplo, que este criterio valora como igualmente molesto un ambiente donde el ruido oscila entre 41 dB(A) y 56 dB(A) que otro en el que varíe entre 55 dB(A) y 65 dB(A) (sombreados en la tabla).

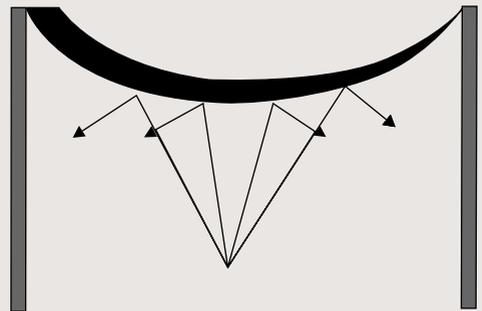
#### *Locales reverberantes*

Los materiales de construcción poseen diferentes propiedades acústicas que se resumen en su capacidad para el aislamiento y la absorción. El aislamiento es la propiedad que dificulta el paso de sonido a través del material. La absorción es su capacidad para retener la energía sonora y dificultar su reflexión. Cuando una fuente sonora situada en un local cesa de emitir, el sonido no desaparece súbitamente sino que decae gradualmente. El gradiente de caída depende de la cantidad y situación del

#### **CONCENTRACIÓN DEL SONIDO POR REFLEXIÓN EN TECHOS CONCAVOS**



#### **DIVERGENCIA DEL SONIDO POR REFLEXIÓN EN TECHOS CONVEXOS**



material absorbente en el local. Esa persistencia del sonido en el ambiente se denomina «reverberación» y su magnitud se conoce a través del tiempo que tarda el sonido en decaer 60 dB de presión sonora. A ese tiempo se le llama «tiempo de reverberación» y es un parámetro que debe intervenir en el diseño arquitectónico cuando la transmisión e inteligibilidad del sonido es importante.

Es recomendable que el tiempo de reverberación (TR) adopte un valor acorde con la actividad que se realiza en el local. La NBE-CA-82 propone valores del TR según las actividades tal como se muestra en la siguiente tabla.

Actividad del edificio	Destino del local	Tiempo de reverberación (s)
Residencial	zonas de estancia	$\leq 1$
	dormitorios	$\leq 1$
	servicios	$\leq 1$
Administrativo	zonas comunes	$\leq 1,5$
	despachos	$\leq 1$
	oficinas	$\leq 1$
	zonas comunes	$\leq 1,5$
Sanitario	zonas de estancia	$0,8 \leq TR \leq 1,5$
	dormitorios	$\leq 1$
	zonas comunes	$1,5 \leq TR \leq 2$
Docente	aulas	$0,8 \leq TR \leq 1,5$
	salas de lectura	$0,8 \leq TR \leq 1,5$
	zonas comunes	$1,5 \leq TR \leq 2$

Cuando el tiempo de reverberación es muy pequeño (los materiales son muy absorbentes), la presión sonora en un punto es debida sobre todo a la transmisión directa y el sonido no persiste en el ambiente. Cuando la capacidad de absorción de los materiales es pequeña, el sonido persiste y el tiempo de reverberación es grande. Paradójicamente la comunicación oral resulta perjudicada en ambos casos.

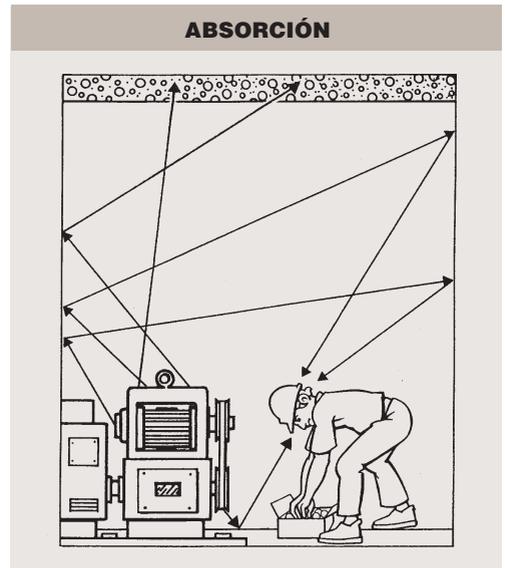
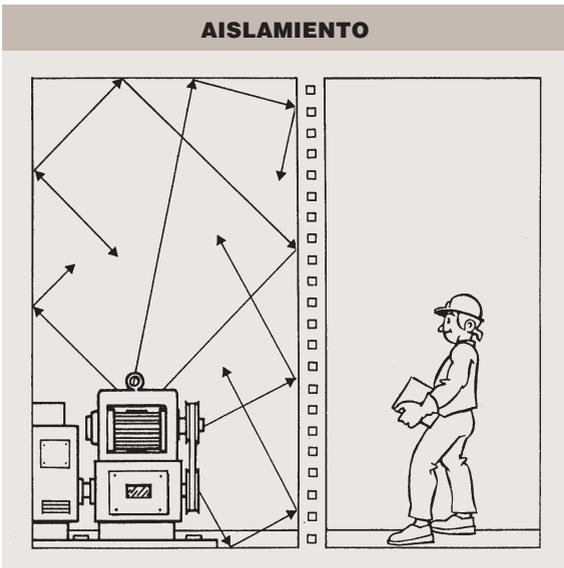
Cuando en un local los materiales son poco absorbentes, el ruido que se genera se refleja provocando en un punto determinado un aumento del nivel de presión sonora, siendo el resultante mayor del que le correspondería si le llegase el sonido sólo por transmisión directa desde la fuente sonora.

Además de aumentar el nivel de presión sonora, las reflexiones sucesivas del sonido enmascaran la información que el propio sonido conlleva así como su origen y demás características, proporcionando una desagradable sensación, más allá del nivel de ruido.

### Reducción de los niveles de ruido

La aplicación práctica de los sistemas de reducción de niveles de ruido, sea aislamiento acústico, absorción o control de transmisión de vibraciones en las estructuras del edificio, no es sencillo y a menudo los resultados se alejan de lo esperado, por lo que es normal que se recurra a profesionales de empresas especializadas, que combinen adecuadamente la teoría y la experiencia práctica. Se presentan, no obstante, a continuación los conceptos básicos de lo que se refiere a la reducción del ruido.

El nivel de ruido en un local puede ser debido a fuentes sonoras que se hallan dentro del propio local o fuera de él. En cualquier caso el nivel de ruido existente dentro del mismo es debido por una parte a la energía sonora que se transmite directamente desde la fuente y por otra a la confluencia de reflexiones de las ondas sonoras en las superficies del local (suelo, techo, paredes, etc.) Esta parte del sonido reflejada se puede reducir a través de la absorción. Si el sonido proviene del exterior del local, además se debe proveer de aislamiento a los paramentos de separación entre el local y el lugar de donde proviene el sonido. Alrededor de ambos fenómenos (absorción y aislamiento) se desarrollan la mayoría de los principios técnicos del control del ruido.



*Absorción*

La capacidad de absorción de un material viene dada por el producto entre la superficie del mismo (S) y el coeficiente de absorción ( $\alpha$ ), característica física de los materiales. En la siguiente tabla se muestran los valores de  $\alpha$  para diferentes tipos de material.

Material	FRECUENCIA CENTRAL DE LA BANDA DE OCTAVA					
	125	250	500	1000	2000	4000
Aire	-	-	-	0,003	0,007	0,02
Algunos paneles acústicos	0,15	0,3	0,75	0,85	0,75	0,4
Enlucido yeso	0,12	0,09	0,07	0,05	0,05	0,04
Terrazo	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Parket	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Moqueta de 4mm	0,02	0,03	0,06	0,15	0,23	0,47
Mármol	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Vidrio en ventana	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
Ventana abierta	1	1	1	1	1	1
Cortinas (diferente densidad)	0,03-0,07	0,04-0,31	0,11-0,49	0,17-0,75	0,24-0,70	0,35-0,60
Fibra de vidrio (25 mm)	0,08	0,25	0,65	0,85	0,80	0,75
Bloques de hormigón pintados	0,01	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08
Bloques de hormigón sin pintar	0,36	0,44	0,31	0,29	0,39	0,25

La composición del material desde su superficie, la porosidad y la discontinuidad del mismo influyen en su coeficiente de absorción. La absorción acústica de un local se define como la suma de todas las superficies de diferentes materiales por su coeficiente de absorción y existe una relación matemática (Sabine) que relaciona el tiempo de reverberación del local (para una frecuencia determinada) con la superficie de absorción acústica de un local de volumen V:

$$TR = 0,163 \cdot \frac{V}{A}$$

El aumento de la absorción acústica mediante la selección de materiales adecuados influye en el ambiente sonoro reduciendo el nivel de presión sonora. En determinadas condiciones de

sonoridad, cuando el nivel ruido es debido fundamentalmente al sonido reflejado sucesivamente en las superficies, el nivel de presión sonora que se puede esperar al aumentar la absorción se deduce de la expresión:

$$L_{p2} = L_{p1} - 10 \log \frac{A_2}{A_1}$$

#### *Aislamiento acústico*

La otra propiedad acústica de los materiales es el aislamiento. El aislamiento es la disminución del nivel sonoro que se aprecia cuando un sonido atraviesa un material. Depende del propio material, de su forma y de la frecuencia del sonido. Cuando el ruido proviene del exterior del local de trabajo o se desea encerrar una fuente sonora, se recurre (además de al aumento de la superficie de absorción) a la utilización de materiales aislantes. El aislamiento específico de un material de construcción es la diferencia de niveles sonoros a ambos lados del elemento. Depende de la frecuencia del sonido y de la densidad superficial del material (masa por unidad de superficie). La ley de la masa establece esas relaciones:

$$a = 20 \log (m \cdot f) - 47 \text{ dB}$$

donde:  $a$  es el aislamiento específico del material en cuestión,  $m$  su masa por unidad de superficie y  $f$  la frecuencia del sonido.

Como la masa superficial es mayor cuanto mayor es el espesor de un panel, podríamos creer que también el aislamiento es mayor cuanto más grueso es el aislante. Lo cierto es que no siempre es así. Debido al comportamiento de las ondas sonoras al recorrer el material aislante, existe una determinada frecuencia (frecuencia de coincidencia) por encima de la cual el aislamiento real es muy inferior al calculado. La frecuencia de coincidencia es una constante de los materiales cuyo valor se suministra y disminuye con el espesor. Por eso, en la práctica se busca que la frecuencia de coincidencia del material aislante sea superior a la frecuencia más alta del sonido existente. Cumpliendo este requisito se busca después el mayor espesor posible.

#### *Ruido proveniente de los sistemas de aire acondicionado*

Los sistemas de aire acondicionado son a menudo causantes de ruido por varios motivos. El ruido se transmite con gran facilidad y a grandes distancias a través de los conductos de aire acondicionado y puede ser generado por el giro del ventilador o el motor del ventilador del sistema o por vibración inicial de partes del sistema que se convierte después en ruido aéreo. Por otra parte el aire produce así mismo ruido al circular por conduc-

tos (ruido aerodinámico) y atravesar rejillas o introducirse entre las aletas de los difusores de impulsión. Para reducir los niveles de ruido que provienen del funcionamiento del sistema de aire acondicionado se actúa sobre las diferentes causas. Se aísla la maquinaria de la estructura del edificio mediante soportes antivibratorios. Se instalan también tramos cortos de tubo elástico y flexible insertado entre la maquinaria y los conductos.

El sonido transmitido por el interior de los conductos se puede absorber forrando el interior de estos con material absorbente (es efectivo forrar el interior de los codos). El material debe poseer un alto coeficiente de absorción y un tipo de superficie lisa que limite el rozamiento.

Se deben procurar cambios graduales en la sección de los conductos y la inserción de álabes en el interior de los conductos para evitar turbulencias, así como el diseño suavizado de codos de cambio de dirección. Se puede variar también la forma y el tamaño de los difusores de salida de aire.

## VIBRACIONES

La vibración se define como el movimiento oscilante que realiza una partícula alrededor de un punto fijo. Este movimiento puede ser regular en dirección, frecuencia y/o intensidad, bien sea continua o cíclicamente, o aleatorio, que es lo habitual.

Las vibraciones se transmiten desde su origen a los elementos que están en contacto directo. La vibración originada por el movimiento del motor de un vehículo se transmite a través del chasis y los asientos hasta los ocupantes. Se trata en este caso de exposición a vibraciones del cuerpo entero. Así mismo a través de la estructura y el eje del volante se transmiten a las manos y brazos del conductor. Esta última es exposición de manos y brazos. Son éstas las dos formas de valorar la exposición a vibraciones y se puede definir de la siguiente forma<sup>1</sup>:

Vibración transmitida al sistema mano-brazo, es la vibración mecánica que cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular problemas vasculares de huesos o de articulaciones, nerviosos o musculares.

Vibración transmitida al cuerpo entero es la vibración mecá-

---

(1) Directiva 2002/44CE de 25 de junio de 2002 sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos vibraciones

nica que cuando se transmite a todo el cuerpo conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular lumbalgias y lesiones de la columna vertebral.

Una vibración se identifica, como el sonido, mediante su intensidad y su frecuencia. La intensidad de la vibración se cuantifica conociendo el valor de una de tres posibles magnitudes:

La aceleración (se expresa en  $m/s^2$ ).

La velocidad (se expresa en  $m/s$ ).

El desplazamiento (se expresa en  $m$ ).

Los efectos perjudiciales de una vibración están en función de la energía por ella cedida al organismo y de la parte del cuerpo afectada. Los materiales que componen los diferentes órganos y tejidos del cuerpo vibran a determinadas frecuencias de forma que, cuando se exponen a una vibración de frecuencia coincidente, la cesión de energía es mayor que cuando esta coincidencia no ocurre. Este fenómeno se denomina «resonancia».

Una de las partes del cuerpo humano más importante en el estudio de las vibraciones es el sistema formado por tórax y abdomen, debido al efecto resonante que se produce a frecuencias entre 3 y 6 Hz.

Las vibraciones de frecuencias muy bajas (entre 0,1 y 0,63 Hz) conducen a efectos diversos sobre el organismo cuyo conjunto se denomina mal del transporte. Este tipo de efectos con síntomas de mareo, náuseas, vómitos e incapacidad temporal son frecuentes en individuos que viajan ocasionalmente.

Por otra parte, el cuerpo humano atenúa la intensidad de las vibraciones según la frecuencia de manera que, por ejemplo, la cabeza de un individuo que está en posición de pie sobre una plataforma vibrante recibe aproximadamente 30 dB menos que los pies, donde se encuentra el foco de la vibración.

Si se trata de una persona que empuña una herramienta que vibra, la atenuación que ofrece el cuerpo desde la mano a la cabeza es del orden de 40 dB. Estos datos son válidos para vibraciones de 50 Hz de frecuencia, por debajo de este valor la atenuación es menor, debido seguramente al hecho de que las frecuencias de resonancia de la mayoría de las partes del cuerpo humano se hallan por debajo de 50 Hz.

Por los motivos explicados, y aunque faltan estudios consistentes al respecto, los límites de exposición propuestos para exposiciones globales del cuerpo se refieren a valores de intensidad entre 1 y 80 Hz de frecuencia (ISO 2631).

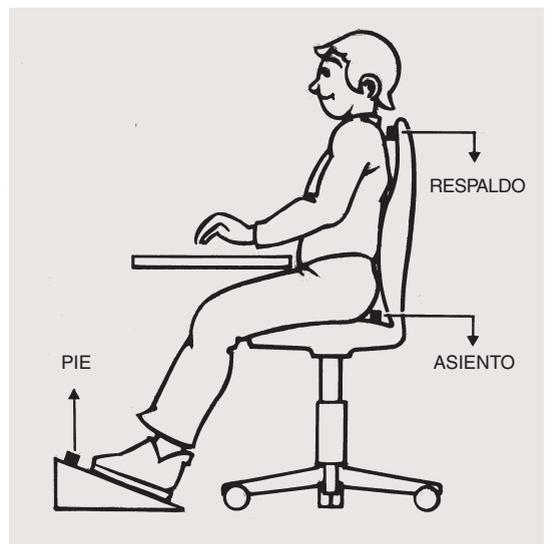
Respecto a efectos nocivos en el sistema mano-brazo (ISO 5349), se contempla el intervalo de frecuencias que va de 8 a 1.500 Hz, siendo las frecuencias más problemáticas las que se

encuentran entre 8 y 20 Hz. Los criterios de valoración para evaluar efectos de las vibraciones en el sistema mano-brazo están pensados para prevenir efectos de tipo vascular periférico con aparición de entumecimientos en lo que se denomina síndrome de la «mano muerta», «dedo blanco» o síndrome de Raynaud.

En definitiva la importancia de la exposición a vibraciones se determina conociendo la intensidad (habitualmente expresada como aceleración) y la frecuencia en tercios de octava.

La acción de las vibraciones sobre el organismo depende de la frecuencia. Es pues necesario conocer el espectro de frecuencias o utilizar un tipo de instrumentación de medida que pondere el valor de la aceleración teniendo en cuenta las frecuencias centrales de las bandas de tercio de octava (la tercera parte de una octava). La forma de la ponderación, es decir, los coeficientes de ponderación están normalizados para cada una de las frecuencias mencionadas.

A semejanza del sonido donde los sonómetros permiten medir la intensidad (presión sonora) con una sensibilidad parecida a la del oído humano (escala A de ponderación), se fabrican vibrómetros con filtros de ponderación, capaces de medir la aceleración de una vibración compleja con coeficientes normalizados de ponderación. De esta forma se da más valor a la aceleración en aquellas frecuencias más perjudiciales. Cuando no se dispone de instrumental con filtros adecuados, se debe realizar la medición de la aceleración en cada frecuencia central de las bandas de tercio de octava y establecer el valor ponderado mediante introducción manual de los coeficientes de ponderación publicados en las correspondientes Normas ISO.



El acelerómetro es un mecanismo de tamaño similar a un micrófono que debe colocarse en contacto con la superficie que vibra (asiento, pavimento, mango de herramienta, etc.). En concreto el acelerómetro debe colocarse entre el cuerpo y la fuente de vibración donde se apoya. Así, cuando la posición es de pie, el acelerómetro debe colocarse en la superficie que soporta el pie la mayor parte del tiempo. Para exposiciones en posición sentado se tienen en cuenta el asiento, el respaldo y los pies. En el respaldo se debe buscar la zona de máximo apoyo del cuerpo. En el asiento el transductor debe situarse entre la superficie del asiento y la zona isquial. Para posición tumbado, los puntos de medición deben ser: cabeza, espalda y pelvis.

Cuando se trata de vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, el puño cerrado que sujeta la herramienta vibrátil debe contener el acelerómetro, que dispone de un arnés de sujeción para tal fin.

Cuando el organismo se expone a vibraciones, las partículas que lo constituyen vibran en movimiento oscilatorio orientado en diferentes direcciones. Debido a que el riesgo generado por las vibraciones varía según la dirección de éstas, se definen tres ejes que, de forma imaginaria, orientan el cuerpo humano o el sistema mano-brazo, en el espacio tridimensional. Los acelerómetros deben medir las componentes de la aceleración correspondientes a cada eje ortogonal.

De esta forma, las aceleraciones se valoran y por lo tanto se miden en la dirección del eje Z y en la dirección de los ejes X e Y .

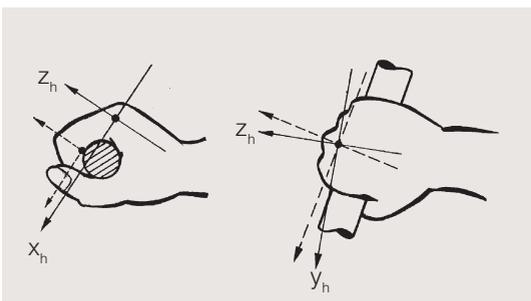
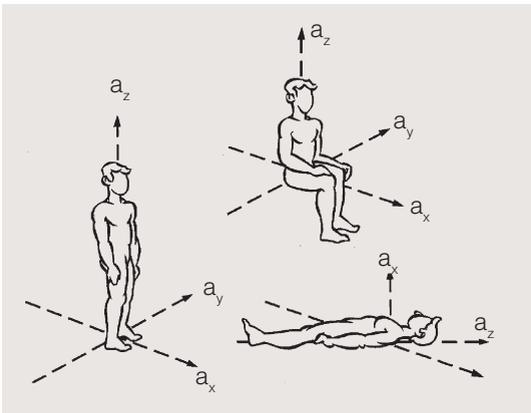
La UE establece valores límite de aceleración para la exposición a vibraciones, tanto en el caso de cuerpo completo como en el del sistema mano-brazo.

Para la medición y posterior valoración por comparación con valores límite, se utilizan diversos parámetros que cuantifican con diferente nivel de información la vibración existente.

El valor de la aceleración ponderada en frecuencia se obtiene de la expresión:

$$a_w = \sqrt{\sum_i (a_i \times f_i)}$$

donde  $a_w$  es la aceleración ponderada en frecuencia y  $a_i$  es la aceleración correspon-



<b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN PARA 8 HORAS/DÍA SEGÚN LA DIRECTIVA 2002/44/CE</b>			
<b>TIPO DE VIBRACIÓN</b>		<b>Valor límite de exposición</b>	<b>Valor límite de exposición que da lugar a una acción</b>
Vibración transmitida al sistema mano-brazo	$a_{w,8}$	5 m/s <sup>2</sup>	2,5 m/s <sup>2</sup>
Vibración transmitida al cuerpo entero	$a_{w,8}$	1,15 m/s <sup>2</sup>	0,5 m/s <sup>2</sup>
	VDV	21 m/s <sup>1,75</sup>	9,1 m/s <sup>1,75</sup>

diente a la frecuencia central (i) de tercio de octava, mientras que fi es el factor de ponderación que le corresponde a la frecuencia i, cuyos valores para cuerpo completo y mano brazo se muestran respecto a los tres ejes ortogonales en las tablas adjuntas y las figuras de la página siguiente.

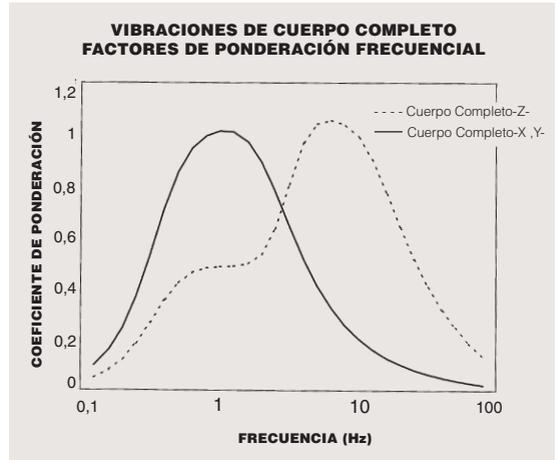
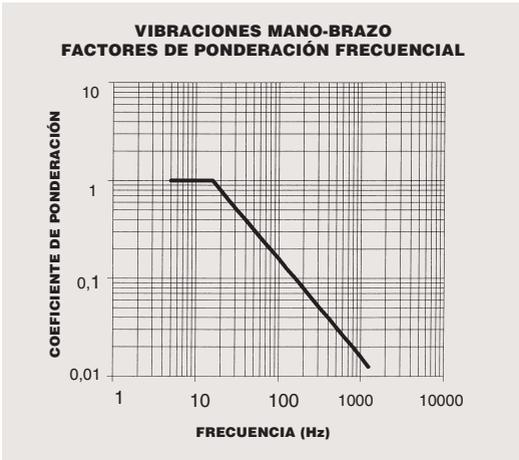
Para tener en cuenta además el tiempo de exposición a las vibraciones se utiliza la aceleración ponderada en el tiempo y referida a 8 horas. Este valor del que existe uno por eje ortogonal de dirección es directamente comparable con los valores límite, pues lleva implícita la ponderación en frecuencia y en el tiempo,

$$a_{w8} = a_{wT} \cdot \frac{T}{8}$$

Sin alcanzar los valores límite propuestos para evitar daños en la salud, las vibraciones ocasionan molestia y discomfort. Aunque a menudo la molestia se manifiesta ya a nivel de percepción, la Norma ISO 2631 propone unos valores de referencia para el confort que se muestran en la tabla de la página siguiente. Valores de referencia para el confort en exposiciones de cuerpo completo. La medidas preventivas frente a vibraciones pueden clasificarse de la siguiente forma

1. Actuación administrativa.
2. Actuación técnica sobre el foco y sobre el medio.

<b>TIEMPOS DE EXPOSICIÓN MÁXIMOS</b>		
	<b>Cuerpo entero</b>	<b>Mano brazo</b>
T (horas)	$Q_w$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_w$ (m/s <sup>2</sup> )
1	0,41	14,1
1,5	0,60	11,5
2	0,58	10,0
2,5	0,64	8,9
3	0,70	8,2
3,5	0,76	7,6
4	0,81	7,1
4,5	0,86	6,7
5	0,91	6,3
5,5	0,95	6,0
6	1	5,8
6,5	1,04	5,5
7	1,08	5,3
7,5	1,11	5,2
8	1,15	5,0



### 3. Actuación sobre el receptor.

La actuación administrativa, basada principalmente en la organización del trabajo, debe contemplar, cuando sea necesario, la disminución del tiempo de exposición, la rotación de puestos de trabajo, el establecimiento de pausas durante la jornada o la adecuación de las tareas a las diferentes susceptibilidades individuales.

La actuación técnica se basa en minimizar la intensidad de las vibraciones antes de que se transmitan al individuo.

Las medidas que se deben adoptar en el foco y en el medio pasan por un mantenimiento preventivo de la maquinaria o de la instalación. El desgaste, las holguras, el envejecimiento, en definitiva, de los materiales son causas de la existencia de vibraciones.

Otra forma de intervención es la desintonización de las vibraciones, variando la masa o la rigidez de los materiales que vibran. De esta forma, se modifica la frecuencia de resonancia, eliminando o disminuyendo el efecto amplificador que se ejerce sobre la intensidad de las vibraciones a esa frecuencia.

También se puede conseguir la disminución de la intensidad, interponiendo materiales aislantes o absorbentes entre el foco y el medio por donde se transmiten las vibraciones.

Así, por ejemplo, las vibraciones existentes en un vehículo de transporte o limpieza que afectan al conductor se atenúan mediante una suspensión adecuada, tanto de la cabina del vehículo como del asiento.

<b>Valores de referencia para el confort en exposiciones de cuerpo completo</b>	
<b>Aceleración (m/s<sup>2</sup>)</b>	<b>Sensación mayoritaria</b>
$a_w < 0,315$	No incomfortable
$0,315 \div 0,63$	Un poco incomfortable
$0,5 \div 1$	Bastante incomfortable
$0,8 \div 1,6$	Incomfortable
$1,25 \div 2,5$	Muy incomfortable
$> 2$	Extremadamente incomfortable

Debido a que las vibraciones suelen ir acompañadas de ruido aéreo, la disminución de la intensidad de las vibraciones se traduce en una disminución del nivel de presión sonora ambiental.

Es importante el diseño ergonómico de las herramientas no sólo para conseguir mayor comodidad en el manejo y facilitar la correcta postura del cuerpo al trabajar sino por el aislamiento o la amortiguación que presenta frente a las vibraciones.

La actuación sobre el receptor debe contemplar varios aspectos. Por una parte, la formación e información sobre los efectos de las vibraciones y sobre las medidas preventivas, cuya implantación o uso le conciernan.

Por otra parte, la utilización de equipos de protección individual es otra forma de actuar directamente sobre el individuo. Debe recurrirse a ellos cuando otras soluciones preventivas no son posibles o suficientes.

Los guantes y las botas o zapatos son prendas que pueden disminuir la intensidad de las vibraciones. En general, no evitan totalmente la transmisión de las mismas y conviene comprobar su eficacia antes de su adquisición.

En el caso de que las vibraciones alcancen niveles de aceleración elevados, es necesario proceder a la vigilancia de la salud mediante reconocimientos médicos previos y periódicos a las personas expuestas.



# Calidad del aire en los espacios interiores

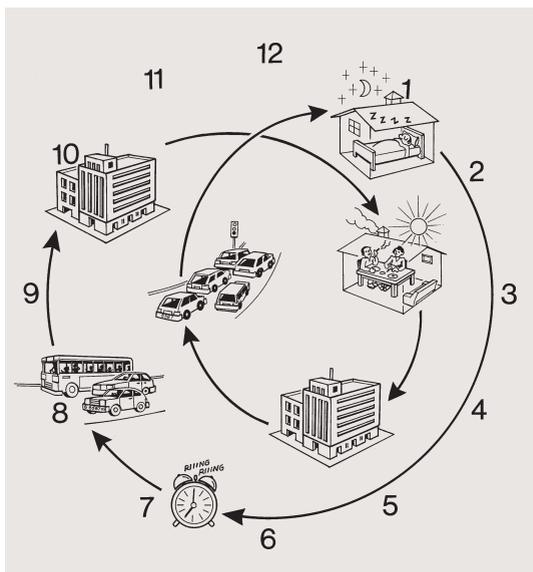
# 8

Las personas urbanas suelen pasar entre el 80 y el 90% de su tiempo en espacios interiores realizando actividades de tipo sedentario, tanto durante el trabajo como durante el tiempo dedicado al ocio.

Frente a este hecho, se ha querido crear, en estos espacios interiores, unas condiciones ambientales más confortables y homogéneas que las cambiantes condiciones climáticas que se dan en el exterior. Para conseguirlo, hay que climatizar el aire de estos espacios, calentándolo en la estación fría y refrigerándolo durante la cálida.

Ahora bien, para que esta climatización resulte eficaz y rentable, es preciso controlar la entrada de aire del exterior que presenta características térmicas contrarias a las que se desea obtener. Este hecho conduce a una creciente hermeticidad de los edificios y a un mayor control de la cantidad del aire de ventilación (aire exterior utilizado como renovador de las atmósferas interiores más viciadas).

En la década de los años 70 ocurre la primera crisis del petróleo, muchos países desarrollaron e implantaron estrictas políticas de ahorro energético. Uno de los aspectos al que afectó esta política fue la climatización en el sentido de reducir la energía aplicada para modificar el clima interior. Partiendo de esa base, los edificios se construyeron más herméticos, se redujo y, en algunos casos, se anuló la



entrada de aire de ventilación o renovación, reciclando una y otra vez el aire interior.

Todo ello supuso una disminución del coste de climatización, pero a su vez implicó un aumento de la concentración de los contaminantes que se podían generar en el interior de los edificios, contaminación que en muchas ocasiones se produce por los propios materiales empleados para lograr la estanqueidad del edificio y por los nuevos materiales sintéticos empleados en la decoración de los mismos.

Es en ese marco en el que se empieza a detectar un incremento de quejas y de molestias que se materializan en un aumento del absentismo laboral. A partir de ese momento especialistas de todo el mundo empezaron a estudiar el tema, llegando a la conclusión de que el deterioro de la calidad del aire en espacios interiores podría ser, entre otros factores, la posible causa del fenómeno al que denominaron “Síndrome del edificio enfermo” y que se define como aquel edificio en el que las quejas debidas al malestar son más frecuentes que las razonablemente esperables, considerando como razonablemente esperable un 20%. Los síntomas que aparecen con más frecuencia son: irritación de mucosas (ojos, nariz y garganta), dolores de cabeza, sensación de ahogo, tasas más altas de lo normal de resfriados, alergias.

Los factores a que es atribuido el síndrome, además de la mencionada calidad del aire interior que englobaría a los contaminantes químicos y biológicos y al sistema de ventilación y climatización, son factores físicos, tales como el ruido, el ambiente térmico y la iluminación y factores psicosociales, entre los que destacan la organización del trabajo, las relaciones laborales, los ritmos y las cargas de trabajo, aspectos que son tratados más ampliamente en sus respectivos capítulos.

## **CALIDAD DE AIRE INTERIOR**

La calidad del aire en el interior de un edificio es función de una serie de parámetros entre los que se incluyen: la calidad del aire en el exterior del edificio, el diseño del sistema de ventilación y de climatización del aire, las condiciones en que ese sistema funciona y se mantiene y la presencia de fuentes de contaminación interior.

En este capítulo se revisan los principales contaminantes presentes en los espacios interiores, sus posibles focos de emisión y el modo en que el sistema de ventilación y de climatización influye en la generación, acumulación, distribución y eliminación de los mismos.

FUENTES	CONTAMINANTES
<b>EXTERIOR</b>	
<b>• Productos de combustión:</b>	
Fuentes fijas (plantas energéticas, industrias).	Dióxido de sulfuro, óxidos de nitrógeno, ozono, materia particulada, monóxido de carbono, hidrocarburos.
Vehículos de motor.	Monóxido de carbono, plomo, óxidos de nitrógeno.
Suelo.	Radón, microorganismos.
<b>INTERIOR</b>	
<b>• Materiales de construcción:</b>	
Hormigón, piedra.	Radón.
Madera contrachapada, conglomerado.	Formaldehído, otros compuestos orgánicos.
Aislantes.	Formaldehído, fibra de vidrio.
Retardantes del fuego.	Amianto.
Pintura.	Compuestos orgánicos, plomo.
<b>• Instalaciones y equipos:</b>	
Combustibles (calefacción, cocinas).	Monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, formaldehído, materia particulada.
Fotocopiadoras.	Ozono.
Sistemas ventilación.	Microorganismos, fibras.
<b>• Ocupantes:</b>	
Actividad metabólica.	Dióxido de carbono, vapor de agua, olores.
Actividad biológica.	Microorganismos.
<b>• Actividad humana:</b>	
Fumar.	Monóxido de carbono, materia particulada, otros compuestos.
Ambientadores.	Fluorocarbonos, olores.
Limpieza.	Compuestos orgánicos, olores.
Ocio, actividades artísticas.	Compuestos orgánicos, olores.

## CONTAMINANTES QUÍMICOS

La concentración de cualquier contaminante en un espacio interior está determinada por el balance entre la generación y la eliminación del contaminante en dicho espacio, sin olvidar la entrada de contaminantes del exterior que puede contribuir al incremento de los niveles de contaminación en el interior.

Los edificios contienen una gran variedad de materiales que pueden actuar como fuentes de emisión de contaminantes químicos. Entre éstos destacan: el mobiliario, los materiales de construcción y decoración, las pinturas, barnices y colas, los productos de limpieza y desinfección, los equipos de trabajo o los propios ocupantes y sus actividades, entre otros. Los compuestos químicos emitidos por estos materiales más significati-

vos son: los compuestos orgánicos volátiles (COV), la materia particulada, el ozono y el radón.

A continuación se describen los principales compuestos químicos, sus efectos y sus fuentes de contaminación más probables tanto exteriores como interiores.

---

**Productos de combustión**

La presencia de determinados compuestos químicos en el interior de un edificio es debida a los procesos de combustión de diversos materiales. Las principales fuentes exteriores de este tipo de contaminación son: las emisiones industriales, los vehículos de motor o los sistemas de calefacción.

La combustión de gasolinas y gasóleo generan una mezcla de gases y vapores, entre los que se encuentran el monóxido y dióxido de carbono, los COV, óxidos de azufre y nitrógeno, y de materia particulada, en especial los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), algunos de los cuales están clasificados como cancerígenos.

En los interiores, las principales fuentes de contaminación que se deben considerar son los sistemas de calefacción, según el tipo de combustible que empleen; la combustión del tabaco y la respiración humana.

Los compuestos químicos mayoritarios liberados al ambiente por estos procesos son el monóxido de carbono, el dióxido de carbono, los óxidos de azufre y nitrógeno, los hidrocarburos, la materia particulada y los diversos componentes del humo del tabaco.

*Monóxido de carbono*

El monóxido de carbono es un gas tóxico no detectable por los sentidos (no tiene olor ni color), producido por la combustión incompleta de sustancias que contienen carbono. Es un gas asfixiante y esta acción sobre el organismo la ejerce al combinarse con la hemoglobina de la sangre disminuyendo así la capacidad de transporte de oxígeno a los tejidos.

Algunos de los efectos provocados por el monóxido de carbono son los dolores de cabeza, la disminución de la agudeza visual, las irregularidades en el funcionamiento cardíaco y, en determinadas concentraciones, la muerte. Su presencia en ambientes no industriales es mayoritariamente debida a la combustión del tabaco y a la contaminación exterior originada por el tráfico rodado.

*Dióxido de carbono*

El dióxido de carbono es el producto final de la combustión completa de sustancias que contienen carbono. Los principa-

les focos de emisión en interiores, y en ausencia de otros procesos de combustión, son los ocupantes del edificio. Aunque este compuesto no es considerado habitualmente como un contaminante, se sabe que a elevadas concentraciones puede causar dolor de cabeza, aturdimiento y, en concentraciones elevadas, la asfixia (en este caso, por desplazamiento de oxígeno del aire).

El dióxido de carbono es el componente mayoritario de entre las sustancias emitidas por las personas: olores, vapor de agua, microorganismos, y que en conjunto se denominan “bioefluentes”; por esa razón, es el compuesto en el que se basan los cálculos para determinar los caudales de aire de ventilación necesarios para el control de bioefluentes. Es pues un compuesto indicador de la eficacia de la ventilación.

#### *Óxidos de azufre y de nitrógeno*

Los óxidos de azufre son los resultantes de la oxidación de los compuestos de azufre que aparecen durante los procesos de combustión; sus efectos para la salud consisten en la irritación de la piel, los ojos y las mucosas y, en concentraciones elevadas, pueden producir constricción de las vías respiratorias altas. El origen de este contaminante es la contaminación exterior. Los óxidos de nitrógeno se forman al reaccionar el oxígeno y el nitrógeno atmosféricos como consecuencia de las altas temperaturas alcanzadas durante los procesos de combustión. Ambos son irritantes de las vías respiratorias altas (nariz y garganta), así como de los ojos.

#### *Humo de tabaco*

El humo de tabaco libera al ambiente una mezcla compleja de productos químicos (más de 3.000 contaminantes conocidos). Además de los contaminantes mencionados hasta aquí, en el humo del tabaco están presentes una amplia variedad de otros gases y compuestos orgánicos, entre los que destacan el formaldehído, la acroleína, el cianuro de hidrógeno, la nicotina, las nitrosaminas, los hidrocarburos aromáticos y un largo etcétera. Los efectos que presentan los componentes del humo del tabaco son tan variados como variados son sus componentes. En términos generales, se puede mencionar la irritación de las vías respiratorias, un incremento de las enfermedades respiratorias, olores molestos y la acción carcinogénica de alguno de sus componentes.

En este apartado se incluyen los contaminantes químicos que aparecen en los materiales empleados en la construcción; en aquellos utilizados en el aislamiento térmico y/o acústico, tanto del edificio como de las instalaciones; en los empleados en el

---

**Materiales  
de construcción  
y equipamiento**

acabado y en la decoración del mismo y en la limpieza y desinfección de los locales.

### *Amianto*

Asbesto o amianto, en sus diferentes variedades, son los nombres con que se conocen las distintas formas de silicatos minerales que presentan una gran resistencia al fuego. Estas fibras forman parte de una gran variedad de productos, por ejemplo, los aislantes térmicos, eléctricos y acústicos, el cemento, el papel y los materiales textiles. Desde que los estudios realizados demostraron la relación entre alguna de sus variedades y diferentes tipos de procesos cancerígenos como el mesotelioma, el cáncer de pulmón o el de laringe, su utilización ha sido prohibida en la legislación de diversos países.

MUCHOS DE LOS PRODUCTOS UTILIZADOS EN LA VIDA DIARIA SON FUENTES DE CONTAMINACIÓN: EL TABACO, LOS PEGAMENTOS, LOS PRODUCTOS DE LIMPIEZA, LOS INSECTICIDAS, LAS PINTURAS, LOS BARNICES.

No obstante, todavía existen edificios que cuentan entre sus elementos constructivos con materiales que contienen estas fibras. El principal problema, con respecto a este tipo de fibras, no radica tanto en su presencia en los edificios sino en el grado de deterioro de los materiales que las contienen y que marca la posibilidad de que estas fibras se desprendan.

### *Fibras minerales artificiales*

Bajo este nombre se engloban diferentes tipos de materiales: fibra de vidrio, lana de vidrio, lana de roca o lana mineral, que se utilizan como aislantes de paredes, techos y conductos y que han venido a sustituir al amianto. Estas fibras, dependiendo de su origen y uso, varían en su tamaño y, en consecuencia, en su capacidad de alcanzar distintas zonas del tracto respiratorio.

Los posibles efectos sobre la salud de este tipo de fibras no han sido completamente establecidos, aunque sí se ha demostrado que producen irritaciones de la piel a las personas que las manipulan. Las obras de reconstrucción, la sustitución de los materiales aislantes, el deterioro o erosión de estos últimos, así como la contaminación exterior son las posibles fuentes de contaminación.

### *Compuestos orgánicos volátiles (COV)*

Los COV son sustancias que contienen uno o más átomos de carbono, que se evaporan a temperatura ambiente y presión atmosférica. No existe demasiada información acerca de los efectos que tiene sobre la salud la exposición a bajas concentraciones de estos contaminantes, típica de ambientes interiores. En términos generales, los COV pueden causar: irritación de ojos,

nariz y garganta, mareos, dolor de cabeza y algunos de ellos están clasificados como cancerígenos o sospechosos de serlo.

<b>EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES EN MATERIALES Y EQUIPOS</b>	
<b>FUENTE</b>	<b>COV</b>
<b>Productos de madera prensada</b> Conglomerado Contrachapado MDF...	Formaldehído, Xilenos, Tolueno, Butanol, Acetato de butilo, Acetona, Hexanal, $\alpha$ – pineno...
<b>Recubrimiento de madera</b> Pintura (látex) Poliuretano Barnices Ceras...	Formaldehído, Tolueno, Benceno, Butanol, Acetona, Propanol, Tricloroetileno, Hidrocarburos ( $C_9 - C_{11}$ ), Butanona...
<b>Tejidos</b> Tapicerías Otros tejidos...	Formaldehído, Cloroformo, Metilcloroformo, Tetracloroetileno, Tricloroetileno...
<b>Espuma poliuretano</b> Cojines Tapicerías...	Tolueno diisocianato (TDI)
<b>Techos/Suelos</b> Sellantes Calafateado Adhesivos Paneles...	Formaldehído, Xilenos, Tolueno, Benceno, Butanol, n – Hexano, Cloruro de metileno, Acetona, Estireno, Hidrocarburos ( $C_{10} - C_{11}$ ), Ácido acético, Metiletilcetona...
<b>Recubrimiento de paredes</b> Madera Plástico/Melamina Vinílicos PVC Papel Pintura...	Formaldehído, Benceno, Acetona, Hexanal, Hidrocarburos alifáticos y aromáticos, Cloruro de vinilo monómero, Fenol...
<b>Recubrimiento de suelos</b> Moquetas Adhesivos Vinílicos Linóleo Parqué...	Formaldehído, Aminas, Furanos, Piridinas, Estireno, Benceno...
<b>Equipos de oficina</b> Fotocopiadoras Impresoras Equipos de fax	Hidrocarburos alifáticos, Xilenos, Nitropireno, Ftalatos, Isocianatos, Benceno, Metilcloroformo, Estireno, Tetracloroetileno, Tricloroetileno...

Uno de los compuestos químicos más importante y representativo de la contaminación química en interiores es el formaldehído, un gas a temperatura ambiente altamente soluble en agua. Este compuesto forma parte de numerosos productos y materiales presentes en los edificios, pero su principal foco de contaminación son los productos elaborados con madera prensada, por ejemplo: madera conglomerada, contrachapada, table-

ros MDF (*medium-density fiberboard*), etc. El proceso de fabricación de todos ellos consiste en la mezcla de fragmentos, viruta o fibras de madera con una resina de fenol o de urea – formaldehído y diferentes productos químicos y colas.

El principal efecto sobre la salud del formaldehído es la irritación de mucosas (ojos, nariz y garganta) y piel. Los síntomas que aparecen con mayor frecuencia son: lagrimeo, ardor y picazón de ojos, sensación de hormigueo en la nariz, estornudos, sensación de sequedad y dolor de garganta. La gravedad de estos síntomas depende de la concentración del contaminante, del tiempo de exposición y de la susceptibilidad individual.

El mantenimiento de los edificios es, sin duda, una importante medida para la prevención de los problemas de calidad de aire interior, pero, en ocasiones, las actividades programadas para mantener “limpio” el edificio pueden convertirse en focos de contaminación química. Muchos productos de limpieza, ambientadores, desinfectantes y pesticidas, emiten COV y otros productos químicos como el amoníaco, los óxidos de nitrógeno, la lejía y otros compuestos cáusticos.

<b>EMISIÓN DE COMPUESTOS QUÍMICOS EN PRODUCTOS DE LIMPIEZA</b>	
<b>PRODUCTO</b>	<b>COMPUESTO QUÍMICO</b>
Propelentes (aerosoles)	Propano, Óxido de nitrógeno, Cloruro de metileno...
Ambientadores (sólido y aerosol)	Paradiclorobenceno, Limoneno, $\alpha$ -pineno...
Desinfectantes	Fenol, Cresol, Amonio cuaternario, Lejía, Amoníaco, Formaldehído...
Limpiacristales	Hidróxido de amonio, Amoníaco, Alcohol isopropílico...
Quitamanchas	Tetracloroetileno, Tricloroetileno, Metanol, Disolventes, Benceno...
Ceras (madera, suelos)	Amoníaco, Naftaleno, Nitrobenceno, Destilados del petróleo, Fenol...
Antipolillas	Paradiclorobenceno, Naftaleno...
Desengrasantes	Tetracloruro de carbono, Tolueno, Xilenos, Tricloroetileno, Cellosolves...

Los trabajadores de la limpieza y de mantenimiento son el colectivo más expuesto a estos productos, debido, en buena parte, a la utilización de soluciones concentradas o de aerosoles de limpieza. La exposición de los ocupantes de un edificio puede deberse a la permanencia en el ambiente de estos productos durante períodos de tiempo prolongados o a la distribución de los mismos por el sistema de ventilación.

Un grupo de sustancias de especial importancia son los pesticidas utilizados para el control de plagas en los edificios (roedores e insectos). Algunos de los más comunes son los siguientes: clorpirifos, clordano, diazinon, lindano, diclorvos, aldrín, dieldrín.

Los principios activos de los pesticidas son compuestos orgánicos semi-volátiles, sin embargo, pueden estar presentes en el ambiente o adheridos a las superficies o al polvo durante períodos de tiempo prolongados tras su aplicación. Los denominados “ingredientes inertes” son COV utilizados como disolventes de los principios activos. Los efectos para la salud varían en función de la concentración siendo los más destacados la irritación de las membranas mucosas y los efectos tóxicos en diferentes órganos (riñón, hígado).

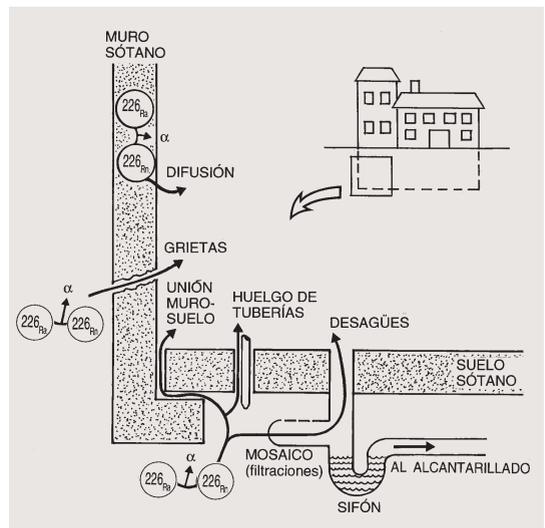
A continuación se describen otros contaminantes químicos que pueden estar presentes en ambientes interiores.

**Otros contaminantes químicos**

*Radón*

Algunos contaminantes presentes en los suelos que rodean los edificios pueden infiltrarse en el mismo a través de las grietas que presentan los cimientos; ese es el caso del radón. El radón es un elemento gaseoso radiactivo procedente de la desintegración del uranio que, a su vez, en su proceso de desintegración, da lugar a varios compuestos, algunos de los cuales son emisores de partículas alfa. La exposición a este tipo de partículas se ha relacionado con el deterioro de los tejidos y con procesos cancerígenos.

El radón y sus productos de desintegración se encuentran, de forma natural, en las zonas graníticas y en los yacimientos de fosfatos, por lo que, en algunas ocasiones, puede formar parte de los elementos de construcción. La concentración de radón en el interior de los edificios dependerá de varios factores: la ubicación geográfica del edificio, la procedencia y la naturaleza de los materiales de construcción, las características de los cimientos del edificio, la fuente de suministro de agua, las vías de paso del aire del suelo al basamento del edificio, la magnitud y dirección de los diferenciales de presión en el edificio y de los caudales de ventilación.



### *Ozono*

La presencia de este contaminante en los espacios interiores es debida, además de a los generadores de ozono (ozonizadores), a las máquinas fotocopadoras, las impresoras láser, las lámparas de luz ultravioleta, los limpiadores electrostáticos del aire. En las áreas urbanas, al ozono generado en el interior, hay que añadir el ozono proveniente del exterior a través de la ventilación cuyo origen es la fotooxidación de los humos de escape de los vehículos.

El ozono es un oxidante fuerte que puede producir alteraciones de la función pulmonar, disminución de las tasas de aireación y de la permeabilidad de las vías respiratorias. El ozono es también un irritante, los efectos para la salud derivados de exposiciones a niveles elevados de ozono incluyen: irritación ocular, tos, dificultad en la respiración (disnea), asma, irritación de las membranas mucosas con excesiva producción de mucosidad y dolor torácico tras la inspiración.

## **CONTAMINANTES BIOLÓGICOS**

Los agentes biológicos: los virus, las bacterias, los hongos, así como las estructuras y los productos elaborados por ellos, son componentes habituales de los ecosistemas terrestres. Muchos de estos organismos y sus productos son perjudiciales para las personas, pero, incluso aquellos asociados con enfermedades graves, sólo causan problemas cuando se encuentran presentes en un entorno, en un número suficientemente elevado y con unas condiciones ambientales específicas.

En las últimas décadas se ha ido incrementando la presencia de “biocontaminantes” en ambientes interiores y la afectación de las personas expuestas. Las posibles causas que se aducen para este incremento son las siguientes:

- Los edificios se construyen más herméticos para un mayor control de la ventilación y de la climatización.
- Los caudales de ventilación son insuficientes.
- Los programas de mantenimiento y limpieza son inadecuados o no se llevan a cabo, lo que ha favorecido la formación de focos de contaminación.

El desarrollo microbiológico en cualquier ambiente precisa de la presencia de microorganismos o de sus elementos de reproducción, de agua y de nutrientes, así como de temperaturas apropiadas y de otras condiciones ambientales que faciliten y permitan la colonización y el crecimiento en número. En

los ambientes interiores se encuentran fácilmente estos requisitos:

- Fuentes de microorganismos: el aire exterior, el sistema de ventilación y de climatización, los humidificadores, los materiales del edificio y el mobiliario, los ocupantes.
- Fuentes de nutrientes: la suciedad y el polvo, la comida, el agua, las plantas y sus restos (hojas muertas), los materiales del edificio.
- Fuentes de agua: el agua de lluvia, las cañerías, sus pérdidas, condensaciones o migraciones, las plantas de interior, los humidificadores, los ocupantes, los acuarios y las fuentes ornamentales.

Como se ha comentado anteriormente los contaminantes biológicos comprenden tanto los organismos vivos como los productos y estructuras biológicas elaboradas por ellos. A continuación se describen brevemente las características de los más importantes:

- *Virus*: Son las formas de vida más sencillas que se conocen, están compuestos por una cubierta proteica o cápside y un sólo tipo de ácido nucleico (ADN o ARN). Los integrantes de este grupo que mayor interés tienen son los virus respiratorios, como por ejemplo el virus de la gripe, o del resfriado común, que se transmiten, de persona a persona, por vía aérea y por contacto, asociados a las gotículas que se emiten al hablar, toser o estornudar.
- *Bacterias*: Son organismos microscópicos unicelulares, se presentan en una gran variedad de formas: aislados, agregados, en cadenas o espirales. Las características más relevantes en relación con el tema que nos ocupa son: su patogenicidad, que marca la capacidad de producir infecciones; la capacidad que tienen algunos de sus miembros de producir esporas que son formas capaces de resistir durante mucho tiempo unas condiciones ambientales adversas; y la presencia en la pared celular de algunas bacterias de endotoxinas. La exposición a estas sustancias se ha asociado a muchos de los problemas que se presentan en los ambientes interiores.
- *Hongos*: Son organismos asimilables a los vegetales carentes de clorofila, algunos, como las levaduras, se presentan en formas unicelulares, mientras que los mohos crecen en una masa multinucleada denominada micelio. Se reproducen por esporas.

Las características más destacables de los miembros de este grupo son la asociación existente entre la exposición a espo-

---

### **Tipos de contaminantes biológicos**

ras fúngicas y problemas de tipo alérgico, la producción de compuestos orgánicos volátiles y la capacidad de algunos hongos de producir sustancias tóxicas, las micotoxinas.

- *Protozoos*: Son organismos unicelulares. Habitualmente utilizan, como fuente de alimento, materia orgánica en descomposición o bacterias. Cuando las condiciones son adversas forman quistes capaces de resistir esas condiciones.

- *Ácaros*: pertenecen al grupo de los arácnidos. Existen numerosas especies que se desarrollan en diferentes hábitats, entre ellos los ambientes interiores.

Los ácaros que habitan en el polvo doméstico se alimentan de las descamaciones de la piel que se desprenden durante las normales actividades diarias y que han sido humedecidas, fragmentadas o descompuestas. Los ácaros tienden a agruparse en los lugares donde se acumulan estas partículas, las camas, las moquetas, las tapicerías... Los principales efectos para la salud son las alergias provocadas por la inhalación de polvo que contiene, fundamentalmente, enzimas de su tracto digestivo y otras proteínas solubles. Las reacciones más comunes son asma, rinitis y dermatitis atópicas.

- *Alergenos de animales domésticos*: Muchos autores consideran éste un problema más de residencias privadas que de ambientes laborales; no obstante, los estudios realizados en oficinas, en las que hay trabajadores que en sus casas tienen gatos, revelan que los alergenitos producidos por éstos son transportados al ambiente de trabajo por sus dueños.

- *Polen*: El polen de las plantas y de los árboles puede causar rinitis alérgicas o asma en individuos sensibilizados. La producción de polen es estacional variando en cantidad, dependiendo de las condiciones climáticas y geográficas. El polen del exterior puede entrar en el interior a través del sistema de ventilación y de las ventanas abiertas y ser transportado por las personas en sus ropas y zapatos.

---

## Efectos para la salud

El crecimiento de las colonias de microorganismos y la acumulación de otros biocontaminantes en interiores se han asociado con determinados efectos para la salud de las personas expuestas a estos contaminantes. Los principales tipos de efectos son los siguientes: las enfermedades infecciosas, las enfermedades alérgicas y los efectos tóxicos.

### *Enfermedades infecciosas*

Una infección supone la invasión de los microorganismos en el interior de las células del huésped para su multiplicación, durante este proceso los microorganismos se alimentan de las

células del huésped destruyendo los tejidos. Hay dos tipos principales de infección: infecciones oportunistas e infecciones patogénicas. Las primeras implican a un organismo en general no patógeno o de baja patogenicidad y a un huésped con escasa resistencia inmunitaria. Algunos ejemplos son: enfermedad del legionario, neumonía neumocística, aspergilosis, criptococosis.

Las segundas, las infecciones patogénicas, implican organismos de los que habitualmente se espera que causen la enfermedad en individuos con un estado inmunitario normal; lógicamente, estos agentes afectarán más a los individuos con escasas defensas. Algunos ejemplos son: tuberculosis, neumonía estreptocócica, resfriado común, gripe, histoplasmosis, coccidiodiomycosis.

### Enfermedades alérgicas

Las enfermedades alérgicas se desarrollan a partir del contacto con una sustancia capaz de inducir dichos procesos, un alérgeno. A menudo, las personas no están inicialmente sensibilizadas a la sustancia, pero tras una serie de contactos aparece la sensibilización. Tras la exposición a un potencial alérgeno,

<b>CONTAMINANTES BIOLÓGICOS: CARACTERÍSTICAS Y FOCOS DE CONTAMINACIÓN</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Contaminante</b>	<b>Ejemplo</b>	<b>Efectos primarios en humanos</b>	<b>Focos de contaminación</b>
<b>Virus</b>	Organismos	V. Gripe	Infección respiratoria	Huéspedes humanos
<b>Bacterias</b>	Organismos	Legionella	Neumonía	Torres de refrigeración
	Esporas	<i>Thermoactinomyces</i>	Neumonía Hipersensitiva	Agua caliente, superficies húmedas calientes
	Toxinas	Endotoxinas	Fiebre, escalofríos	Agua estancada
	Antígenos	Proteasas	Asma	Procesos industriales
<b>Hongos</b>	Organismos	Sporobolomyces	Neumonía Hipersensitiva	Superficies húmedas
	Esporas	<i>Alternaria</i>	Asma, Rinitis	Aire exterior, superficies húmedas
		Histoplasma	Infección sistémica	Excrementos de aves
	Antígenos	Glicoproteínas	Asma, Rinitis	Superficies húmedas
	Toxinas	Aflatoxinas	Cáncer	Superficies húmedas
<b>Protozoos</b>	Organismos	<i>Naegleria</i>	Infección	Reservorios de agua contaminadas
	Antígenos	Acanthamoeba	Neumonía Hipersensitiva	Reservorios de agua contaminada
<b>Plantas</b>	Polen	<i>Ambrosia</i>	Asma, Rinitis	Aire exterior
<b>Artrópodos</b>	Hecec	<i>Dermatophagoides</i>	Asma, Rinitis	Polvo doméstico
<b>Mamíferos</b>	Saliva	Gatos	Asma, Rinitis	Gatos

la reacción del organismo a los alérgenos mediada por la histamina es la causa de los síntomas característicos de las alergias: estornudos, picor de nariz y ojos, congestión y obstrucción nasal, dermatitis, asma.

Cualquier molécula orgánica puede causar efectos alérgicos en individuos susceptibles. Las esporas fúngicas, además de otros biocontaminantes –ácaros, polen, insectos–, son alérgenos comunes en ambientes interiores.

#### *Efectos tóxicos*

Muchos tipos de bacterias y de hongos producen sustancias tóxicas que forman parte estructural del microorganismo (endotoxinas) o son subproductos de sus procesos metabólicos (micotoxinas). Estas sustancias pueden provocar una gran variedad de reacciones inflamatorias o tóxicas en el organismo.

Las endotoxinas, nombre genérico que se aplica a diferentes moléculas de lipopolisacáridos, forman parte de la pared celular de las bacterias Gram negativo. Dependiendo de la dosis, se han demostrado efectos que van desde síndromes pseudogripales leves, fiebre, hipertensión, coagulación intravascular e incluso la muerte. La exposición laboral a endotoxinas está relacionada con actividades en las que la concentración ambiental de estas bacterias suele ser elevada, por ejemplo, manipulación de fibras vegetales, sobre todo el algodón; plantas de tratamiento de aguas residuales y tratamientos de lodos y actividades agroalimentarias.

Una exposición menos evidente es la que puede tener lugar en espacios interiores climatizados, sobre todo aquellos que disponen de humidificadores. La falta de mantenimiento de estos equipos facilita la colonización de las aguas por parte de las bacterias Gram negativas las cuales proliferan durante los períodos de parada y son arrastradas con el aire durante el funcionamiento del sistema de ventilación y climatización.

Las micotoxinas son compuestos orgánicos tóxicos producidos por diferentes especies de hongos. Se pueden distinguir dos grupos principales de micotoxinas: las aflatoxinas y los trico tecenos. Las primeras son sustancias para las que se han descrito efectos cancerígenos, mutagénicos y teratogénicos; las segundas, pueden causar diferentes efectos tóxicos entre los que destacan la irritación gastrointestinal, la destrucción de las células sanguíneas o alteraciones del sistema inmunitario. La exposición laboral está asociada, principalmente, a actividades de tipo agrícola, aunque también se han descrito intoxicaciones en ambientes interiores y en viviendas en los que ha habido una colonización por hongos toxigénicos.

**LA VENTILACIÓN EN LOS AMBIENTES DE TRABAJO**

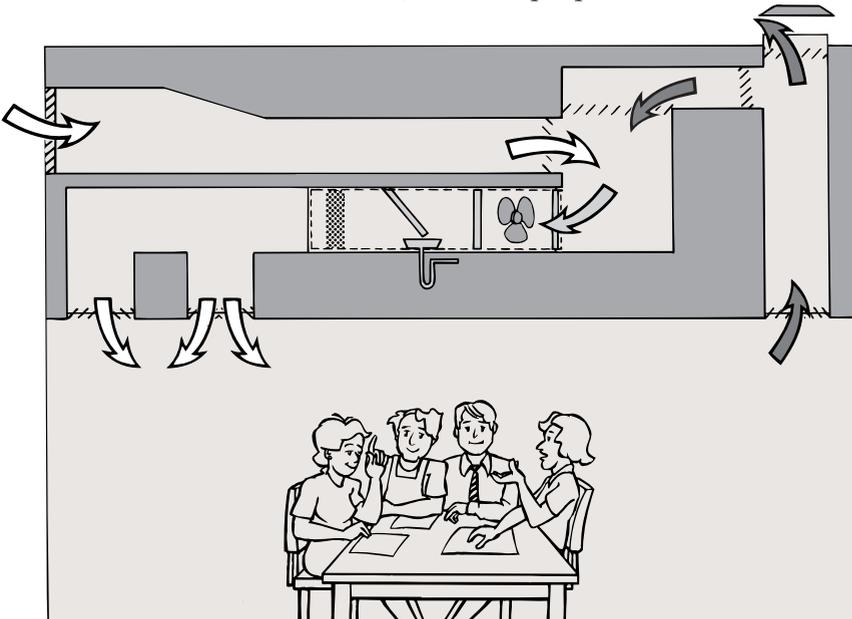
En la introducción de este capítulo se exponen los motivos que han conducido a la necesidad de crear unas condiciones climáticas confortables en los espacios interiores. Se han revisado, así mismo, los contaminantes que pueden aparecer en dichos espacios y que pueden ser origen de molestias o enfermedades.

En este apartado se trata de analizar el funcionamiento y las posibles contribuciones del sistema de ventilación y climatización del aire al deterioro de la calidad del aire en interiores.

Cuando se habla de ventilación, la primera imagen que acude a nuestra mente es la de una ventana abierta que permite la entrada de aire fresco. La finalidad de un sistema de ventilación es la misma; es decir: permitir la entrada de aire fresco a un espacio cerrado, pero de una forma controlada, para así poder regular las condiciones climáticas. El objetivo del sistema de ventilación y climatización es doble: por una parte, reducir la contaminación de los espacios interiores mediante la dilución que supone el aporte de aire nuevo, en principio más limpio y, por otra, crear un clima interior confortable para la mayoría de los ocupantes de un espacio.

El aire del exterior o aire nuevo entra en la unidad central del sistema a través de las tomas de aire exterior, este aire (aire de ventilación o renovación), en una proporción determinada,

**Sistemas de ventilación y de climatización del aire: funcionamiento**



se mezclará con parte del aire usado que proviene de los locales en el cajón o pleno de mezcla. En este punto, aunque también pueden estar situados en otros, el aire pasa por la unidad de tratamiento del aire en las que el aire se limpia y se climatiza.

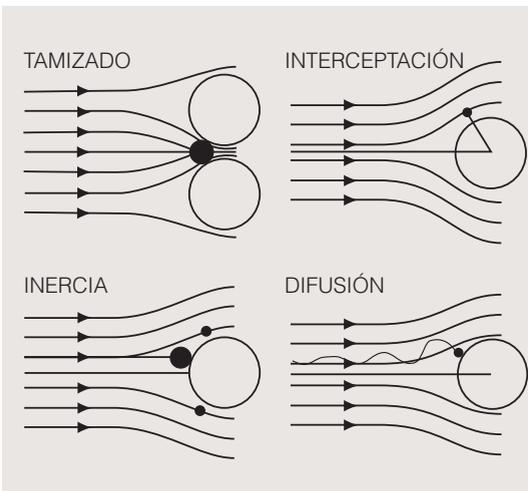
El aire así acondicionado es distribuido a través de una red de conducciones por todos los locales del edificio y, habitualmente, mediante una red diferente, es extraído de los mismos para volver a la unidad central, desde donde una parte de ese aire será expulsado al exterior y otra parte será reciclado. Normalmente, la cantidad de aire que se recicla es variable y puede oscilar entre el 0%, es decir, todo el aire que utiliza el sistema es fresco, y el 100%. En este caso, no hay entrada de aire fresco y el aire que se utiliza es siempre el mismo.

### *Unidades de limpieza del aire*

Antes de ser distribuido a todo el edificio, el aire procedente del pleno de mezcla pasa a través de diferentes unidades de limpieza, cuya función es retirar del mismo el máximo de impurezas que pueda contener. Los sistemas de limpieza del aire que habitualmente se encuentran instalados son los filtros retención mecánica cuya finalidad es retirar del flujo de aire la materia particulada. Estos filtros también cumplen con otra misión que es la de proteger otras partes del sistema, por ejemplo, evitando la acumulación de polvo y suciedad sobre las unidades de climatización, lo que reduciría la eficacia del intercambio térmico, y la de prevenir la formación de focos de contaminación, principalmente microbiológica, ya que la suciedad sirve de alimento a los contaminantes biológicos.

Estos filtros suelen estar constituidos por materiales porosos, tales como fibras textiles o papel. El material del que están fabricados y su estructura determinan diversas características de los filtros que deben tenerse en cuenta a la hora de diseñar un sistema de ventilación. Estas características se pueden resumir en las siguientes: el mecanismo de captación de las partículas, que puede ser por tamizado, inercia, interceptación o difusión; la capacidad de retención, que indica la cantidad máxima de materia particulada que puede retener el filtro; la pérdida de carga, que expresa la resistencia que opone el filtro al paso del aire, y la eficacia, que indica el comportamiento y la utilidad del filtro.

Generalmente, los filtros se clasifican en tres categorías, atendiendo a su eficacia

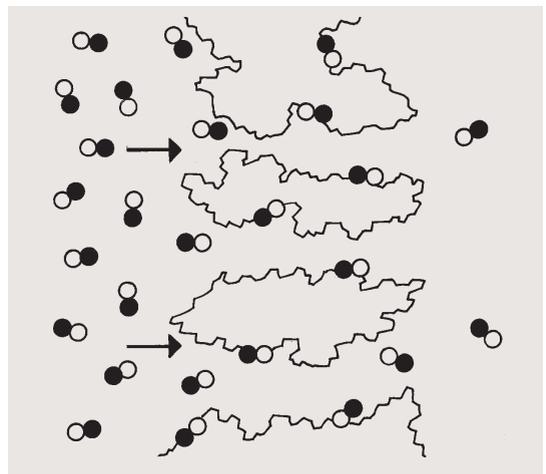
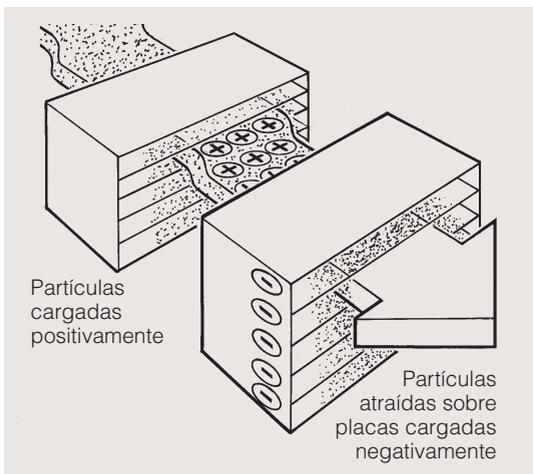


cia de captación: gruesos, finos y absolutos. Esta clasificación se obtiene tras ensayar el comportamiento de los diferentes materiales filtrantes frente a materia particulada de composición conocida. La eficacia se expresa en porcentaje e indicando la clasificación del filtro en función del tipo de partícula, por ejemplo: un filtro G4 del 90% indica que es un filtro grueso con una eficacia del 90% para partículas de tamaño grueso ensayado por el método gravimétrico, según especificaciones de la norma UNE – EN 779-1996. Todas esas indicaciones señalan su utilidad como prefiltro, es decir, el primer paso en la filtración del aire.

Una unidad típica de filtración debería estar formada, como mínimo, por un prefiltro y un filtro verdadero o, dicho de otro modo, un filtro grueso y otro fino; el primero tendría como misión retirar del aire las partículas más grandes y proteger y alargar la vida del filtro fino que sería el encargado de retener las partículas más pequeñas.

Los filtros absolutos, también denominados filtros HEPA (*High Efficiency Particulate Air*), son filtros con eficacias de retención del 99,99% y superiores para partículas de 0,3  $\mu$ m de diámetro. Estos tipos de filtros tienen aplicaciones muy concretas, son los utilizados cuando se precisa obtener ambientes estériles o libres de partículas, por ejemplo: las salas limpias, los quirófanos o la industria microelectrónica.

Otros sistemas de limpieza del aire son los precipitadores electrostáticos que también se utilizan para retirar del aire la materia particulada. El principio físico de la precipitación electrostática se basa en la facultad que tienen las partículas cargadas eléctricamente de atraerse unas a otras. Así, las partículas del aire que son cargadas positivamente, al atravesar un campo eléctrico, son atrapadas en unos soportes metálicos que han sido cargados negativamente.



La filtración mecánica no es útil a la hora de eliminar del aire otro tipo de sustancias, los gases y vapores, por lo que se necesitan otros sistemas entre los se pueden destacar: la absorción química que se basa en la retención de algunos contaminantes químicos (óxidos de azufre y nitrógeno) mediante su combinación química con otro compuesto y la adsorción que se basa en la reacción que tiene lugar entre las fuerzas eléctricas de las moléculas implicadas, en este caso, de los gases y el material empleado como adsorbente. Algunos de los materiales que se usan como adsorbentes son el carbón activo, la alúmina y la sílica gel.

### *Climatización del aire*

Tras la limpieza del aire, éste pasa a través de las unidades de intercambio de calor, bien se trate de aporte de calor, bien de su eliminación. La mayor parte de los sistemas de calefacción utilizan la electricidad, el agua caliente o el vapor como medio para calentar el aire, y agua fría o líquidos refrigerantes para enfriarlo. El aire, al entrar en contacto con los circuitos por donde circulan estos medios, gana calor en el primero de los casos o lo cede en el segundo. En algunos sistemas de refrigeración, los medios empleados para enfriar el aire pasan por las torres de refrigeración o los condensadores evaporativos en los que el agua que en ellos se encuentra absorbe el calor de los refrigerantes disipándolo finalmente a la atmósfera.

Algunos edificios disponen, en sus diferentes locales, de sistemas suplementarios de climatización del aire. Dichos sistemas consisten en un pequeño ventilador, un sistema de filtración y las unidades de calefacción/refrigeración. El equipo, en general, trabaja reciclando completamente el aire del local en el que están ubicados y habitualmente están dispuestos rodeando el perímetro del edificio, con el fin de contrarrestar la influencia de las condiciones climáticas del exterior en esas zonas.

### *Humidificación del aire*

Los niveles de humedad del aire deben ser controlados para garantizar ambientes termo-higrométricos confortables, así como para evitar las molestias ocasionadas por las descargas de la electricidad estática que ocurren en ambientes excesivamente secos.

Existen diversos tipos de humidificadores cuya función es añadir vapor de agua al aire, ello se consigue mediante el rocío de agua en la corriente de aire, la evaporación de agua desde los depósitos donde está contenida o por inyección directa de vapor de agua al flujo de aire.

AMBIENTES MUY HÚMEDOS PUEDEN  
FAVORECER EL CRECIMIENTO DE HONGOS,  
AMBIENTES MUY SECOS PUEDEN  
PROPICIAR LAS DESCARGAS DE  
ELECTRICIDAD ESTÁTICA

### *Distribución del aire en los espacios ocupados*

El aire tratado llega a los locales del edificio a través de una red de conducciones, es introducido por los difusores en los espacios ocupados y en su recorrido por los mismos se deben cumplir los objetivos del sistema de ventilación y de climatización, finalmente, es extraído del local por las rejillas de retorno. El aire debe realizar un buen barrido de la zona respiratoria antes de ser extraído, ello se puede lograr seleccionando adecuadamente los tamaños y ubicaciones de los difusores y los retornos. El ciclo se completa cuando el aire extraído de los diferentes locales vuelve al equipo central y, bien al 100%, bien en una determinada proporción, este aire es vertido al exterior.

Los aspectos que se deben considerar cuando se habla de la contribución de estos sistemas al deterioro de la calidad del aire en interiores son dos: por un lado, el propio funcionamiento de la instalación y, por otro, la falta de un programa de mantenimiento de las instalaciones que permite que determinados puntos o zonas de la instalación se puedan convertir en fuentes de contaminación, fundamentalmente microbiológica.

Debido a un mal diseño y funcionamiento el sistema de ventilación puede favorecer la entrada de contaminantes del exterior, el aumento de la contaminación interior, la dispersión de la contaminación y la creación de zonas mal ventiladas.

### *Favorecer la entrada de contaminantes del exterior*

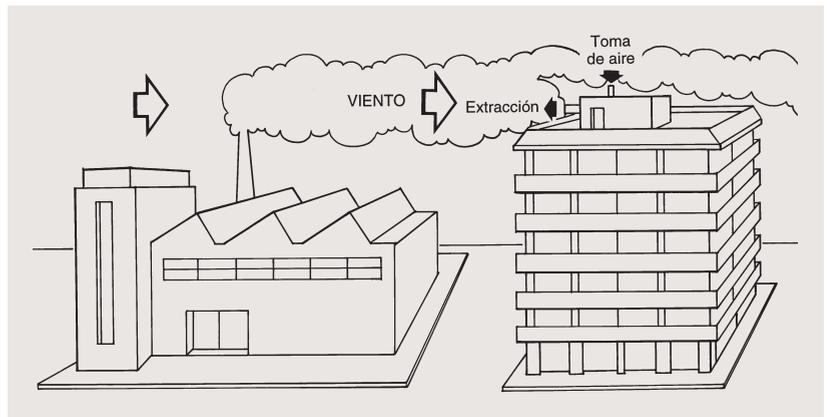
La mayor parte de contaminantes del exterior pueden penetrar en los edificios a través de las tomas de aire, de aberturas no controladas o por una limpieza del aire insuficiente. En el primero de los casos, la entrada de contaminantes se produce porque las tomas de aire exterior están situadas demasiado próximas a los focos de contaminación, por ejemplo: tomas de aire situadas a nivel de una calle con tráfico rodado; tomas de aire excesivamente próximas a la expulsión del sistema o a otras extracciones (lavabos, torres de refrigeración). En el segundo, aire del exterior no tratado se infiltra en el edificio por las grietas y resquicios debidos a una falta de hermeticidad del mismo. En el tercero de los casos, la entrada de contaminación se produce porque los elementos de limpieza instalados no son los adecuados para retener y eliminar del aire los diferentes contaminantes o porque están mal instalados. Todo ello puede verse favorecido por la dirección dominante del viento en la zona.

### **Efectos de la ventilación y la climatización sobre la calidad del aire**

LA CONTAMINACIÓN EXTERIOR PUEDE PENETRAR EN LOS EDIFICIOS A TRAVÉS DE LAS TOMAS DE AIRE DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN.

### *Favorecer el aumento de la contaminación interior*

El régimen de trabajo del sistema de ventilación condiciona el grado en el que se consigue el objetivo de la ventilación que es diluir y eliminar los contaminantes de los espacios interiores. Al iniciar el apartado referente a la ventilación, se comentaba que los regímenes de trabajo de las instalaciones son variables, oscilando desde aquellas que trabajan con el 100% de renovación, es decir, todo el aire es nuevo, con lo que en principio y dependiendo del caudal de aire se debería obtener una correcta dilución de los contaminantes y por supuesto su eliminación; hasta las que trabajan con el 100% de aire reciclado (utilizan el mismo aire una y otra vez), de modo que no sólo no se eliminan los contaminantes, sino que contribuyen a aumentar su concentración. Entre estos extremos se pueden encontrar distintas proporciones de aire nuevo y aire reciclado que tratan de combinar la renovación del aire y el ahorro energético. Cuando los caudales de aire exterior no son suficientes se puede producir este incremento de la concentración de la contaminación interior.



### *Favorecer la dispersión de la contaminación*

En ocasiones, la utilización de un sistema de ventilación general para todo el edificio puede propiciar la dispersión de los contaminantes generados en unas zonas a otras. Fundamentalmente esto ocurre cuando se recicla el aire y no se dispone de los elementos de limpieza del aire adecuados. También puede ocurrir cuando las presiones entre los locales no son las adecuadas, por ejemplo, cuando un local donde se genera un contaminante se encuentra a presión positiva con respecto a los locales adyacentes; esta presión positiva creará un flujo de aire desde el local contaminado a los que se encuentren en las inmediaciones.

*Favorecer la creación de zonas mal ventiladas*

Existen diferentes aspectos que, en mayor o menor medida, pueden contribuir a estas deficiencias en ventilación. Entre los más destacables están: la alteración del equilibrado del sistema de distribución del aire, una selección e instalación de difusores y retornos no adecuados en forma, tamaño y número, así como su operatividad (difusores y retornos tapados por mobiliario u otros elementos), y una compartimentación de los locales en los que no estén siempre contempladas las entradas y salidas del aire.

UN DISEÑO INCORRECTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PUEDE CONTRIBUIR A LA CREACIÓN DE ZONAS A LAS QUE NO LLEGUE EL AIRE LIMPIO.

Debido a un mantenimiento deficiente, el sistema de ventilación y de climatización puede convertirse en foco generador de contaminación, básicamente microbiológica. Para que exista exposición a agentes biológicos deben darse tres circunstancias:

- Debe haber un foco de contaminación o lugar donde los microorganismos se puedan desarrollar. En los sistemas de ventilación y climatización estos focos están representados por las zonas en las que se pueda acumular el agua y la suciedad que sirven como fuente de nutrientes para los microorganismos.
- Debe ocurrir el aumento en número de los microorganismos, esto está asegurado por la continua adición de nutrientes y por la existencia de condiciones ambientales adecuadas (temperatura, humedad, etc.).
- Por último, deben dispersarse en el medio ambiente. El propio funcionamiento del sistema proporciona los mecanismos de dispersión, la masa de aire en movimiento arrastra partículas, sólidas o líquidas, que pueden contener algún contaminante biológico.

Las zonas concretas de la instalación que pueden convertirse en focos de contaminación, son las siguientes: los sistemas de filtración, las unidades de climatización, las torres de refrigeración, el humidificador, los materiales empleados en la fabricación y el aislamiento de los conductos. En todos ellos existe un factor común: el deficiente mantenimiento de las instalaciones. Los filtros que se emplean normalmente sólo retienen materia particulada; a esas partículas pueden ir asociados microorganismos y es, durante las operaciones de sustitución y/o limpieza de los filtros, cuando puede existir un mayor riesgo de exposición a los contaminantes allí retenidos.

Por otra parte, la baja eficacia de retención que tienen los filtros favorece el paso de materia particulada que se acumula

en otras partes del sistema, permitiendo el crecimiento de microorganismos que pueden ser incorporados al flujo de aire. Al refrigerar el aire, el vapor de agua contenido en el mismo puede condensar sobre la superficie del refrigerador, caer directamente al suelo o ser recogido en algún recipiente. El estancamiento del agua, más la suciedad que pudiera estar presente son excelentes caldos de cultivo para el desarrollo de microorganismos. Algo similar podría ocurrir en los equipos suplementarios de climatización distribuidos por el edificio.

EL MANTENIMIENTO DE LAS  
INSTALACIONES PREVIENE LA FORMACIÓN  
DE FOCOS DE CONTAMINACIÓN.

Los equipos humidificadores y las torres de refrigeración o los condensadores evaporativos basados en la pulverización del agua reciclada que procede de depósitos son serios candidatos, si no se realiza un buen mantenimiento del equipo, a convertirse en focos de contaminación microbiológica, en especial de las bacterias del género *Legionella*, ya que en esos equipos encuentran las condiciones idóneas de temperatura, humedad y alimento que permiten su desarrollo y difusión al aire.

Los materiales de construcción y/o aislamiento empleados en el sistema pueden constituir un doble foco de contaminación, por ejemplo, los materiales aislantes porosos y/o fibrosos pueden ser focos de contaminación porque su deterioro, además de liberar sus fibras, permite que se acumule el agua y la suciedad y, por tanto, permitir el desarrollo de microorganismos.

## MEDIDAS DE CONTROL DE LA CALIDAD DE AIRE INTERIOR

La experiencia demuestra que la mayor parte de los problemas que se presentan en ambientes interiores resultan de las decisiones tomadas en la fase de diseño y de proyecto de un edificio. Si bien estos problemas pueden solucionarse mediante la aplicación posterior de medidas de control, es sin duda más efectivo y rentable prever y corregir las posibles deficiencias en la fase de diseño. En el proyecto y construcción de un edificio, en el que participan profesionales de varios campos, como son: arquitectos, ingenieros, constructores, interioristas, se deberían tener en cuenta, los aspectos que contribuirán a eliminar o minimizar, en esta fase, las posibles causas de futuros problemas.

Estos aspectos podrían comprender: la selección y/o evaluación del emplazamiento del edificio, por ejemplo: los vientos dominantes en la zona, los datos de contaminación medioambiental en la zona, las fuentes de contaminación exteriores, la posible contaminación del suelo.; datos que serán de utilidad a

la hora de diseñar el sistema de ventilación o una cimentación más hermética. Y el proyecto arquitectónico que permitirá el control de las aberturas del edificio, la selección de los materiales de construcción y decoración, la selección de los materiales aislantes y de las ventanas, la planificación del espacio interior, la localización de las actividades potencialmente contaminantes y los requisitos del sistema de ventilación y climatización, así como de los elementos de extracción localizada que fueran necesarios.

De la variedad de los posibles focos de emisión de los contaminantes se desprende la multiplicidad de acciones que se pueden emprender para su control. En términos generales, estas medidas se pueden resumir en la combinación de acciones sobre el foco emisor del contaminante, en acciones sobre el medio en el que se dispersa el contaminante, fundamentalmente sobre la ventilación, y en mejoras en las operaciones de mantenimiento. Atendiendo a su eficacia, desde el punto de vista de la prevención, las medidas de control se pueden clasificar en el siguiente orden: son más eficaces las acciones que se toman sobre el foco emisor que las que se aplican al medio en el que se dispersa el contaminante y éstas más que las que tienen como objeto al receptor; no obstante, la práctica revela que muchas de ellas son de aplicación simultánea y complementaria.

Son las acciones tendentes a evitar o minimizar la emisión del contaminante al ambiente del espacio de trabajo. Son acciones que se pueden aplicar antes de la instalación de los materiales y equipos de trabajo, inmediatamente tras su instalación y en el mismo punto de generación del contaminante.

---

**Acciones sobre el foco emisor***Selección de materiales y equipos*

Las características de los materiales, los productos y los equipos utilizados en las actividades normales de trabajo son de gran interés a la hora de prevenir posibles problemas de contaminación en el interior de los edificios. Es posible reducir los niveles ambientales de compuestos químicos utilizando materiales, equipos o mobiliario sobre los que se conozcan las tasas de emisión de estos compuestos, y seleccionando aquellos que las tengan más bajas. En la actualidad, y a pesar de que algunas instituciones y laboratorios han realizado estudios sobre este tema, la información disponible sobre las tasas de emisión de contaminantes de los materiales es escasa; esta escasez se ve, además, agravada por el gran número de productos en uso y su variabilidad en el tiempo.

En tanto se amplía el grado de conocimiento y avanza la regulación legislativa en este campo, son los profesionales los que

tienen que decidir qué materiales o productos son los más adecuados para ser instalados en los edificios. A continuación, se detallan algunas indicaciones que pueden ayudar a tomar una decisión:

- Se debería disponer de la información sobre la composición química del producto y las tasas de emisión de contaminantes, así como de la información relativa a los aspectos que hacen referencia a la salud, la seguridad y el bienestar de los ocupantes, información que debería ser proporcionada por el fabricante del producto.
- Se deberían seleccionar los productos y los materiales con la menor tasa posible de emisión de contaminantes, prestando especial atención a la presencia de compuestos cancerígenos, teratógenos, irritantes, tóxicos sistémicos y odoríferos.
- Se debería especificar y restringir el uso de adhesivos o de materiales que presenten grandes superficies de emisión o absorción, por ejemplo: materiales porosos, textiles, fibras no recubiertas.

#### *Eliminación*

Este término implica la total desaparición del contaminante y de sus focos de emisión, el ejemplo más claro es la prohibición de fumar en los locales de trabajo. También es de aplicación esta medida para el control de los contaminantes biológicos, en este caso se trata de eliminar aquellos materiales ya contaminados o que por sus características permiten el desarrollo de dichos agentes, pero también de eliminar o modificar aquellos aspectos que van a favorecer el aumento de su número, por ejemplo, la acumulación de suciedad, que les sirve de alimento, y las condiciones ambientales, sobre todo humedad y temperatura, que condicionan su presencia en un espacio de trabajo. En algunos casos la eliminación de un producto lleva asociada su sustitución por otro de características similares, pero siempre el nuevo producto debe suponer un menor peligro para los usuarios.

#### *Aislamiento*

Comprende todas aquellas acciones que pretenden la separación física entre el contaminante y el receptor, por ejemplo: separación, contención, encapsulamiento, recubrimiento, sellado, etc. Algunas de ellas llevan asociado un sistema de extracción localizada para la eliminación, por expulsión al exterior, del contaminante generado. Otras implican la utilización de productos para el recubrimiento de las superficies y de esta manera evitar la emisión del contaminante. Los productos sellantes pue-

den ser aplicados por el fabricante antes de la venta de los materiales o tras su instalación.

Una de sus aplicaciones más frecuentes es el recubrimiento de mobiliario o productos de madera prensada; su finalidad es reducir la emisión de formaldehído, dependiendo del producto, el objetivo se consigue: impidiendo la emisión de formaldehído, evitando la acción de la humedad o reaccionando con el formaldehído para formar compuestos inertes. Existen dos tipos principales de recubrimientos: finas láminas de material que se adhieren a las superficies y compuestos líquidos que solidifican tras los procesos de secado y curado. Para conseguir la máxima efectividad estos recubrimientos deben aplicarse en todas las superficies incluidos los bordes. No se debe olvidar que estos productos emiten otros compuestos orgánicos volátiles, fundamentalmente durante las fases de secado y curado.

#### *Otras acciones en el foco*

El momento de mayor emisión de contaminantes por parte del mobiliario es durante los primeros días y semanas tras su fabricación, distribución e instalación, por lo tanto, las medidas preventivas serán más eficaces durante estas etapas. Esta acción requeriría la colaboración de los fabricantes permitiendo la liberación y eliminación de contaminantes almacenándolos en locales bien ventilados. Una vez distribuidos y durante su instalación también es recomendable mantener el edificio bien ventilado, sin reciclar el aire, para acabar de eliminar el máximo contaminante posible.

En algunas ocasiones se ha llevado a cabo un procedimiento para eliminar la contaminación generada por los materiales y productos aplicados una vez ha finalizado la decoración del edificio y antes de su ocupación. Este procedimiento denominado *bake out* consiste en incrementar la temperatura del edificio hasta niveles que supongan la máxima emisión de compuestos orgánicos volátiles y eliminar dichos contaminantes utilizando el sistema de ventilación. Este proceso puede durar varios días, el objetivo es conseguir, en esos pocos días, lo que tardaría meses o años en ocurrir; la práctica revela resultados variables dependiendo de los materiales implicados y del procedimiento desarrollado.

Lo que caracteriza los ambientes interiores es la existencia de numerosos focos de contaminación dispersos por todo el espacio, algunos de ellos móviles (los ocupantes), que emiten diversos tipos de contaminantes, lo que da como resultado una mezcla muy compleja de contaminantes en concentraciones ba-

---

**Acciones sobre el medio**

jas. Frente a esta situación y sin descuidar las medidas mencionadas hasta aquí, la ventilación general por dilución es una de las medidas más eficaces para el control de la calidad de aire interior.

#### *Ventilación general por dilución*

Al describir las medidas de control de la calidad de aire interior se ha mencionado en varios casos la estrecha relación que existe entre esas medidas y el sistema de ventilación. Por tanto el diseño y selección del sistema de ventilación y climatización estará condicionado por las características del edificio, fundamentalmente: su ubicación, que dará idea de las posibles fuentes de contaminación exterior; el fin al que está destinado, que permitirá definir las actividades que se lleven a cabo en el edificio y los posibles focos de contaminación interior; y el número de ocupantes, que debe contemplar los trabajadores y el público que puede acudir a esas instalaciones. Cada uno de esos aspectos influirá en las características de las distintas partes del sistema.

Al describir el sistema de ventilación y climatización se han analizado las posibles causas o deficiencias que pueden contribuir al deterioro de la calidad del aire interior; en muchos casos, la descripción de la deficiencia sugiere qué medidas preventivas y de control se deberían aplicar. En este apartado se trata de dar una visión de conjunto de todas esas medidas.

El primer paso es conocer la calidad del aire exterior, determinada por el tipo de entorno del edificio (urbano, rural, etc.) y las fuentes de contaminación. Esta información, junto con la decisión sobre la calidad del aire que se desea obtener en el interior, permitirá seleccionar los sistemas de limpieza del aire más idóneos y sus eficacias de captación. La elección de los sistemas de limpieza del aire está ligada a la selección del ventilador, de manera que éste debe tener potencia suficiente para proporcionar los caudales de aire necesarios y para vencer las pérdidas de carga que puedan suponer los distintos elementos del sistema de ventilación y climatización.

Una de las razones del deterioro de la calidad del aire interior era la entrada de contaminación proveniente del exterior. Para prevenir esta posibilidad hay que tener en cuenta: la ubicación y orientación de las tomas de aire exterior, las aberturas no controladas del edificio y los sistemas de limpieza del aire. En términos generales, las acciones preventivas consistirían en las siguientes:

- Ubicar las tomas de aire exterior en las zonas donde el aire esté más limpio, normalmente esa zona corresponde a las azoteas debido al factor dilución que supone la atmósfera. In-

dependientemente del lugar en el que estén situadas, las tomas de aire deben estar protegidas con rejillas y otros elementos que impidan la entrada de animales y agua al sistema.

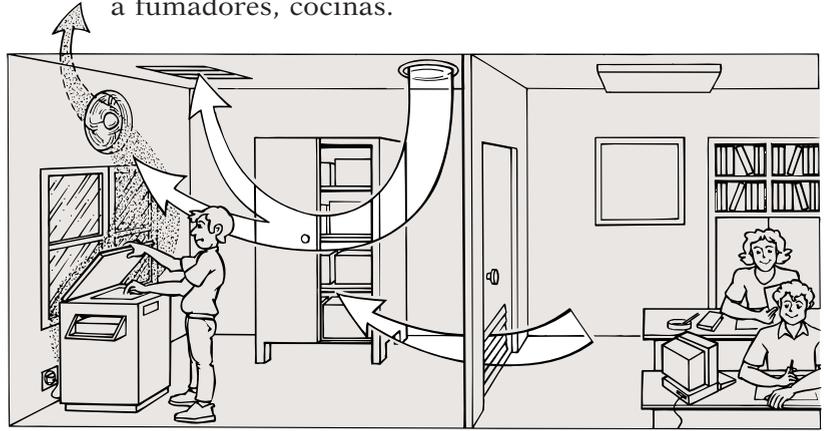
- Las tomas de aire exterior deben orientarse de manera opuesta a la expulsión del sistema, alejada de la misma así como de otras extracciones del edificio y teniendo en cuenta la dirección de los vientos dominantes en la zona.
- La infiltración del aire no tratado a través de las aberturas del edificio se puede prevenir sellando las grietas y/o diseñando el sistema de ventilación para que trabaje a ligera presión positiva respecto de la atmosférica, de manera que el exceso de aire introducido en el edificio tienda a salir por todas las aberturas.
- Como se ha indicado anteriormente, la selección de los elementos de limpieza del aire estará condicionada por la contaminación exterior y el grado de limpieza que se desea obtener. Con respecto a los filtros, es recomendable instalar, como mínimo, un prefiltro para materia particulada gruesa y un filtro para partículas finas. El número y ubicación de estos elementos dependerá de las características del sistema.

Otras razones del deterioro de la calidad del aire interior eran el incremento de la contaminación y la dispersión de los contaminantes en el edificio. El Real Decreto 486/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo establece, en su anexo III, que la renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 metros cúbicos de aire limpio por hora y trabajador, en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y de 50 metros cúbicos, en los casos restantes, a fin de evitar el ambiente viciado y los olores desagradables.

Asimismo, establece que el sistema de ventilación empleado y, en particular, la distribución de las entradas de aire limpio y salidas de aire viciado deberán asegurar una efectiva renovación del aire del local de trabajo. Por lo tanto, el diseño del sistema de ventilación, en particular el cálculo del caudal de aire exterior total, debe basarse en el grado de ocupación estimada del edificio. Es recomendable que el sistema disponga de reguladores que permitan modificar los caudales en función de las necesidades, por ejemplo, en edificios en los que haya atención al público.

El sistema de ventilación debe asegurar en todo momento los caudales de ventilación establecidos y debe proporcionarlos siempre que el edificio esté ocupado, incluidas las operaciones de limpieza u otros trabajos que se realicen en el edificio. De-

pendiendo de la actividad, en el edificio pueden existir zonas en las que se generen determinados contaminantes, por ejemplo: pequeñas imprentas, salas de fotocopiadoras, salas destinadas a fumadores, cocinas.



Cuando el sistema de ventilación es general para todo el edificio y se recicla una parte del aire de los locales, es el propio sistema el encargado de dispersar los contaminantes generados en esas zonas al resto de los locales. Las posibles soluciones consistirían en dotar a esas zonas de sistemas de ventilación independientes, instalar sistemas de extracción localizada en el foco de contaminación y/o provocar una ligera presión negativa en esos locales, mediante la instalación de extractores suplementarios, de manera que el aire entrara en esas zonas desde los locales adyacentes, impidiendo, por tanto, la salida de los contaminantes.

Otro aspecto es el que hace referencia a la posibilidad de que la distribución del aire permita la creación de zonas donde no se produzca la renovación del aire; existen diferentes razones que lo explican: el desequilibrado del sistema de distribución del aire debido a la modificación o cierre de los registros, una deficiente selección de los difusores y retornos o una mala compartimentación de los espacios.

El equilibrado del sistema de ventilación consiste en que por cada difusor entre la cantidad de aire establecida en la fase de diseño y que debe corresponder al grado de ocupación del local. Esta operación debe realizarse tras la instalación del sistema de ventilación y, si no se modifica la posición de los reguladores en los conductos de distribución ni en los registros de entrada y salida del aire, debería mantenerse.

Una de las medidas más importantes en prevención es el mantenimiento, pero lo es en especial medida cuando se trata de las instalaciones de ventilación y climatización. Al describir

estos sistemas, se ha comentado la posibilidad de que distintas partes de los mismos pudieran convertirse en focos de contaminación, principalmente microbiológica. Un programa de mantenimiento preventivo efectivo permitirá asegurar que el sistema de ventilación está trabajando de acuerdo con las especificaciones de diseño, reducirá las operaciones de mantenimiento no previstas y mantendrá los requisitos proyectados; asimismo, evitará que se den las circunstancias que permiten el desarrollo microbiológico.

Para mantener el adecuado funcionamiento, los diferentes componentes del sistema de ventilación deberán ser inspeccionados, limpiados, calibrados o reemplazados según las necesidades. Estas actuaciones se realizarán en los siguientes componentes: los filtros del aire y sus juntas, las bandejas de drenaje, los serpentines de calefacción y de refrigeración, las torres de refrigeración, difusores y retornos, reguladores, sensores, ventilador, humidificadores, etc. Todos estos elementos deberán tener un acceso suficiente para poder realizar el trabajo.

En el Real Decreto 1751/1998, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE), se establecen las condiciones que deben cumplir estas instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria.



# Carga física: esfuerzos, posturas, movimientos repetitivos y lumbalgias

9

## INTRODUCCIÓN

El trabajo es una actividad en la que, ante las exigencias de una tarea, el individuo pone en marcha una serie de recursos, capacidades, habilidades, etc.; unas conductas, en definitiva, tanto físicas como psíquicas, con el objeto de dar satisfacción a los requerimientos de esa tarea. Históricamente, el trabajo implicaba la realización de muchas tareas de carácter físico; esto requería del trabajador una mayor utilización de sus capacidades físicas que de sus capacidades psíquicas, pero actualmente esta relación se ha invertido. Tras la mecanización y la automatización, son las máquinas las que ejecutan el trabajo físico que antes realizaban las personas. No obstante, todavía existen numerosas actividades en las que el trabajo físico que se realiza es importante y en las que un inadecuado diseño de ese trabajo puede provocar en el trabajador situaciones de disconfort, insatisfacción e incluso puede posibilitar la aparición de diversas patologías. Por esto, la Ergonomía estudia las características y el contenido del trabajo (qué intensidad es necesaria, qué tipo de esfuerzos requiere, qué grupos musculares están implicados en la ejecución de la tarea, qué posturas han de adoptarse, etc.); estudia también las condiciones ambientales (ruido, calor, vibraciones, etc.) y las condiciones de organización (ritmos de trabajo, pausas, etc.) en las que se realiza ese trabajo; además, estudia las características individuales que pueden tener algún tipo de incidencia en la ejecución del trabajo, tales como el sexo, la edad, la condición física, el grado de adiestramiento, el estilo de vida y de alimentación. Así, a partir del estudio de las características de los individuos, la Ergonomía se ocupa de señalar las condiciones o las medidas que debe reunir el trabajo, tanto para su correcta ejecución como para evitar consecuencias molestas y/o perjudiciales sobre los individuos. Este capí-

tulo tratará de las consecuencias perjudiciales (patologías) del trabajo físico que con más frecuencia se dan en los trabajadores, de la generación de esas patologías, de su evaluación y de las medidas preventivas que deberían tomarse para evitar que se den ese tipo de consecuencias. Se hablará también de la fatiga muscular, de las lesiones en la extremidad superior y de las lumbalgias. En general, las causas que están implicadas en la aparición de estos tipos de consecuencias son bastante similares (la realización de grandes esfuerzos continuados, estáticos y dinámicos, la adopción de posturas forzadas, la repetición de un determinado esfuerzo, los escasos tiempos de descanso y recuperación), así como también las medidas preventivas necesarias para evitarlas. Sin embargo, dichas causas difieren en importancia, en la generación de cada patología, en el nivel de aparición de esa patología (general o localizada), o en las partes del aparato locomotor que se ven afectadas (huesos, músculos, articulaciones), o en su forma de evaluación.

## CARGA FÍSICA DE TRABAJO

Podemos definir la carga física de trabajo como el conjunto de requerimientos físicos a los que se ve sometida la persona a lo largo de su jornada laboral. Esos requerimientos físicos suponen la realización de una serie de esfuerzos; así, todo trabajo requiere por parte del operario un consumo de energía tanto mayor cuanto mayor sea el esfuerzo solicitado. Al consumo de energía producido como consecuencia del trabajo lo denominamos “metabolismo de trabajo”. Respecto al consumo de energía admisible para una actividad física profesional repetida durante varios años, se fija un metabolismo de trabajo de 4 kilocalorías/minuto. A partir de este valor se considera que el trabajo puede representar una carga física considerable para la persona trabajadora.

La Norma UNE-EN ISO 8996 establece la siguiente clasificación de la tasa metabólica media (sólo considera  $W/m^2$  y  $W$ ):

- Bajo:  $100 W/m^2$ , 180 W, 2,6kc/min
- Moderado:  $165 W/m^2$ , 295 W, 4 kc/min
- Alto:  $230 W/m^2$ , 415 W, 6kc/min
- Muy alto:  $290 W/m^2$ , 520 W, 8 kc/min

Hay que tener en cuenta aquellos factores que pueden modificar la capacidad física de trabajo (referida al límite fisiológico) pudiendo destacar entre ellos aquellos factores que influyen como son: el entrenamiento, el sexo, la edad y la constitución física, y aquellos factores que la agravan como son: la carga mental y situaciones de estrés, la utilización de determinadas

protecciones personales (por ejemplo, delantales de plomo en personal de radiología), la mala alimentación, el trabajo a turnos y nocturno y las situaciones ambientales desfavorables (en caso de calor puede darse un incremento del consumo metabólico de hasta 10 W/m<sup>2</sup> y en caso de situaciones de frío, de hasta 200 W/m<sup>2</sup>).

En relación con la carga de trabajo se encuentra el concepto de “fatiga” que es la consecuencia de una carga de trabajo excesiva. La generación de fatiga está relacionada con la superación de unos máximos de consumo de energía, pero también depende del tipo de trabajo muscular que deba realizarse.

Distinguimos dos tipos de esfuerzos musculares totalmente diferentes, aunque en la práctica la frontera entre ellos no es fácil de determinar, que son:

- Esfuerzo muscular estático.
- Esfuerzo muscular dinámico.

El trabajo muscular lo calificamos de estático cuando la contracción de los músculos, puestos en acción, es continua y se mantiene durante un cierto periodo de tiempo. A este tipo de esfuerzo corresponderían las contracciones musculares isométricas. El trabajo dinámico produce una sucesión periódica de tensiones y relajamientos de los músculos de muy corta duración. A este tipo de esfuerzo corresponderían las contracciones musculares isotónicas. Estas contracciones musculares requieren un aporte de energía y de oxígeno para realizarse y producen, a su vez, unos residuos obtenidos como consecuencia del trabajo, que se han de evacuar. Todo ello se realiza a través de la sangre.

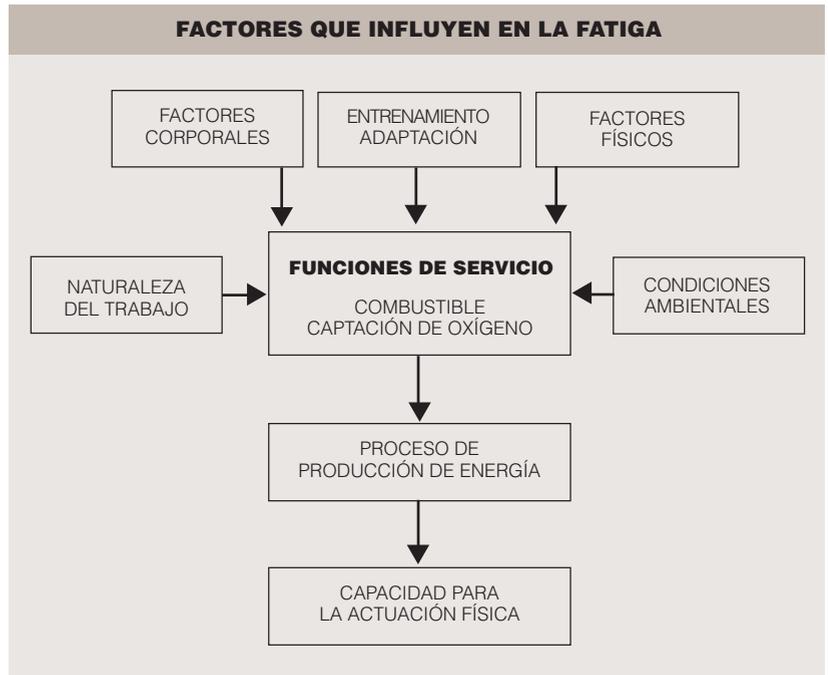
Podemos definir la fatiga como la disminución de la capacidad física del individuo, después de haber realizado un trabajo, durante un tiempo determinado. La fatiga constituye un fenómeno complejo que se caracteriza porque el operario baja el ritmo de actividad, nota cansancio, los movimientos se hacen más torpes e inseguros y va acompañada de una sensación de malestar e insatisfacción. Además, se produce una disminución del rendimiento en cantidad y calidad. La fatiga puede responder a múltiples factores dependientes tanto del individuo como de las condiciones de trabajo y circunstancias acompañantes.

Vamos a ver, a continuación, los factores locales inductores de fatiga en el caso del trabajo muscular. Se sabe que, durante un trabajo isométrico, la máxima fuerza de contracción (MFC) puede ser mantenida sólo unos segundos; una fuerza de contracción que represente el 50% de la MFC se aguanta un minuto y el 10-

LA POTENCIA MUSCULAR MÁXIMA PUEDE SER DESARROLLADA ENTRE LOS 25 Y 35 AÑOS.

---

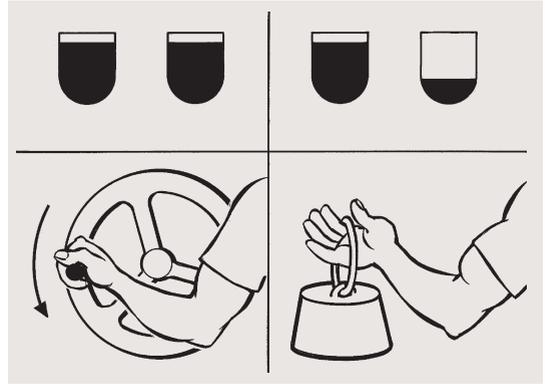
## Fatiga muscular



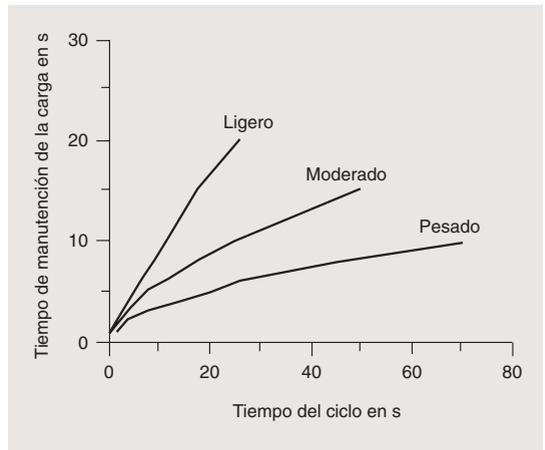
15% de la MFC se puede mantener indefinidamente. Tradicionalmente, se ha considerado que el origen de la fatiga muscular se halla en el aporte de sangre al músculo (irrigación sanguínea). Como se ha comentado anteriormente, la contracción muscular requiere un aporte de energía y de oxígeno para realizarse y produce, a su vez, unos desechos (dióxido de carbono, ácido láctico) que se han de eliminar. En el caso de un esfuerzo estático, conforme aumentamos la fuerza desarrollada, más difícil es el aporte sanguíneo al músculo, dado que éste comprime los vasos sanguíneos que se hallan en su interior, disminuyendo e incluso anulando el riego. La falta de oxígeno derivada de esta situación lleva a la utilización de la vía anaeróbica para la obtención de energía, utilizando las limitadas reservas de glicógeno hasta agotarlas, y a la producción aumentada del ácido láctico con la consiguiente acumulación local del mismo. Además, y esto es casi lo más importante, los residuos no pueden ser eliminados y se acumulan, desencadenando un dolor agudo, típico de la fatiga muscular, que nos fuerza a interrumpir el trabajo. En general, una contracción muscular superior a un 25-30% de la CMV (capacidad máxima ventilatoria) produce un decrecimiento del flujo sanguíneo. Éste llega a anularse si dicha contracción supera el 70% de la CMV.

Cuando se trata de un trabajo dinámico, la sucesión de contracciones y relajamientos actúa a modo de una bomba sobre

la circulación sanguínea; las contracciones facilitan la expulsión de la sangre, mientras que las relajaciones consecutivas permiten una nueva irrigación del músculo. El músculo está, por tanto, bien irrigado al aumentar la circulación sanguínea y, al mismo tiempo, los residuos producidos son eliminados con mayor rapidez, impidiéndose su concentración. En resumen, la máxima cantidad de trabajo que puede realizar un músculo está condicionada por el ritmo de trabajo, la tensión muscular y la circulación sanguínea. La aparición, por consiguiente, de la fatiga estará relacionada con el mantenimiento de la irrigación y, en definitiva, con el aporte de oxígeno a la célula muscular. De forma general, la máxima capacidad de trabajo muscular que puede efectuar un trabajador se determina a partir de su máxima potencia aeróbica, entendida como la mayor cantidad de oxígeno (en l/min) que dicho trabajador puede obtener durante el trabajo, mientras respira a nivel del mar. Utilizando esta variable, se han establecido las siguientes conclusiones:



- Al final de la jornada laboral aparecerán signos de fatiga cuando la carga de trabajo sea superior al 30-40% de la máxima capacidad aeróbica del individuo.
- La frecuencia de contracción dependerá del esfuerzo requerido al grupo muscular. Se pasará de poder realizar, sin fatiga, de 10 a 30 contracciones por minuto, si se va de un esfuerzo del 80% de MCV a otro del 60%.
- Es importante organizar el trabajo de forma que las pausas y la frecuencia y contenido de las comidas permitan una suficiente recuperación de la energía y una adecuada limpieza del tejido muscular.



Antes se ha comentado que unas exigencias físicas de trabajo que sobrepasen las capacidades del individuo (sobrecarga de trabajo) pueden llevar a éste a una situación de fatiga muscular entendida como una disminución progresiva de la capacidad de seguir realizando el trabajo en las mismas condiciones. Cuando esta situación se mantiene durante tiempo, la fatiga no solamente puede tener efec-

LA FATIGA SE RECUPERA MEDIANTE UNA ADECUADA ORGANIZACIÓN DE LAS PAUSAS

to sobre el/los músculo/s directamente implicado/s en la ejecución del trabajo, sino que puede entrañar una fatiga de músculos que no han realizado un trabajo e incluso del sistema nervioso. Así, se pasaría de una fatiga normal, que implica un deterioro pasajero de la capacidad de trabajo de ciertas partes del cuerpo y que es fácilmente reversible a través del descanso, a una fatiga crónica o patológica con graves repercusiones de carácter general sobre el cuerpo humano, y difícilmente reversible.

### **Evaluación de la carga física**

Toda actividad física entraña un consumo energético susceptible de ser medido. Según el nivel de exactitud que queramos conseguir, los métodos de estudio de la carga física, tal como se apunta en la Norma Española UNE-EN ISO 8996 «Ergonomía del ambiente térmico. Determinación de la tasa metabólica», pueden agruparse en cuatro categorías, de menor a mayor precisión:

NIVEL 1, tanteo: los métodos al uso serían a su vez dos: uno basado en la estimación a partir de la ocupación; el otro, en función de la profesión. La precisión de la estimación es, en este caso, muy deficiente, no requiriendo el estudio del puesto de trabajo sino tan sólo una información sobre la maquinaria utilizada y sobre la organización del trabajo.

NIVEL 2, observación: en este nivel seguimos basándonos en la estimación del consumo energético a partir de unas tablas de valores estándar que se aplicarán después de un estudio detallado del puesto de trabajo y su descomposición en actividades elementales. La posibilidad de error es elevada, siendo la precisión de un 20%. En este caso, es necesario el estudio de los tiempos, ya que se determina por la suma de los valores del consumo metabólico basal, de la postura, del tipo de trabajo y del movimiento del cuerpo relacionado con la velocidad de trabajo.

NIVEL 3, análisis: es un método para ser aplicado por personas especialistas. La tasa metabólica se determina a partir del ritmo cardíaco. Este método está basado en la relación entre el consumo de oxígeno y el ritmo cardíaco, en condiciones específicas.

NIVEL 4, actuación experta: este nivel contempla tres métodos que deben ser aplicados por personas expertas. El método de consumo de oxígeno, en el que se determina el metabolismo por una medición directa sobre el individuo; es necesario un estudio detallado de los tiempos y los movimientos. El método del agua doblemente marcada está concebido para determinar la tasa metabólica media durante periodos prolongados. El tercero es un método calorimétrico directo que mide el consumo de energía como función de la rapidez con que el cuerpo disipa calor en el entorno.

### CLASIFICACIÓN DEL METABOLISMO POR TIPO DE ACTIVIDAD

#### TASA METABÓLICA MEDIA

CLASE	Wm <sup>2</sup>
Reposo	65
Metabolismo ligero	100
Metabolismo moderado	165
Metabolismo elevado	230
Metabolismo muy elevado	290

#### EJEMPLOS

##### • Metabolismo ligero

Sentado con comodidad: trabajo manual ligero (escritura, escribir a máquina, dibujo, costura, contabilidad); trabajo con manos y brazos (pequeños útiles de mesa, inspección, ensamblaje o clasificación de materiales ligeros); trabajo de brazos y piernas (conducir un vehículo en condiciones normales, maniobrar un interruptor con el pie o con un pedal).

De pie: taladradora (piezas pequeñas); fresadora (piezas pequeñas); bobinado; enrollado de pequeños revestimientos; mecanizado con útiles de baja potencia; marcha ocasional (velocidad hasta 2,5 km/h).

##### • Metabolismo moderado

Trabajo mantenido de manos y brazos (claveteado, llenado); trabajo con brazos y piernas (maniobras sobre camiones, tractores o máquinas); trabajo de brazos y tronco (trabajo con martillo neumático, acoplamiento de vehículos, enyesado, manipulación intermitente de materiales moderadamente pesados, escarda, bina, recolección de frutos o de legumbres); empuje o tracción de carretas ligeras o de carretillas; marcha a una velocidad de 3,5 a 5,5 km/hora; forjado.

##### • Metabolismo elevado

Trabajo intenso con brazos y tronco; transporte de materiales pesados; trabajos de cava; trabajo con martillo; serrado; laminación acabadora o cincelado de madera dura; segar a mano; excavar; marchar a una velocidad de 5,5 a 7 km/hora.

Empuje o tracción de carretas o de carretillas muy cargadas, levantar las virutas de piezas moldeadas, colocación de bloques de hormigón.

##### • Metabolismo muy elevado

Actividad muy intensa a marcha rápida cercana al máximo; trabajar con el hacha; acción de palear o de cavar intensamente; subir escaleras, una rampa o una escalera; andar rápidamente con pasos pequeños, correr, andar a una velocidad superior a 7 km/h.

### CLASIFICACIÓN DEL METABOLISMO SEGÚN LA PROFESIÓN

Profesión	Metabolismo W/m <sup>2</sup>	Profesión	Metabolismo W/m <sup>2</sup>	Profesión	Metabolismo W/m <sup>2</sup>
<b>ARTESANOS</b>		<b>INDUSTRIA SIDERÚRGICA</b>		<b>AGRICULTURA</b>	
Albañil .....	110 a 160	Obrero de altos hornos .....	170 a 220	Jardinero .....	115 a 190
Carpintero .....	110 a 175	Obrero de horno eléctrico .....	125 a 145	Conductor de tractor ....	85 a 110
Vidriero .....	90 a 125	Moldeador a mano ....	140 a 240	<b>TRANSPORTE</b>	
Pintor .....	100 a 130	Moldeador a máquina	105 a 165	Conductor de automóvil	70 a 100
Panadero .....	110 a 140	Fundidor .....	140 a 240	Conductor de autocar ..	75 a 125
Carnicero .....	105 a 140	<b>INDUSTRIAL DEL METAL</b>		Conductor de tranvía ....	80 a 115
Relojero .....	55 a 70	Herrero .....	90 a 200	Conductor de grúa .....	65 a 145
<b>TRABAJO DE OFICINA</b>		Soldador .....	75 a 125	<b>PROFESIONES DIVERSAS</b>	
Trabajo sedentario .....	55 a 70	Tornero .....	75 a 125	Laborante .....	85 a 100
Trabajo administrativo .....	70 a 100	Fresador .....	80 a 140	Profesor .....	85 a 100
Conserje .....	80 a 115	Mecánico de precisión	70 a 110	Dependiente de comercio .....	100 a 120
<b>INDUSTRIA MINERA</b>		<b>ARTES GRÁFICAS</b>		Secretario .....	70 a 85
Empujador de vagonetas .....	70 a 85	Compositor manual ....	70 a 95		
Picador de carbón .....	110	Encuadernador .....	75 a 100		
Obrero de horno de coque .....	115 a 175				

<b>SUPLEMENTO PARA LA TASA METABÓLICA EN FUNCIÓN DE LA POSTURA CORPORAL</b>	
Valores excluyendo el metabolismo basal	
Postura del cuerpo	Metabolismo (W/m <sup>2</sup> )
Sentado	0
Arrodillado	10
En cucuillas	10
De pie	15
De pie inclinado	20

<b>TASA METABÓLICA PARA UN INDIVIDUO SENTADO, EN FUNCIÓN DE LA CARGA DE TRABAJO Y LA PARTE DEL CUERPO IMPLICADA</b>		
Tipo de trabajo	Metabolismo (W/m <sup>2</sup> )	
	Valor medio	Intervalo
Trabajo con las dos manos		
ligero	70	< 75
medio	85	75 - 90
pesado	95	> 90
Trabajo con un brazo		
ligero	90	< 100
medio	110	100 - 120
pesado	130	> 120
Trabajo con los dos brazos		
ligero	120	< 130
medio	140	130 - 150
pesado	160	> 150
Trabajo con el cuerpo entero		
ligero	180	< 210
medio	245	210 - 285
pesado	335	> 285

<b>EJEMPLOS DE METABOLISMO PARA ALGUNAS ACTIVIDADES ESPECÍFICAS</b>	
ACTIVIDAD	Metabolismo (W/m <sup>2</sup> )
Descanso, sentado	55
Descanso, de pie	70
Caminar en horizontal en suelo llano y firme:	
a) sin carga a 2 Km/h	110
a 5 Km/h	200
b) con carga 10 Kg. 4 Km/h	185
30 Kg. 4 Km/h	250
Caminar cuesta arriba en suelo liso y firme	
a) sin carga inclinación de 5°, a 4 Km/h	180
b) con carga de 20 Kg	
inclinación de 15°, 4 Km/h	270
inclinación de 25°, 4 Km/h	410
Empujar o tirar de una vagoneta, 3,6 Km/h, suelo firme y llano	
fuerza de empuje: 12 Kg	290
fuerza de tiro: 16 Kg	375
Empujar una carretilla, suelo llano, 4,5 Km/h, ruedas de goma, 100 Kg de carga	230
Trabajo de carpintería	
Serrado a mano	220
Serrado a máquina	100
Colocar ladrillos, 5 ladrillos/minuto	170
Cavar una zanja	290
Actividad sedentaria (laboratorio, oficinas)	70
De pie, actividad ligera (laboratorio, industria ligera)	95
De pie, actividad media (dependiente, trabajo con máquina)	115
Trabajo con herramienta manual	
ligero (pulido ligero)	100
medio (pulido)	160
pesado (taladro pesado)	230

La estimación del metabolismo, según el tipo de actividad, nos permite dividir los puestos de trabajo en cinco categorías, según el gasto energético: Descanso - bajo - moderado - elevado - muy elevado.

La estimación del metabolismo según la profesión se realiza a partir de unos valores estándar calculados para diversas profesiones. En esta clasificación no se tienen en cuenta las distintas metodologías utilizadas, las herramientas y procesos de trabajo, etc. En el método de la estimación del metabolismo, a par-

tir de tablas de valores estándar, el metabolismo de trabajo se determina a partir del estudio de las diferentes actividades que componen su trabajo diario, siendo su valor el resultado de la suma de los siguientes parámetros:

- metabolismo de base
- posturas
- tareas
- desplazamientos

La estimación del metabolismo por medición directa se basa en el estudio del consumo de oxígeno. Dado que nuestro organismo no es capaz de almacenar más que una muy pequeña cantidad de oxígeno, éste debe ser obtenido del aire de forma continua por medio de la respiración. Se ha demostrado que el consumo de oxígeno es función lineal del gasto energético, siendo además la dispersión muy reducida, de forma que todos los sujetos consumen la misma cantidad de oxígeno para un nivel energético determinado.

Este método es, con mucho, el más preciso. Sin embargo, presenta una serie de inconvenientes (utillaje engorroso, interferencia con las tareas habituales) que lo hacen poco aceptable por parte del trabajador. La estimación del metabolismo por medición indirecta se utiliza en aquellos casos en los que se quiere estudiar un trabajo de predominio dinámico, siempre y cuando se controlen las variables de estrés térmico y de carga mental. El análisis de la carga física mediante la frecuencia cardiaca es altamente satisfactorio.

A partir de la medición individualizada de la frecuencia cardiaca durante la jornada laboral, y gracias a unos valores de referencia, nos será posible clasificar los puestos de trabajo según su penosidad o carga de trabajo. Sirvan como muestra los criterios de Frimat y los de Chamoux consignados en las tablas de coeficientes de penosidad.

Para evitar llegar a una situación de fatiga es conveniente la adopción de algunas medidas preventivas tales como:

- La mejora de métodos y medios de trabajo.
- La administración de tiempos de trabajo. Para conseguir una mejora de los métodos y medios de trabajo y una mejor adecuación entre los músculos que el operario pone en juego y la tarea que se debe realizar, hay que adecuar para cada actividad muscular aspectos como los siguientes:

El ritmo de las operaciones (por ejemplo, para un trabajo de carga o descarga con pala manual, el rendimiento óptimo se obtiene con 12-15 paladas por minuto y con una carga de 8-10 kg).

---

## **Prevención de la fatiga**

### TABLA DE LOS COEFICIENTES DE PENOSIDAD, SEGÚN LOS CRITERIOS DE FRIMAT

Tabla de los coeficientes de penosidad, según los criterios de FRIMAT

COEFICIENTE DE PENOSIDAD					
	1	2	4	5	6
FCM	90-94	95-99	100-104	105-109	>110
$\Delta FC$	20-24	25-29	30-34	35-39	>40
FCM Máx.t	110-119	120-129	130-139	140-149	>150
CCA	10	15	20	25	30
CCR	10%	15%	20%	25%	30%

En donde:

- FCB = Frecuencia cardiaca basal o de reposo
- FCM = Frecuencia cardiaca media
- FCMáx.t = Frecuencia cardiaca máxima teórica  
FC Máx.t = 220 - edad (en años)
- CCA = Costo cardiaco absoluto  
CGA = FCM - FCB
- CCR = Costo cardiaco relativo  
CCR = (CCA/FCMáx.t - FCB)
- $\Delta FC$  = Aceleración de la frecuencia cardiaca  
 $\Delta FC = FCMáx.t - FCM$

Valoraciones de las puntuaciones:

La determinación de la puntuación se efectuará mediante la suma de los coeficientes correspondientes a los cinco parámetros medidos (FCM,  $\Delta FC$ , FCMáx.t, CCA, CCR).

25 puntos: extremadamente duro

24 puntos: muy duro

22 puntos: duro

20 puntos: penoso

18 puntos: soportable

14 puntos: ligero

12 puntos: muy ligero

<=10 puntos: carga física mínima

Criterios de CHAMOUX. Permiten clasificar directamente la penosidad del trabajo en función del costo cardiaco absoluto y del relativo

<b>A PARTIR DEL CCA</b> Coste absoluto del puesto de trabajo		<b>A partir del CCR</b> Coste relativo para la persona	
0-9	muy ligero	0-9	muy ligero
10-19	ligero	10-19	ligero
20-29	moderado	20-29	muy moderado
30-39	pesado	30-39	moderado
40-49	muy pesado	40-49	algo pesado
		50-59	pesado
		60-69	intenso

Como valoración de referencia más sencilla, podemos utilizar la siguiente clasificación:

<b>DEMANDA CARDIACA</b>	<b>FCM</b>	<b><math>\Delta FC</math></b>
Importante	> 110	> 30
Soportable	100 a 110	20 a 30
Aceptable	< 100	< 20

El peso de las cargas y el manejo de esas cargas (RD 487/1997).

La dirección de los movimientos (economía de movimientos a partir de un adecuado diseño dimensional del puesto y de los métodos de trabajo).

Los útiles (herramientas con mangos largos para economizar esfuerzos).

Las posturas de trabajo (adecuado diseño postural).

Diseño de la tarea (tareas para grandes grupos musculares, posibilidad de utilizar diferentes músculos, mecanización, automatización, etc.).

La administración de tiempos de trabajo consiste en prever tiempos de reposo que permitan la recuperación del organismo, tanto reduciendo el tiempo total de trabajo (que supondrá una disminución del consumo energético) como distribuyendo los tiempos de reposo, de manera que procuren el descanso necesario para la recuperación de la fatiga. Lehman y Spitzer han propuesto la fórmula siguiente para calcular el tiempo de reposo en función del consumo energético:

$$D = (M/4 - 1) \times 100$$

D es la duración del reposo en % de la duración del trabajo.

M son las kcal/minuto consumidas en la realización del trabajo.

Cuando se realiza un trabajo muscular estático, el período de descanso dependerá de la fuerza aplicada y de la duración de la contracción muscular, pudiéndose calcular con la siguiente fórmula:

$$PD = 18 (t/T)^{1.4} \times (f/F - 0,15)^{0,5} \times 100 \quad \text{si } f/F \text{ mayor que } 0,15$$

PD= periodo de descanso como porcentaje de t

t= duración de la contracción en minutos

T= duración máxima posible de la contracción

f = fuerza necesaria para la fuerza estática

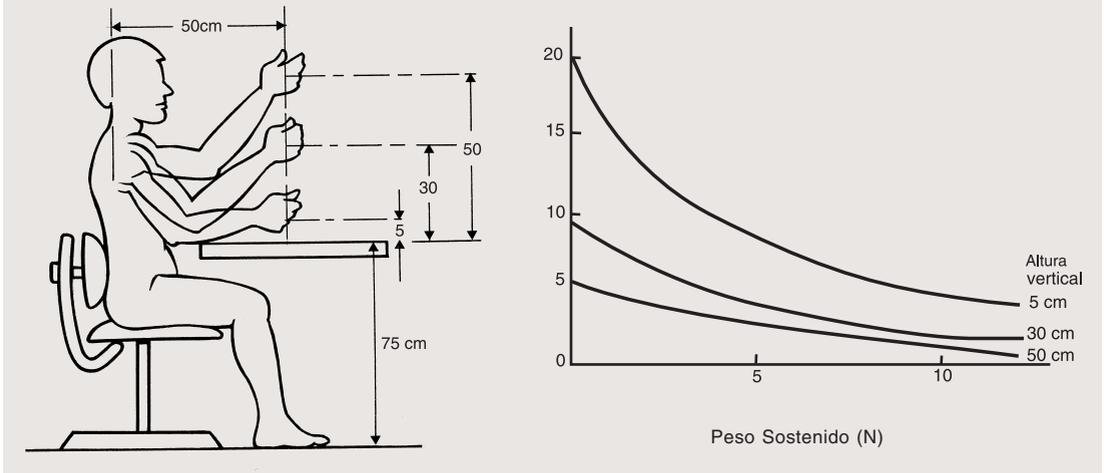
F= fuerza máxima

Además del cálculo del tiempo de reposo, es de gran importancia distribuir ese tiempo correctamente para evitar la fatiga, es decir, determinar cuándo se debe descansar. La distribución de las pausas ha de hacerse de modo que éstas impidan que el esfuerzo físico realizado tenga efectos acumulativos sobre el individuo y, en consecuencia, éstos alcancen el nivel de fatiga. Esas pausas deben permitir la recuperación, al menos parcialmente, de la ca-

CUANDO REALIZAMOS UN TRABAJO FÍSICO, UN AMBIENTE MUY CALUROSO FACILITA LA APARICIÓN DE LA FATIGA.

### RELACIÓN ENTRE FLEXIÓN DE BRAZO Y FATIGA MUSCULAR

(Chaffin, 1973 adaptado)



pacidad de ejecución del individuo. Para determinar el establecimiento de las pausas hay que considerar la naturaleza de cada trabajo. Según esto, algunos trabajos requerirán varias pausas cortas; por el contrario, otros requerirán pocas pausas pero largas. Tanto a la hora de definir un trabajo como al diseñar las medidas preventivas para paliar la sobrecarga física que puede provocar, es importante tener en consideración ciertas características personales. Éstas, por su variabilidad individual, son la causa de que haya diferencias importantes en aspectos como la capacidad física, la resistencia y el umbral de aparición de la fatiga. Algunas de esas características que se deben tener en cuenta son: el sexo, la edad, la constitución física, la condición física, el grado de entrenamiento, el estilo de vida, la alimentación, etc. Existen otros aspectos referidos a las condiciones de trabajo (calor, ruido, etc.), que también deben considerarse por la incidencia de sus efectos sobre la capacidad física del individuo.

## POSTURAS

Entendemos por “postura” la posición relativa que adoptan los segmentos corporales o la posición del cuerpo en su conjunto, en cuyo caso definimos cinco posturas de trabajo: de pie, sentado, arrodillado, en cuclillas y tumbado. Aunque las únicas aceptables desde un enfoque ergonómico serían las de sentado y de pie y las otras tres sólo serían aceptables en caso de adoptarlas muy puntualmente (por ejemplo, en tareas de mantenimiento, comprobación, etc.).

Podemos definir una postura de trabajo como inadecuada cuando se mantengan posiciones fijas o restringidas del cuerpo, aquellas que sobrecargan músculos y tendones, las que cargan las articulaciones de forma asimétrica y aquellas que ocasionan una importante carga muscular estática. Aunque la postura es, por definición, trabajo muscular estático, en la ISO 11226 "Ergonomics: Evaluation of working postures" se define la postura estática como aquella mantenida más de cuatro segundos. Así que una postura correcta será aquella que sea apropiada a la tarea (por ejemplo, en tareas en las que hay que desplazarse no es adecuada la postura de sentado), confortable en el tiempo y la más satisfactoria desde el punto de vista fisiológico, todo ello teniendo en cuenta, por supuesto, las características individuales como son la edad, las medidas antropométricas y el entrenamiento.

Desde el punto de vista biomecánico la postura de sentado se define como la posición del cuerpo en la que el peso del mismo se transfiere a un área de soporte principalmente por la pelvis y los tejidos blandos que la rodean. Dependiendo de la silla y de la postura, una proporción del peso total del cuerpo se transfiere también al suelo, así como al respaldo y al reposabrazos de la silla; de ahí la importancia de un buen asiento, de la adopción de una postura adecuada y de un correcto diseño del puesto de trabajo. También es importante disponer de un soporte para muñecas, brazos o codos, dependiendo del tipo de tarea que se realice (PVD, ensamblaje, etc.) para minimizar la tensión en hombros y cuello.

---

### Postura sedente

A pesar que los aspectos relativos a sillas, diseño del puesto, alcances, etc., se detallan en un capítulo anterior, es importante remarcar, en cuanto a la postura sedente respecto a la postura de pie, los siguientes aspectos:

- Aporta más estabilidad en tareas que requieran un alto control motor o visual
- Menor consumo metabólico que la postura de pie
- Menor presión en la zona lumbar
- Menor tensión en las articulaciones de las extremidades inferiores
- Menor presión hidrostática en la circulación de las extremidades inferiores
- Dificulta la movilidad y los alcances
- Disminuye la aplicación de la fuerza manual
- Produce compresión en los tejidos blandos

En cuanto a recomendaciones específicas para la postura sedente hay que subrayar las que se detallan a continuación:

En el trabajo en posición de sentado es aceptable una flexión del brazo de 25° y una abducción de 15°-20°.

- El ángulo entre el muslo y el cuerpo debe estar comprendido entre 90°-120°.
- Las piernas han de poder moverse cada 15 minutos, aproximadamente.
- Los pies deben estar apoyados firmemente en el suelo o apoyados en el reposapiés.
- La columna vertebral tiene que poder apoyarse en un soporte lumbar ajustable.

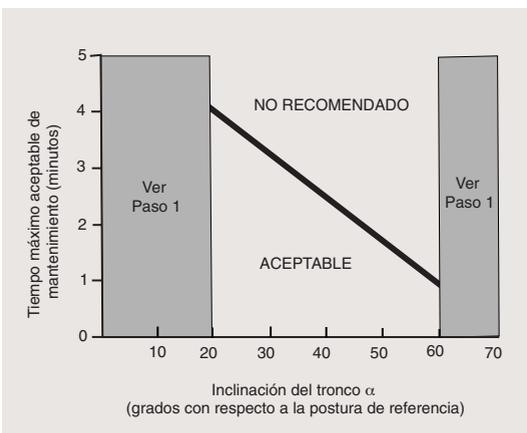
## Evaluación

Para la evaluación de las posturas se pueden utilizar o bien métodos de observación (OWAS, Posture Targetting, VIRA, Corlett, REBA, etc) o mediciones directas entre las que destacan las técnicas de filmación, la inclinometría o la goniometría. También pueden utilizarse técnicas más sofisticadas, como es el estudio tridimensional del movimiento, pero que suelen ser pruebas de laboratorio sobre todo por la cantidad de espacio necesario para instalar todo el instrumental necesario para ello (más caras y más intrusivas). Una vez definidas y analizadas las distintas posturas de trabajo, hay que compararlas con referencias que permitan definir el grado de desviación que existen entre las mismas y los ángulos de confort a fin de establecer aquellas que sean de menor riesgo para el sistema osteomuscular.

En la ISO 11226 mencionada anteriormente se evalúan las posturas de distintos segmentos corporales mediante la medición de los ángulos que forman los mismos, en concreto se tiene en cuenta los ángulos que adopta la cabeza respecto al tronco

así como la inclinación, el tronco respecto a la vertical, los hombros y brazos respecto al tronco, la postura o posición de antebrazos y manos y las extremidades inferiores basándose en la posición de cadera, rodilla y tobillo. Especifica los límites recomendados para las posturas de trabajo y el resultado final se presenta como aceptable o no recomendado y en algunos casos el aceptable viene condicionado por el tiempo en que se mantiene la postura de forma continuada.

La Norma UNE 81-425-91 "Principios a considerar en el proyecto de los sistemas



<b>CRITERIOS DE VALORACIÓN PARA LA POSTURA DE LA CABEZA</b>			
<b>Característica postural</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Ir al paso 2</b>	<b>No recomendado</b>
<b>1. Postura del cuello simétrica</b>			
No	X		X
Si			
<b>2. Inclinación de la cabeza <math>\beta</math></b>			
> 85°			X
25°-85° sin apoyo total del tronco: ir al ítem 3			
25 <sup>a</sup> -85° con apoyo total del tronco		X	
0° - 25°	X		
< 0° sin apoyo total de la cabeza			X
< 0° con apoyo total de la cabeza	X		
<b>3. Flexión extensión del cuello (<math>\beta - \alpha</math>)</b>			
> 25°			X
0° - 25°	X		
< 0°			X

de trabajo” también recoge una serie de recomendaciones relativas a las posturas, los movimientos corporales y los esfuerzos musculares.

Realizar un diseño ergonómico del puesto de trabajo para evitar las posturas forzadas. **Prevención**

Evitar mantener una misma postura durante un tiempo superior a cuatro segundos.

Alternar las posturas de pie-sentado siempre que sea posible.

Evitar posturas forzadas del cuerpo o de algún segmento corporal, en especial la flexión, hiperextensión y torsión del tronco, la asimetría y la posición de los brazos por encima de la altura del corazón.

Mantener el cuello en posición neutra, sin rotaciones, flexiones, extensiones ni inclinaciones del mismo.

Organizar el trabajo de forma que se realicen tareas variadas y con contenido, evitando en lo posibles situaciones que puedan ser fuente de tensión para la persona.

Dar información sobre los posibles trastornos musculoesqueléticos derivados de la adopción de una mala postura.

Realizar formación sobre higiene postural.

## MOVIMIENTOS REPETITIVOS Y SU PATOLOGÍA

Las lesiones de extremidad superior derivadas de microtraumatismos repetitivos (LMR o CTD, *cumulative trauma disorder*) son un problema frecuente que ha sido estudiado de forma exhaustiva en industrias tan dispares como son las del calzado, las alimentarias o las del automóvil y que está aumentando en el sector servicios. Un gran número de autores de estos estudios consideran que la patología que nos ocupa se produce por la combinación de varios factores, especialmente la asociación de un movimiento repetitivo con una tensión muscular, poniéndose de manifiesto asociaciones con un gradiente biológico positivo; es decir, a mayor repetitividad y esfuerzo, mayor prevalencia de lesiones. A pesar de que las causas de su desarrollo son muy complejas y multifactoriales, con el tiempo se han ido perfilando ciertos factores de riesgo que, en síntesis, son los siguientes:

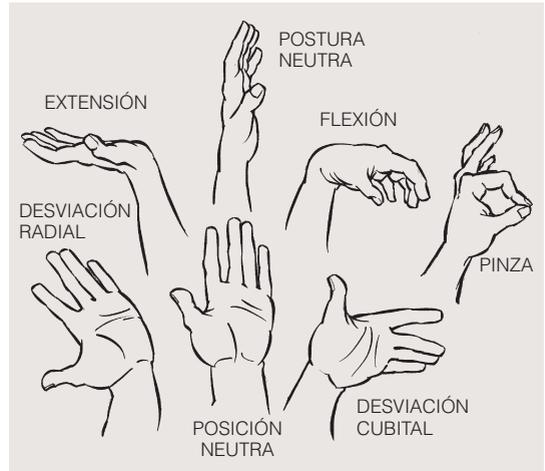
- Mantenimiento de posturas forzadas de muñeca o de hombros. Merecen especial atención las desviaciones de la muñeca de su posición neutral.
- Aplicación de una fuerza manual y una aceleración excesiva. Las tareas que aumentan la aceleración angular de las articulaciones de la muñeca aumentan la tensión y la fuerza transmitida a través de los tendones de la muñeca.
- Golpear de forma repetida un objeto con la palma de la mano, pudiendo estimular así de forma directa el nervio Mediano



- Ciclos de trabajo muy repetitivos, dando lugar a movimientos rápidos de pequeños grupos musculares o tendinosos.
- Tiempos de descanso insuficientes que no posibilitan la correcta recuperación.
- Exposición a factores de índole psicosocial y organizativo.

Existen específicamente siete situaciones que se deben evitar para prevenir la aparición de lesiones osteomusculares y que se relacionan a continuación:

- Tareas repetitivas: considerando como tales aquellas actividades cuyo ciclo sea inferior a 30 segundos o aquellos trabajos en los que se repitan los mismos movimientos elementales durante más de un 50% de la duración del ciclo.
- Trabajos que requieran esfuerzos prolongados o repetitivos que superen el 30% de la capacidad muscular máxima del trabajador.
- Posturas extremas de determinados segmentos corporales.
- Mantenimiento prolongado de cualquier postura.
- Trabajos con herramientas que vibran.



ALTERACIÓN	FACTORES DE RIESGO POR TAREAS	OFICIOS / TAREAS
El Síndrome del túnel carpiano	Flexión o extensión repetida de la muñeca. Torsión repetida de la muñeca. Desviación radial o cubital. Esfuerzos repetidos de la muñeca en posturas forzadas. Maniobras de presión con la palma o con los dedos.	Pulir, afilar, abrillantar, lijar, tareas de montaje, teclear, remachar, empaquetar, lavar a mano, martillear, enladrillar y fregar. Cajeros, carpinteros, cocineros y matarifes.
Tendinitis	Esfuerzos repetidos con la muñeca en extensión-flexión o en desviación cubital.	Trabajo en prensas, de montaje, uso de alicates, tendido de cables y empaquetar.
Tenosinovitis	Trabajos manuales. Empujar con la muñeca en extensión y desviación radial o en supinación. Maniobras de presión con la palma de la mano, estando la muñeca en flexión o extensión. Torsión rápida de la muñeca.	Pulir, afilar, abrillantar, trabajo en prensas, coser, cortar, uso de alicates, atornillar, escurrir y retorcer. Matarifes.

- Exposición de ciertos segmentos corporales al frío o al contacto con superficies duras.
- Trabajos en los que se produzcan combinaciones de los factores anteriores.

---

### **Evaluación**

Para realizar la evaluación de estas tareas es importante tener en cuenta no sólo la duración y repetitividad de las mismas sino también el tipo de tareas que se realiza, el número de operaciones que componen cada tarea y las condiciones en las que se desarrolla cada una de ellas.

Los métodos que se utilizan normalmente están basados en la observación directa o la filmación mediante vídeo para el posterior tratamiento de la grabación obtenida.

Para valorar las LMR o sus factores de riesgo, los métodos que se utilizan se basan en evaluaciones de la probabilidad de que ocurra un daño debido a la ejecución del trabajo es decir, miden el nivel de riesgo; los *checklist* o cuestionarios se suelen utilizar para la valoración de los factores de riesgo. Entre la gran variedad y disparidad de métodos que existen hoy en día en el mercado los más usualmente aplicados son el método desarrollado por el Instituto Biomecánico de Valencia, el método Rula (ambos muy similares, miden en nivel de riesgo), el test de Michigan (lista de comprobación ergonómica), el *checklist* de Keyserling, etc.

La repercusión de las condiciones de trabajo sobre la extremidad superior deberá valorarse a través de:

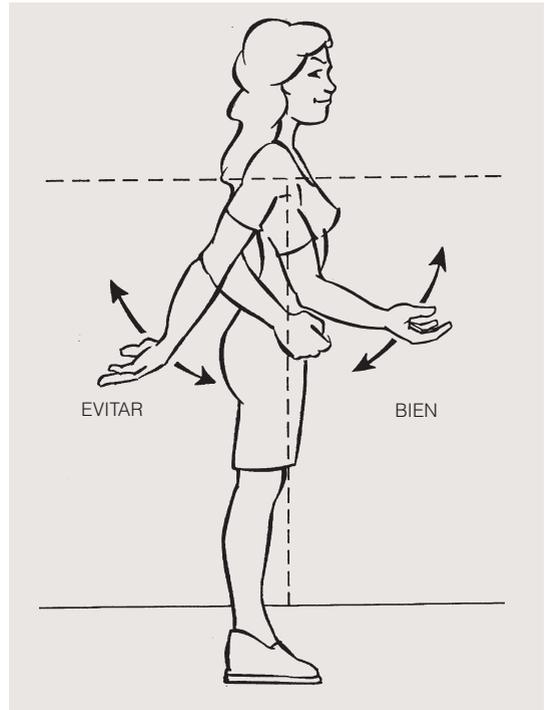
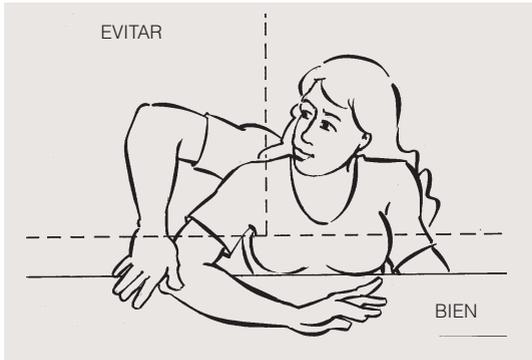
- Información médica preexistente. En caso de estar disponible, ésta servirá de punto de partida para investigaciones posteriores, permitiendo estimar la prevalencia de las lesiones, la gravedad de las mismas y las posibles causas.
- Reconocimientos médicos específicos, diseñados para detectar lesiones osteomusculares y controlar factores no laborales posibles agravantes o productores de las mismas.

---

### **Medidas preventivas**

Cuando se sospeche que un determinado trabajo es el origen de lesiones osteomusculares de extremidad superior, se intentará identificar cuáles son los factores de riesgo presentes y en qué magnitud se encuentran, y así mismo se intentará evaluar la importancia del efecto sobre los trabajadores. Los factores de riesgo más relevantes han de buscarse en cuatro grandes áreas:

- Factores de organización: dentro de este apartado deberemos considerar, entre otros, la existencia de cursos de adies-



tramiento, las pausas existentes, la repetitividad, el ritmo de trabajo, la carga mental (controles de tiempo, no control del proceso por parte del trabajador) y las repercusiones de los límites de producción (primas, penalización, etc.).

- Factores relativos a la tarea y a los equipos: carga física, posturas, tipos y velocidad de los movimientos, herramientas utilizadas, superficie de trabajo, etc.
- Factores antropométricos e individuales: tareas extralaborales, dimensiones antropométricas de los trabajadores y relación con su puesto de trabajo.
- Factores ambientales. Generalmente, la solución al problema planteado pasa por un nuevo diseño de las condiciones de trabajo (herramientas, máquinas, entorno de trabajo y métodos) y por cambios en la organización del trabajo.

Los temas que se deben considerar en relación con esta cuestión son tres:

- La disminución del esfuerzo que se debe realizar.
- La reducción de la repetitividad.
- Los cambios posturales.

El control de los esfuerzos dependerá del tipo de trabajo que se está estudiando; aunque las soluciones son múltiples, se relacionan algunas de ellas a continuación:

- Reducir la fuerza que se debe emplear manteniendo afilados los útiles cortantes, sosteniendo los objetos con ganchos o abrazaderas, etc. y minimizar la aceleración de la muñeca.
- Distribuir la fuerza prefiriendo la actuación de varios dedos a uno solo o favoreciendo el uso alternativo de las manos.

**Diseño de las condiciones de trabajo**

- Usar grupos musculares potentes y herramientas con mangos largos y evitar al máximo la compresión de los tejidos.
- Vigilar el efecto del uso de guantes sobre las maniobras que se deben realizar (desarrollo de una fuerza por encima de lo necesario por falta de sensibilidad o de ajuste de la prenda de protección). Tener en cuenta a las personas zurdas.
- Mantenimiento de las herramientas.
- Adiestramiento, información y formación.

La identificación de los factores que condicionan una alta repetitividad de los movimientos permitirá poner en práctica medidas para contrarrestarlos, incluyendo la reducción del tiempo de trabajo repetitivo o reestructurando los métodos de trabajo, haciendo que se alternen los diferentes grupos musculares, variando la tarea de los operarios, mecanizando o automatizando el trabajo, etc.

Un mal diseño del puesto de trabajo es, a menudo, el responsable del mantenimiento de ciertas posturas que conducen a lesiones osteomusculares. Debe actuarse modificando el proceso, favoreciendo los cambios de posición de las herramientas, de los objetos, etc., para asegurar un buen alineamiento de la muñeca con el antebrazo, o el poder mantener los hombros en su posición de reposo, intentando así mantener una postura neutra.

### Aspectos relativos a la organización del trabajo

El adiestramiento de los trabajadores para la realización de una tarea determinada será de gran ayuda en la prevención de estas lesiones, ligado esto, naturalmente, a un buen diseño del puesto de trabajo y no para sustituir deficiencias en ese campo. Para llevar a cabo este adiestramiento es conveniente separar a los operarios en dos grandes grupos:

- Los que llevan en el puesto de trabajo cierto tiempo.
- Los recién incorporados.

Para los primeros, hay que determinar las necesidades y el contenido del adiestramiento mediante:

- El análisis de su trabajo.
- La identificación de posturas o maniobras viciosas.
- La modificación de los métodos existentes y el desarrollo de los objetivos del adiestramiento.

- La comunicación de las nuevas técnicas mediante los métodos apropiados.

- El establecimiento de periodos de prácticas para familiarizarlos con los nuevos métodos y permitir corregir las maniobras mal aprendidas.

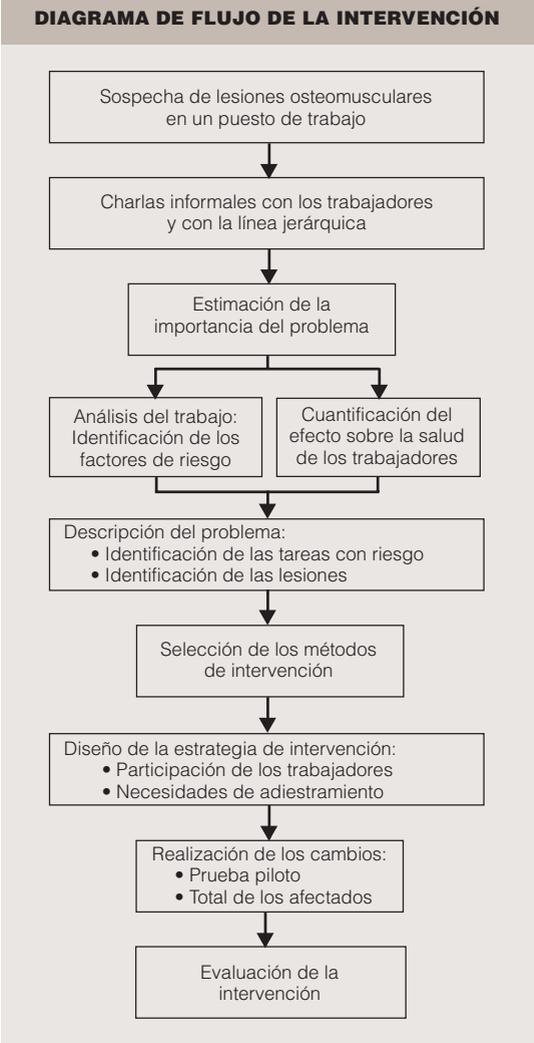
LA ADQUISICIÓN DE DESTREZAS PARA REALIZAR EL TRABAJO DE UNA FORMA SEGURA DEBE PROCURARLA UNA BUENA FORMACIÓN.

- La seguridad de mantener los nuevos métodos.

Es de vital importancia que los trabajadores de reciente incorporación se introduzcan de forma paulatina en el ritmo de trabajo normal, aumentando lentamente los topes hasta el nivel de los trabajadores ya experimentados y, naturalmente, deben ser informados y adiestrados correctamente. Dentro de este grupo se incluyen también los trabajadores que se reincorporan a su trabajo después del periodo vacacional o de una baja prolongada.

Por último, queda mencionar una de las medidas más utilizadas, aunque no por ello resulta la más acertada: la rotación en los puestos de trabajo. Esta solución es válida si realmente las diferentes tareas asignadas favorecen el descanso de las estructuras sometidas a sobreesfuerzo.

El tratamiento de este problema en una empresa determinada requiere una intervención gradual y sistemática sobre las condiciones de trabajo, en busca de los factores de riesgo, de las soluciones técnicas apropiadas y de la puesta en marcha y control de la eficacia de dichas soluciones. El carácter multifactorial del problema hace que las soluciones apuntadas para un puesto de trabajo o proceso no sean de aplicación a otro, por muy similar que nos parezca. De hecho, no hay una solución universal válida para todos los puestos de trabajo. Se debe confeccionar una para cada caso en particular.

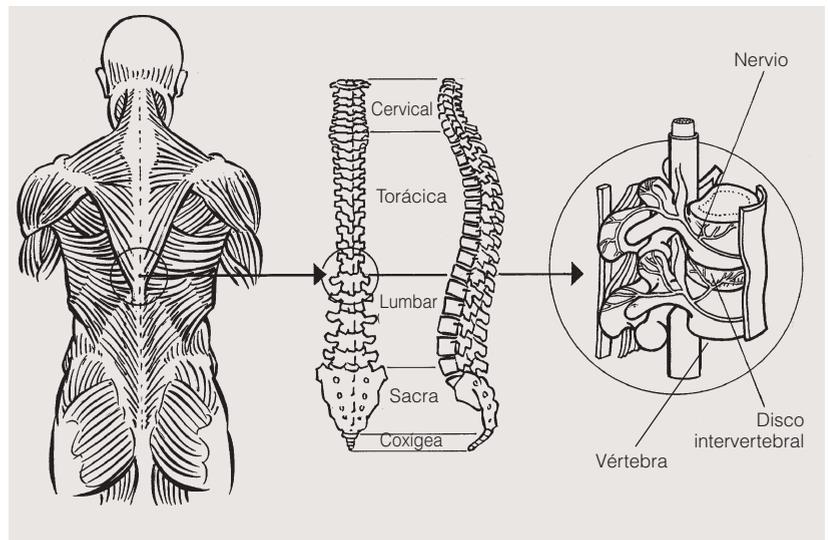


### LUMBALGIAS

Los dolores de espalda, en especial en la zona lumbar, son, con mucho, uno de los problemas laborales más frecuentes. Se ha comprobado que más del 50% de la población laboral ha tenido en algún momento de su vida dolor de espalda. Esta situación, pasajera en muchos casos, puede derivar en dolores persistentes o en recaídas cuyo coste, en horas no trabajadas, puede ser, en según qué actividades, altamente gravoso.

### Descripción anatómica de la espalda

Nuestra espalda es un sistema complejo formado por: 33 vértebras, apiladas las unas sobre las otras y separadas (las 24 primeras) por unos discos intervertebrales cuya misión principal es la de resistir a la compresión; la médula espinal, un cordón de unos 45 cm de largo, que es la vía de paso de los mensajes que emite el cerebro hacia el resto del cuerpo (vía motora) o de éste hacia el cerebro (vía sensitiva); los nervios (31 pares), que son la prolongación de las vías motora y sensitiva medulares y que llevan y recogen la información hacia o desde la periferia del organismo y los ligamentos; y los músculos, que estabilizan la postura de la columna vertebral, manteniendo las curvaturas fisiológicas y permitiendo el movimiento.



Las funciones de la columna vertebral son las siguientes:

- sostener la parte superior del cuerpo
- darle flexibilidad al tronco
- proteger la médula espinal.

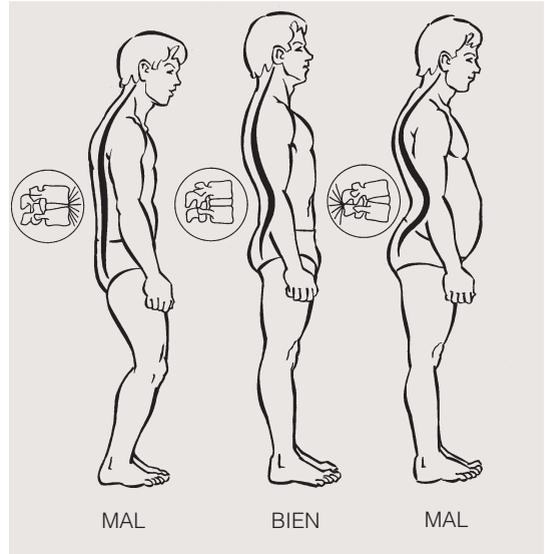
La causa más frecuente de molestias en la región lumbar es de origen mecánico (sobreesfuerzos) o por envejecimiento de las estructuras que conforman nuestra espalda. Un número importante de lumbalgias se deben a un uso indebido o excesivo de los músculos y/o ligamentos. Estas estructuras suelen lesionarse por movimientos imprevistos o bruscos, así como por posturas forzadas o sostenidas durante largo tiempo. Mucho menos frecuentes, aunque más graves y, en ocasiones, tributarios de cirugía, son los dolores derivados de las lesiones a nivel del disco intervertebral o de fracturas de los cuerpos vertebrales.

Los factores que favorecen la aparición de lumbalgias pueden agruparse en dos apartados:

**Factores causantes o agravantes**

Factores individuales. Son el resultado de hábitos inadecuados, de los que hay que destacar los siguientes:

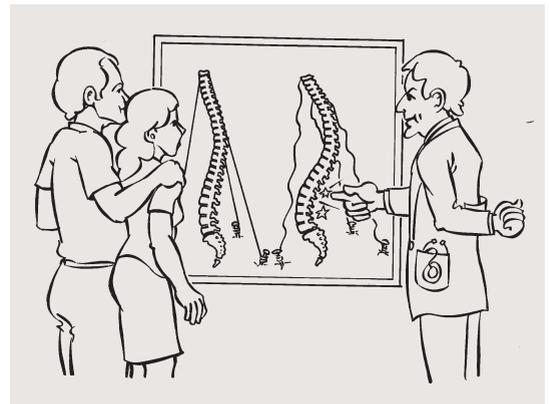
- Mala postura: un aumento o una disminución de la curvatura lumbar fisiológica por actitudes posturales defectuosas lleva a una mayor predisposición a sufrir dolores de espalda.
- Vida sedentaria: la falta de ejercicio condiciona la existencia de músculos abdominales y paravertebrales débiles y, por ende, una inestabilidad vertebral.
- Exceso de peso: un abdomen prominente sobrecarga la columna vertebral y dificulta la acción estabilizadora y de sostén de los músculos del abdomen, por otro lado, más débiles.



Factores relacionados con el trabajo. A pesar de que se han llegado a describir hasta 24 factores de riesgo, los siguientes son aceptados por la totalidad de los expertos:

- Factores generales: esfuerzo físico intenso.
- Factores ambientales: las vibraciones.
- Carga estática de trabajo: permanecer sentado prolongadamente.
- Carga dinámica de trabajo: manejo de cargas pesadas, levantamiento de cargas pesadas o de forma repetitiva, rotación del tronco, empujar/tirar cargas.

En algunos estudios se ha puesto de manifiesto una relación entre las lumbalgias y ciertos factores psicosociales como son la monotonía del trabajo, la insatisfacción e incluso la tendencia a las depresiones o al estrés.



Para la evaluación de las lumbalgias podemos utilizar métodos o técnicas que midan las consecuencias a través de la detección de síntomas mediante cuestionarios, escalas, etc. entre los que se encuentra, por ejemplo, la escala BBD (*body part discomfort*) de Corlett y Bishop, el cuestionario Nórdico, etc.

**Evaluación**

Pero sería más eficaz analizar los factores de riesgo a fin de aplicar medidas preventivas antes de que aparezca el daño. Para ello utilizamos el RD 487/1977, relativo a la “manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores”, y su Guía Técnica siempre que se manipulen cargas superiores a 3kg de peso; cuando ésta no sea aplicable, por ejemplo, para las tareas de empuje y tracción pueden utilizarse las tabla de Snook y Ciriello, y en caso de tareas en las que hay una gran variación de las condiciones de manipulación (distintas alturas, distancia de manejo, etc.) se utiliza el cálculo índice compuesto de NIOSH.

La Guía Técnica del INSHT incluye una explicación aclaratoria de distintos párrafos del mencionado Real Decreto y contempla tanto las condiciones de manipulación (distancias de manejo, tipo de agarre, frecuencia, tamaño y superficie de la carga, calzado, espacios, condiciones ambientales, etc.) como el procedimiento para la evaluación, las fichas para recopilación de los datos de manipulación, individuales y ergonómicos, etc. y cómo debe llevar a cabo el cálculo del peso aceptable.

### Prevención de las lumbalgias

La prevención de las lumbalgias en el trabajo ha de realizarse en varios ámbitos.

*En el ámbito individual* se debe intentar que los trabajadores cuiden su espalda de forma correcta. Para ello se les indicará cuáles han de ser sus actuaciones frente a los factores de riesgo antes citados.

En suma, lo que el trabajador puede hacer para evitar las lumbalgias se centra en tres puntos bien definidos:

- Evitar los factores de riesgo o agravantes.
- Mantener sus músculos en buenas condiciones.
- Levantar cargas de forma segura.

En relación con las posturas de trabajo, debe quedar bien claro que hay que dar reposo, de forma periódica, a los músculos que intervienen en el mantenimiento de las mismas. Desde un punto de vista ergonómico, parece que lo más recomendable es alternar la postura de pie con la de sentado. En la postura de pie se han de mantener las curvaturas de la espalda en su alineamiento normal. Para ello, hay que mantener la cabeza erguida, el mentón contraído y echar la pelvis hacia adelante. El relax de la musculatura se realizará

FACTOR DE RIESGO	SOLUCIÓN
CONDICIÓN FÍSICA DEFICIENTE	POSTURA EJERCICIO CONTROL PESO
POSTURAS FORZADAS O MANTENIDAS	CAMBIO DE POSTURA RELAX ADAPTAR ALTURAS
MANEJO DE CARGAS	CONDICIONES DE MANEJO BUENA TÉCNICA

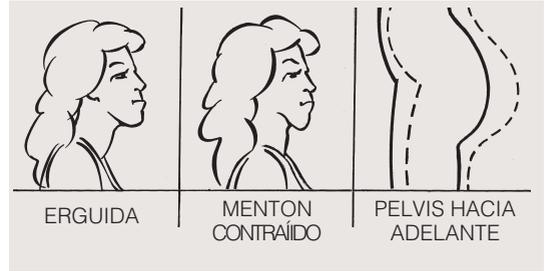
adoptando otras posturas antagónicas. Por ejemplo, agachándose de vez en cuando; doblando el tronco hacia atrás; cambiando el peso de un pie al otro; apoyando el pie en un reposapiés, etc.

Para adoptar una buena postura en la posición de sentado se deben colocar las rodillas por encima de la pelvis ayudándose de un reposapiés. La silla ha de disponer de un respaldo adecuado que nos permita apoyarnos con firmeza. Es conveniente levantarse de vez en cuando, hacer estiramientos o caminar. El ejercicio físico es importante ya que la estabilidad de la columna vertebral a nivel dorsolumbar está asegurada por varios grupos musculares que corresponden a tres zonas bien definidas: abdominal, dorsal y paravertebral. Si estos músculos están debilitados por la falta de ejercicio, no han sido preparados (calentados) antes del mismo o si están cansados por movimientos repetitivos o contracción sostenida, se pueden producir lesiones que den lugar a lumbalgias. De ahí la importancia de mantener dichos músculos en perfecto estado. Para ello se deberán realizar ejercicios físicos que los tonifiquen y fortalezcan diariamente, así como ejercicios de estiramiento para favorecer su descanso.

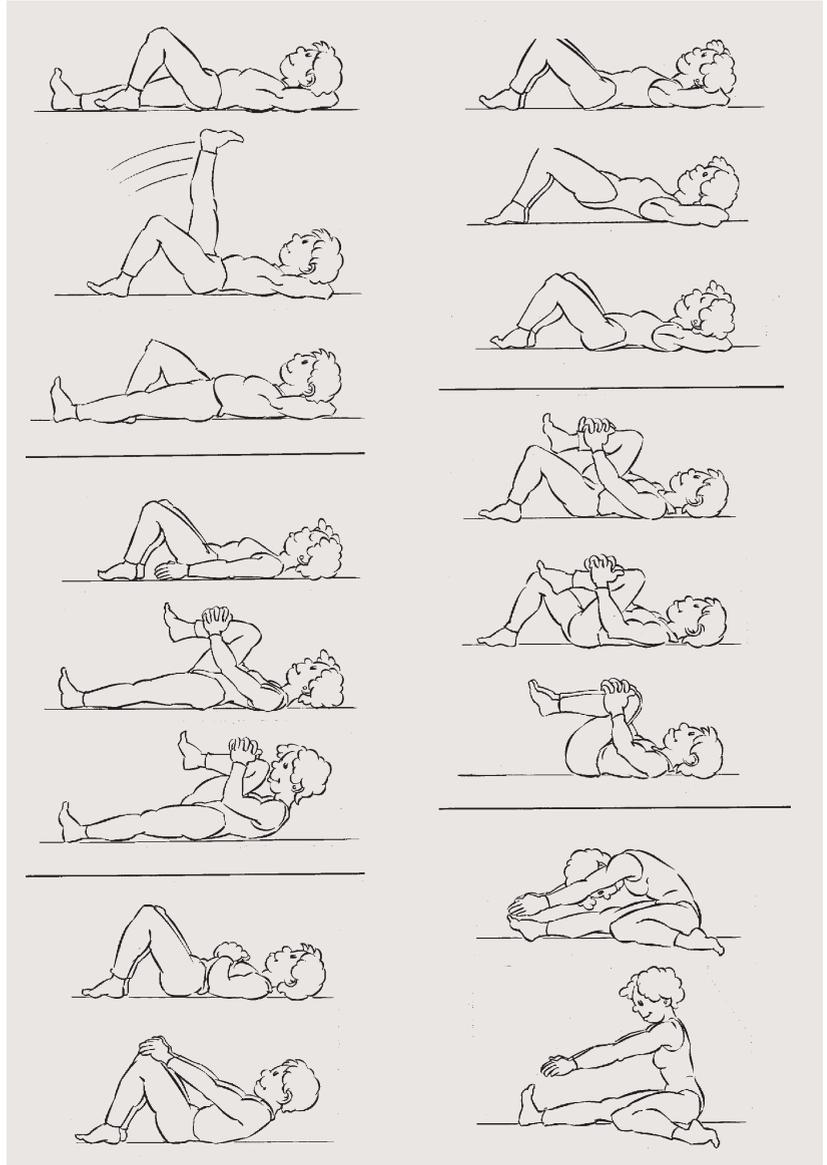
*El levantamiento, manejo y transporte de cargas* está asociado a una alta incidencia de alteraciones en la zona lumbar. Se considera que existe manipulación manual de cargas (materiales o de seres vivos) a partir de 3 kilos. En el apartado de prevención a nivel individual (es decir, una vez optimizadas las condiciones de manejo a nivel colectivo), la información y el adiestramiento de los trabajadores en las técnicas de la manutención de cargas y de los riesgos derivados es uno de los aspectos fundamentales de la prevención de las lumbalgias en la empresa.

Es básico, para levantar o manejar cargas, planificar antes la acción:

- Examinar el objeto en busca de posibles suciedades, bordes afilados, etc.
- Decidir, a partir de su forma, peso y volumen, el punto o puntos de agarre.



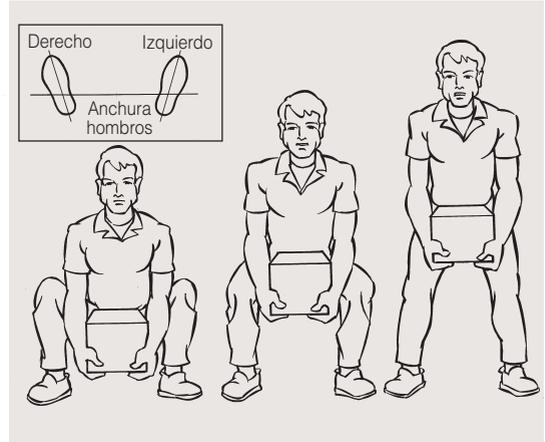
ANTES DE LEVANTAR UN PESO,  
HAY QUE USAR LA CABEZA



- Eliminar cualquier objeto que se interponga en el camino que deberemos seguir durante el transporte de la carga.
- Tener claro dónde dejaremos la carga.
- Si no se tiene claro, pedir ayuda para realizar el levantamiento.

Una vez planificado el levantamiento o transporte, se pasa a la acción. Las cinco reglas tradicionales para levantar una carga estándar del suelo o de una superficie baja son:

- Disponer los pies de forma tal que la base de sustentación permita conservar el equilibrio. En principio, los pies han de estar separados por una distancia equivalente a la anchura de los hombros.
- Doblar las rodillas.
- Acercar al máximo el objeto al centro del cuerpo.
- Levantar el peso gradualmente, suavemente y sin sacudidas.
- No girar el tronco mientras se está levantando la carga, es preferible pivotar sobre los pies.

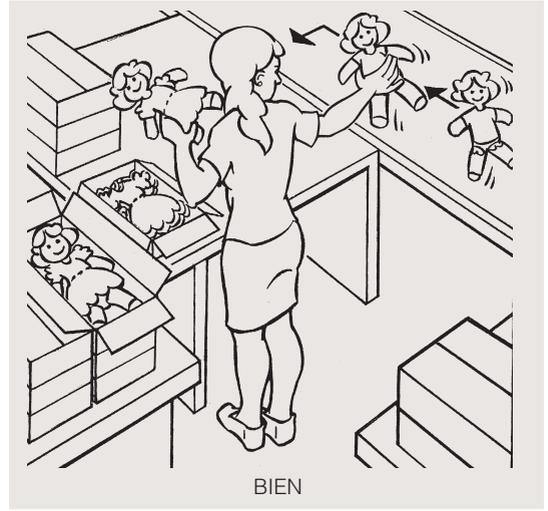


El manejo de una carga entre dos personas deberá considerarse cuando se produzca alguna de las siguientes circunstancias:

- El objeto que se debe manejar tiene al menos dos dimensiones superiores a 76 cm, independientemente de su peso.
- El levantamiento de peso no es el trabajo habitual y su peso es superior a 25 kg.
- El objeto es muy largo y es difícil su traslado de forma estable por una sola persona.

*En el ámbito colectivo* hemos de considerar el diseño del puesto de trabajo. Si las dimensiones del puesto de trabajo, el material utilizado y la organización de las tareas es la adecuada, el trabajo será seguro y confortable. A continuación, se consignan algunos de los factores que se deben tener en cuenta en el diseño de los puestos de trabajo para evitar o minimizar la aparición de lesiones de espalda.

Las dimensiones y la altura de la superficie de trabajo condiciona un mayor o menor sufrimiento de la espalda durante el trabajo. Es aconsejable que dicha altura se encuentre alrededor de la altura del codo del trabajador, medida del suelo al codo, si está de pie, o del asiento al codo, si está sentado. Dependiendo de la tarea, la superficie de trabajo oscilará 10 cm arriba o 10 cm abajo de dicha altura en posición de pie y 15 cm arriba o 5 cm abajo en posición sentado. Los alcances de más de 38 cm, enfrente del trabajador, deben evitarse, ya que condicionarían una flexión hacia adelante del tronco. Si los objetos que se deben coger se hallan a los lados del trabajador, la distancia debe ser 8-13 cm menor para evitar torsiones del tronco. La orientación de las superficies de trabajo ha de ser tal que los movimientos del trabajador se desarrollen en un ángulo de 90°.

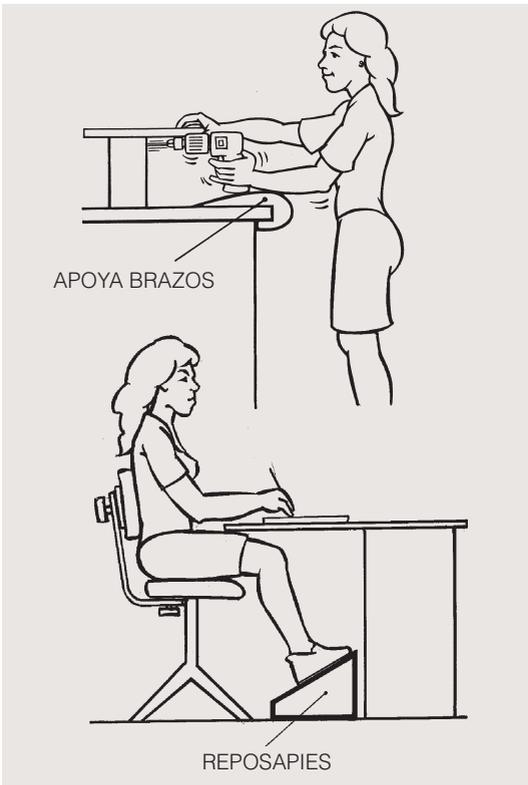


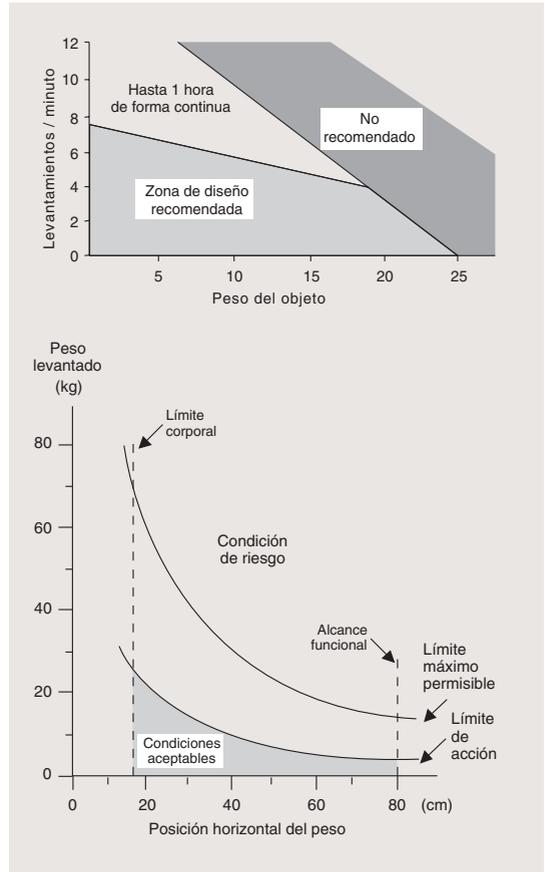
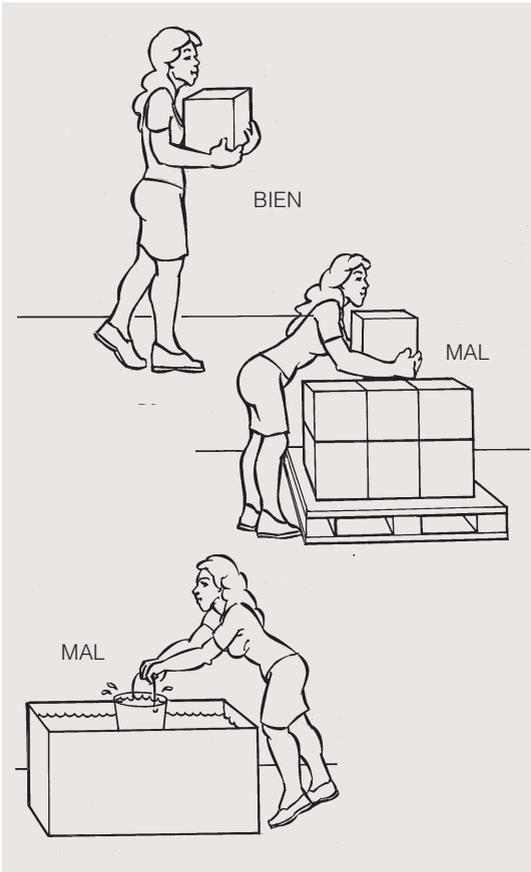
En cuanto a los asientos y accesorios, el máximo confort en las posturas de pie y sentado se obtiene a través de la consideración de las medidas ergonómicas, ya propuestas para el mobiliario, en especial para las sillas, así como para todos los accesorios requeridos para la realización del trabajo (máquinas, herramientas, etc.).

Un gran número de personas realizan la mayor parte de su trabajo sentadas; la adopción de una mala postura por una silla inadecuada puede tener consecuencias perjudiciales para el trabajador. Para evitar la aparición de patología en la columna vertebral, es de especial relevancia tener en cuenta el adecuado diseño y elección de las sillas. Éstas deben escogerse en función de la postura y del tipo de trabajo que se va a realizar.

Respecto a la situación de las cargas, el lugar más favorable para la colocación de la carga que se debe manipular es enfrente del trabajador, cerca de él y a la altura de la cintura.

El peso máximo que podrá levantar o manejar un trabajador está condicionado por su capacidad aeróbica, el número de levantamientos o manipulaciones que haya de realizar y la postura de trabajo. A modo orientativo, reproducimos las recomendaciones del NIOSH para levanta-



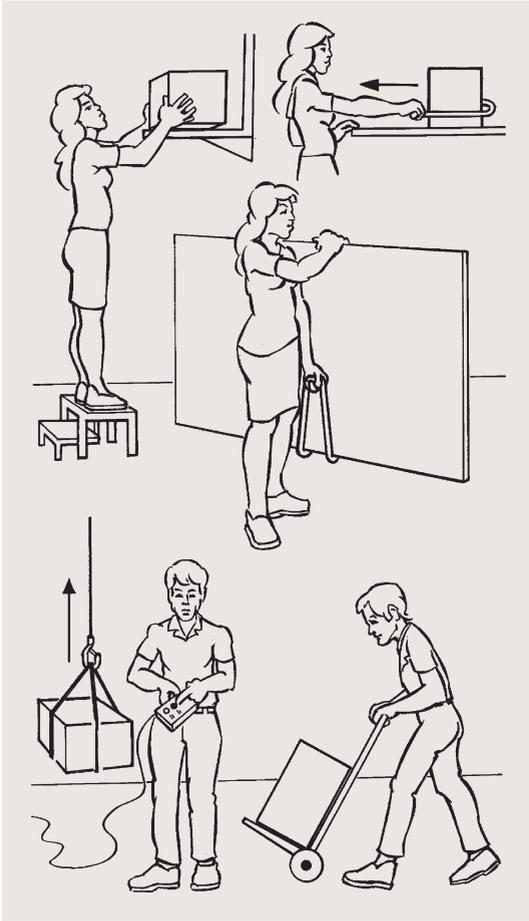
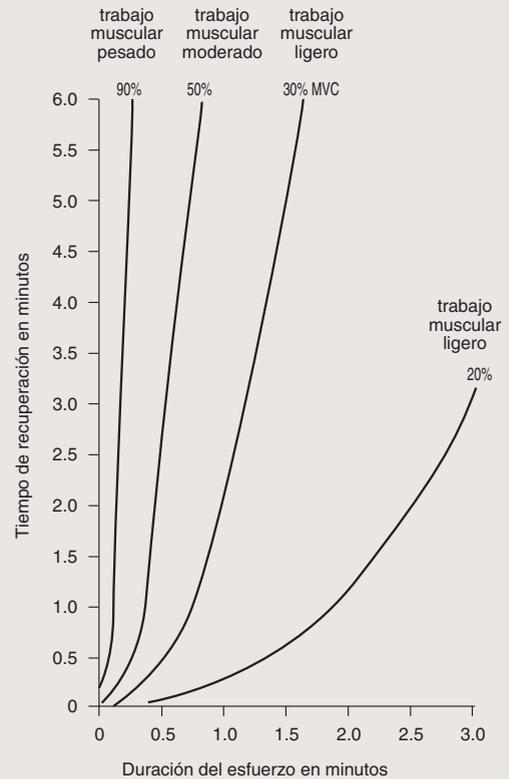


mientos ocasionales o repetitivos, así como los pesos máximos recogidos en la Guía Técnica del INSHT teniendo en cuenta que estos valores están establecidos para manejo de cargas que se realicen en condiciones óptimas de manipulación.

Siempre que sea posible, se utilizarán ayudas mecánicas para reducir las flexiones del tronco hacia adelante. En los alcances a distancias importantes se pueden usar ganchos o varas. La hiperextensión del tronco se evita colocando escaleras o tarimas. El transporte de cargas puede beneficiarse de ayudas para agarres especiales, de grúas o de carretillas.

También relacionado con las cargas, se tendrá en cuenta su tamaño y volumen. Si el transporte se realiza con los dos brazos, las dimensiones del objeto han de permi-

PESO MÁXIMO RECOMENDADO			
	Kg	Factor de corrección	Población protegida
En general	25	1	85%
Mayor Protección	15	0,6	95%
Situaciones especiales	40	1,6	-
Sentado	5	-	-
2 Pax	2/3	-	-


**TIEMPO DE RECUPERACIÓN EN FUNCIÓN DE LA INTENSIDAD Y LA DURACIÓN DE TRABAJO**


tir que el trabajador mantenga sus codos cerca del cuerpo, los brazos y los antebrazos formando un ángulo de  $90^\circ$ . Las dimensiones ideales serían las siguientes: longitud inferior o igual a 46 cm; ancho inferior o igual a 25 cm. Si el transporte se realiza con un solo brazo, se tendrán que evitar inclinaciones laterales de la columna. Para ello, la profundidad del objeto no debería sobrepasar los 10 cm. Cabe añadir que lo ideal es que la distribución del peso sea uniforme e invariable. Por último, nos referiremos a las pausas y tiempos de recuperación. Se han de evitar los trabajos que se realizan de forma continuada en una misma postura, por muy ergonómica que ésta sea y aunque no se esté sometido a esfuerzos físicos. Se debe promover la alternancia de tareas en posturas diferentes y de esfuerzos de diferentes intensidades. Se debe calcular el número y la duración de las pausas para cada trabajador, según sus condiciones físicas y el requerimiento del puesto de trabajo.

Hasta aquí se ha resaltado la importancia de un buen diseño y de una buena organización del trabajo, así como de una buena preparación y adiestramiento de los trabajadores. Existen otros dos puntos en la prevención de las lumbalgias en la empresa que competen específicamente a los servicios sanitarios: los reconocimientos pre-empleo y el tratamiento/rehabilitación de los trabajadores con lesiones de espalda.

Éste es un tema de creciente preocupación y, a pesar de que aún está en fase de estudio, varios expertos han demostrado la relación existente entre algunos factores psicosociales y las alteraciones osteomusculares de origen laboral. Se recogen a continuación algunos de los resultados obtenidos hasta el momento:

---

**Demandas psicosociales y su influencia en los trastornos musculoesqueléticos**

La aparición de este tipo de trastornos puede deberse al desarrollo de dos tipos de mecanismos que son:

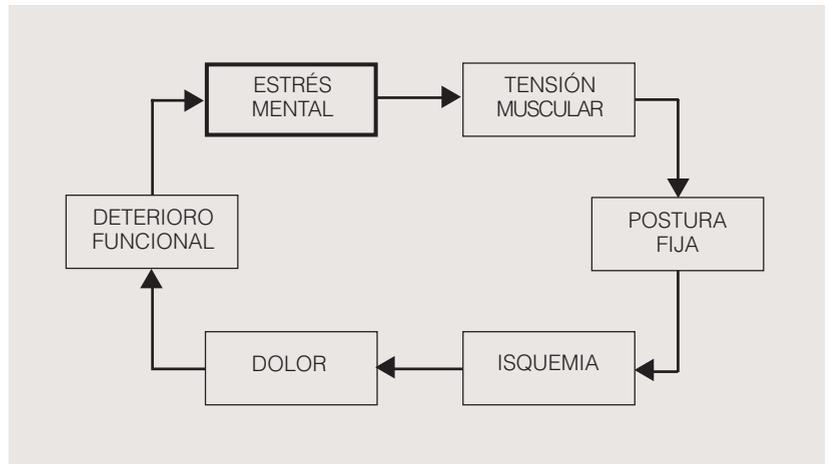
1. Forma indirecta:

- Por estrés fisiológico que supone un aumento de la tensión muscular. El estrés como resultado de demandas psicosociales puede producir un incremento de la tensión muscular que se sumará a la carga muscular resultante de las demandas físicas de la tarea.
- El estrés aumenta la tensión arterial, los corticoides, los neurotransmisores periféricos y la tensión muscular; se ha demostrado que estos parámetros aumentan en situaciones de trabajo aburrido, repetitivo y con poca toma de decisiones.
- Se ha asociado la ansiedad a una sobreactividad muscular.
- Las tareas estresantes psicológicamente producen un aumento de la carga muscular estática. Cada vez se evidencia más la influencia de la ansiedad sobre la actividad muscular.
- Aumentan los estudios y la atención sobre los trastornos musculoesqueléticos en personas que trabajan con PVD.
- Las tareas cognitivas complejas pueden producir un aumento de la actividad muscular, de la tensión de los músculos del cuello y de tensión muscular en general.
- En estudios realizados entre personas que trabajan en oficinas y que utilizan PVD sujetos a rígidos procesos de trabajo, bajo estándares de producción, presión elevada para acabar el trabajo y con poco o bajo control sobre sus tareas presentan un nivel más alto de estresores psicosociales y un mayor número de síntomas musculoesqueléticos que el resto del personal de la oficina.
- Las personas que trabajan sentadas, bajo estándares de producción, suelen estar, de forma habitual, en posturas fijas y estáticas.

- Algunos factores psicosociales pueden ejercer presión en el trabajo (casos de estándares de producción y tareas de control) e influyen directamente en aspectos ergonómicos como la repetitividad o las posturas de trabajo.

## 2. Forma directa:

- Directamente por las demandas físicas, por ejemplo un ritmo de trabajo elevado.
- Diferencias en el contenido de trabajo influyen en las demandas físicas del trabajo, traducido en diferencias de la carga de trabajo, repetitividad, tiempo delante de las PVD, y ello probablemente influya en la experiencia de síntomas musculoesqueléticos entre los trabajadores.



Cuando se pretende solucionar los problemas de espalda debidos al trabajo, es necesario tener en cuenta las consideraciones biomecánicas y realizar las adecuadas intervenciones ergonómicas, pero ello es insuficiente para prevenir el desarrollo y persistencia de incapacidades a lo largo del tiempo, para ello habrá que tener una visión más amplia y contemplar el conjunto de las condiciones de trabajo.

## NECESIDADES ENERGÉTICAS EN EL TRABAJO

Hoy en día es de sobras conocida la importancia de una alimentación correcta y su influencia sobre la salud de las personas. La mayoría de las personas toman al menos una de sus comidas en el trabajo de ahí la importancia de cuidar este aspecto no sólo en casa sino también en la vida laboral ya que, si comemos sano, no sólo disminuyen los problemas debidos a una mala alimentación sino que potenciamos la salud y aumentan el rendimiento y la calidad del trabajo.

Las personas cubren sus necesidades energéticas cotidianas con la ingestión de alimentos que deben ser suficientes en cantidad y calidad para mantener la salud, y su aporte dependerá no sólo del sexo, peso, altura y edad de la persona sino también del tipo de actividad que realice.

La mayor parte de los alimentos están constituidos por varias sustancias específicas llamadas *nutrientes*, aunque algunos contienen sólo una de ellas (por ejemplo, el aceite y el azúcar refinado). Los alimentos se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Energéticos: constituyen fuentes de energía. Son los glúcidos y los lípidos.
- Plásticos: sirven para la constitución y reparación del organismo. Son las proteínas, los minerales, las vitaminas y el agua.

Los aportes nutritivos preconizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) son los siguientes:

- Glúcidos: mínimo 55% / 5.500 Kj / 323 grs.
- Lípidos: máximo 30% / 3.000 Kj / 81grs.-
- Proteínas: 15% / 1.500Kj / 88 grs.

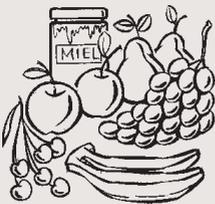
## Los glúcidos

Se llaman también hidratos de carbono o carbohidratos y tienen una función esencialmente energética (1 gramo proporciona unas 4 kilocalorías); también son necesarios para consumir las grasas. Su absorción es lenta y casi total, la ración media para una persona adulta es de unos 300 a 400 g, aportados principalmente por el pan, las pastas, las legumbres, los frutos secos y el azúcar. Un aporte inferior a 40-60 grs./día impide la oxidación completa de los lípidos con la posible aparición de un aumento de ácidos en el organismo (acidosis metabólica); por el contrario, una dieta excesivamente rica en glúcidos puede provocar fermentaciones intestinales, carencia de vitamina B1 o un déficit de calcio.

Su clasificación es la siguiente:

- Simples: Monosacáridos: glucosa, fructosa, galactosa.
- Disacáridos: sacarosa, lactosa, maltosa.
- Complejos: Polisacáridos: almidón, glucógeno, celulosa.

### CLASIFICACIÓN DE LOS GLÚCIDOS



#### MONOSACÁRIDOS

FRUTAS  
MIEL



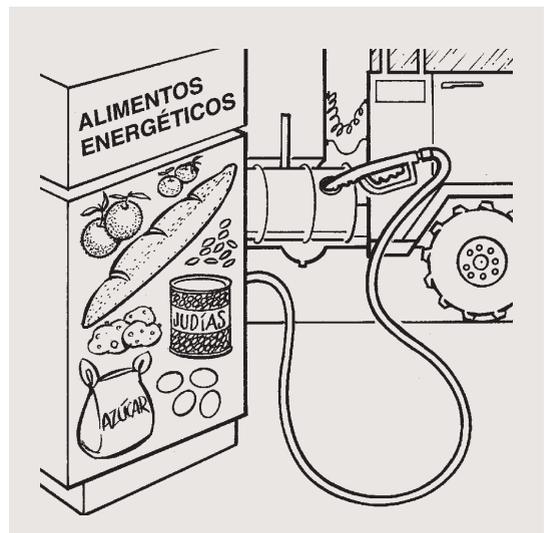
#### DISACÁRIDOS

CAÑA DE AZÚCAR  
MALTA  
LECHE  
REMOLACHA



#### POLISACÁRIDOS

CEREALES INTEGRALES  
TUBÉRCULOS  
LEGUMINOSAS  
HORTALIZAS



## Los lípidos

Son compuestos altamente energéticos (1 gramo proporciona unas 9 kilocalorías), pero su digestión es más lenta y la absorción intestinal rara vez es completa. Se hallan presentes en los alimentos en forma de triglicéridos (lípidos simples) o como lípidos compuestos (por ejemplo, el colesterol) y abundan en varios alimentos como son la mantequilla, los embutidos, los frutos secos, etc., teniendo en cuenta que el único alimento que es grasa pura es el aceite.

Su carencia prolongada puede ser causa de ciertas enfermedades producidas por la escasez o falta de alguna vitamina, *avitaminosis*, ya que los lípidos constituyen el vehículo natural de las vitaminas liposolubles (A,D,E y K); por el contrario, una dieta excesivamente rica en lípidos (hiperlipídica) conlleva una serie de trastornos o puede desembocar en enfermedades crónicas; por ejemplo: dificulta la digestión, supone un trabajo hepático considerable, potencia la obesidad con todas las enfermedades que conlleva y favorece el exceso de colesterol o hipercolesterolemia (la mortalidad por enfermedades cardiovasculares degenerativas aumenta notablemente cuando la proporción de lípidos en la dieta es superior al 35%).



Son nutrientes plásticos, o sea, constituyentes de la materia viva y están formadas por aminoácidos (AA, sustancias químicas orgánicas en cuya composición molecular entran un grupo con una sustancia derivada del amoníaco y otro carboxílico), de los cuales hay ocho que deben ingerirse necesariamente a través de los alimentos y son los llamados aminoácidos esenciales:

**Las proteínas**

- Isoleucina.
- Leucina.
- Lisina.
- Metionina.
- Fenilalanina.
- Treonina.
- Triptófano.
- Valina.
- Histidina (para los niños).

Las proteínas están repartidas entre los alimentos de origen animal que contienen los ocho AA esenciales (carne, pescado, huevos, queso y leche) y los de origen vegetal (legumbres, cereales y frutos secos). El mundo occidental ingiere una cantidad de proteínas superior a la recomendada, teniendo en cuenta que el valor aceptado como dosis inocua es de 0,75 gramos por



kg de peso por día; el excedente de AA reduce la cantidad de aminos, formando, por un lado, más urea, que es fácilmente eliminable, y ácidos grasos, que se depositan como triglicéridos en el tejido adiposo.

Las mujeres gestantes y las lactantes necesitan ingerir mayor cantidad de proteínas para la producción de leche y para el desarrollo del niño.

### Las vitaminas

Son sustancias orgánicas que la persona necesita para su metabolismo y cuya falta puede provocar enfermedades carenciales. La mayor parte de ellas son nutrientes esenciales, o sea, vienen del exterior, salvo la vitamina K, la B y la D3 que pueden ser sintetizadas en el organismo. Una dieta natural y variada cubre las necesidades cotidianas de vitaminas.

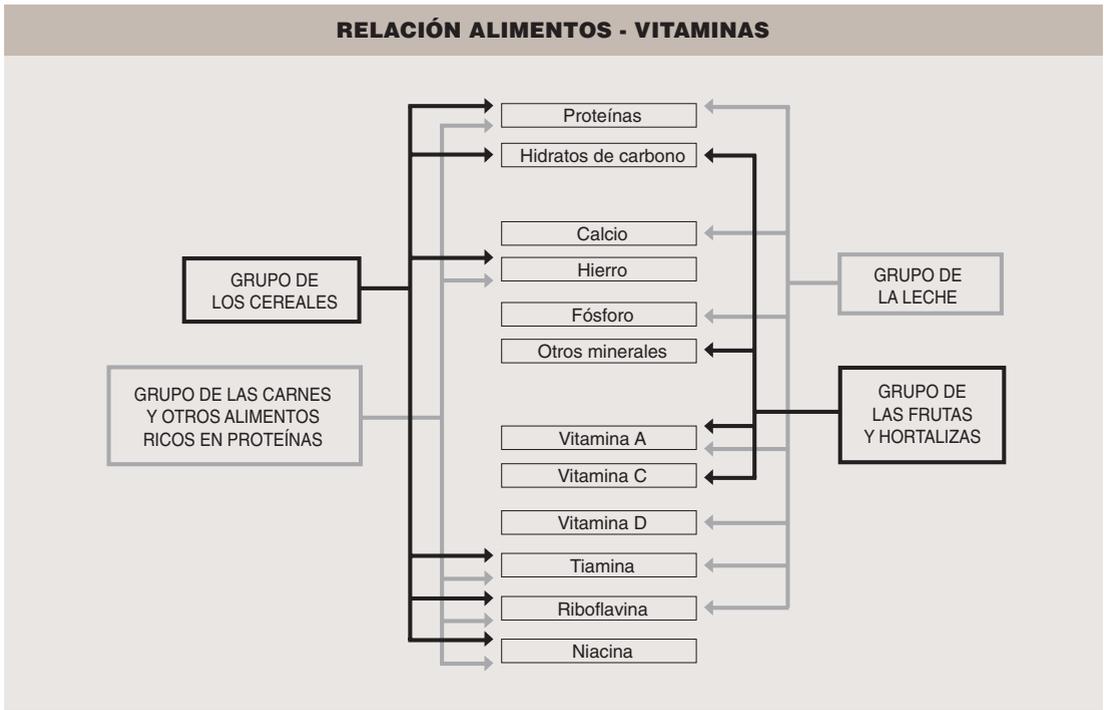
Las vitaminas se caracterizan por ser específicas (no puede cambiarse una por otra) y por ser fácilmente destruibles por la luz, por el calor (cocciones prolongadas), por el oxígeno (lípidos oxidados=se destruyen las vitaminas que pueden disolverse en agua) y por la acidez o alcalinidad (aditivos que cambien el pH de los alimentos). Se nombran en su mayoría por letras y por las enfermedades que combaten y se clasifican de forma tradicional según el medio en que son solubles.

#### *Liposolubles (solubles en grasas)*

- A o retinol (crecimiento, visión, reparación de tejidos): se encuentra en la leche entera, queso, riñones, aceite de pescado, huevo, etc. En los vegetales se encuentra normalmente en forma de betacaroteno.
- D (antirraquítica): zanahoria, tomate, espinacas, albaricoques, huevo, leche, hígado crudo, aceite de pescado, mantequilla, etc.
- E o tocoferol (reproducción y antioxidante): aceites de semilla de cereales, hígado, riñones, huevo, etc.
- K (coagulación / antihemorrágica): coliflor, espinacas, acelgas, legumbres, fruta fresca, etc.

#### *Hidrosolubles (solubles en agua)*

- B1 o tiamina (antiberiberi): huevos, frutos secos, carnes rojas, vísceras, legumbres, etc.
- B2 o riboflavina, B6 o piridoxina (respiración celular): levadura de cerveza, germen de trigo, frutas, verduras, carne, arroz, etc.
- B3 o niacina o ácido nicotínico (antipelagra): frutos secos, atún, legumbres, levadura de cerveza, etc.



- B5 o ácido pantoténico: vísceras, jalea real, carne, cereales, leche y en casi todos los alimentos.
- B12 o cianocobalamina (antianémica): vísceras, leche, huevos, pescado, carne, etc; no se encuentra en vegetales.
- C (antiascórbitica): naranjas, limones, pomelos, mandarinas, tomates, fresas, melón, etc; en general, en todas las frutas y verduras.
- Ácido fólico (antianémica): hojas de vegetales, judía tierna, plátano, naranja, hígado, legumbres, etc.
- H o biotina: hígado, riñones, levadura de cerveza, legumbres, verduras, carne, frutos secos, etc.

Son componentes no orgánicos de la alimentación que tienen un papel protector y plástico. Los más importantes desde el punto de vista nutricional son el calcio (Ca), el hierro (F), el yodo (I), el magnesio (Mg), el fósforo (P) y el flúor (Fl).

### Los minerales

El calcio es necesario para el desarrollo de los huesos y los dientes, para la contracción muscular, para la normal coagulación de la sangre, para regular la excitabilidad del sistema nervioso periférico y para la función miocárdica. Los requerimientos diarios para un adulto son de 500-800 mgrs./día, salvo en el caso de las embarazadas, lactantes y adultos de más de cincuenta

años, que deben aumentar la ingesta a 1.000-1.200 mg /día. Las fuentes más representativas son la leche y sus derivados, a excepción de la mantequilla y su absorción viene frenada por el exceso de grasas. Hay que decir que para su correcta asimilación necesita el aporte de magnesio.

El yodo forma parte de la hormona tiroidea que ayuda a regular el crecimiento, el desarrollo mental y el ritmo con el que funciona el cuerpo; se necesita en pequeñas cantidades, de 110 a 150 µg/día, y su carencia provoca bocio endémico y retraso de la inteligencia acompañado, por lo común, de defectos del desarrollo orgánico (cretinismo) en generaciones posteriores. Se encuentra en los pescados, el marisco, las algas y la sal yodada.

El hierro, ya descrito en un manual de materia médica en el año 1845 como una sustancia mineral tónica que, dice el texto, *“aumenta la actividad del corazón, el color se anima, la sangre parece más colorada”*, forma parte esencial de los glóbulos rojos que son los encargados de llevar el oxígeno de los pulmones a las células y tejidos del cuerpo; las necesidades diarias son del orden de 12-15 mg (de los que se absorben unos 0,5 mg) que se depositan en la médula ósea, el hígado y el bazo en forma de ferritina; el cuerpo elimina cada día de 0,5 a 2 mg; las fuentes son las legumbres, las carnes, verduras verdes, el huevo y los frutos secos. Las embarazadas y las mujeres durante la menstruación tienen riesgo de sufrir una anemia ferropénica, por lo que debe aumentarse la ingesta a 18-20 mg/día.

El magnesio es necesario para el sistema nervioso central (SNC), los sistemas enzimáticos y el sistema óseo. Su carencia puede provocar cambios de personalidad y espasmos musculares; se requieren de 200 a 400 mg/día y estas necesidades se cubren con la ingesta de carne, frutos secos, hortalizas y verduras.

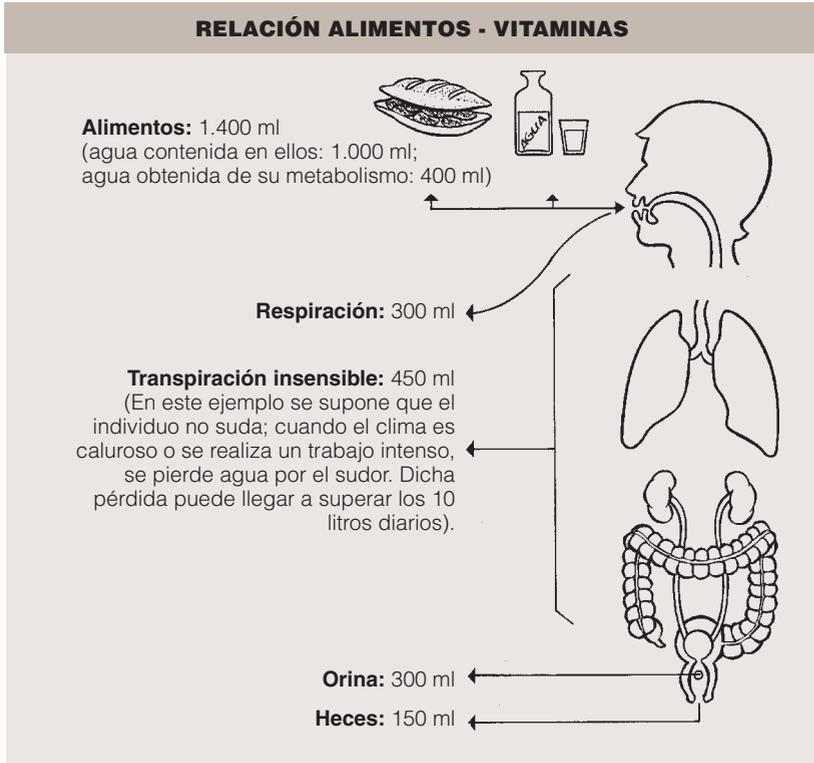
El fósforo, al igual que el magnesio, es un mineral estructural, su requerimiento es de 0,8 a 1,5 g/día y se encuentra principalmente en la leche, las aves, el huevo, la carne, el pescado y en los refrescos no alcohólicos.

El flúor, cuya insuficiencia está relacionada con las caries dentales, ayuda también a fortalecer los huesos. Su aporte necesario es de 1 a 2 mg/día y se encuentra en el pescado, la carne, el té, algunos vegetales y en aguas fluoradas.

Hay que señalar que hay un grupo de minerales que son necesarios pero en pequeñísimas cantidades, se llaman oligoelementos y son, entre otros, el níquel, el selenio, el cromo, el molibdeno, etc. Finalmente hay que resaltar que si se realiza una dieta sana y equilibrada, que incluye una ingesta diaria de frutas y verduras, las necesidades de aporte mineral para el organismo quedan cubiertas.

Está considerada como alimento, ya que sin ella no se puede vivir más que unos pocos días; hay que tener en cuenta que alrededor de un 60% del peso total de una persona adulta está compuesto por agua. El agua ayuda a hacer la digestión, a la absorción y la distribución de los alimentos, a la eliminación de residuos y también ayuda a controlar la temperatura corporal.

**El agua**



La eliminación del agua se produce a través de la sudoración, la orina, las heces y el aire espirado, y las necesidades diarias para reponer este gasto son del orden de 1.750 ml en condiciones confortables.

La mayor parte del agua necesaria para el organismo la obtenemos de las bebidas, pero hay que tener en cuenta que también los alimentos la contienen en mayor o menor cantidad (por ejemplo la ternera la contiene en un 68%, el calamar, en un 80%, la lechuga, en un 95%, etc.).

Es especialmente importante tener controlada la ingesta de agua en trabajos pesados y en aquellos en los que la temperatura sea elevada, donde el aporte relativo de agua o hídrico debe ser superior a lo normal para nivelar las pérdidas ocasionadas por la sudoración.

EL AGUA ES UN ELEMENTO INDISPENSABLE PARA LA VIDA

## LOS ALIMENTOS

Una vez analizados los nutrientes y las cantidades que la persona precisa para poder tener la energía necesaria para realizar las funciones propias del organismo, pasamos a hablar de los alimentos, ya que son la única fuente natural de nutrientes que tiene la persona. Los alimentos pueden ser de origen animal o vegetal y se agrupan, según sus características, en cuatro grupos llamados básicos:



1- Leche y derivados.

2- Carnes, huevos, pescados, frutos secos y legumbres.

3- Cereales y derivados.

4- Frutas, verduras y hortalizas.

Para conseguir una dieta equilibrada hemos de procurar que la alimentación diaria contenga dos raciones de lácteos (unos 250-500 cc), dos del grupo de la carne, cuatro raciones del grupo de los cereales y cuatro del grupo de las hortalizas, repartido todo ello en tres o cuatro comidas espaciadas en intervalos regulares y cada una de las cuales ha de contener los alimentos de los cuatro grupos.

Todo ello proporciona las proteínas, los minerales y las vitaminas necesarios para

un tipo de trabajo medio.

Los alimentos, una vez ingeridos, sufren un proceso de oxidación y se transforman en energía y calor; a este proceso se le llama *metabolismo* que es el conjunto de reacciones químicas que efectúan constantemente las células de los seres vivos con el fin de sintetizar sustancias complejas a partir de otras

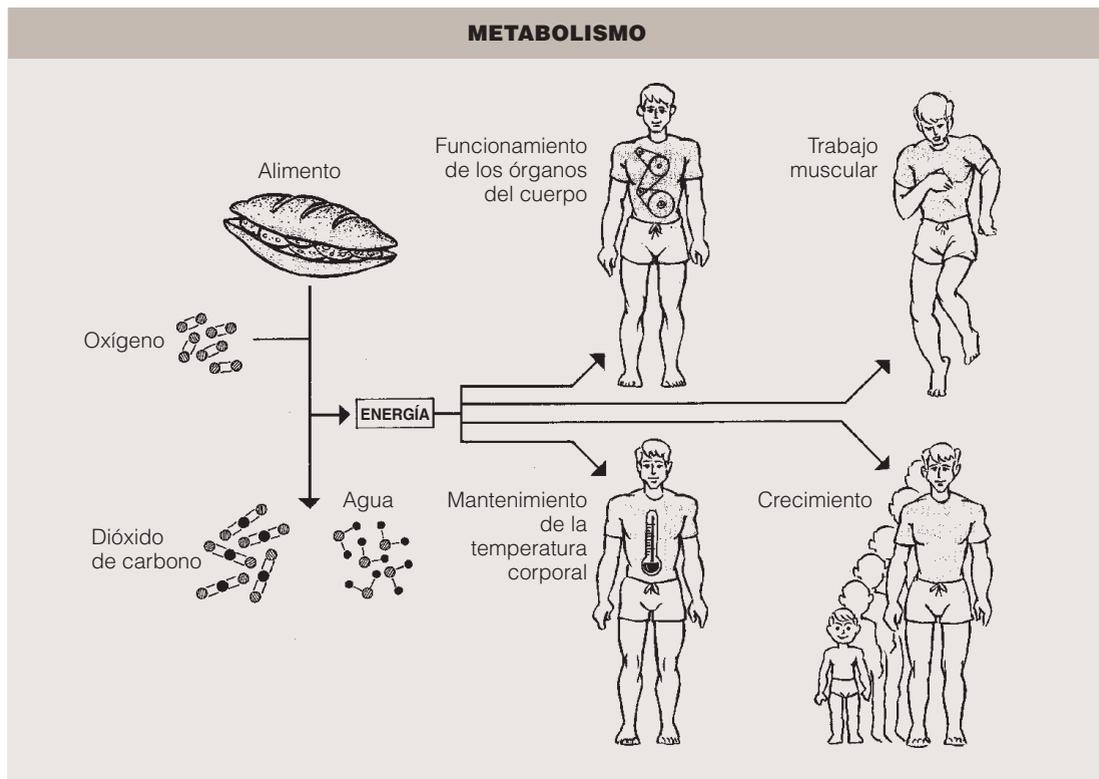
más simples. La energía la necesitamos para el mantenimiento del organismo (mantener la temperatura, el latido cardiaco, la circulación de la sangre, el tono muscular, etc.) y para poder actuar (trabajo muscular).

La energía se suele expresar en kilocalorías o en joules (julios).

La *kilocaloría* es una unidad de calor y es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 kg de agua destilada de 15 °C a 16 °C.

El *julio* es una unidad de energía que está definida como la cantidad de trabajo realizada por una fuerza que mueve 1 kg

LOS HÁBITOS ALIMENTARIOS  
INCORRECTOS PUEDEN DAÑAR LA SALUD Y  
AFECTAR A LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO



### NECESIDADES ENERGÉTICAS EN EL ADULTO, SEGÚN PESO Y OCUPACIÓN

PESO	Ocupación ligera		O. moderadamente activa		Ocupación muy activa		O. excepcionalmente activa	
	Varón	Mujer	Varón	Mujer	Varón	Mujer	Varón	Mujer
45 kg		1.620 kcal (6,8 MJ)		1.800 kcal (7,5 MJ)		2.120 kcal (8,9 MJ)		2.480 kcal (10,4 MJ)
50 kg	2.100 kcal (8,8 MJ)	1.800 kcal (7,5 MJ)	2.300 kcal (9,6 MJ)	2.000 kcal (8,4 MJ)	2.700 kcal (11,3 MJ)	2.350 kcal (9,8 MJ)	3.100 kcal (13,0 MJ)	2.750 kcal (11,5 MJ)
55 kg	2.310 kcal (9,7 MJ)	2.000 kcal (8,4 MJ)	2.530 kcal (10,6 MJ)	2.200 kcal (9,2 MJ)	2.970 kcal (12,4 MJ)	2.600 kcal (10,9 MJ)	3.410 kcal (14,3 MJ)	3.000 kcal (12,6 MJ)
60 kg	2.520 kcal (10,5 MJ)	2.160 kcal (9,0 MJ)	2.760 kcal (11,5 MJ)	2.400 kcal (10,0 MJ)	3.240 kcal (13,6 MJ)	2.820 kcal (11,8 MJ)	3.720 kcal (15,6 MJ)	3.300 kcal (13,8 MJ)
65 kg	2.700 kcal (11,3 MJ)	2.340 kcal (9,8 MJ)	3.000 kcal (12,5 MJ)	2.600 kcal (10,9 MJ)	3.500 kcal (14,6 MJ)	3.055 kcal (12,8 MJ)	4.000 kcal (16,7 MJ)	3.575 kcal (15,0 MJ)
70 kg	2.940 kcal (12,3 MJ)	2.520 kcal (10,5 MJ)	3.220 kcal (13,5 MJ)	2.800 kcal (11,7 MJ)	3.780 kcal (15,8 MJ)	3.290 kcal (13,8 MJ)	4.340 kcal (18,2 MJ)	3.850 kcal (16,1 MJ)
75 kg	3.150 kcal (13,2 MJ)		3.450 kcal (14,4 MJ)		4.050 kcal (16,9 MJ)		4.650 kcal (19,5 MJ)	
80 kg	3.360 kcal (14,1 MJ)		3.680 kcal (15,4 MJ)		4.320 kcal (18,1 MJ)		4.960 kcal (20,8 MJ)	

con una aceleración de 1m/s a lo largo de un metro. Para los alimentos se emplea el kilojulio.

La relación entre dichas unidades es la siguiente:

1 kilocaloría = 4,184 kilojulios

1 kilojulio = 0,239 kilocalorías.

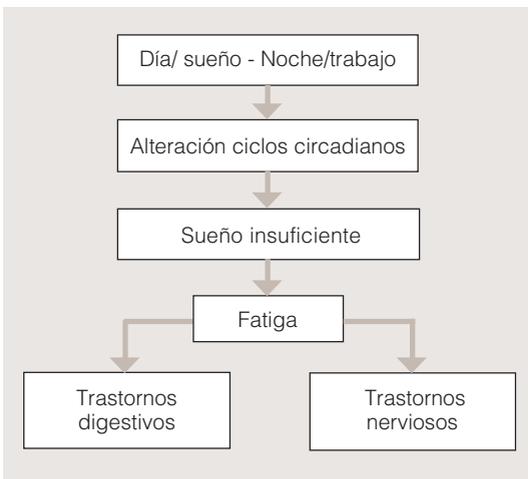
## TRABAJOS EN CONDICIONES ESPECIALES

Hay cierto tipo de trabajos que, por sus características, requieren una actuación especial en lo que se refiere a los aspectos nutricionales. Nos encontramos, principalmente, con tres tipos de trabajos en estas condiciones:

- Trabajos en ambientes calurosos y en ambientes fríos
- Trabajo a turnos.
- Trabajo nocturno.

### Trabajo a turnos y trabajo nocturno

Estos dos tipos de trabajo pueden englobarse en el mismo grupo, ya que presentan la misma problemática y las mismas consecuencias.



La patología que se da en estos casos es la siguiente: problemas intestinales, úlceras, gastritis, colitis y, muy frecuentemente, dispepsia por la mala alimentación, la falta de sueño, la penosidad del trabajo y un mayor consumo de café y tabaco (especialmente en las personas que trabajan de noche).

Así mismo, es frecuente un aumento de peso y/u obesidad por:

- Modificaciones cualitativas de los alimentos: se consumen alimentos más grasos, bocadillos, alcohol, con la patología que ello conlleva; en especial, en el trabajo de noche que es cuando el ritmo metabólico es más bajo, lo que supone un sobreesfuerzo para el organismo.
- Modificaciones cuantitativas: algunos trabajadores se saltan alguna comida y además, en general, se consume más cantidad de lípidos y menos glúcidos.

DISPEPSIA = MALA ALIMENTACIÓN + FALTA DE SUEÑO + TABACO + PENOSIDAD EN EL TRABAJO

- Modificaciones en el ritmo de las comidas: las horas de las comidas suelen ser más irregulares.

*Medidas preventivas*

Se aconseja realizar los reconocimientos médicos previos para detectar las patologías ya establecidas que pueden verse agravadas por este tipo de trabajo.

Se debe procurar que las personas que trabajan en estos turnos dispongan del restaurante de la empresa para poder calentar las comidas y hacer de él el mismo uso que las personas que trabajan por la mañana.

También es aconsejable que la comida principal pueda realizarse en familia, aunque hoy en día suele ser difícil cuando trabajan los dos miembros de la pareja y/o la vivienda está alejada del centro de trabajo.

Hay que procurar que los trabajadores tomen tres o cuatro comidas al día sin saltarse ninguna (en especial el desayuno en los trabajadores de noche).

COMER SANO CUESTA MENOS QUE UNA VISITA AL MÉDICO

Otra medida preventiva que se debería aplicar es la de aligerar la comida, disminuyendo las grasas; por ejemplo, reemplazando los embutidos por frutas, quesos, pollo frío, etc.

Por último, se debería intentar hacer un programa de educación nutricional y que la comida del restaurante fuera revisada o controlada por una persona especialista en nutrición, teniendo en cuenta no sólo la composición de los alimentos sino también los hábitos alimentarios y culturales del colectivo al que va dirigido.

Hay que tener en cuenta que la evaporación de líquidos es el único mecanismo que tiene el organismo para luchar contra el aumento patológico de la temperatura del cuerpo o hipertermia, cuando la temperatura del puesto de trabajo es superior a 35°C.

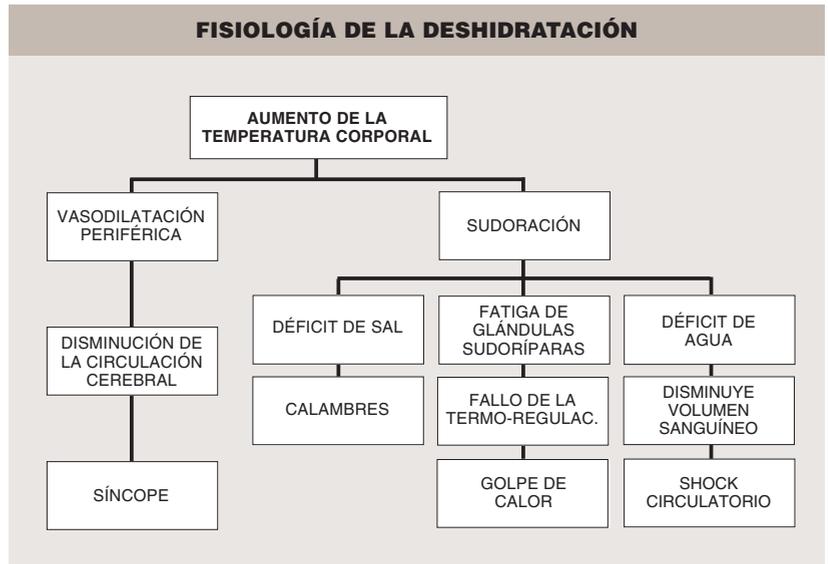
La pérdida de agua por el sudor ocasiona una disminución de la secreción de la orina (diuresis) que se traduce en un estado de deshidratación parcial (pérdida excesiva del agua corporal), con posibles repercusiones fisiológicas graves: golpe de calor, agotamiento, síncope, etc. Para evitar llegar a esta situación, es bueno conocer los síntomas de la deshidratación que son la elevación de la frecuencia del pulso y de la temperatura corporal, la disminución de la diuresis, la reducción de la capacidad de trabajo, la irritabilidad, etc., pudiéndose llegar, en casos muy graves, a un *shock* circulatorio.

---

**Trabajo en ambientes calurosos**

*Medidas preventivas*

El primer paso que se debe seguir es la aclimatación previa



de las personas. En cuanto a las medidas dietéticas, las más relevantes y que deberían tenerse en cuenta son las siguientes:

- Antes de empezar a trabajar, es importante tomar dos vasos de agua y seguir bebiéndola en pequeñas cantidades a lo largo de toda la jornada laboral.
- La bebida por excelencia es el agua sin gas no excesivamente fría; también son aconsejables los zumos de frutas diluidos o el té con limón. Los líquidos fríos y diluidos reponen las pérdidas hídricas con mayor rapidez.
- Debe evitarse, en lo posible, la ingesta de alcohol.

### **Trabajo en ambiente frío**

Aunque hay pocos estudios relacionados con la alimentación correcta en aquellos trabajos que se realizan en ambientes fríos, es importante mantener una buena hidratación y proponer un aumento de los alimentos energéticos en caso de trabajos con frío intenso.

## **ERRORES ALIMENTARIOS EN EL ÁMBITO LABORAL**

Los errores alimentarios más frecuentes que se dan en el medio de trabajo son los siguientes:

- En cuanto a su distribución: es frecuente que, por falta de tiempo, por tener prisa o por el propio ritmo de trabajo impuesto, se coma por las mañanas de manera rápida y en poca cantidad, lo que puede provocar casos de disminución de la

cantidad normal de azúcar en la sangre o hipoglucemia que puede desembocar en un aumento de los accidentes matutinos; en cambio, tras demasiadas horas en ayuno, las comidas suelen ser excesivamente copiosas, dando como resultado inconfort post-pandrial y somnolencia.

- En cuanto a la composición: en el restaurante de los centros de trabajo, la comida suele ser hiperlipídica e hiperglucémica (excesivamente rica en grasas e hidratos de carbono), con falta de ensaladas, frutas, etc.; este desequilibrio facilita, además, la absorción de las bebidas alcohólicas.

- En cuanto a la calidad: a veces suele darse prioridad al precio, descuidando la calidad de los alimentos (verduras frescas, frutas maduras, carne tierna, etc.). Se debe controlar la higiene y la calidad alimentaria y evitar la contaminación microbiana, teniendo cuidado en la manipulación de los alimentos y guardándolos en lugares convenientemente refrigerados. Deben consumirse comidas preparadas con imaginación, variadas, agradables y bien presentadas.

- En cuanto a la duración de las comidas: durante el tiempo destinado a la comida, que suele ser de 35 a 45 minutos, en ocasiones, se intenta ingerir demasiada comida y demasiado rica en grasas, lo que lleva a una masticación rápida que es la causante de una mala digestión posterior.

TÓMATE TIEMPO PARA COMER

- En cuanto a la distribución de las bebidas: suele ser un aspecto al que no se le suele dar la importancia que tiene y, normalmente, el suministro de agua potable y fresca es insuficiente. Hemos visto anteriormente que las personas necesitan ingerir una cantidad mínima de líquido al día para que no se resienta el organismo. La empresa deberá tener a disposición de los trabajadores bebidas no alcohólicas frías y calientes.

HAY QUE COMER BIEN PARA ESTAR SANOS

- En cuanto a la organización de los comedores: lo más rápido y eficaz suele ser el servicio mixto de tipo *self-service* para los postres, entremeses, ensaladas, etc. y servicio para los platos calientes. Hay que tener en cuenta los regímenes especiales y permitir, a quien desee llevar la comida de casa, poderla calentar en un horno microondas.

## RECOMENDACIONES GENERALES PARA UNA BUENA ALIMENTACIÓN

Las recomendaciones para una alimentación sana (las seis primeras de ellas son de la FAO/OMS) se basan en:

- Equilibrar el aporte y el gasto energético
- Evitar el consumo exagerado de grasa
- Aumentar el consumo de hidratos de carbono y de fibra
- Moderar el consumo de sal y de azúcar
- Reducir el consumo de alcohol
- Realizar comidas variadas que incluyan todo tipo de alimentos
- Ajustar las dietas a las necesidades culturales y poblacionales (suplementos de yodo, fluoración del agua, dietas ricas en calcio especialmente en mujeres embarazadas, antioxidantes, etc.)
- Cambiar de lugar a la hora de comer puede ser una oportunidad para relajarse.
- Comer con tiempo suficiente.
- Hacer de 3 a 4 comidas equilibradas al día.
- No sustituir comidas por café.
- Tomar los alimentos más energéticos durante la primera mitad del día y no ingerir alimentos pesados durante la tarde/noche; cenar de forma ligera una hora y media o dos antes de irse a dormir.
- Tener un frigorífico y un microondas para que el personal pueda traerse la comida de casa y pueda conservarla y calentarla.
- Disponer de máquinas expendedoras a ser posible con zumos, bocadillos, yogures y frutos secos en vez de dulces, patatas fritas, pastas, cortezas, etc.
- Consultar con un dietista los aspectos de la alimentación que nos interesen.
- Por último, tener previstas dietas especiales para embarazadas y lactantes, obesos, personas con colesterol, diabéticos, personas con intolerancias o sensibilidad a determinados alimentos.

Hay que resaltar, por último (una vez hemos implantado las medidas necesarias), la importancia de proporcionar una correcta educación en nutrición a todos los trabajadores. Existen programas de educación, por ejemplo el POP (point of purchase o punto de comparación), que pueden incluirse en programas de promoción de la salud y que utilizan signos visuales fácilmente reconocibles al lado de cada alimento (por ejemplo, un corazón al lado de las comidas con bajo contenido en grasas). Muchos de estos programas se basan en dar a conocer los riesgos que entraña una mala alimentación e intentar cambiar el comportamiento de las personas y sus hábitos alimentarios.

Para que los programas sean eficaces hay que empezar por cuidar la alimentación en la propia empresa siguiendo, en primer lugar, las recomendaciones dadas por la FAO/OMS. Así mismo, las comidas han de ser atractivas y variadas y mantener la higiene adecuada de alimentos, instalaciones y personas.

## **PATOLOGÍA ASOCIADA A LA OBESIDAD**

La obesidad se define como el aumento de la cantidad de grasa de la persona en más de un 15% a un 25% del peso teórico respecto a la talla y la complexión del individuo; dicho peso se puede calcular mediante fórmulas o por plicometría (técnica que utiliza compases especiales para medir el espesor del panículo adiposo).

Está demostrado que la obesidad aumenta de forma proporcional la mortalidad, así como la posibilidad de padecer más enfermedades. Por lo tanto, la obesidad va asociada a varios trastornos físicos y psíquicos, entre los que destacan:

- Disnea.
- Hipertensión.
- Enfermedades coronarias.
- Accidentes cardiovasculares.
- Insuficiencia respiratoria restrictiva.
- Irregularidades menstruales.
- Trastornos de la vesícula biliar.
- La incidencia de diabetes es cinco veces superior.
- La osteoartritis, sobre todo en rodillas y espalda.
- Depresiones y complejos de frustración y de inferioridad.

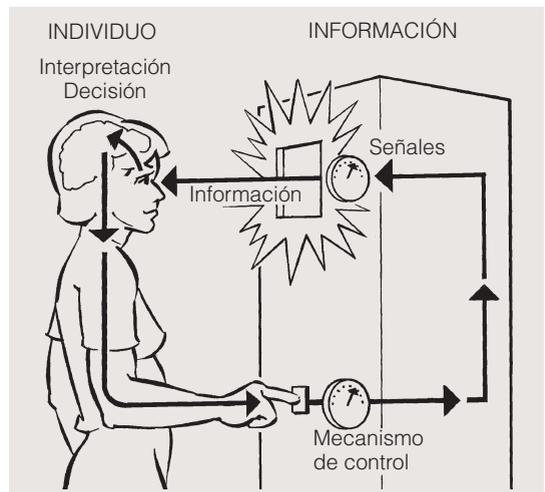


La ejecución de un trabajo cubre un doble fin: por una parte, conseguir los objetivos de producción y, por otra, desarrollar el potencial del trabajador. Eso quiere decir que, a partir de la realización de la tarea, la persona puede desarrollar sus capacidades. En este capítulo veremos que deben evitarse tareas que exijan un esfuerzo mental excesivo, pero que también deben evitarse trabajos que no ofrezcan a la persona la posibilidad de aplicar su capacidad de razonar y decidir.

Otro aspecto que hay que tener en cuenta es que todo trabajo tiene una doble vertiente: una física, de esfuerzo muscular; y otra cognitiva, de esfuerzo mental. Aunque, en la práctica, todo trabajo tiene una parte física y otra mental, dadas las diferencias que existen entre ambas, es conveniente considerarlas por separado para su estudio. Así pues, hablaremos de carga física cuando predomine un esfuerzo muscular y de carga mental cuando el trabajo suponga un tratamiento de la información.

En el capítulo anterior hemos definido el concepto de carga como el conjunto de exigencias psicofísicas a las que se ve sometida la persona a lo largo de la jornada laboral. Otros autores la definen como el nivel de actividad mental, sensorio-motriz y energética necesaria para desempeñar el trabajo.

Esta carga de trabajo ha recibido en los últimos años una influencia decisiva del desarrollo tecnológico, reduciendo en muchos casos los esfuerzos físicos pero aumentando, en cambio, la carga mental. Cada vez más, el trabajo requiere un contacto menos directo con los materiales por parte de los trabajadores, quedando a cargo de máquinas, robots, etc. la manipulación y transformación de los materiales.



La persona, por su parte, es la responsable de que estas máquinas funcionen correctamente: ello supone tener que estar atento a una serie de señales, saber su significado y accionar los mandos correspondientes para conseguir la operación que se quiere realizar. Es decir, que el trabajo moderno supone cada vez más el tratamiento de una información.

## CONCEPTO DE CARGA MENTAL

En todo puesto de trabajo se reciben una serie de señales que pueden ser muy diversas (órdenes de trabajo, indicadores, documentos, etc.) y que tenemos que percibir e interpretar correctamente para realizar una acción u operación determinada.

Bajo este punto de vista se puede considerar que el trabajo se basa en un proceso de percepción de la información, integración de esta información y toma de decisiones.

Las señales mencionadas se reciben principalmente a través de los sentidos y son múltiples y variadas según el trabajo que se realiza; por ejemplo, un mecánico oye si un motor funciona bien o no, huele a quemado si falta aceite, nota si las piezas ajustan correctamente o no, etc. Esta sería la fase de percepción de la información.

A continuación, el cerebro interpreta esta información y transmite al organismo la necesidad de reaccionar de una manera determinada. La persona, para poder ejecutar la acción, elegirá la más adecuada entre distintas posibilidades, para obtener el resultado esperado.

Este proceso exige un estado de atención (capacidad de «estar alerta») y de concentración (capacidad de estar pendiente de una actividad o un conjunto de ellas durante un periodo de tiempo) y, cuando se realiza conscientemente y con cierta continuidad, da lugar a la carga mental. Podemos definir la carga mental como la cantidad de esfuerzo deliberado que debemos realizar para conseguir un resultado concreto.

Algunos autores la definen como «el nivel de control deliberado y consciente de las informaciones, necesario para que se produzca un comportamiento».

## FACTORES QUE DETERMINAN LA CARGA MENTAL

La carga mental está influida por la cantidad y el tipo de informaciones que deben manejarse en un puesto de trabajo. Existen diversos factores que influyen en la carga mental. Lo

primero que hay que tener en cuenta es el tipo de tarea que se realiza, puesto que de ella depende la cantidad de información que se recibe y la complejidad de dicha información.

Cualquier trabajo está compuesto de diversas tareas. Cada tarea incluye unas características que pueden convertirse en fuente de carga. La propia tarea puede exigir una atención y concentración más o menos elevadas en función de la cantidad de señales a las que debe atenderse, las inferencias o deducciones que deben realizarse, el nivel de precisión de la respuesta, el margen de error posible, etc. Por ejemplo, el trabajo hospitalario, las tareas de atención al público, las tareas con ordenador, la vigilancia de procesos... son situaciones en las que la propia tarea exige elevadas demandas de atención y concentración, respuesta inmediata, tratamiento de información compleja, etc. y por ello son ejemplos de puestos de trabajo que suelen definirse como de carga mental elevada.

A la complejidad de la propia tarea, debe añadirse la introducción de nuevas tecnologías ya que, a pesar de que supone un beneficio principalmente en cuanto a rapidez y precisión, no es menos cierto que implica la aparición de nuevos problemas ligados a una mayor necesidad de tratamiento de información compleja.

Otra variable que se debe considerar es el tiempo, que incide en la carga mental desde un doble punto de vista: la cantidad de tiempo del que se dispone para elaborar la respuesta y la cantidad de tiempo durante el cual debe mantenerse la atención.

El primer caso está relacionado con el ritmo de trabajo. Si se ha de trabajar deprisa (seguir el ritmo de una máquina, responder a una afluencia de público, conseguir unos topes de producción, etc.), el esfuerzo que debe realizarse para dar la respuesta adecuada es mayor que si ésta puede ser considerada con más detenimiento.

En el segundo caso, el tiempo está relacionado con la duración de la exposición a una situación de riesgo; en este caso nos referimos a la necesidad de un mantenimiento constante de la atención durante periodos de tiempo continuados a lo largo de la jornada laboral.

A estos factores hay que añadir, además, los relativos a las condiciones ambientales y de organización en las que se



LA CARGA MENTAL ESTÁ DETERMINADA PRIMORDIALMENTE POR LA INFORMACIÓN QUE DEBE PROCESARSE Y POR EL TIEMPO PARA ATENDER O RESPONDER A ESA INFORMACIÓN.

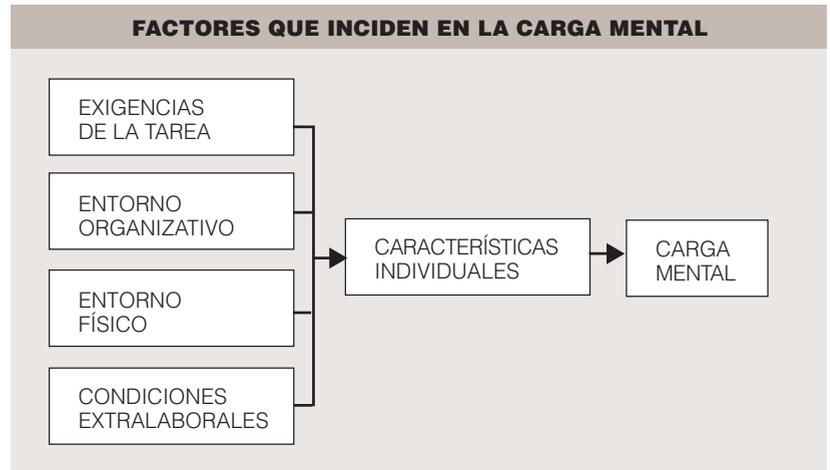




desarrolla el trabajo (ruido, temperatura, iluminación, horarios, comunicaciones, etc.).

Hasta aquí hemos considerado los factores relacionados con el trabajo, pero es evidente que hay que tener en cuenta también al individuo que lo realiza. La capacidad de respuesta de las personas es muy variable, dependiendo de una serie de características individuales entre las que cabe destacar las siguientes: la edad, la personalidad, el nivel de aprendizaje, las actitudes hacia la tarea y el estado de fatiga.

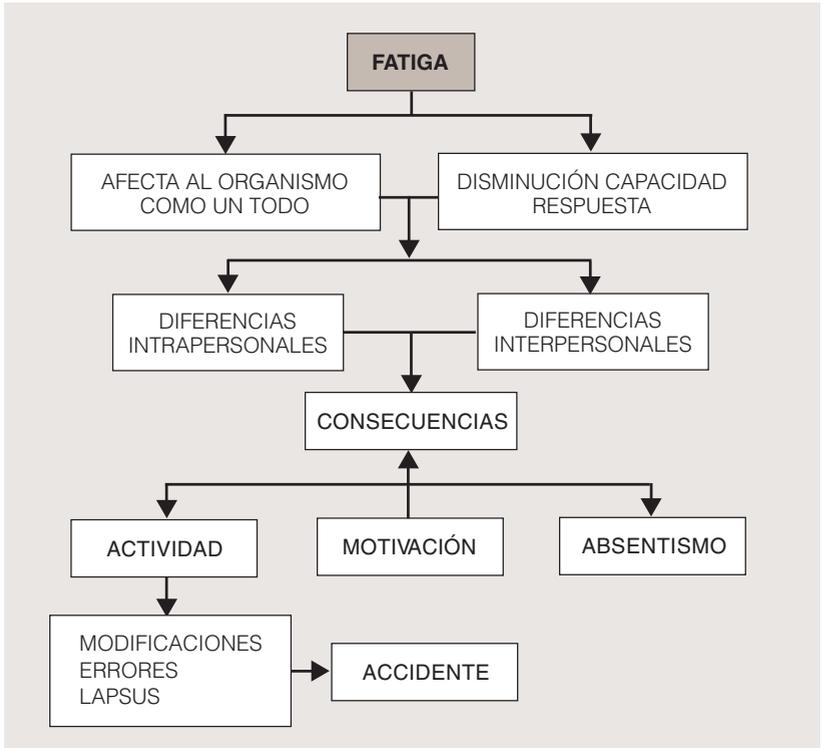
Para evitar la carga mental excesiva, el trabajo ha de requerir del individuo un esfuerzo acorde con su capacidad de respuesta. El trabajo ha de posibilitar que el individuo aplique las capacidades y los conocimientos a un nivel que corresponda al de sus posibilidades individuales.



Es importante tener en cuenta que, cuando hablamos de esfuerzo mental, tan agresivo puede ser un esfuerzo excesivo - mantener continuamente una atención elevada - como que el trabajo no requiera de la persona que lo realiza ningún esfuerzo mental.

## FATIGA MENTAL

Las consecuencias de la carga mental sobre las personas son muy variables y no siempre negativas. Sus efectos dependen



principalmente de la intensidad y duración del esfuerzo que debe realizarse.

Si el nivel de esfuerzo requerido está equilibrado con las capacidades personales, puede hablarse de una franja de activación óptima, que asegura la eficiencia funcional. Pero cuando el trabajo exige el mantenimiento constante de un determinado grado de atención aparece la fatiga. Esta fatiga podemos considerarla normal cuando el descanso (sueño, pausas, etc.) permite una adecuada recuperación. Los síntomas de esta fatiga, que se siente durante el trabajo o enseguida después de haberlo finalizado, son: sensación de cansancio, somnolencia, bajo nivel de atención, torpeza de movimientos, y se traduce en un bajo rendimiento, un descenso de la actividad, un aumento de los errores, etc.

La norma ISO 10075 «Principios ergonómicos relacionados con la carga de trabajo mental» define el término fatiga como la alteración temporal de la eficiencia funcional de la persona. Esta alteración es función de la actividad previa (esfuerzo mental realizado: atención, concentración, memoria., etc.) y de su estructura temporal.

Un descanso adecuado, por ejemplo, la introducción de pau-

sas, o la posibilidad de alternar el trabajo con otras tareas que impliquen una menor carga mental, permiten la recuperación del organismo y hacen posible el continuar la actividad normal. Pero puede ocurrir que la carga de trabajo sea continua, hasta tal punto que la persona no sea capaz de recuperar su ritmo habitual; puede ocurrir también que el descanso sea insuficiente (por ejemplo el sueño diurno en trabajadores en turno de noche). En estos casos puede aparecer la denominada fatiga crónica.

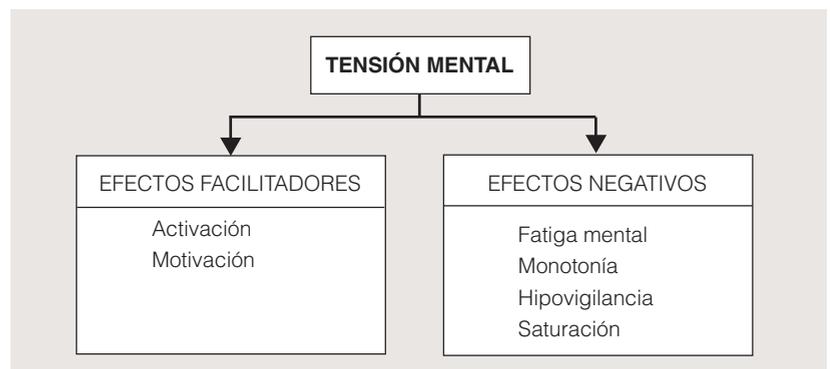
Los síntomas de este tipo de fatiga no se sienten sólo durante o después del trabajo, sino que son permanentes. Estos síntomas son:

- Irritabilidad
- Preocupaciones injustificadas
- Falta de energía
- Insomnio
- Alteraciones somáticas (mareos, problemas digestivos, pérdida de apetito, ritmo cardiaco irregular, etc.).

Estos efectos repercuten en la convivencia diaria de las personas que los sufren, quedando afectada la vida familiar y dando lugar a una serie de consecuencias sobre la organización, que se traducen principalmente en un aumento del absentismo de corta duración.

Además de la fatiga, una situación de carga mental puede tener otros posibles efectos sobre la persona, como, por ejemplo, la hipovigilancia (reducción de la capacidad de mantenerse alerta en tareas de control con pocas variaciones, por ejemplo, en paneles de control); o la saturación mental (rechazo a una situación repetitiva en la que se tiene la sensación de no ir a ninguna parte).

La sintomatología que puede darse como consecuencia de estos estados es muy variable pero sus consecuencias pueden



traducirse en aumento de errores y de accidentes, así como en absentismo de corta duración.

### VALORACIÓN DE LA CARGA MENTAL

Cuando una situación de trabajo implica una carga mental excesiva, deberemos evaluar qué condiciones de trabajo producen esta situación y qué repercusiones tienen sobre las personas. Para poder realizar una valoración lo más exacta posible, se deben intentar realizar distintos tipos de valoración, puesto que no existe una medida única de la carga mental. Así pues, debemos recurrir a distintos tipos de indicadores, complementarios entre sí.

Si admitimos que la carga mental se da cuando las exigencias de la tarea sobrepasan las capacidades del trabajador, para poder evaluarla debemos tener en cuenta los factores de carga del puesto (tipo de tarea y condiciones en que se realiza) y sus repercusiones en el individuo.



### Factores de carga mental relativos al puesto

La evaluación de los factores de carga significa el análisis de las características de la tarea y de sus condiciones de realización. El objetivo es identificar los principales componentes de esta carga para lo que será preciso partir de un análisis de las tareas que permita definir las exigencias de realización ( tipo de información; grado de precisión, tanto perceptivo como de respuesta; complejidad de las decisiones, conocimientos y habilidades requeridos; etc.)

Deben incluirse en el análisis aspectos organizativos, prestando especial atención a los que se refieren al tiempo de trabajo (duración de cada tarea, horarios, pausas...); al ritmo de trabajo (dependencia de cadena, público, compañeros; rapidez exigida, etc.) y al entorno físico, teniendo en cuenta los mínimos recomendados en función de las exigencias de la tarea, especialmente en cuanto a ruido e iluminación, ya que una adecuada concepción del mismo puede moderar la intensidad de la carga: facilitando la percepción de las señales, evitando el enmascaramiento de las mismas, etc.

Existen diversos métodos objetivos para la evaluación global de las condiciones de trabajo que incluyen, normalmente, un apartado dedicado a la carga mental. Su objetivo es valorar aquellos factores presentes en el puesto de trabajo que pueden influir sobre la salud de los trabajadores, de manera que pueda determinarse sobre cuál de ellos debe actuarse para mejorar una situación de trabajo

Estos métodos, para la valoración de la carga mental, se cen-

VARIABLE	MÉTODOS GLOBALES					FACTORES PSICO-SOCIALES (INSHT)
	LEST	PERFIL DEL PUESTO	ANACT	EWA	PYMES (INSHT)	
Presión temporal	X	X	X	X	X	X
Esfuerzo de atención (nivel, continuidad)	X	X	X	X	X	X
Complejidad, dificultad de la tarea	X	X				X
Precisión, minuciosidad	X	X				
Cantidad- complejidad de la información					X	X
Elementos del tratamiento de la información					X	
Interrupciones					X	
Fatiga percibida						X

tran principalmente en si el trabajo exige un nivel de atención elevado y si esta atención debe mantenerse a lo largo de la jornada laboral. Además tienen en cuenta otros factores que, aunque directamente no sean causa de carga mental, pueden influir sobre la misma; por ejemplo, el ritmo de trabajo, puesto que a menudo está condicionado por factores externos a la persona que realiza el trabajo (trabajo en cadena, atención al público, etc.) imponiendo cadencias demasiado rápidas o dificultando la correcta distribución de las pausas.

También suelen tenerse en cuenta las repercusiones que los errores pueden tener sobre las personas o sobre la producción (accidentes, rechazos, averías, etc.) ya que representan un factor de presión que se añade a los que ya pueden existir.

Las repercusiones de las exigencias mentales sobre las personas dependen de sus recursos personales para dar respuesta a estas exigencias. Las capacidades de memoria, razonamiento, percepción, etc. así como la experiencia y la formación son recursos que varían de una persona a otra y que también van cambiando en una misma persona en distintos momentos de su vida. Por ello, la información obtenida en la evaluación de los factores de carga mental debe contrastarse con las exigencias percibidas, basadas en la impresión subjetiva de variables como la dificultad de la tarea, el esfuerzo requerido, la presión temporal o los problemas para la realización de la tarea, entre otras.

Los indicadores de carga mental que utilizan los distintos métodos de evaluación se han determinado experimentalmente basándose en las reacciones del individuo frente a un exceso de carga; es decir, tomando como base las alteraciones fisiológicas, psicológicas y del comportamiento resultantes de la fatiga.

Los criterios más utilizados para la estimación de la fatiga mental son:

- Indicadores fisiológicos. Presión sanguínea; electroencefalograma, frecuencia cardiaca.
- Indicadores de conducta: tarea primaria (tiempo de reacción, errores, olvidos, modificaciones del proceso operativo...), tarea secundaria (doble tarea); conductas asociadas a la fatiga.
- Indicadores psicológicos: memoria, atención, coordinación visomotora.

También en el caso de la fatiga hay que tener en cuenta la impresión subjetiva, a partir de escalas o cuestionarios específicos, que deberán referirse a un periodo de

---

### **Repercusiones sobre el individuo (fatiga)**

LA CARGA MENTAL SE EVALÚA ATENDIENDO TANTO AL NIVEL DE EXIGENCIA DE LA TAREA COMO A LAS CONSECUENCIAS DE LA CARGA SOBRE EL INDIVIDUO.

**INDICADORES FISIOLÓGICOS****Actividad:**

Cardíaca. Ocular. Cortical. Respiratoria.

**INDICADORES PSICOLÓGICOS****Psico-motoras:**

Rapidez de reacción.  
Coordinación de movimientos.

**Mentales:**

Atención. Memoria. Concentración

**INDICADORES DE CONDUCTA****Método de la doble tarea:**

Consiste en presentar estímulos independientes de la tarea que se está realizando. En la medida que la tarea principal exige un nivel mayor de atención se disminuye la respuesta a los estímulos secundarios.

**Tarea primaria: errores, olvidos.**

Variación del comportamiento: al aumentar la fatiga, el individuo intenta variar de método operatorio para adaptarse a la situación.

Tiempo de reacción.

tiempo suficientemente amplio de manera que se abarquen los posibles picos o valles de trabajo, evitando que las respuestas sean función de una situación transitoria.

Esta información debería conjugarse con los datos de salud disponibles, a fin de descartar la existencia de posibles patologías en las que la fatiga sea uno de los síntomas. Tras este descarte se podrán establecer las correlaciones existentes entre unas exigencias del trabajo y la presencia de un estado de fatiga.

En definitiva, ante la cuestión de cómo evaluar la fatiga mental, cabría responder que son de interés todos aquellos aspectos que pongan de relieve la existencia de condiciones de trabajo inapropiadas, de exigencias inadecuadas (por exceso o por defecto), de tratamiento de información (en función del tiempo disponible, de las características de las personas) y de aspectos que contribuyan a la fatiga. Estos datos

son complementarios entre sí, dado que ninguna medida es válida por sí sola para evaluar la carga mental.

Sería interesante disponer de algún método estandarizado para el diagnóstico de la carga, pero hasta el momento parece poco probable que pueda llegarse a estandarizar. Dado que la interpretación de los datos no es unívoca y dada la dificultad de estandarización de pruebas para la evaluación tanto de los factores de carga como de sus consecuencias, es imprescindible la participación de profesionales especializados tanto para la aplicación de las pruebas como para la interpretación de los resultados, que deberá realizarse en función de las variables que entren en juego en cada situación.

**PREVENCIÓN DE LA FATIGA MENTAL**

El diseño de los sistemas de trabajo no debe tener como objetivo reducir al máximo la carga mental sino su optimización. Ello quiere decir que debe intentar evitarse tanto la sobrecarga como la subcarga.

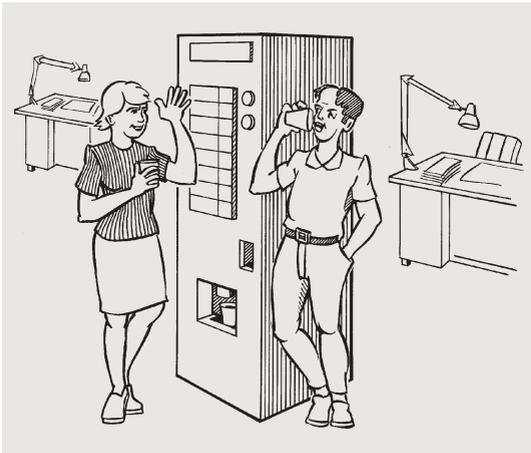
Las acciones que se deben llevar a cabo para prevenir la aparición de la fatiga mental por exceso de demandas mentales deben estar encaminadas hacia un objetivo principal: facilitar el



- Organizar el trabajo de manera que se reduzca la posibilidad de aparición de la fatiga y facilite la recuperación de la persona. En el momento de diseñar el puesto, deberán tenerse en cuenta, principalmente, los aspectos relacionados con el ritmo de trabajo y la organización del tiempo de trabajo.

En trabajos de elevada carga mental, el ritmo de trabajo requerido deberá responder al ritmo normal de una persona adiestrada, no siendo recomendable estar sometido a ritmos impuestos, ya sea por una máquina o por unos determinados topes de producción.

- En cuanto al tiempo de trabajo, merece especial atención prever una correcta distribución de las pausas para permitir la recuperación de la fatiga. La introducción de pausas cortas después de periodos de trabajo cortos es preferible a la realización de pausas más largas tras periodos de trabajo continuados. Por ejemplo, una pausa de unos cinco minutos tras una hora aproximada de trabajo. El objetivo de estas pausas es prevenir la aparición de errores o lapsus que pueden generar desde una disminución del rendimiento hasta fallos graves, y que en muchos casos pueden suponer un escalón inmediato anterior a los accidentes.



El objetivo de estas pausas es prevenir la aparición de errores o lapsus que pueden generar desde una disminución del rendimiento hasta fallos graves, y que en muchos casos pueden suponer un escalón inmediato anterior a los accidentes.

- Otra posible medida para prevenir la posible aparición de la fatiga es el cambio de actividad. La realización de tareas con distintas exigencias mentales puede tener efectos comparables a la introducción de pausas.

- Cuando la fatiga no está determinada, por un exceso de información, sino que al contrario, por realizar una tarea monótona y sin contenido, las medidas irán dirigidas a evitar una atención sostenida e incluir una mayor variedad de tareas (mediante rotación de puestos, posibilidad de intervención en incidentes o averías, enriquecimiento de tareas o cualquier otra vía que permita aumentar el contenido del trabajo); evitar ritmos marcados por las máquinas; prever cambios en el entorno ambiental, etc.

En estas situaciones es especialmente importante tener en cuenta que la atención cambia en función de la hora del día. La capacidad de mantener la atención depende no sólo de la voluntad de la persona sino que, en gran medida, está condicionada por factores que no pueden controlarse. Algunos de ellos son la hora del día (es más difícil mantenerse alerta en las horas de

después de comer o por la noche entre las 3 y las 6 de la mañana); el estado de fatiga y los cambios en el entorno. En el diseño hay que considerar que la novedad del estímulo, la intensidad del mismo, la frecuencia y diversidad de las señales ayudan a mantener la atención.

En cuanto a las condiciones generales del trabajo es importante considerar la adecuación entre el nivel de experiencia y formación de la persona y las exigencias de la tarea, previendo la formación adecuada cuando sea necesario, por ejemplo, cuando se introduzcan cambios tecnológicos, operativos u organizativos debe preverse un tiempo suficiente de formación y reciclaje.

Asimismo, debe informarse a los trabajadores de las exigencias de realización de la tarea (cantidad, calidad, plazos, objetivos en el contexto de la empresa y cualquier otra información que afecte a la tarea) de manera que se eviten ambigüedades e incertidumbres que puedan suponer factores añadidos de carga.

### **MONOTONÍA INTERVENCIÓN**

- Enriquecimiento de tareas.
- Ampliación del campo de atención.
- Oportunidad de variar de tarea.
- Concepción adecuada del entorno físico.
- Facilitar la comunicación.
- Introducción de pausas.



En la vida cotidiana, continuamente recibimos informaciones del entorno que nos rodea, tanto de las personas como de las cosas. Con las personas normalmente nos comunicamos a través del lenguaje y de los gestos. De las cosas recibimos información a través de su forma, tamaño, color, etc. o de los signos o símbolos que representan, como por ejemplo las señales de tráfico. Lo mismo ocurre en el trabajo: la información se recibe no sólo de las personas, sino también de las máquinas o a través de tableros que nos indican su funcionamiento. El trabajador, a su vez, da información a la máquina a través de los controles.

A medida que aumenta la automatización de los procesos, el trabajador interviene cada vez menos directamente en el proceso de fabricación, y cada vez más en el control de los automatismos que realizan el trabajo; la información no se recibe directamente del producto o del proceso sino, de manera indirecta, a través de una serie de indicadores: la información está mediatizada por una instrumentación, codificada a partir de unas reglas y signos convencionales, determinados por aquellos que conciben la instalación.

## INTRODUCCIÓN



Dado que la comunicación eficaz es importante para el desempeño del trabajo, y dado que una comunicación ineficaz puede provocar fallos en el sistema persona - máquina, una función de la ergonomía es la de diseñar sistemas cuya información se entienda correctamente. Podemos establecer cuatro combinaciones entre emisor - receptor:

- Persona a persona.
- Persona a máquina.
- Máquina a persona.
- Máquina a máquina.

En los tres primeros apartados interviene la Ergonomía, mientras que el último caso corresponde al campo de la Ingeniería y la Cibernética. En este capítulo haremos referencia al intercambio de información entre las personas y las máquinas. En este caso, el proceso de información es el siguiente: Los indicadores o *displays* de la máquina dan una información sobre la marcha de la producción; el trabajador registra esta información (percepción), debe comprenderla y evaluarla correctamente (interpretación); luego debe tomar una decisión y dar una respuesta, realizando los movimientos apropiados para transmitir la información a la máquina a través de los mandos. Una señal de control informa, a su vez, del resultado de la acción *feed-back*.

El papel de la Ergonomía es, en este caso, conseguir que los distintos elementos del sistema formen un todo coherente, considerando la interacción entre individuo y entorno en su totalidad, y considerando a la máquina más allá de un conjunto de botones y diales. Se deberá tener en cuenta que el comportamiento de la máquina o del individuo puede facilitar o reducir la efectividad del sistema.

El diseño deberá partir de un análisis de tareas que permita determinar la interacción entre el operador y el equipo así como las funciones de cada componente (técnico o humano) de forma que estén adaptadas a las características de los mismos. El objetivo es proyectar un sistema que tenga en cuenta las capacidades y las limitaciones del ser humano, atendiendo tanto a factores físicos (antropometría, biomecánica) como mentales (capacidad perceptiva, de procesamiento de información, toma de decisiones...). Por ejemplo las personas tienen capacidad de adaptarse a situaciones imprevistas por lo que su intervención es imprescindible en tareas no estructuradas o en las que puedan darse situaciones de incertidumbre, que requieran solucionar problemas, etc. En cambio, en tareas repetitivas en las que se requiera gran velocidad puede ser adecuada la utilización de una máquina.

El diseño deberá prever que, en caso de incidente, el trabaja-

dor debe poder intervenir rápidamente y, por tanto, debe disponer, de manera instantánea, de toda la información necesaria para tomar una decisión adecuada. En el momento de diseñar una instalación hay que considerar que los que la conciben y los que la utilizan no tienen las mismas referencias, por lo que el diseño ergonómico debería incluir las tres fases siguientes:

- Análisis detallado de las tareas para poder evaluar las posibles situaciones que tendrán lugar en el desempeño del trabajo.
- Consulta con el usuario de la instalación sobre la información que considera oportuna.
- Experimentación previa sobre prototipos.

El diseño ergonómico debe ir encaminado a facilitar el proceso de tratamiento de la información que realiza el individuo para el desarrollo del trabajo, a fin de reducir al máximo la fatiga mental y asegurar la fiabilidad del sistema. La norma UNE 614 «Seguridad en máquinas. Principios de diseño ergonómico» establece que considerando la capacidad mental de las personas y a fin de contribuir a asegurar la seguridad y salud de los trabajadores debe evitarse una sobrecarga o una subcarga; la información que se necesita para la realización de la tarea debe ser asequible para el trabajador y debe presentarse de tal manera que se entienda y pueda usarse con facilidad, manteniendo la coherencia de los símbolos que deban utilizarse.

Así pues, el diseño del puesto de trabajo deberá tender a facilitar cada una de las siguientes fases:

- Percepción de las señales: presentación de la información, diseño de *displays*, elección de la señal más adecuada, etc.
- Interpretación de la información recibida.
- Emisión de la respuesta: diseño y elección de controles, distribución del puesto de trabajo, diseño de paneles, etc.

UN DISEÑO CORRECTO DEBE FACILITAR EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

### EL DISEÑO CONSIDERANDO LA CAPACIDAD MENTAL

#### FACTORES A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO DE EQUIPOS

- No sobrecargar ni estar por debajo de las capacidades de los usuarios previstos.
- Información fácilmente asequible para el operador.
- La información debe presentarse de manera que pueda ser entendida y utilizada con facilidad.
- Los iconos, símbolos y comandos han de ser coherentes en apariencia y función

UNE-EN 614-1 Seguridad de las máquinas. Principios de diseño ergonómico

## PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

De manera más concreta podríamos establecer una serie de aspectos a tener en cuenta basados en las fases del proceso de percepción-respuesta.

## Diseño de indicadores

A pesar de que en las salas de control modernas cada vez se utilizan más las pantallas de visualización de datos para transmitir la información, todavía es muy común la utilización de los dispositivos tradicionales.

Entendemos por “indicador” (display) cualquier método utilizado para presentar información a través de un código, mediante símbolos interpretables o cuyo significado está preestablecido. Utilizando otras palabras podríamos decir que es todo índice artificial que facilita una indicación y que ha sido pensado expresamente para este fin. En la relación máquina - persona, la información no siempre puede repetirse o releerse, pues se transmite a través de instrumentos que presentan información acerca del estado

LA INFORMACIÓN QUE DEBE TRATARSE  
CONDICIONARÁ EL CANAL POR EL QUE  
DEBE TRANSMITIRSE

del sistema. Normalmente, la información se recibe a través de tableros y las señales se perciben por los sentidos; básicamente por la vista y el oído, en menor medida, por el tacto y, rara vez, por el olfato y el gusto. Según el tipo de acción que se debe desarrollar y el entorno en que se realiza, se elegirá un tipo de señal u otra, un canal sensorial u otro. Es decir, no elegiremos el mismo indicador para dar información sobre un dato preciso que para hacer referencia a una posición entre dos límites (frío/calor, por ejemplo).

Los dispositivos de información pueden cubrir distintas finalidades. Algunos de ellos suelen ir asociados a dispositivos de control; en este caso las funciones suelen ser de regulación, de puesta en marcha o de indicación.

Por otra parte, hay una serie de dispositivos cuya finalidad es solamente el proveer información. Estos suelen ser instrumentos para la lectura cuantitativa o cualitativa, para la comprobación (detección de posibles desviaciones de valores normales) o para la comparación (entre máquinas).

Otra variable que se debe considerar es la cantidad de información que se necesita. No debe darse demasiada información, sólo la indispensable para el buen funcionamiento del proceso.

### SEÑALES VISUALES

- Ambiente ruidoso
- Mensaje largo
- Información compleja
- Datos o información que debe consultarse
- No se requiere respuesta inmediata

### SEÑALES AUDITIVAS

- Sistema visual sobrecargado
- Receptor en movimiento
- Campo de visión limitado
- Se requiere respuesta inmediata
- No necesaria referencia posterior
- Ruido ambiental bajo

Así pues, es importante que el instrumento elegido dé al trabajador sólo la información requerida. Por ejemplo, empezar una graduación en la unidad más pequeña en la que tendrá que leerse - los termómetros que miden la temperatura del cuerpo empiezan en 35°C - y que esté a la vista del trabajador, sin que deba buscarla entre otras informaciones inútiles. Si tenemos en cuenta el proceso, las señales se elegirán atendiendo a los criterios de velocidad de interpretación de la señal, precisión de la información que se transmite y sensibilidad para transmitir la información importante.

En las salas de control tradicionales los datos referidos a cada variable se presentan con un instrumento o dispositivo, que se configuran conjuntamente en el correspondiente panel.

El desarrollo de los ordenadores ha propiciado nuevas formas de presentación de la información y de control. Las pantallas presentan una serie de ventajas frente a los mecanismos tradicionales entre las que podemos destacar la posibilidad de interacción inmediata sobre diversos parámetros, ya que permite la presentación de gran cantidad de información en un espacio reducido.

Esto hace que en muchos puestos de trabajo los dispositivos mecánicos se vayan sustituyendo por pantallas electrónicas. En este caso la información suele estar codificada utilizando distintos niveles de abstracción que oscilan entre la utilización directa de palabras o números y la utilización de figuras, imágenes, iconos, esquemas, diagramas, etc.

La elección del método de presentación de la información dependerá en gran medida de la tarea que deba realizarse, pero en cualquier caso serán de aplicación los principios ergonómicos de claridad referida tanto a la legibilidad como a la codificación. En el primer caso se hace referencia al diseño físico de la señal, que ha de ser percibida atendiendo a los principios de percepción (luminosidad, contraste, reflejos, parpadeos o vibraciones, forma y tamaño de los caracteres, distancia de lectura). El objetivo es asegurar la detección e identificación de la señal. En el segundo caso nos referimos a los factores relacionados con la densidad, el contenido y la cualidad de la información, que intervienen en la

### SEÑALES LUMINOSAS

- Contraste adecuado con el entorno:  
Intensidad que asegure la percepción sin deslumbrar
- Intermitente:  
Llamada de atención  
Duración que permita la identificación del mensaje

### SEÑALES ACÚSTICAS

- Nivel por encima del entorno que asegure su percepción; no utilizarlas si el nivel sonoro es muy elevado
- Evitar señales simultáneas

### COMUNICACIONES VERBALES

- Mensajes cortos, simples y claros
- Las personas afectadas deberán conocer el lenguaje utilizado

### SEÑALES GESTUALES

- Gestos codificados

LAS SEÑALES DEBEN ASEGURAR UNA CORRECTA DETECCIÓN, IDENTIFICACIÓN Y COMPRENSIÓN DE LA INFORMACIÓN

interpretación de la misma (símbolos, tipo de indicador o de gráfico utilizado, contenido del mensaje, vocabulario..).

Atendiendo, pues, al proceso de percepción, en el diseño de los dispositivos de información es necesario considerar tres puntos:

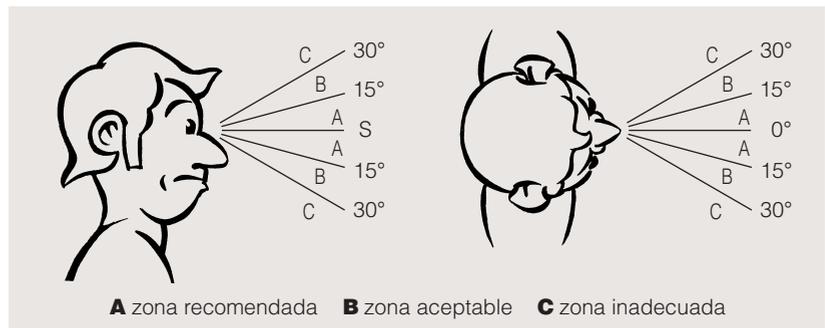
- **Detección:** descubrir la presencia del estímulo. Este punto hace referencia a la presentación física del estímulo (tamaño, brillo, intensidad sonora, contraste con el fondo, etc.).
- **Discriminación:** reconocerlo, distinguirlo entre otros. Aquí nos referimos principalmente a la forma (tipo de caracteres, color, código).

Estas dos características influyen en la facilidad de lectura.

- **Interpretación:** encontrar el significado de la información que se presenta (cantidad, complejidad). De ella depende la comprensión y la exactitud de la lectura. El mensaje no sólo se ha de leer, sino que también se ha de comprender.

### Indicadores visuales

El principio del diseño de indicadores visuales es establecer qué información se necesita para realizar la tarea, qué cantidad es la necesaria y cuál es la forma de presentación idónea. Las señales deben ser visibles, legibles e inteligibles; es decir, que puedan verse, leerse y ser entendidas. Para asegurar la detección de la señal visual el primer condicionante es la zona de visión; la visibilidad de un objeto depende, en gran medida, de su situación. El hecho de que capturemos un objeto en su totalidad o parcialmente depende de la distancia a que nos encontremos. Así pues, debe considerarse el emplazamiento en función de las dimensiones del campo visual de la persona y las líneas de visión libres de que se disponga. La localización de las señales más importantes o que deban ser consultadas con mayor frecuencia deberán situarse en un ángulo de visión que no supere los 30° bajo la línea horizontal trazada bajo los ojos del operador.



Un objeto sólo puede verse completo si su distancia hasta el ojo es por lo menos el doble de su tamaño. El tamaño de la imagen retiniana se reduce a la mitad cada vez que la distancia entre el observador y el objeto se duplica. Así pues, un factor a considerar será la distancia de lectura, ya que condicionará el tamaño de los caracteres.

Hay que tener en cuenta, además, los factores que dependen de la persona y que hacen referencia principalmente a la experiencia o aprendizaje, a las diferencias individuales y a la capacidad visual.

Para ser correctamente detectada una señal se han de tener en cuenta, además, los aspectos de iluminación tanto del entorno como de luminosidad y contraste de la señal.

Por lo que se refiere a la iluminación general, en puestos en los que deban percibirse señales visuales, el nivel general de iluminación deberá permitir la correcta percepción de las mismas, recomendándose un nivel mínimo de 200 lux, debiéndose prever medidas complementarias como, por ejemplo, aumentar el tamaño de la señal o instalar iluminación localizada en caso de que la iluminación sea insuficiente.

En cuanto al diseño de la señal, debe atenderse al contraste entre símbolos, letras e índices y el fondo en el que deben ser percibidos, en función de las exigencias de rapidez y precisión exigidas por la tarea, de manera que se reduzcan al máximo las posibilidades de error de lectura.

<b>DISTANCIA MEDIA DEL PUNTO MÁS PRÓXIMO QUE PUEDE SER VISTO CON NITIDEZ EN FUNCIÓN DE LA EDAD</b>	
<b>Edad</b>	<b>Distancia (cm)</b>
16 años	8
32 años	12
44 años	25 (inicio de prebicia)
50 años	50
60 años	100

Los indicadores visuales son, seguramente, los más utilizados para comunicar la información máquina–persona. La información visual puede transmitirse a través de luces o a través de indicadores. La elección de un tipo de tablero u otro dependerá del tipo de información que se quiera transmitir.

*Luces (displays luminosos).*- Generalmente se utilizan como indicadores de una situación concreta dentro del proceso operativo: encendido, peligro, etc. Cuando se trata de mensajes urgentes, es conveniente combinarlas con una señal acústica para llamar más la atención (por ejemplo, la luz y la sirena, en caso de emergencia). Para la elección del color y la luz fija o de centelleo se tendrá en cuenta el contraste del fondo y la existencia de luces y colores similares en la proximidad o entre otras señales. Es importante también que la señal elegida se corres-

**Tipos de indicadores visuales**

COLOR	SIGNIFICADO
ROJO	Mal funcionamiento; fallo; peligro; detener la acción
ANARANJADO	Caliente; posible peligro
AMARILLO	Retraso; comprobar; precaución
VERDE	Adelante; dentro de los límites; seguridad; aceptable; listo
BLANCO	Función; acción en curso

ponda con el tipo de información que se quiere transmitir, teniendo en cuenta los estereotipos de conducta. (Por ejemplo: luz roja = parar, luz intermitente = peligro).

Cuando se requiere información más detallada y compleja se recurre a los indicadores, que pueden ser analógicos o digitales.

En los indicadores analógicos la información está dada por la posición de una aguja en una escala (por ejemplo, las manecillas de un reloj tradicional). Los indicadores digitales presentan directamente la información a través de números o letras (relojes digitales).

*Los indicadores analógicos* dan información sobre el valor de una variable. Su diseño debe permitir la mayor precisión posible. Son más recomendables, si los valores cambian con cierta rapidez (por ejemplo, velocidad, presión, etc.) y cuando interesa no sólo un valor puntual sino la observación de un cambio, pues es más fácil hacer una estimación visual de la posición de una aguja que tener que recordar un valor que había salido con anterioridad, o calcular un valor medio de unos números. Por ejemplo, un manómetro da información sobre la magnitud de un cambio, lo que puede hacerse más difícil con una presentación digital.

Estos indicadores pueden ser de escala fija o de escala móvil. Se consideran más satisfactorios los de graduación fija e indicador móvil, puesto que la aguja móvil atrae la vista y facilita la lectura. Sin embargo, cuando se trata de cubrir una amplia gama de valores, debe recurrirse a la escala móvil, con el fin de evitar una dimensión demasiado grande del indicador.

INDICADORES VISUALES SEGÚN EL TIPO DE TAREA				
DISPOSITIVO		TAREA		
		Lectura cuantitativa puntual	Verificación de un valor	Control de variaciones (de procesos)
Analógico	Puntero móvil	Bueno	Bueno	Bueno
	Escala móvil	Regular	Regular	Regular
Digital		Bueno	No adecuado	No adecuado
Pantalla gráfica		Regular	Bueno	Bueno

Según la forma, los indicadores pueden ser de ventana, circulares, semicirculares, horizontales y verticales.

Los errores de lectura dependen de la forma de los indicadores; se ha demostrado que los que facilitan una mayor exactitud de lectura son los que tienen forma de ventana, mientras que en los verticales se produce el mayor número de errores de lectura.

Podemos resumir, en los siguientes puntos, los aspectos que deben considerarse en el diseño de los indicadores analógicos:

- Las escalas deben ser sencillas y claras.
- Los marcadores de la escala deben tener, por los menos, 1mm de distancia.
- Los marcadores principales deben diferenciarse fácilmente.
- Se debe tener en cuenta el sistema de numeración.
- Los números deberán situarse fuera de las marcas de la escala para que la aguja no los oculte
- El diseño de la aguja debe permitir una lectura adecuada.
- El cuadrante debe ser visible en su totalidad.



Puede resultar útil añadir marcas para indicar rangos en los que se debe realizar una operación o que no deben ser sobrepasados, por ejemplo temperatura o presión, y utilizar códigos de colores (rojo para una situación inaceptable, verde para situación aceptable).

Los indicadores digitales se utilizan principalmente para efectuar lecturas precisas de valores numéricos, variaciones lentas,

### ALTURAS ACONSEJADAS PARA LOS CARACTERES (en cm)

Distancia de lectura	Altura mínima de los caracteres
Hasta 50	0,25
Entre 51 y 90	0,5
91 y 180	0,9
181 y 360	1,8
361 y 600	3

### PROPORCIONES DE LOS CARACTERES

Anchura	2/3 de la altura
Espesor del trazo	1/6 de la altura
Intervalo entre líneas	1/5 de la altura
Intervalo entre caracteres	2/3 de la altura

### EL TIPO DE LETRA INFLUYE EN LA FACILIDAD DE LECTURA

*Peligro, no poner en marcha*

Peligro, no poner en marcha

*Peligro, no poner en marcha*

Peligro, no poner en marcha

información cuantitativa, lectura de corta duración y frecuente. Lo que interesa en este caso es una información concreta y puntual. En su diseño debe tenerse en cuenta el tamaño de los caracteres, en función de la distancia de lectura, el tipo de carácter utilizado, la distancia entre los mismos y el espesor del trazo. Hay que considerar, además, que los caracteres no deben confundirse y deben ser fáciles de distinguir: ( C - G), ( X - K ), ( D- O- Q), (8- B), ( 5- S).

Si consideramos las pantallas como un medio a través del cual se transmite información visual, al igual que cualquier otro tipo de dispositivo de presentación de información, debe asegurarse que cumplen los principios de diseño que aseguren la detección (visibilidad), la identificación y la comprensión de los datos. Las dos primeras se refieren a la presentación externa de los símbolos mientras que la tercera hace referencia al contenido de la información.

De manera específica, además, debe atenderse a lo establecido en el RD 488/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo que incluye pantallas de visualización de datos, y su correspondiente guía técnica. El primero, en el apartado en el que se especifican las condiciones que debe reunir el equipo y refiriéndose a la pantalla, establece que *los caracteres deberán estar bien definidos y configurados de forma clara, y*

*tener una dimensión suficiente, disponiendo de un espacio adecuado entre los caracteres y los renglones.*

Las recomendaciones en cuanto a una iluminación adecuada que evite reflejos y deslumbramientos, además de prevenir la aparición de la fatiga u otras molestias visuales, cumplen el objetivo de facilitar la correcta lectura (percepción) de la información presentada en la pantalla.

En cuanto al tamaño y resolución, la guía recomienda que se adecuen a la tarea realizada, siendo necesaria una pantalla mayor y una mayor resolución como mayores son las exigencias visuales de la tarea.

<b>TAMAÑO DE PANTALLA SEGÚN LA TAREA (Guía Técnica Pantallas de visualización)</b>			
<b>TRABAJO PRINCIPAL</b>	<b>TAMAÑO (diagonal)</b>	<b>RESOLUCIÓN (píxeles)</b>	<b>FRECUENCIA DE LA IMAGEN</b>
Oficina	35 cm (14")	640 x 480	70 Hz
Gráficos	42 cm (17")	800 x 600	70 Hz
Proyecto	50 cm (20")	1024 x 768	70 Hz

Aunque la manera más utilizada de presentar información es la visual, las señales auditivas tienen también su importancia, especialmente cuando el sistema visual está sobrecargado. Los dispositivos de información auditivos son adecuados, principalmente, para proporcionar a la persona una información que requiera una acción inmediata; por ello son los más útiles como mecanismos de advertencia, aunque también pueden usarse para dar información acerca del estado del proceso productivo.

La utilización de una señal auditiva como único medio de identificación de la acción de un mecanismo de control no es recomendable, debiéndose limitar en este caso su utilización a funciones elementales. Las señales auditivas tienen la ventaja de ser multidireccionales, es decir, no necesitan estar colocadas en un lugar o dirección determinados. Su utilización es adecuada: cuando el campo visual del operador esté saturado, cuando se requiera una reacción inmediata; si el mensaje es simple y corto o si la tarea exige el desplazamiento del puesto de trabajo.

Son muy útiles para llamar la atención ya que presentan una modificación del ambiente sonoro habitual, lo que contribuye a dirigir la atención hacia ellas. Por ello se utilizan como señales de emergencia o alerta, utilizándose en estos casos sonidos cortos y repetidos, que pueden ser fácilmente detectados en ambientes ruidosos.

Al igual que en los estímulos visuales hay que considerar los aspectos de detección, identificación e interpretación. Para ello en su diseño hay que tener en cuenta diversas variables. En primer lugar debe considerarse que la capacidad auditiva humana tiene unos umbrales de percepción ligados a la frecuencia, siendo más sensible a frecuencias entre 500 Hz y 3000Hz, por lo que los dispositivos de información deben estar comprendidos en esta gama.

También ha de tenerse en cuenta que las señales auditivas pueden ser enmascaradas por el ruido del ambiente; así pues, debe atenderse a la relación señal/ ruido del entorno ya que para

## Señales auditivas

DEBEN EVITARSE SEÑALES AUDITIVAS  
SIMULTÁNEAS

que una señal acústica sea detectada es necesario que sobrepase entre 5dB y 10 dB el nivel de ruido ambiental, debiéndose evitar, sin embargo, sonidos cuya intensidad o frecuencia puedan provocar daños o molestias.

El siguiente paso, una vez asegurada la detección del estímulo auditivo, es la correcta identificación del mismo, es decir, la discriminación entre otros sonidos. Para ayudar a la identificación puede utilizarse además el timbre, la repetición de la señal o el ritmo.

En cuanto a la interpretación es necesario que la señal sea clara y que el usuario conozca su significado, a fin de evitar ambigüedades y errores de interpretación.

Dado que la gama de sonidos que pueden emplearse para los dispositivos de información es sumamente amplia, ha de procurarse que este tipo de estímulos sean los mínimos posibles, ya que de lo contrario se hace muy complejo el tratamiento de dicha información, exigiendo a la persona un esfuerzo adicional de concentración.

La norma UNE-EN 894 sobre requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y órganos de accionamiento, recomienda limitar la utilización de estímulos sonoros a situaciones en las que se requiera una acción inmediata: indicación de un estado (parada/marcha; alto/bajo, etc), información de un suceso

en el tiempo (comienzo o fin de un proceso) o de cambios en el estado de un sistema.

Podemos clasificarlas en los siguientes tipos:

- Informativas: transmiten una orden que debe ejecutarse.
- Alerta: advierten de una situación a la que debe prestarse especial atención. La señal acústica suele ser un zumbador, una campana o un timbre.
- Alarma: avisan de una situación en la que debe actuarse con rapidez (por ejemplo, exceso de presión). Suele utilizarse una bocina o un pitido intermitente.
- Emergencia: informan de la existencia de una situación límite. La señal acústica más utilizada suele ser una sirena.

En el caso de recurrir al lenguaje hablado es evidente que tenemos que asegurarnos de la perfecta comprensión del mensaje. Generalmente tres son las causas de una mala interpretación: una mala emisión del mensaje, una falta de redundancia o el enmascaramiento (ruido o eco) en cualquier punto del canal comunicativo.

### SEÑALES AUDITIVAS

INFORMATIVAS	Transmiten una orden que se debe ejecutar
ALERTA	Situación en la que se debe prestar especial atención. Zumbador, campana, teléfono
ALARMA	Situación en la que debe actuarse con rapidez. Bocina, pitido intermitente
EMERGENCIA	Situación límite. Sirena

La utilización cada vez más generalizada de los ordenadores obliga a tratar gran cantidad de datos complejos y abstractos, lo que puede llegar a saturar la capacidad visual. Esto ha dado lugar a que actualmente se estén desarrollando investigaciones en el campo de la llamada *sonorización* que consiste en la transformación de las relaciones entre datos en señales sonoras, a fin de facilitar su interpretación: por ejemplo, avisar con una señal sonora cuando los datos de un gráfico tienen una significación determinada. A pesar de que se plantea como una posible ayuda en ambientes en los que deba controlarse un gran número de información variable o puntual y que sin duda será una ayuda para personas con dificultades visuales, esta área todavía debe investigarse, no sólo desde el punto de vista técnico, sino también desde el punto de vista de capacidad y aprendizaje humanos.

## EMISIÓN DE LA RESPUESTA

En el circuito de la información máquina-persona, los mandos representan el último eslabón; a través de ellos se emite la respuesta. Así como las señales nos indican en qué situación se encuentra un proceso, a través de los mandos es la persona la que transmite una información a la máquina (ponerla en funcionamiento, alimentarla, acelerarla, etc.), cerrando el circuito señal- respuesta. Salvendy define un mando como *el elemento del sistema persona-máquina a través del cual un ser humano transfiere energía mecánica o información al sistema técnico para conseguir funciones de control automático*. La finalidad del mando es transmitir la fuerza desde el sistema osteomuscular del usuario hasta el objeto a fin de provocar que el sistema actúe de una manera determinada.

Para diseñar un sistema de control efectivo hay que tener en cuenta, por una parte, las características de la persona que debe utilizarlo y, por otra, el tipo de respuesta que se requiere.

### Diseño de mandos

#### *Elección de los mandos*

El diseño, la disposición y el tipo de mando tienen considerable influencia en el esfuerzo que la persona debe realizar para el desempeño de su trabajo y en la eficiencia y seguridad del sistema. Por ello la elección de los mandos debe hacerse basándose en consideraciones ergonómicas y comprobando que los elementos en interacción con la persona cumplen sus objetivos fundamentales: las dimensiones antropométricas determinarán las dimensiones de los mandos y su situación. Los principios de

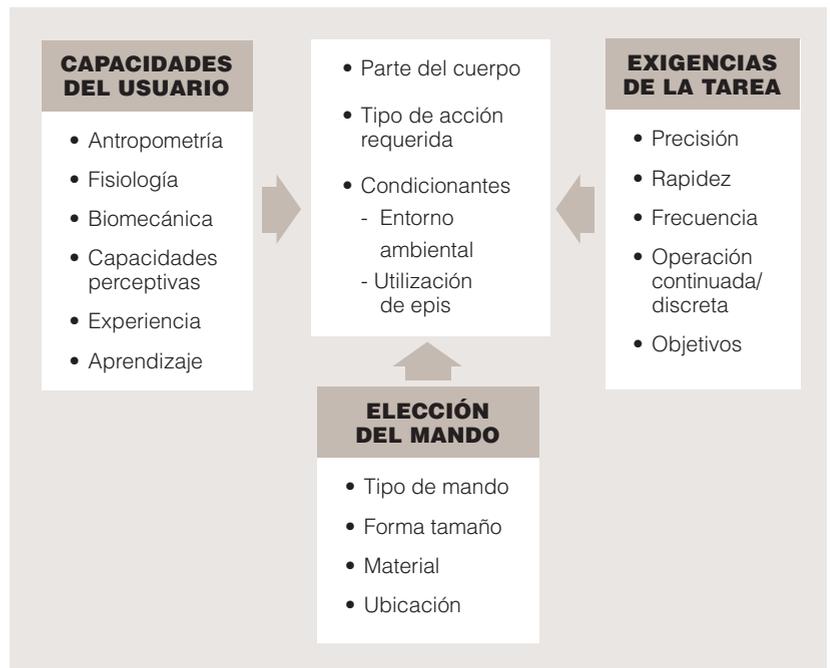
LA ELECCIÓN DEL MANDO SE HARÁ A PARTIR DE LA ACCIÓN REQUERIDA Y DE LAS CAPACIDADES DE LOS USUARIOS

biomecánica, por su parte, son los que condicionan la elección de un tipo de mando u otro, en función del tipo de movimiento o de la fuerza esperada.

Además, deberán tenerse en cuenta los condicionamientos de realización de la tarea como, por ejemplo, utilización de equipos de protección personal, trabajo en espacios reducidos o con escasa iluminación.

La elección de los mandos y su ubicación debe hacerse, pues, teniendo en consideración los principios de diseño ergonómico: armonizando las exigencias de la tarea (precisión, rapidez, frecuencia, etc.), sus condicionantes de realización (entorno organizativo, utilización de EPI, iluminación, etc.) y capacidades del usuario (antropometría, biomecánica, capacidad perceptiva, experiencia, etc.).

Uno de los primeros aspectos que hay que considerar es la estructura de las personas, de manera que el diseño del puesto permita utilizar el cuerpo de una manera adecuada. Una de las funciones de la ergonomía es aportar los datos necesarios para adaptar la máquina al individuo, con el fin de diseñar un sistema que respete las capacidades físicas de la persona, en cuanto a tipo de mandos, tamaño y ubicación de los mismos, ya que el alcance, la velocidad, la precisión y la fuerza del movimiento dependen de la parte del cuerpo utilizada.



En este sentido la antropometría aporta los datos medibles del cuerpo humano que tienen consecuencias para el diseño de una determinada máquina, herramienta o puesto de trabajo.

En general deberá diseñarse para el mayor rango posible de la población usuaria por lo que se emplearán las medidas para los percentiles 5 a 95 o, cuando los aspectos de salud y seguridad sean importantes, entre el 1 y el 99. (Ver capítulo sobre el diseño del puesto). Para el diseño, selección y disposición de los controles hay que considerar distintos aspectos, según la finalidad que se persiga: eficacia, seguridad, estética, etc. En el diseño ergonómico de los puestos de trabajo debemos considerar los siguientes condicionantes:

- **Márgenes (espacios libres).** Debe preverse suficiente espacio, tanto para el movimiento de la persona como para el acceso o la circulación necesaria.
- **Alcance.** Los mandos deben situarse en las zonas de mayor o menor alcance siguiendo los principios de frecuencia de uso e importancia de la acción requerida.
- **Postura.** La disposición de los mandos deberá evitar las posturas forzadas.
- **Fuerza.** En tareas de manipulación es importante considerar el límite de fuerza aceptable.

Además de los condicionantes estructurales y funcionales, deberán tenerse en cuenta las exigencias de tratamiento de información y toma de decisiones, mencionadas en el capítulo de carga mental de trabajo.

A este respecto es importante evitar las confusiones en el operador: facilitar la identificación de cada mando y su correspondencia con las señales; tener en cuenta la secuencia de operaciones; evitar un exceso de mandos o una disposición que permita accionamientos involuntarios y asegurarse de que el usuario conoce el proceso y dispone en todo momento de información sobre el estado del sistema a fin de que pueda tomar las decisiones pertinentes y controlar el resultado de sus acciones.

La norma UNE-EN 894-1 sobre seguridad en máquinas especifica estos conceptos, estableciendo los requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos a fin de *minimizar los errores del operador y para asegurar una interacción eficaz entre el operador y el equipo.*

Sin pretender ser exhaustivos, podemos citar algunas recomendaciones aplicables a cualquier tipo de mando:

- Deben ser fácilmente identificables.
- La fuerza, precisión, rapidez o movimiento requeridos no deben exceder las posibilidades de los usuarios.

- El número de controles debe mantenerse en el mínimo posible.
- Los movimientos naturales son mejores y requieren menos esfuerzo.
- Debe prevenirse el accionamiento involuntario.
- Deben proveer información cuando se activan.
- Deben responder a las expectativas de los usuarios

### *Tipos de mandos*

La elección del mando estará determinada por el tipo de utilización que esperemos de él: fuerza, rapidez y precisión suelen ser las tres variables que intervienen en la elección del mando. En general, se elegirán controles accionados manualmente cuando se requiera mayor precisión, mientras que si la tarea requiere ejercer una fuerza importante o continuada será más adecuada la utilización de algún tipo de pedal.

Según el esfuerzo exigido podemos hablar de:

- Mandos que exigen un esfuerzo muscular pequeño, accionados fácilmente con los dedos (botones, teclas, interruptores). Son más adecuados para operaciones que impliquen movimientos o esfuerzos no muy elevados, gran precisión y selección continua o fraccionada.
- Mandos que exigen cierto esfuerzo muscular, haciendo intervenir grupos importantes de músculos de brazos y piernas (palancas, manivelas, volantes, pedales). Son más adecuados para operaciones que exijan un esfuerzo muscular continuo y con menor precisión.

Estas dos variables, acción requerida y tipo de movimiento necesario, determinarán el mando que se debe utilizar, así como el tamaño y las dimensiones del mismo que, evidentemente, deberán corresponderse con los datos antropométricos de los miembros del cuerpo que se deben utilizar.

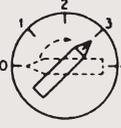
En el momento del diseño, y haciendo referencia al tamaño de los mandos, hay que considerar la utilización de prendas de protección personal, especialmente guantes o botas de seguridad, en cuyo caso deberá preverse una mayor holgura que permita el manejo del mando. También hay que tener en cuenta, en el caso de los guantes, que éstos disminuyen la habilidad del operario y la capacidad de distinguir la textura de los materiales que se manejan.

#### **MANDOS UTILIZADOS PARA MOMENTOS CONCRETOS**

- Activación/desactivación
- Entrada de datos
- Selección de una función
- Fijar, seleccionar un valor

#### **MANDOS PARA ACCIONES CONTINUAS**

- Aplicación de una fuerza continua
- Control continuo

TIPO DE CONTROL		RAPIDEZ	PRECISIÓN	FUERZA
	<p>MANIVELA</p> <p>Pequeña Grande</p>	<p>Buena Pobre</p>	<p>Pobre No adecuada</p>	<p>No adecuada Buena</p>
	VOLANTE	Pobre	Bueno	Utilizable
	BOTÓN	No utilizable	Aceptable	No utilizable
	<p>PALANCA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Horizontal</li> <li>• Vertical (perpend. al cuerpo)</li> <li>• Vertical (siguiendo al cuerpo)</li> <li>• Joystick</li> </ul>	<p>Buena Buena Aceptable Bueno</p>	<p>Pobre Aceptable Aceptable Aceptable</p>	<p>Pobre Corta: pobre Larga: buena Aceptable Pobre</p>
	PEDAL	Bueno	Pobre	No utilizable
	PULSADOR	Bueno	No utilizable	No utilizable
	INTERRUPTOR GIRATORIO	Bueno	Bueno	Pobre
	INTERRUPTOR DE PALANCA	Bueno	Bueno	

Cabe hacer mención especial del predominio manual. Los mandos y las herramientas, en general, están diseñados para personas con predominio de la mano derecha, por lo que las personas zurdas, a menudo, encuentran dificultades para su uso; el manejo continuado de herramientas inadecuadas puede, además, provocar dolores musculares y fatiga. La solución a este problema no es fácil pues estriba en adaptar el puesto de trabajo a los trabajadores zurdos. Ello exigiría reconsiderar la forma de los mandos y las herramientas, la dirección de los movimien-

tos y prever una versión para diestros y una para zurdos. A pesar de todo, es crucial valorar los requerimientos de la tarea y las consecuencias de los posibles errores, de forma que el puesto pueda adaptarse lo máximo posible a las capacidades del individuo.

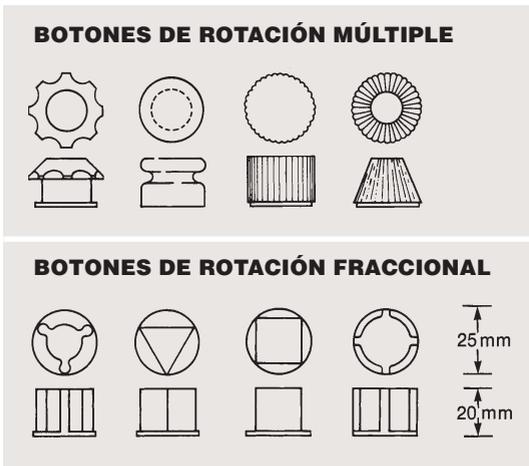
### *Diferenciación de los mandos*

Los cuadros de control suelen estar provistos de numerosos mandos, cada uno de los cuales cumple una función distinta; es importante, pues, que los mandos puedan ser diferenciados sin dificultad, de manera que se reduzca la posibilidad de error. Para ello, existen distintos criterios:

- La estructura o el material. La textura del material empleado o el propio mando (liso, estriado, rugoso, etc.) puede ayudar a identificarlo, especialmente cuando una operación se realiza “a ciegas”, sin fijar la vista en el mando.

• El color está indicado cuando el mando se encuentra en el campo visual; si la iluminación general es tenue, deberá disponerse de una iluminación localizada.

• El tamaño. Da información visual y táctil, aunque generalmente, por sí mismo, no es tan fiable como la forma o el color. La diferencia de tamaño ha de ser tal que los mandos puedan distinguirse fácilmente unos de otros, lo que a veces puede dar como resultado que el tamaño no sea el adecuado para el movimiento requerido.



### *Disposición de los mandos*

Además del diseño de los controles también hay que prestar atención a su disposición. En ella, además de la estética, deberán prevalecer criterios de seguridad del trabajo, confort, seguridad del sistema, etc. Hay que tener en cuenta el diseño del espacio de trabajo y la posición de los controles. En cuanto al diseño del espacio de trabajo y como criterios generales, deberán considerarse los siguientes aspectos: evitar posturas forzadas; los movimientos naturales son más eficaces y cansan menos; evitar tener los brazos extendidos o elevados; dar la posibilidad de alternar la posición sentado y de pie; procurar utilizar los dos brazos de manera proporcional ya que el movimiento de un solo brazo implica un sobreesfuerzo muscular y respetar las distancias óptimas de visión para el operario.

Una disposición racional de los controles conseguirá reducir

la fatiga y los errores, aumentando por el contrario la facilidad de uso y la fiabilidad del sistema.

La posición de los controles es de suma importancia, puesto que un espacio demasiado amplio obligará a realizar movimientos innecesarios, mientras que un espacio demasiado reducido puede provocar errores. El espacio mínimo depende del tipo de mando y, por tanto, de la parte del cuerpo utilizada, de cómo debe ser accionado (sucesivamente, con frecuencia, o rara vez) y de si se utiliza o no protección personal. Si el esfuerzo es continuado, se debe dar la oportunidad de ir alternando diferentes miembros del cuerpo.

Los mandos deben disponerse de manera que sólo se activen por una acción intencionada, evitándose su accionamiento involuntario ya sea por posición inadecuada, exceso de mandos o ambigüedad de la información que presentan. Su disposición debe minimizar la posibilidad de maniobras incorrectas lo que se conseguirá estructurando su disposición siguiendo unos principios lógicos y agrupándolos según la función, la secuencia de utilización, la frecuencia o la importancia de la acción.

Para el diseño de los paneles de mando deberán seguirse los siguientes principios:

- A fin de facilitar la correcta identificación es conveniente disponer de etiquetas o pictogramas.
- Los mandos que se utilicen más a menudo deben estar situados a una altura entre el codo y el hombro.
- Los mandos situados delante y ligeramente por debajo del hombro son los que se encuentran más fácilmente, si hay que trabajar a ciegas.
- La máxima fuerza se aplica en las palancas a la altura del hombro, si se está de pie, y a la altura del codo, si se está sentado.
- El mando y el indicador correspondiente deben estar situados lo más cer-

**DISEÑO DE PANELES DE CONTROL**

**AGRUPAMIENTO**

- Secuencia de las operaciones
- Importancia de la acción
- Frecuencia de uso
- Relaciones funcionales

**COHERENCIA**

- Relación evidente mando-signal

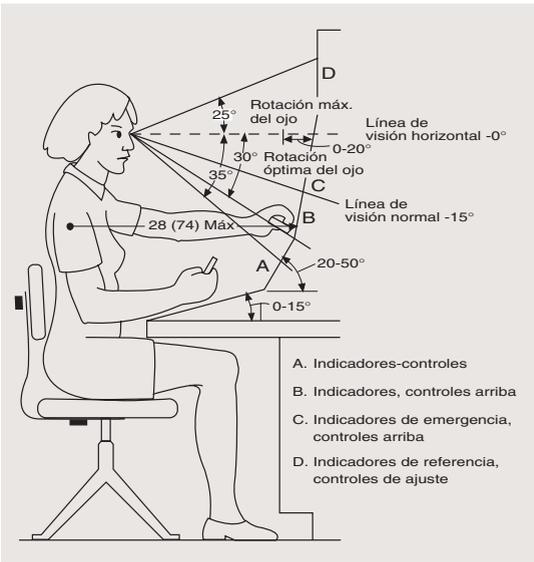
**IDENTIFICACIÓN**

- Asegurar la visibilidad
- Utilización de etiquetas o pictogramas

**EXPECTATIVAS**

- Responder a estereotipos de conducta
- Compatibilidad con la experiencia y el aprendizaje

EL DISEÑO RACIONAL DE UN PANEL DE MANDOS FACILITA SU CONTROL, REDUCIENDO LA FATIGA Y EL RIESGO DE ERROR



POSICIÓN	EFECTOS
Derecha	Aumentar, elevar
Sentido horario	Puesta en marcha
Arriba	En funcionamiento
Alejamiento del operario	Aceleración
	Encendido
	Cerramiento de un circuito
	Conectado
Izquierda	Disminución
Antihorario	Desconectar, parar
Abajo	Fuera de servicio
Acercamiento al operario	Descender
	Abrir un circuito
	Apagado

ca posible, estando el mando a la izquierda o encima del indicador.

- Los mandos más utilizados se colocarán delante del trabajador, dejando al lado los de utilización menos frecuente.
- Cuando una serie de mandos corresponde a una secuencia de operaciones, su situación debe respetar el orden de la secuencia, de izquierda a derecha. El movimiento del mando debe provocar en la máquina un movimiento esperado (estereotipo).

#### *Controles para la comunicación con ordenadores (no convencionales)*

El desarrollo de la informatización ha dado lugar al desarrollo de nuevos medios de introducción de información en el sistema,

que en el caso de los procesos industriales suele ser muy específico y adaptado al proceso que debe ser controlado y al tipo de instalación.

De manera genérica serán de aplicación las mismas recomendaciones que para los dispositivos tradicionales.

La elección de los dispositivos –el teclado, el ratón, el joystick, el lápiz magnético– dependerá del tipo de acción requerida (introducción de datos alfanuméricos, posicionamiento del cursor, etc.).

El teclado es el dispositivo de introducción de datos más extendido. Su uso continuado puede dar lugar a patología osteo-

TIPOS DE MANDO EN ORDENADORES	RECOMENDADO	NO RECOMENDADO
Teclado alfanumérico	Entrada de datos	Selección
Tecla umérico	Entrada masiva de números, cálculo	Números no frecuentes, entrada de texto y números
Ratón	Movimientos pequeños del cursor	Movimientos amplios o finos del cursor
Joystick (palanca)	Colocación del cursor	Cambios frecuentes hacia y desde el teclado
Track-ball (ratón de bola)	Integración de datos con entradas de teclado	Cambios frecuentes hacia y desde el teclado
Pantalla táctil	Uso poco frecuente, señalar (sin detalle)	Uso continuado, señalar con precisión
Lápiz óptico	Uso poco frecuente	Uso continuado, cambios frecuentes hacia y desde el teclado

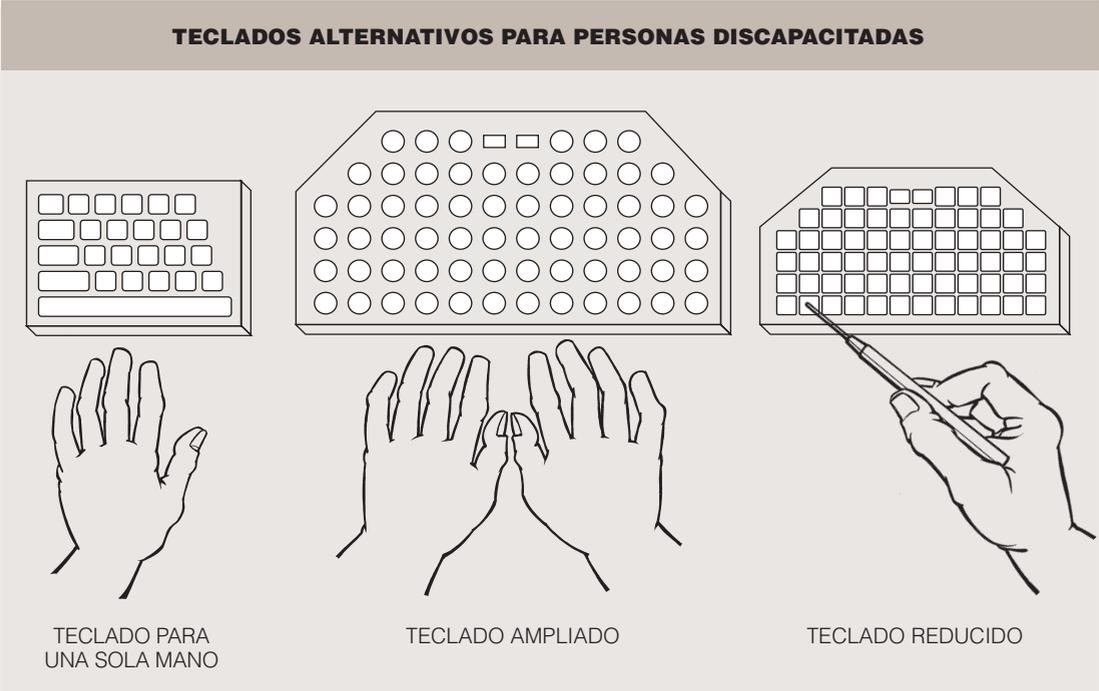
muscular como, por ejemplo, la tendinitis, la tenosinovitis o el síndrome del túnel carpiano. A fin de prevenir posturas forzadas de la mano y de la muñeca (giro, flexión y extensión) su diseño ergonómico debe ser el adecuado.

Para su diseño debe tenerse en cuenta lo establecido en el RD 488/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización, que incluyen apartados sobre el diseño y disposición a fin de prevenir alteraciones osteomusculares (inclinación, ubicación de manera que el usuario pueda apoyar manos y brazos) y apartados que se refieren a la facilidad de uso (características de las teclas, símbolos y legibilidad).

Muchas personas discapacitadas pueden beneficiarse de las nuevas tecnologías. El desarrollo de aplicaciones específicas puede ofrecer a estas personas la posibilidad de comunicación o de integración al mundo laboral aumentando su participación en la sociedad y su grado de independencia.

**REQUISITOS DEL TECLADO (R.D. 488/1997)**

- El teclado deberá ser inclinable e independiente de la pantalla para permitir que el trabajador adopte una postura cómoda que no provoque cansancio en los brazos o las manos.
- Tendrá que haber un espacio suficiente delante del teclado para que el usuario pueda apoyar los brazos y las manos.
- La superficie del teclado deberá ser mate para evitar los reflejos.
- La disposición del teclado y las características de las teclas deberán tender a facilitar su utilización.
- Los símbolos de las teclas deberán resaltar suficientemente y ser legibles desde la posición normal de trabajo.



Si bien es cierto que en general los ordenadores no están diseñados para personas con discapacidad, también es verdad que a partir de diseños adaptados pueden ser utilizados por personas con minusvalía.

Los teclados estandarizados pueden ser difíciles o imposible de utilizar para algunas personas. Por esto en la actualidad se van desarrollando diversos diseños alternativos como solución al problema de accesibilidad a los ordenadores. La selección del dispositivo adecuado depende de las posibilidades de movimiento del usuario; por ello en este caso es especialmente importante contar con la colaboración de los interesados dentro de la gama de posibilidades que actualmente existen en el mercado : teclados más amplios para personas con capacidad de precisión reducida o de menor tamaño para personas que con limitaciones en el movimiento; teclados para utilizar con una sola mano; etc.

## SELECCIÓN Y DISEÑO DE MÁQUINAS

Aparte del componente humano que es esencial en toda actividad productiva, las máquinas constituyen elementos fundamentales de los procesos productivos industrializados, aunque se utilizan en cualquier actividad laboral e incluso doméstica. Terminológicamente, se entiende por máquina cualquier medio técnico, generalmente con una o más partes móviles, capaz de transformar o transferir energía y accionado por una fuente de energía que no sea la fuerza humana. En un sentido amplio, pueden englobarse en este concepto las máquinas-herramienta, las máquinas para movimiento de tierras y otras máquinas “móviles”, las máquinas para la elevación de cargas, las máquinas para la elevación de personas, etc. Las máquinas pueden, a su vez, incluirse en el término extremadamente amplio de “equipos de trabajo”, que englobaría por ejemplo a los equipos a presión, los aparatos a gas, los equipos de soldadura, los compresores, las herramientas portátiles, las herramientas manuales y también todas aquellas partes de las instalaciones de un proceso que no tienen elementos mecánicos en movimiento, pero que precisan o conllevan cambios energéticos; por ejemplo, los hornos, los intercambiadores de calor, etc. En este capítulo nos centraremos exclusivamente en las máquinas a las que les es de aplicación toda la reglamentación concerniente a la comercialización de máquinas (RD 1435/1992 y RD 56/1995) y al uso de equipos de trabajo (RD 1215/1997).

En función de su nivel de automatización, la intervención humana en las máquinas puede ser muy diversa; hay situaciones que requieren una actuación más o menos continuada de los operarios, realizando tareas de carácter eminentemente manual, por ejemplo alimentando y extrayendo materiales, y

otras que requieren mayoritariamente la actividad mental, por ejemplo las tareas de supervisión y control de las variables clave de un proceso químico o de una cadena de montaje o envasado muy automatizada. En este último caso la intervención humana suele limitarse a vigilar que el proceso productivo en continuo funcione correctamente, pero debiendo tomar decisiones rápidas y actuando en consecuencia ante posibles anomalías o desviaciones, las cuales podrían tener repercusiones importantes de no hacerlo en el momento oportuno y de la manera establecida. Evidentemente, las nuevas tecnologías con la integración en las mismas de los sistemas informatizados han permitido que la relación persona-máquina y el lenguaje de comunicación entre ambas haya evolucionado sustancialmente, con altos niveles de exigencia por ambas partes.

En todo caso, los programas de comunicación entre el trabajador y la máquina a través de los sistemas de información, mando y control, han de estar diseñados de forma interactiva y con un lenguaje fácil y claro que evite posibles confusiones y errores. Hay que tener en cuenta que, cuando el proceso productivo está muy automatizado y la actividad humana es en cierto modo rutinaria, la posibilidad de error suele acrecentarse y más aún cuando se pueden derivar, ante posibles incidentes y en plazos muy cortos de tiempo, consecuencias graves de no actuar correctamente. En tales situaciones y precisamente para evitar posibles errores es necesario analizar en detalle el conjunto de actuaciones del puesto de trabajo y actuar de manera preventiva en el origen, tanto para evitar un exceso de rutina, como para garantizar una respuesta fiable del trabajador en los momentos clave, lo que requiere desarrollar un programa formativo continuado basado en gran parte en simulaciones de posibles fallos o incidentes. Las instrucciones de trabajo son indispensables cuando pueden derivarse incidentes de consecuencias graves por desviaciones de las actuaciones de los operadores de las máquinas, y además las tareas tienen cierta complejidad o se realizan de manera ocasional, lo que conlleva la necesidad de ser consultadas. Mediante las instrucciones escritas se facilita enormemente la formación específica en el puesto de trabajo por parte de los mandos. Los manuales de instrucciones de las máquinas, suministrados por los fabricantes de las mismas, han de estar a disposición de los operadores de las máquinas y demás personal que deba intervenir en las mismas y son la base de partida para la elaboración de las instrucciones específicas de trabajo. El empresario tiene la obligación de que, cuando la utilización de una máquina o equipo de trabajo, a fin de evitar riesgos específicos, requiera un particular conocimiento por parte de los trabajadores, se adopten las medidas neces-

rias para que su utilización quede reservada a los trabajadores designados para ello. A tal fin el empresario debería establecer los correspondientes certificados de acreditación para garantizar que los usuarios de máquinas agresivas están debidamente cualificados y autorizados para actuar en las mismas.

No vamos a referirnos ahora a los órganos de mando que juegan un papel clave del sistema y que se tratan en otro capítulo. Nos centraremos exclusivamente aquí sobre los principios ergonómicos generales que se deben tener en cuenta en los puestos de trabajo en donde existan máquinas.

Aunque los principios ergonómicos deben ser asumidos plenamente en el propio diseño de las máquinas, es imprescindible ampliarlos en el proyecto de implantación de las mismas en el lugar de trabajo, considerando el emplazamiento más idóneo, la mejor disposición de los diferentes elementos, los flujos de materiales y las circulaciones de personas y su posición habitual y ocasional de trabajo, el régimen y las condiciones de funcionamiento y, en general, tanto las exigencias y condicionantes del sistema productivo como las alteraciones ambientales que éste pueda generar. Una máquina diseñada e instalada con criterios ergonómicos resulta determinante, no sólo para lograr una correcta localización y utilización de la misma, sino, además, para facilitar un óptimo funcionamiento y rendimiento. El montaje y desmontaje de las máquinas y demás equipos de trabajo deberá realizarse de manera segura, especialmente mediante el cumplimiento de las instrucciones del fabricante, cuando las haya.

La reglamentación vigente sobre máquinas menciona, además de los requisitos de seguridad, los criterios ergonómicos de diseño, los cuales han de ser considerados incluso en los propios elementos y dispositivos de seguridad, ya que todo habría de ser contemplado desde la perspectiva de posibles fallos y errores humanos que, si no pueden ser eliminados, al menos deben ser minimizados, y ello sólo puede alcanzarse mediante una completa concepción ergonómica del sistema. También un buen número de normas europeas, citadas en la bibliografía versan sobre los aspectos ergonómicos que deberían asumirse en las máquinas.

En las condiciones previstas de utilización, además de eliminarse los peligros de posibles lesiones, han de reducirse al mínimo posible las molestias, la fatiga y la tensión psíquica del trabajador. Todo esto, además de mejorar las condiciones de confort del puesto, repercutirá en la mejora de sus condiciones de seguridad.

Tales principios deben ser asumidos no sólo en las condicio-

nes normales de producción, sino también en el montaje, el mantenimiento, la reparación o incluso la eliminación de la máquina al final de su vida útil, aunque estos trabajos sean ocasionales y por tanto sean de menor duración. No obstante, las tareas ocasionales requieren una atención especial de los proyectistas y de los responsables de los procesos productivos y por supuesto de las personas con funciones preventivas en la organización, que en ningún caso deben contemplarlos de manera superficial.

## **MÁQUINAS, MEDIO AMBIENTE Y ENTORNO FÍSICO**

Debido a la movilidad de algunos de sus elementos y a los cambios energéticos que representa su funcionamiento, las máquinas, aparte de los consiguientes riesgos de accidente, son potencialmente generadoras de agentes ambientales agresivos. El ruido, el calor, las radiaciones, etc. son agentes físicos característicos que se deben controlar mediante aislamiento u otros medios que eviten el riesgo o, en su defecto, lo minimicen. Tales agentes peligrosos deben ser medidos regularmente, en función de los niveles potenciales o reales de contaminación, resultando esencial el necesario programa de mantenimiento, tanto de las máquinas en general como de sus medios de protección colectiva. No es correcto, tanto desde la perspectiva de seguridad como desde la ergonómica, optar por emplear equipos de protección individual mientras existan otro tipo de soluciones ante tales contaminantes físicos o ante la posible contaminación química generada en el proceso de transformación o manipulación de materiales nocivos.

La diferencia sustancial de planteamiento radica en que, si bien puede ser relativamente fácil adecuar la máquina a unas condiciones específicas agresivas generadas por ella misma o su entorno, la persona, a pesar de su considerable capacidad de adaptación al medio (el ser humano es el único animal capaz de vivir en todas las latitudes de la tierra y en condiciones muy adversas), debe ser el centro de atención sobre el que adaptar dicho medio con vistas a asegurar que éste sea tolerable y, de ser posible, cómodo.

En todo proceso de transformación de materiales, en el que a partir de unas materias primas se obtienen unos productos, es normal que aparezcan subproductos o residuos que es preciso eliminar en el origen, concibiendo la maquinaria bajo unas condiciones tales que éstos no pasen de manera incontrolada al medio ambiente. Para ello deben poder ser eliminados con fa-

cialidad sin generar molestias. Las máquinas herramientas para la transformación de metales precisan de la utilización de líquidos refrigerantes en el punto de corte, y el mecanismo de suministro de tales productos al punto de operación debe estar concebido de tal manera que se facilite tanto su aporte como su eliminación, evitando totalmente su posible esparcimiento o derrame. Precisamente, los trabajos de limpieza o de engrase se verán dificultados y producirán riesgos, si no se han aplicado previamente las soluciones adecuadas. Por otra parte, la existencia de suciedad en las máquinas o en su entorno, además de crear incomodidad, puede influir negativamente en la buena disposición de la persona, a la hora de realizar su tarea. El que los operarios sean responsables de la limpieza de sus máquinas va a contribuir a que los puestos de trabajo se mantengan en aceptables condiciones, siempre que se cuente con los medios necesarios en el propio lugar de trabajo (por ejemplo, útiles idóneos y contenedores de recogida de residuos), aunque determinadas tareas de limpieza colectiva periódica sean realizadas por quienes se establezca.

UN CORRECTO MANTENIMIENTO DE LAS MÁQUINAS PROCURA UNAS BUENAS Y MÁS SEGURAS CONDICIONES DE USO

De la misma forma que el orden y la limpieza son principios importantes a considerar para evitar accidentes, constituyen también principios ergonómicos fundamentales de partida. Es muy importante actuar en el origen sobre aquellos puntos específicos que puedan ser generadores de desorden o acumulación de materiales y de suciedad. Por otra parte, cuando por motivos accidentales se genere un problema de este tipo, hay que disponer de los medios adecuados para resolverlo con celeridad. Mantener el orden y la limpieza en el lugar de trabajo y en el entorno de las máquinas, lo que representa disponer en todo momento de los medios adecuados y que las personas dispon-



gan de hábitos de trabajo correctos, requiere un programa de actuación específico sobre la materia, con las correspondientes acciones formativas de apoyo, así como el seguimiento y control de su eficacia. El programa de mantenimiento de las máquinas debería integrar, en lo posible, tanto el control de los aspectos de seguridad en el trabajo como los ergonómicos y de limpieza.

La iluminación es otro factor ambiental de especial atención en las máquinas y, especialmente, en sus puntos de operación y en sus sistemas de mando y control. El sistema de iluminación no sólo debe cumplir los requisitos ya citados en el capítulo correspondiente, sino que, además, debe integrarse en la propia máquina, formando parte de ella misma.

Si hubiera que inspeccionar con frecuencia algunos órganos internos de una máquina, éstos llevarán los dispositivos adecuados de alumbrado, y las zonas de regulación y de mantenimiento también deberán estar iluminadas convenientemente.

---

### **Distribución y localización de las máquinas**

El espacio necesario para la localización de la maquinaria está determinado no sólo por las dimensiones de ésta y las propias exigencias de las instalaciones, sino también por el ámbito físico requerido por sus operarios, el cual no debe estar condicionado solamente por aspectos materiales de funcionalidad y de movilidad del personal. Así, la configuración espacial de dicho ámbito de trabajo depende de la disposición y volumen de la maquinaria y de las necesidades de espacio de los operarios para realizar su función y para sentirse cómodos.

Una misma superficie de trabajo produciría sensaciones muy diferentes, si se tratase de un espacio abierto, o por el contrario, nos encontraríamos en un espacio visualmente cerrado en el que, por ejemplo, las máquinas fueran más altas que los operarios y los circundasen totalmente. Aunque la superficie hábil fuera la misma, la percepción que se tendría sería completamente diferente.

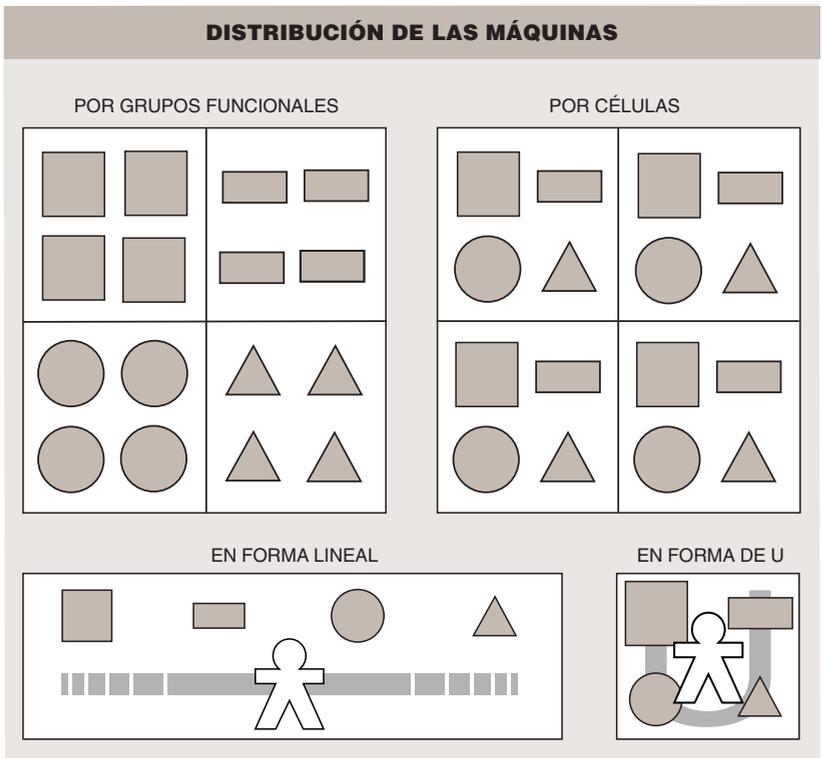
Para una adecuada concepción del espacio de trabajo se debe tener en cuenta, en primer lugar, la racionalización del proceso productivo para que las personas puedan desplazarse y acceder con facilidad y con el mínimo de incomodidades a los puntos de operación, sin posturas ni movimientos forzados, o que al menos éstos sean reducidos en lo posible, especialmente en aquellas acciones que se realizan con cierta frecuencia. La posición del trabajador en las tareas habituales y en las ocasionales es un aspecto de especial relevancia a tener en cuenta.

Las máquinas debieran localizarse separadas de paredes o paramentos que puedan convertirse en elementos que dificulten posibles intervenciones de personas en momentos determi-

nados, ya sea en las propias máquinas, por ejemplo en tareas de mantenimiento o montajes, o en instalaciones ajenas. En tal sentido, es necesario prever todos los posibles trabajos en la maquinaria y su entorno, manteniendo una zona de paso libre en todo su perímetro de suficiente anchura. Es aconsejable asegurar una distancia mínima de separación de 1 metro de las máquinas a las paredes colindantes.

El funcionamiento de las máquinas en régimen automático favorece que un solo operario pueda estar al frente de varias máquinas. Si la disposición de las máquinas en el ámbito físico de trabajo es lineal y además éstas tienen una considerable longitud, el operario estará desplazándose continuamente para supervisar su funcionamiento, en el caso de que no se hubiera previsto un lugar fijo de control. En cambio, con una disposición de las máquinas en forma de U, el operario, desde una posición central, podrá visualizar mejor el proceso, reduciéndose sustancialmente los desplazamientos.

Tradicionalmente, en los procesos de mecanizado predominaba la tendencia de distribuir las máquinas por grupos funcionales y los trabajadores se especializaban en cada una de las diferentes clases de máquinas. Aunque ello podía suponer ciertas



ventajas, la realidad ha venido demostrando la mayor conveniencia de organizar los procesos productivos de mecanizado por "células", cada una de las cuales engloba a las diferentes máquinas que se requieren para la fabricación de un producto o partes del mismo, y los trabajadores de cada célula manejan entonces un conjunto de máquinas. Ello ofrece una mayor flexibilidad en la producción y un mayor enriquecimiento del trabajo realizado por los operadores, siempre que el proceso de trabajo esté bien diseñado, lo que representa globalmente una mejor concepción ergonómica del sistema.

También es necesario prever, en la delimitación del espacio libre, los espacios subsidiarios que van a ocupar los productos que intervienen en las máquinas y los equipos y útiles de trabajo. El no hacerlo irá en detrimento del espacio realmente hábil para el trabajador, puesto que con una debida localización y ordenamiento de todos los elementos se logrará, además, un mejor aprovechamiento del espacio.



Otro aspecto que se debe considerar es la distribución espacial de las instalaciones de suministros de servicios a las máquinas y equipos portátiles para su funcionamiento. Las conducciones eléctricas y tuberías de aire, agua, vapor, etc., pueden convertirse en obstáculos que incluso dificulten el trabajo. Se pueden paliar tales dificultades en un puesto de trabajo fijo en el que se utilicen equipos portátiles, manteniendo por ejemplo las conducciones eléctricas suspendidas y, a veces, hasta los mismos equipos, para reducir esfuerzos y eliminar posibles interferencias. Desde luego, se trata de evitar a toda costa que las instalaciones de servicio ocupen superficies hábiles de trabajo e interfieran

zonas de paso. Para ello y cuando sea conveniente habrá que habilitar medios de protección de las mismas y pasarelas en altura. La racionalización del diseño de la red de conducciones y sus previsible ampliaciones o modificaciones debería primar en el proyecto de la misma.

### **Antropometría en el dimensionado de aberturas de acceso y zonas de paso en las máquinas**

Las normas UNE-EN 547 (1, 2 y 3) establecen una serie de medidas para el dimensionado de aberturas y zonas de paso en máquinas, de recomendada consulta para quienes tengan que diseñar tales ámbitos o evaluar los existentes ante dudas razonadas. Se trata de medidas mínimas en las que habrá que considerar aspectos tales como:

- los aspectos relativos a la seguridad que aparecen con motivo del contacto con la abertura de paso en sí misma,
- si las posturas y los movimientos del cuerpo a efectuar en la abertura pueden comportar algún riesgo, por ejemplo, con relación a la frecuencia y la duración de la utilización de la abertura o pasadizo,
- si la persona debe adoptar una postura determinada para ejercer la fuerza que demande la tarea sin sufrir una sobrecarga,
- el espacio requerido para el paso del equipamiento, de las herramientas y de personas heridas o inconscientes a través de la abertura o pasadizo,
- el espacio necesario para utilizar, de forma ergonómica, el equipo y las herramientas en dicha abertura, por ejemplo para los trabajos de limpieza, reparación o de mantenimiento,
- el equipo de protección individual que el usuario debe llevar cuando la atraviese,
- los requisitos de espacio para la entrada y salida a través de la abertura.

Además de todos estos aspectos, habrá que considerar posibles suplementos de anchura y altura en función del movimiento del cuerpo, el tipo de marcha y la ropa de trabajo y equipos de protección individual.

## AUTOMATIZACIÓN Y ESFUERZOS

Las máquinas han permitido reducir los esfuerzos físicos para lograr altas producciones en serie. La mecanización en los procesos industriales supone la aplicación progresiva de sistemas cada vez más automatizados.

Incluso los trabajos más simples y repetitivos que los trabajadores debían realizar en las máquinas, como son la alimentación y el traslado de materiales, la verificación de estándares de calidad de los productos, etc., también tienden a ser mecanizados con la incorporación en la misma maquinaria de componentes electrónicos, mecánicos, hidráulicos y neumáticos que facilitan la automatización de esas operaciones. No obstante, los movimientos repetitivos y las lesiones músculo-esqueléticas están actualmente en el origen de la mayoría de accidentes de trabajo por sobreesfuerzos .

La robótica representa ya en este proceso de automatización un claro camino que, en aras de mejorar la productividad, facilita tanto la reducción de los esfuerzos físicos en las máquinas,

como también la posibilidad de un mayor enriquecimiento en el contenido del trabajo, siempre que la organización dé al operario la posibilidad de realizar correctamente las actividades de vigilancia y control para evitar incidentes y de resolver las situaciones anómalas que pueden acontecer durante el funcionamiento de la maquinaria.

La mecanización, como base ergonómica, representa una vía determinante para la aminoración de los esfuerzos físicos, los cuales se han ido reduciendo, fundamentalmente, por razones de productividad. En cambio, la automatización, complementaria a la mecanización se considera una de las bases para diseñar, fabricar y equipar las máquinas, a fin de limitar también la intervención del trabajador; y que ésta pueda hacerse cuando sea estrictamente necesaria con facilidad y seguridad. Pero no siempre la automatización resulta favorable; hay que evitar que se aplique supeditando al ser humano a ritmos rígidos de producción, ajenos a principios ergonómicos, generando, por ejemplo, trabajos excesivamente rutinarios o movimientos repetitivos.

Aunque los esfuerzos físicos en las máquinas actuales se han podido reducir sustancialmente, es necesario poner especial atención, además, en que éstos sean también mínimos en todas aquellas operaciones colaterales al funcionamiento de las mismas, empleando para ello medios mecánicos, sobre todo en las operaciones de manipulación y transporte de materiales.

Los problemas también pueden surgir al convertir la reducción de la carga física en un incremento sustancial de la carga mental, para la que el personal no está debidamente preparado o ser esta última excesiva. Por ello es necesario, en función de las características individuales y la cualificación profesional de los trabajadores, encontrar el equilibrio adecuado entre la actividad manual y la actividad mental en el manejo de las máquinas. Hay que tener en cuenta que una demanda de esfuerzo físico o sensorial que sobrepase los límites de una prestación fisiológica y/o psicológica aceptable produce fatiga, pero, al contrario, una demanda muy pobre o una tarea monótona conduce a la disminución de la atención, lo que puede ir en detrimento de la calidad del proceso de trabajo.

Para mejorar este proceso en los puestos de trabajo con máquinas y las condiciones en que éste se realiza habría que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Procurar que el trabajador realice varias operaciones sucesivas dentro de la misma actividad en vez de que sean ejecutadas por varias personas diferentes. Ello permite una ampliación del contenido del trabajo, lo que requiere de

sarrollar el necesario proceso de consulta y sensibilización sobre las ventajas que también ha de comportar al trabajador, así como la formación para la correcta realización de las tareas.

b) Procurar que el trabajador realice operaciones sucesivas que pertenezcan a actividades diferentes en vez de que sean ejecutadas por varias personas. Por ejemplo, operaciones de ajuste y montaje seguidas de operaciones de verificación de la calidad realizadas por el mismo trabajador, que a su vez corrija los posibles defectos, generados por su intervención o por desviaciones del propio proceso productivo. Se trata de lograr un enriquecimiento del trabajo, del todo necesario en máquinas automatizadas en donde la intervención humana directamente relacionada con el funcionamiento de las mismas pueda ser muy baja. En tal situación, que el trabajador cualificado y responsable del proceso de trabajo realice, junto a las operaciones de control del funcionamiento de la maquinaria, tareas de mantenimiento, control de calidad, limpieza y análisis y revisión de aspectos de seguridad y ergonómicos puede ser extraordinariamente provechoso para el proceso productivo y para el propio trabajador. Mediante la información necesaria y las correspondientes acciones formativas los operadores de las máquinas deberían ser capaces de autocontrolar el funcionamiento de la maquinaria y la calidad del trabajo que en ellas se realiza.

c) Cambiar de actividad, como por ejemplo rotación voluntaria entre los distintos operarios de una línea de montaje o de un equipo de trabajo perteneciente a un grupo de trabajo dotado de autonomía.

d) Realizar pausas, previstas o voluntarias. Es preferible que las pausas se realicen en lugares que faciliten el descanso, pudiendo ser recomendable que el trabajador se aleje de la máquina cuando ésta genere un ambiente de cierta agresividad o falta de confort, o simplemente por facilitar la desconexión mental con su entorno directo de trabajo.

Al aplicar algunas de las medidas descritas, se deberá prestar atención especialmente a lo siguiente:

e) Las variaciones en la atención y en la capacidad de trabajo que se producen entre el día y la noche.

f) Las diferencias entre la capacidad de trabajo de los distintos operarios así como su variación con la edad.

g) La conveniencia de procurar un desarrollo personal y profesional.

## POSICIÓN DE TRABAJO EN LAS MÁQUINAS

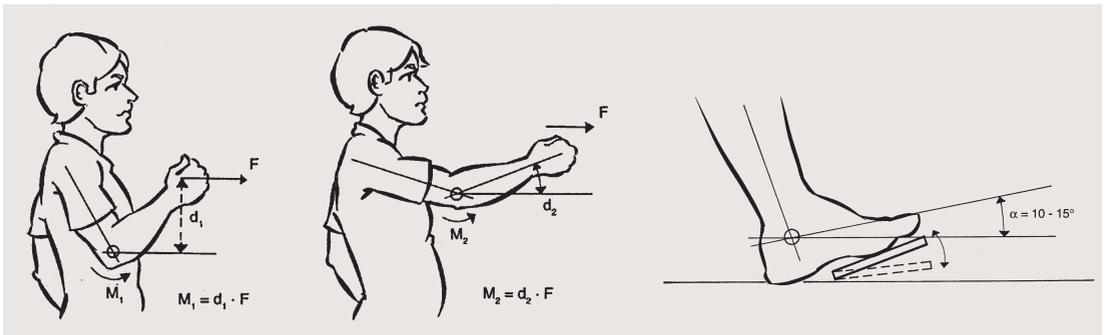
El primer aspecto que se debe tener en cuenta respecto a la posición del trabajador es la postura de trabajo. Evidentemente, la postura más cómoda es la de sentado y con asientos ajustados a las características anatómicas y fisiológicas del usuario. Dicha posición es necesaria cuando la persona debe permanecer mucho tiempo en un lugar preciso, ya que la posición de pie prolongada, con imposibilidad de desplazamiento, resultaría muy fatigosa.

Para evitar situaciones muy prolongadas en la misma posición, lo ideal es la alternancia de la posición sentado - de pie, e incluso que ésta pueda producirse a voluntad del trabajador.

Si es necesario realizar grandes esfuerzos, habrían de procurarse los apoyos precisos para conseguir un óptimo reparto de las fuerzas sobre la estructura del cuerpo y así reducir los esfuerzos a realizar.

La postura que haya que mantener no debería provocar fatiga debido a una tensión estática prolongada. Debe hacerse posible también la alternancia entre diversas posturas.

Desde las posiciones habituales de trabajo, el individuo debería poder observar perfectamente los puntos de operación y los dispositivos de información de la máquina, especialmente desde el puesto de mando, y debería poder acceder dentro de los límites de alcance de la mano o pie, según el caso, a los diferentes órganos de accionamiento, los cuales tendrán una configuración tal que su disposición, su recorrido y el esfuerzo necesario para su accionamiento sean compatibles con la acción ordenada. Los esfuerzos musculares requeridos deben ser los apropiados a la capacidad física del trabajador y deben poder ser realizados por los grupos musculares adecuados. En el caso de ser necesario efectuar esfuerzos excesivos, se incluirán, en el sistema de trabajo, fuentes de energía auxiliares.



Deberá evitarse un mismo músculo bajo una contracción estática prolongada.

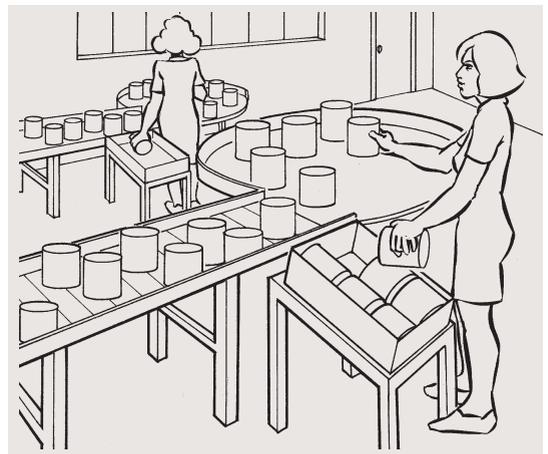
Los órganos de accionamiento deben poderse manejar con facilidad, evitando posturas forzadas y la realización de esfuerzos físicos inadecuados y/o desaprovechados, de acuerdo con los condicionantes fisiológicos y con la biomecánica; por ejemplo, el aprovechamiento máximo de las leyes de la palanca en los movimientos giratorios. Así, el mando a pedal bajo una concepción ergonómica en la posición de sentado requiere que la pierna permanezca inclinada respecto a la vertical para que el talón haga de punto de apoyo y permita el limitado recorrido de la articulación del pie para presionar. Por su parte, la transmisión de esfuerzos manuales siempre se optimizará si se aprovecha la articulación del codo. Las empuñaduras y asideros deberían estar adaptados a la anatomía funcional de la mano.

Los esfuerzos físicos deberán mantenerse dentro de los límites fisiológicamente adecuados y los movimientos del cuerpo deberán seguir un ritmo natural. La postura del cuerpo, los esfuerzos musculares y los movimientos deberían ser armónicos entre sí.

Es importante considerar que la diferente altura de los individuos que trabajan en las máquinas puede representar una dificultad para que los principios ergonómicos en la posición de trabajo sean válidos para todos. En tal sentido, es conveniente, en muchas ocasiones, disponer de mecanismos que permitan una flexibilización como pueden ser las tarimas de diferente altura para trabajos de pie o los asientos regulables. También habrá que prever un espacio suficiente para los movimientos del cuerpo, en particular de la cabeza, brazos, manos, piernas y pies.

De la misma forma que se mencionó la conveniencia de reducir los desplazamientos frecuentes entre las máquinas, también deberían eliminarse las posturas o los movimientos forzados del cuerpo humano. En tal sentido, es importante atender a los sistemas de alimentación y extracción de las piezas de las máquinas. Las cintas transportadoras u otros medios pueden ser decisivos para una disposición correcta de las piezas. Los contenedores y las cajas en donde se localizan las piezas han de tener la posición y las dimensiones

LAS MÁQUINAS DEBEN ESTAR DISEÑADAS DE MODO QUE AL UTILIZARLAS FAVOREZCAN LA ADQUISICIÓN DE UNA BUENA POSTURA CON MOVIMIENTOS ARMÓNICOS Y A UN RITMO NATURAL



adecuadas para facilitar su llenado y vaciado, ya que hoy en día en el campo de la manutención y la logística existen diversidad de aplicaciones que suplen satisfactoriamente la intervención humana.

## DISEÑO DE LA MÁQUINA EN RELACIÓN CON SU MANIPULACIÓN

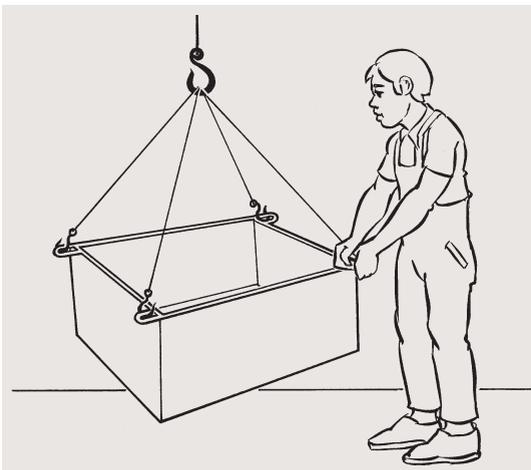
Los trabajos de montaje, reparación, cambio de componentes y, en general, de mantenimiento deben ser analizados y debidamente planificados. En este tipo de intervenciones, normalmente ocasionales, se debe estudiar la manipulación en la propia máquina o en cada uno de sus diferentes elementos. Cuando su peso, tamaño o forma no posibiliten o dificulten su desplazamiento manual, es necesario adoptar alguna de las tres medidas siguientes para la aplicación de los equipos mecánicos de elevación y transporte:

- Llevar accesorios que posibiliten la prensión por un medio de elevación.
- Estar diseñada de tal manera que se la pueda dotar de accesorios de este tipo (por ejemplo, agujeros roscados).
- Tener una forma tal que los medios normales de elevación puedan adaptarse con facilidad.

Cuando la máquina o uno de sus elementos se transporte manualmente, debería ser fácilmente desplazable o llevar medios de prensión (por ejemplo, asas, etc.) con los que se pueda desplazar con total seguridad. Para el traslado frecuente de materiales, aunque sean ligeros, es conveniente el empleo de equipos mecánicos de transporte.

Si bien las carretillas elevadoras constituyen un medio de empleo frecuente en la industria y el comercio, es recomendable, además, el empleo de equipos más versátiles y de uso más individualizado como son las carretillas manuales, o los equipos móviles expresamente diseñados para tal función.

Teniendo en cuenta que las máquinas son equipos con una vida de funcionamiento, es necesario prever los medios mecánicos y la mejor manera en que éstos han de ser utilizados, tanto para el manejo de la máquina en su traslado y montaje inicial como en su desmontaje y eliminación final.



## HERRAMIENTAS

Las herramientas han sido los primeros objetos creados por la civilización humana para conseguir un ahorro de energía en sus actividades, habiendo sido las propias necesidades las que han ido determinado la forma y la función de los útiles de trabajo a aplicar. No obstante, también determinados animales son capaces de construir y utilizar herramientas elementales necesarias para su supervivencia, a partir de elementos naturales, por ejemplo con troncos y ramas vegetales.

Aunque la evolución histórica en la concepción y diseño de herramientas y útiles de trabajo ha sido extraordinaria, todavía siguen vigentes en nuestra sociedad determinadas herramientas, tales como determinados picos y azadas que se remontan al neolítico en los inicios de la agricultura. Lo que nos viene a demostrar que la concepción ergonómica de adaptación de la herramienta a las características de la persona y a sus necesidades funcionales ha sido una constante de la humanidad y nuestros antecesores siempre se plantearon la manera más fácil de hacer las cosas. Solo hay que contemplar las entalladuras y agujeros que se hacían en las grandes piedras para la construcción de edificios y monumentos por parte de las civilizaciones más antiguas, concebido ello para la aplicación de determinadas herramientas y así facilitar su arrastre y localización en los lugares más insólitos. Evidentemente aquellos eran otros tiempos, cuando el trabajo era actividad propia de esclavos o de las capas más bajas de la sociedad, aunque razones de eficacia de los procesos productivos exigían la aplicación de algunos elementales criterios ergonómicos.

Todo ello lleva a basar el diseño de las herramientas en la función para la que son requeridas y, además, en la antropometría (estudio de las dimensiones humanas) y en la biomecánica (estudio de los movimientos). Este diseño debe contemplar el cuerpo humano como un “todo integrado” y no restringirse al estudio de los segmentos del cuerpo que están directamente implicados en la utilización de las herramientas.

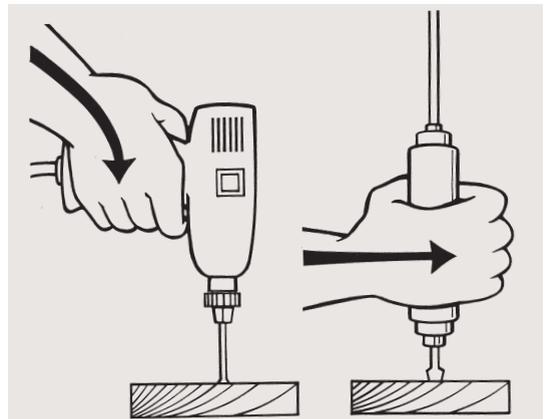
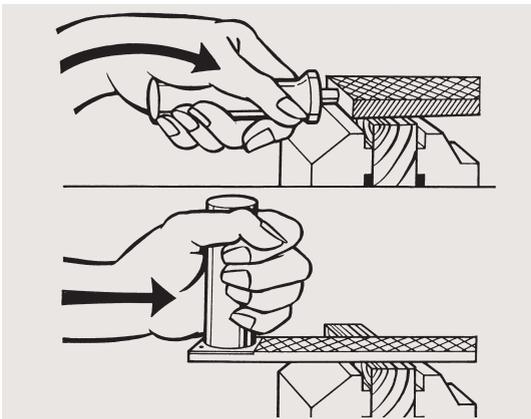
A pesar de que resulta imposible fabricar una herramienta para cada persona, no podemos tampoco caer en el error de ceñirnos, por ejemplo, al tamaño medio de la mano, sino que debemos asegurarnos en la fase de diseño de que se adecuen a la mayoría de la población, sin olvidar a potenciales usuarios que no reúnan los estándares antropométricos. En muchas ocasiones y en función del tipo específico de trabajo a realizar resulta del todo necesario tener que diseñar herramientas especiales inexistentes en el mercado y encargar su fabricación. En tales

situaciones es fundamental la cooperación entre diseñadores, fabricantes y usuarios, con ensayos previos ya en la fase de proyecto de las nuevas herramientas.

### Requisitos básicos

Los requisitos básicos que debe tener una herramienta desde el punto de vista ergonómico son los siguientes:

- Desempeñar con efectividad la función para la que está hecha.
- La operación de la herramienta debe ser tal que reduzca al mínimo la fatiga; los movimientos que debe realizar la herramienta deben ser compatibles con los del brazo y la mano sin que provoque sobrecargas excesivas.
- Estar diseñada de tal forma que permita a la muñeca permanecer recta durante la realización del trabajo.
- Estar diseñada para la capacidad de trabajo y resistencia del usuario, teniendo en cuenta su constitución, grado de destreza, etc.
- Estar proporcionada a las dimensiones corporales del usuario.
- Tener en cuenta el tipo de ropa y equipos de protección personal requeridos en el momento de realizar la tarea, como por ejemplo, los guantes, las manoplas, etc., así como el material del que están hechas y su grosor.
- Satisfacer las necesidades de presión de fuerza (por ejemplo, en el martillo) y de precisión (por ejemplo, en las pinzas).
- Siempre que sea posible, adaptarse a diestros y a zurdos.
- Proporcionar efecto de *feed-back* (retroalimentación) a la



persona que la utiliza; por ejemplo, la mano debe notar la textura, la presión, la temperatura, etc. de lo que se está manipulando.

Las herramientas están compuestas por la cabeza, que es la destinada a realizar la función específica para la que está hecha, y el mango que, por ser el punto de interacción con la persona, es lo que va a ser estudio del diseño ergonómico.

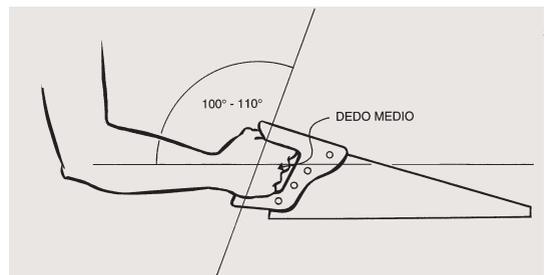
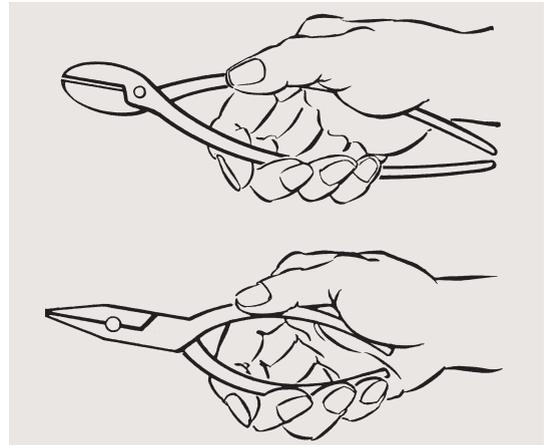
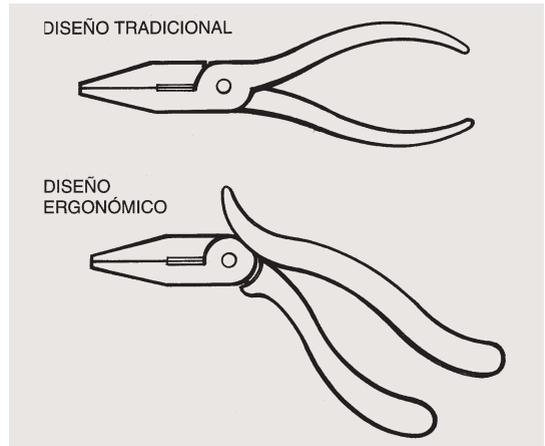
Un mango mal diseñado no va a restar eficacia a la herramienta, pero sí puede provocar molestias como son callosidades, ampollas, deformación de las articulaciones, etc. e incluso puede provocar una patología en la extremidad superior, ya tratada en un capítulo anterior.

El mango deberá adaptarse a la postura natural de aprehensión de la mano, se evitarán las acanaladuras demasiado marcadas, en especial cuando la fuerza que deba aplicarse sea elevada o cuando deba utilizarse de forma repetitiva. La curvatura será la apropiada y la longitud la correcta para evitar lesiones; los mangos tampoco deben ser demasiado largos para no entorpecer los movimientos normales de los dedos. En cuanto al diámetro, se aconseja que éste tenga entre 25 mm y 40 mm para realizar una presión de fuerza y que no tenga menos de 6 mm para la de precisión.

La transmisión de esfuerzos y la comodidad en la sujeción del mango es mayor cuando se produce una alineación óptima entre el brazo y la herramienta; para ello, el ángulo entre el eje longitudinal del brazo y el del mango deberá ser de  $100^{\circ}$ - $110^{\circ}$ .

Hay que tener en cuenta también el tipo de materiales con los que están fabricadas las herramientas y si el trabajador debe llevar alguna prenda de protección personal al usarlas. Así, por ejemplo, una herramienta destinada a manejarse sin guantes, deberá ser de materiales que sean malos conductores de la electricidad y del calor; la superficie será lo suficientemente rugo-

### Criterios de diseño



sa como para permitir un agarre seguro y poco porosa para evitar la absorción de sustancias.

Las herramientas mecánicas accionadas por energía eléctrica, aire comprimido u otro agente motriz deben ser cuidadosamente seleccionadas y mantenidas, y el nivel de cualificación de sus usuarios debe estar rigurosamente controlado ya que sus prestaciones y exigencias son muy superiores a las de las herramientas manuales. Su sistema de sujeción debe permitir que todo el cuerpo pueda transmitir y absorber la fuerza necesaria con comodidad. Una posible incomodidad por mal diseño de la herramienta o por condiciones de utilización adversas puede ser causa de accidentes graves u otras lesiones. Las vibraciones deben ser cuidadosamente controladas con mecanismos que las minimicen y las absorban, evitando su transmisión desmesurada al trabajador.

Todo ello comporta que las herramientas deban ser de calidad y, junto a los criterios ergonómicos, sean también tenidas en cuenta las condiciones de utilización, mantenimiento, durabilidad prevista y eliminación al deteriorarse. Se trata de gestionar las herramientas como elementos importantes del trabajo y sobre los que recae gran parte de los accidentes que acontecen. Debería personalizarse su uso, lo que determina un mejor cuidado de las mismas; la formación y el adiestramiento en su manejo es fundamental, cuando muchas veces tal aspecto es obviado, dando por supuesto que la mayoría de herramientas son fáciles de manejar y no se requiere capacitación, lo que no es cierto.

Se debería reflexionar sobre cuánto tiempo llevamos sin cortarnos con los cuchillos de cocina, considerados como una de los útiles de trabajo más peligrosos, si tenemos como hábito el cocinar o colaborar en tal cometido: ¿nunca?, si es así, podemos felicitarlos, pues posiblemente, además de un buen cocinero, podemos ser un buen prevencionista. La verdad es que la mayoría de personas se cortan cada año, cuando evitarlo debería ser fácil, sólo se necesitan buenos cuchillos, específicos para cada tipo de corte, un lugar específico y protegido para guardarlos, un entorno de trabajo ordenado y de suficiente amplitud, seguir un método adecuado para cada tipo de corte,... Desde luego, las personas a las que les gusta cocinar, que han aprendido a cortar y, además, tienen la precaución habitual necesaria sin precipitarse en su trabajo no se cortan.

# Actuaciones sobre la organización

14

El objetivo de la Ergonomía es adaptar el trabajo a las capacidades y posibilidades del ser humano. Así como se diseñan todos los elementos de trabajo teniendo en cuenta quiénes van a utilizarlos, con la organización de la empresa debe ocurrir lo mismo; se han de diseñar las organizaciones teniendo en cuenta las características y las necesidades de las personas que las integran.

Ocurre que las necesidades de las personas son cambiantes como es la propia organización social y política; por ello, las organizaciones no pueden ser centros aislados y permanecer ajenos a estos cambios. Hoy lo que se demanda es “calidad de vida laboral”, algo difícil de traducir en palabras, pero que podríamos resumir en unas condiciones de trabajo que no dañen la salud y que, además, ofrezcan medios para el desarrollo personal, es decir, mayor contenido en las tareas, participación en las decisiones, mayor autonomía, posibilidad de desarrollo personal, etc.

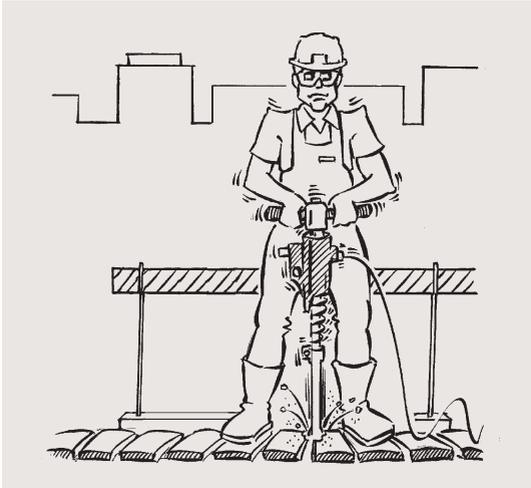
Todo lo anterior se traduce en que las empresas, además de las consideraciones puramente económicas y técnicas, deben tener en cuenta consideraciones de tipo social. El hecho de primar una de ellas (consideraciones económico-técnicas) va en detrimento de la otra (consideraciones sociales) y viceversa. Así, la elección de una tecnología debe responder a una serie de criterios y éstos no pueden ser sólo económicos, sino también sociales.

Los factores de la organización son muchos, por lo tanto, vamos a tratar las grandes líneas que deben regir la ergonomía de las organizaciones.

LA ADAPTACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN A LAS NECESIDADES Y CARACTERÍSTICAS HUMANAS ES UNA PARTE DE LA ERGONOMÍA

## NIVEL DE MECANIZACIÓN

Siguiendo la definición dada por la OIT, entendemos por mecanización la fase de desarrollo técnico, en la cual un número de procesos cada vez mayor se realiza utilizando medios mecánicos, donde el trabajador todavía sigue siendo una parte esencial del proceso de producción y está estrictamente sujeto al ritmo de operación del equipo mecánico.



La mecanización ha estado influenciada por el principio de la descomposición del trabajo en tiempos elementales; ello ha permitido la paulatina sustitución del trabajo humano realizado en esos tiempos elementales por el desarrollo técnico, el descubrimiento de nuevas fuentes de energía y la invención de máquinas motorizadas.

Atendiendo al nivel de libertad que permite al individuo, podemos clasificar el trabajo mecanizado en dos grandes grupos: trabajos mecanizados de ritmo libre o semi-libre y trabajos en cadena.

### Trabajos mecanizados de ritmo libre o semilibre

Bajo esta denominación englobamos todos aquellos trabajos que, utilizando maquinaria o herramientas más o menos sofisticadas, respetan la iniciativa humana y la posibilidad de regular el ritmo de trabajo.

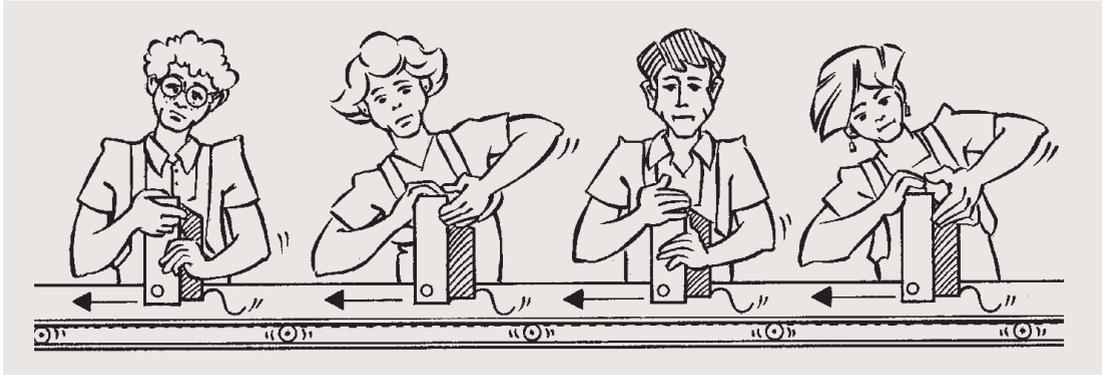
Para estos trabajos, la intervención ergonómica se centra, por un lado, en el adiestramiento y posterior vigilancia del uso adecuado de la maquinaria o las herramientas. Por otro lado, antes de introducir cambios, deben estudiarse los posibles efectos que éstos pueden producir, mediante procesos de simulación.

### Trabajos en cadena

En este tipo de trabajos, el ser humano no tiene ninguna iniciativa; sus gestos se convierten en meros reflejos y se reduce su libertad funcional. El ritmo de trabajo viene impuesto por la cadena y la tarea es repetida hasta la saciedad.

Este tipo de trabajo tiene unos costes sociales importantes: falta de interés por el trabajo, elevada rotación de personal, deterioro del "clima" de la empresa, etc.

La actuación ergonómica a este nivel consiste en reformar la estructura del trabajo, para ello se cuenta con alternativas como son la ampliación de tareas (que consiste en agrupar varias ta-



reas simples), el enriquecimiento de tareas (que consiste en agrupar varias tareas, pero algunas de ellas son de nivel tecnológico superior) y los grupos semiautónomos (explicados al final del apartado Participación ).

### NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN

Según la Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo de la OIT, se entiende por automatización *el nivel en que el trabajo humano es reemplazado por el uso de máquinas.*

La relación entre la automatización y el ser humano puede considerarse desde tres puntos de vista: la influencia del operador en la eficiencia del sistema ser humano –máquina, los esfuerzos impuestos al trabajador de un sistema automatizado y las distintas capacidades requeridas del ser humano a distintos niveles de automatización.

Desde este punto de vista, hay que indicar que cada vez el ser humano tiene menor influencia sobre el trabajo, en cuanto a la posibilidad de intervención en las distintas fases del proceso, mientras que se incrementa su influencia en la fiabilidad del sistema, ya que su intervención es decisiva en caso de avería o error.

**Influencia del operador en la eficiencia del sistema ser humano-máquina**

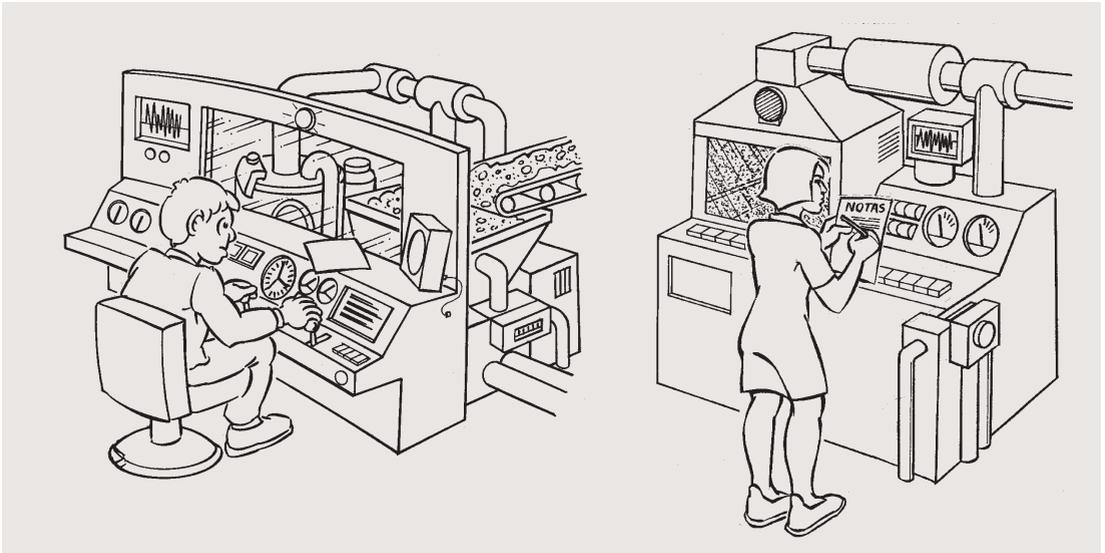
Para trabajos especializados, la automatización ha permitido un aumento de la significación del trabajo en grupo. En cuanto al personal de mantenimiento y servicios, con la automatización crece la importancia del mismo.

En este punto, la intervención ergonómica consiste en determinar experimentalmente las tareas que se asignan a los seres humanos y aquellas que se asignan a las máquinas, teniendo en cuenta que en esta división de funciones intervienen otros factores: sociales, económicos, políticos, etc.

### **Esfuerzos impuestos al trabajador de un sistema automatizado**

En general, podemos decir que hay tres consecuencias importantes derivadas de la automatización:

- Como la automatización conlleva una gran inversión económica por parte de la empresa, se recurre a los trabajos a turnos para amortizar más pronto esta inversión.
- La influencia de los incentivos económicos sobre la productividad va decayendo en la medida en que disminuye la influencia del ser humano en el proceso productivo.
- En las primeras etapas de la automatización, el grado de responsabilidad aumenta, debido al mayor coste del equipo con el que se trabaja. Sin embargo, este nivel de responsabilidad decae con el tiempo, ya que el ser humano no tiene una intervención activa en el proceso.



La intervención ergonómica en este nivel se centra en disponer correctamente los puestos de trabajo, y en el adecuado diseño de indicadores y paneles de control.

### **Capacidades requeridas del ser humano a distintos niveles de automatización**

La automatización conlleva una mayor demanda intelectual para el ser humano, a la par que una reestructuración de las tareas de mando en cuanto a la toma de decisiones (un mayor nivel de conocimientos del personal sobre su tarea implica que la toma de decisiones se realice de forma más democrática).

En este caso, la intervención ergonómica no es exclusivamente lo más importante, sino que es necesario dotar de mayores conocimientos a todos los niveles productivos, teniendo en cuenta que nin-

LA MECANIZACIÓN Y LA AUTOMATIZACIÓN  
HAN SUPUESTO UN INCREMENTO DE LA  
CARGA MENTAL.

gún conocimiento técnico es definitivo y que, por lo tanto, se trata de establecer una formación periódica continua.

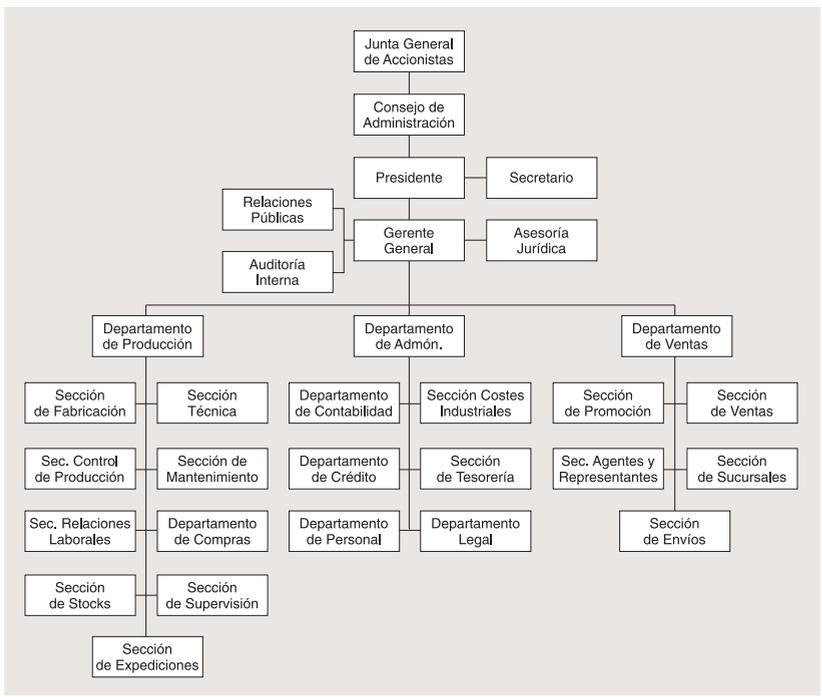
### FUNCIONALIDAD

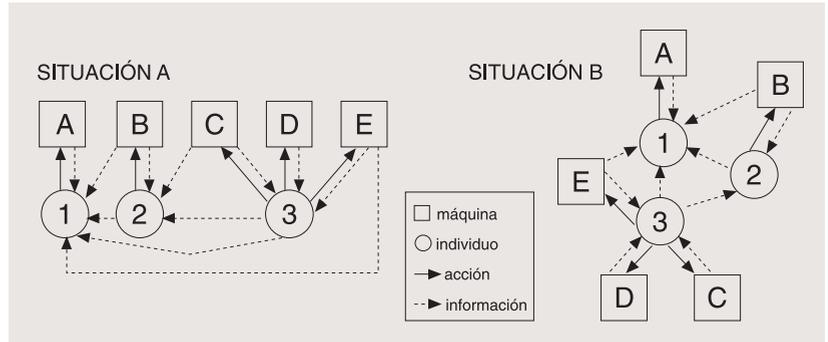
Entendemos por funcionalidad el *conocimiento claro y conciso de la estructura de la empresa*. Esto conlleva, por una parte, conocer el organigrama y las competencias de cada departamento o sección y, por otra, conocer cuáles son las funciones y límites que cada uno tiene en su puesto de trabajo.

Una organización que se precie debe tener absolutamente definido, puesto a puesto, quién debe resolver cada problema y, además, a quién se puede acudir en caso de dudas o problemas.

La ausencia de estas definiciones lleva a situaciones que, a la par que dificultan el trabajo, pueden, también, poner en peligro la salud de quienes trabajan.

Veamos algunos ejemplos: en una cadena de montaje en la que se producen fallos por parte de la maquinaria, ¿quién debe dar el aviso? ; ¿cuándo debe darlo?, ¿al primer fallo?, ¿al segundo? ; ¿a quién debe dirigirse el aviso?, ¿al encargado?, ¿directamente a mantenimiento?; ¿qué consecuencias se derivan del fallo?, ¿una pérdida de la productividad?, ¿tener que recuperar





el tiempo perdido? La respuesta debe ser clara y unívoca para todos los interrogantes, sea el puesto que sea.

El estudio de la funcionalidad de la empresa se traduce en el estudio de su estructura; en conocer las unidades que la componen y las conexiones y relaciones que se establecen entre ellas.

En este campo, el nivel de intervención ergonómico sería doble; por un lado, adecuar la organización de la empresa a sus necesidades y, por otro, difundir y explicar a todo el conjunto de la empresa la organización de la misma.

Para ello se suelen utilizar los modelos basados en las conexiones que estudian tanto la organización espacial como la organización secuencial, a la par que las redes de comunicación.

## PARTICIPACIÓN

Las condiciones de vida y trabajo han sufrido muchos cambios a lo largo de la historia. Así, el trabajo se ha mecanizado y tecnificado mucho, se ha pasado de un predominio del sector primario (agricultura, ganadería y pesca), a un predominio del sector secundario (industria en general) y, finalmente, a una expansión cada vez mayor del sector terciario (sector servicios). En cuanto al tipo de trabajo, se ha pasado de un trabajo manual que, a menudo, requería grandes esfuerzos físicos, a un trabajo que requiere esfuerzo mental, ya sea por concentración, por atención o por la necesidad de tomar decisiones.

En cuanto al cambio en las condiciones de vida, como ya hemos visto en otros capítulos, podemos destacar una racionalización de la alimentación y un incremento de la distancia entre el domicilio y el lugar de trabajo (circunstancia motivada, en gran medida, por el crecimiento de las ciudades debido a la gran inmigración de individuos de otros países y culturas, y al aislamiento de las industrias en polígonos industriales alejados o separados de aquellas).

En el ámbito político hay que destacar que el valor fundamental es el de la “democracia”, entendida como el sistema que permite la participación de todos los sujetos de la sociedad en la vida política.

En el marco económico, estamos en una sociedad post-industrial que se podría caracterizar, a grandes rasgos, por la coexistencia de distintos modelos de organización del trabajo: desde el modelo neotaylorismo (una mayor división del trabajo y su correspondiente especialización, así como un predominio de las demandas mentales frente a las físicas), hasta la organización que aprende (basado en la capacidad de aprendizaje de las personas que conforman la organización y la gestión del conocimiento generado).

Frente a todo lo anterior nos encontramos con que las personas que acceden a su primer empleo son muy distintas a las de otras épocas: la escolaridad se ha alargado; lo cual conlleva que, por un lado, el nivel cultural sea mayor y, por otro lado, se finalizan los estudios básicos a una edad más elevada. Esto hace que se empiece a trabajar con un bagaje cultural y a una edad mayor que antaño. Además, hay que tener en cuenta que las “formas” dentro de la estructura familiar, escolar y social también son distintas. En la familia y en la escuela se utilizan métodos basados en la cooperación y la realización personal.

Todo lo expuesto hasta aquí tiene como conclusión que el entorno favorece unos valores en los que predominan las relaciones, la comunicación, el desarrollo y la participación. A este entorno no pueden ser ajenas las organizaciones, puesto que son una parte fundamental del mismo.

Además, no debemos olvidar que fuera del entorno local existen otros entornos de mayor amplitud. Entre ellos, y en nuestro caso, el entorno europeo es el que condiciona que unos valores predominen sobre otros. Ello se trasluce en la legislación dictada por la UE, así como en sus recomendaciones. Todo ello con repercusiones directas en las organizaciones (competencia para conseguir mercados, mayores niveles de calidad, etc.) que implica que aquellas empresas que no se adapten a estos cambios tienen pocas posibilidades de supervivencia.



MÁS QUE LA CONSULTA DE LA OPINIÓN  
DEL PERSONAL, LA PARTICIPACIÓN  
SUPONE LA CAPACIDAD DE DECISIÓN  
DE ÉSTE

### **Ergonomía y participación**

Cuando hablamos de ergonomía, estamos hablando de favorecer la interrelación que se establece entre un individuo y sus condiciones de trabajo. Es decir, que hablamos de conocer al individuo (cómo es, cómo actúa) y hablamos de adecuar las condiciones de trabajo para que se adapten a esta forma de ser. Así, cuando hablamos de ergonomía geométrica, tomamos como referencia las dimensiones corporales, tanto las que se refieren a la posición del cuerpo en estado de reposo como en movimiento, para diseñar los espacios, el mobiliario, etc. Cuando hablamos de ergonomía temporal, también tomamos en consideración al individuo para determinar qué tiempos de descanso necesita para no fatigarse. Cuando hablamos de ergonomía ambiental, se parte de las capacidades corporales (temperatura corporal en el desempeño de una función, capacidad visual en función de los distintos niveles de iluminación, capacidad de memorización y de adquisición de datos en función de la presentación que se haga de esos datos, etc.) para establecer los valores óptimos en cuanto a temperatura, humedad, iluminación, nivel sonoro, organización del trabajo, etc.

La puesta en marcha de estas mejoras no puede llevarse a cabo eficazmente si no contamos con los individuos. Son ellos quienes más directamente viven las condiciones de trabajo, quienes conocen la eficacia de ciertas técnicas, herramientas, etc. y quienes pueden sugerir mejoras que desde fuera son difíciles de evidenciar. El diseñador diseña para el público en general, no para el individuo en concreto. Es en la adaptación de este diseño a las condiciones particulares de cada individuo y de cada puesto de trabajo, donde las personas implicadas tienen que estar presentes y manifestar sus opiniones.

---

### **Organización de la empresa y participación**

Dentro de los factores de la organización se encuentra la participación como factor causante de ansiedad y estrés en la medida en que su ausencia conlleva una falta de control del individuo sobre sus propias condiciones de trabajo.

¿Cómo se puede exigir a una persona que está trabajando en unas condiciones que no controla en absoluto que sea eficaz? ¿Cómo se le puede pedir un alto nivel de calidad? ¿Es lícito pedir un mayor nivel de producción a quien no tiene las herramientas adecuadas y en buenas condiciones de uso? Todas estas preguntas nos llevan a tomar en consideración el tema de la participación, ya que sin ella es muy difícil implicar a quienes trabajan en lo que están haciendo. Y en el mejor de los casos, si se consiguiera, ¿cómo podrían realizar bien su trabajo si no se escuchan sus propuestas de mejora?

Por otro lado, se ha de destacar el papel de la participación como elemento de mejora de otros factores de la organización.

El hecho de participar contribuye a la formación y al crecimiento personal de quienes participan, puesto que les enseña técnicas de resolución de problemas, a analizar lo que les rodea, a buscar alternativas, a trabajar en equipo, a mejorar su comunicación, etc.

### LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

#### Art. 18 apartado 2:

“El empresario deberá consultar a los trabajadores y permitir su participación, en el marco de todas las cuestiones que afecten a la seguridad y a la salud en el trabajo, de conformidad con lo dispuesto en el capítulo V de la presente Ley.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos de participación y representación previstos en el Capítulo V de esta Ley, dirigidas a la mejora de los niveles de protección de la seguridad y la salud en la empresa.”

#### Art. 33 apartado 1:

“El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- a) La planificación y la organización del trabajo (...) y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores, (...).
- b) La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales (...).
- c) La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- d) Los procedimientos de información y documentación (...).
- e) El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.
- f) Cualquier otra acción que pueda tener efectos substanciales sobre la seguridad y la salud de los trabajadores.”

Participar es intervenir más o menos directamente en la toma de decisiones. Para facilitar la participación, se han de arbitrar los mecanismos necesarios que permitan conseguir objetivos a través de la toma de decisiones de todos los implicados en los mismos. Estos mecanismos son: 1) dar la información necesaria para conocer el tema; 2) formarse una opinión basada en la información de que se dispone; 3) tomar la decisión que corresponda; y 4) actuar, es decir, lograr el objetivo.

### ¿Qué es participar?

LA EFICACIA DE LA PARTICIPACIÓN SE MIDE POR EL LOGRO DE OBJETIVOS

Como norma general, todos los implicados en un asunto deben participar en la toma de decisiones sobre el mismo. Sin embargo, ocurre que la participación no es un proceso espontáneo, requiere un aprendizaje por parte de las personas y de un desarrollo de la organización. Si no se da este aprendizaje y desarrollo de la organización, es fácil caer en desviaciones: el

### ¿Quién puede o debe participar?

ESTILOS DE MANDO	DIRIGIDO (Postura del dirigido referida a la realización de la tarea)
ORDENAR	NO SABE, NO QUIERE
PERSUADIR	NO SABE, QUIERE
PARTICIPAR	SABE, NO QUIERE
DELEGAR	SABE, QUIERE

Fuente: Hersey y Blanchard, citado por Manuel Sánchez Alonso

*paternalismo* y la *voluntariedad*, que se dan cuando las personas (directivos y/o trabajadores) desean participar, pero la organización no está preparada para ello (por ejemplo: no se ha formado al personal suficientemente, o bien no hay tiempo destinado para las reuniones). Estas desviaciones llevan, a la larga y si no se arbitran medidas para corregirlas, a una mayor desmotivación de las personas.

Existen bastantes teorías relativas a cómo debe ser el proceso participativo y a cuándo están las personas preparadas para participar. Como muestra, en el cuadro siguiente podemos observar las cuatro situaciones que pueden darse en una organización y el estilo de mando más acorde con ellas, teniendo en cuenta que: *saber* significa que el individuo tiene experiencia;

*no saber*, que el individuo carece de conocimientos y/o no comprende los requerimientos del trabajo; *querer*, que el individuo tiene voluntad para tomar decisiones; y finalmente, *no querer*, significa la ausencia de motivación y de voluntad para comprometerse.



### Niveles de participación

Hacer una clasificación de los distintos niveles de participación es muy difícil dada la gran variedad de situaciones que pueden darse en el seno de una organización. Desde el nivel 0, que se correspondería con la no-participación (la típica empresa dictatorial), hasta las cotas más altas de participación (empresas en las que se trabaja en grupo y la toma de decisiones se hace de forma colectiva).

Entre estos dos extremos existen muchos tipos de participación y es justamente en este intervalo donde podemos situar a la mayor parte de las empresas. Podemos establecer tres grandes áreas de participación:

- En el ámbito de las relaciones laborales: comprende todo lo referente a la negociación colectiva, ayudas sociales, etc. Es la forma más extendida, aunque también nos encontramos con distintos grados de participación, en función de las características de cada empresa.
- En el ámbito económico: comprende tanto la participación en los beneficios como la compra de acciones y puede llegar hasta el cooperativismo. Este tipo de participación no es nuevo, ya que la participación en los beneficios es una práctica normal para algunas empresas; tampoco lo es la compra de acciones ya que, por parte de los directivos, se ha venido realizando desde hace mucho tiempo. La “novedad” estriba en que sea el colectivo de trabajadores quien pueda comprar acciones de su empresa. En algunos países, como en los anglosajones, se ha llegado a fomentar este tipo de participación desde la Administración, dando beneficios fiscales a aquellas empresas que faciliten la compra de acciones a sus colaboradores. No obstante, esta modalidad conlleva algunos problemas, prueba de ello es que los sindicatos aconsejan pru-

### CÍRCULOS DE CALIDAD

#### Objetivos, según Nakamura (1984):

- Contribuir al desarrollo y a la mejora de la empresa.- Ayudar a mejorar el lugar de trabajo.- Desarrollar la capacidad humana y optimizar las posibilidades de los trabajadores.

#### Características generales.

- Grupo formado por un reducido número de personas (de 3 a 15)
- Todos trabajan en el mismo taller, sección o área, aunque no formen un grupo de trabajo.
- Las reuniones son periódicas (2 ó 3 por mes) y su duración muy corta (1 ó 2 horas).
- Las reuniones son en horas de trabajo o fuera de ellas (en este caso, son retribuidas).
- La participación es voluntaria.
- El líder generalmente es impuesto (suele ser el mando directo), aunque se dan casos en que el grupo puede elegirlo.
- Existe una figura denominada “facilitador” que actúa de enlace entre el grupo y la dirección, y que es nombrada por la empresa.
- La tarea del grupo consiste en identificar y analizar problemas y proponer soluciones
- Los temas que se deben tratar son a elección del grupo, de entre los propios del trabajo que realizan, evitando todos los problemas reivindicativos o de competencia del comité de empresa.
- La dirección es quien decide la implantación de las soluciones.
- El grupo no tiene una retribución económica adicional por su actividad en el círculo.

La forma de premiar al grupo no suele ser económica, sino mediante incentivos sociales y personales (reconocimiento de méritos, presentación a la dirección, participación en seminarios y congresos, intercambios con otros círculos tanto de la propia empresa como de otras empresas).

### GRUPOS SEMIAUTÓNOMOS

Los grupos semiautónomos son grupos reducidos de trabajadores con un objetivo de producción común que tienen cierta autonomía para tomar decisiones sobre la tarea que realizan y de la que son responsables de forma conjunta.

#### Consideraciones:

- Los participantes del grupo son voluntarios.
- Es preferible que hayan realizado experiencias previas de rotación de puestos, ampliación de tareas y enriquecimiento de tareas.
- No hay limitaciones tecnológicas para su implantación.
- Pueden surgir conflictos con la estructura de poder.
- Otra fuente de conflictos es la competitividad entre grupos, el rechazo de trabajadores menos competitivos o posibles dificultades de integración.
- Pueden surgir temores en el resto de la empresa a una reducción de plantilla.
- Pueden darse dificultades para el cambio en las organizaciones rígidas.

#### Repercusiones:

- Sobre el sistema de poder, en el ámbito de la descentralización del poder y la supresión de niveles jerárquicos que este sistema conlleva.
- Aumento de la satisfacción en el trabajo.
- Mayor participación en la toma de decisiones.
- Mayor éxito a mayor nivel de implantación.
- Dificultades en el sistema de promoción individual.
- Variación del sistema de sanciones imperante

dencia en la compra de acciones, y se han creado asociaciones para controlar la compraventa de las mismas.

- En el ámbito de la organización del trabajo: las modalidades participativas más extendidas son los círculos de calidad y los grupos semiautónomos. Ambas modalidades difieren mucho de empresa a empresa, puesto que no existe un modelo único para aplicar. Tienen en común la finalidad de buscar la participación, pero, mientras en los círculos de calidad se plantea de una forma paralela a la estructura establecida, los grupos semiautónomos modifican la organización desde su base, integrando la participación dentro de la propia organización.

## COMUNICACIÓN

Uno de los pilares básicos de una organización es el tema de la comunicación, aunque sólo nos ocupamos de ella cuando no funciona. Por ello, a través de estas líneas, vamos a conocer cómo funciona y cómo podemos optimizarla.

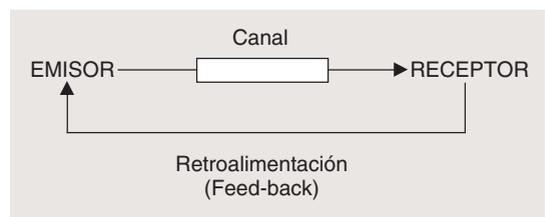
Los elementos que componen el proceso de comunicación son los siguientes: **Proceso**

- Emisor: es el que origina el mensaje.
- Mensaje: aquello que se quiere comunicar.
- Receptor: destinatario del mensaje.
- Canal: medio o vehículo utilizado para que el mensaje llegue al receptor.
- Codificación: proceso a través del cual el emisor transforma en palabras sus ideas y sentimientos.
- Decodificación: proceso inverso al anterior. El receptor del mensaje traduce las palabras en ideas y sentimientos.

Es necesario destacar que los procesos de codificación y decodificación son internos y, por lo tanto, están sometidos a las “peculiaridades” propias de cada individuo. Es decir, cada persona tiene un vocabulario propio fruto de toda su “experiencia cultural” a lo largo de su vida. En la infancia se aprenden palabras para significar distintas cosas. Estas palabras se aprenden tanto en el núcleo familiar como en la escuela, como con las amistades. Posteriormente, se amplían (tanto en su significación como en la cantidad de palabras) a la par que se amplían los círculos sociales.

Decimos que existe comunicación cuando el receptor, una vez ha recibido el mensaje del emisor, emite, a su vez, un nuevo mensaje destinado al emisor. Es decir, que el receptor se convierte en emisor. Cuando este hecho se produce, hablamos de retroalimentación (feed-back). Si no se produjera el fenómeno de la retroalimentación, estaríamos hablando de información. El esquema de lo dicho hasta ahora es el que sigue: Cuando los seres humanos se comunican, lo hacen combinando las palabras (mensaje verbal) con los sentimientos (mensaje no verbal). El lenguaje no verbal expresa los sentimientos que el emisor experimenta tanto sobre lo que está diciendo como hacia el receptor. Se transmite mediante el tono de voz, la mirada y los gestos faciales y corporales; no obstante, hay que tener en cuenta otro grupo de factores denominados ambientales y que hacen referencia tanto al lugar en que se produce la comunicación, como al vestuario de los comunicantes. El receptor, cuando decodifica el mensaje verbal, decodifica también el mensaje no verbal.

La diferencia fundamental entre ambos mensajes es que mientras el verbal es aprendido de una forma consciente (se enseña el significado de cada palabra), el mensaje no verbal se



aprende de forma inconsciente (básicamente a través de la imitación).

Esta diferencia puede convertirse en una barrera para la comunicación, puesto que podemos utilizar con bastante acierto el lenguaje verbal, pero puede “traicionarnos” el mensaje no verbal paralelo, ya que podemos transmitir algo totalmente contrario a lo expresado verbalmente.

### **Necesidad de la información**

Para los directivos, la información es necesaria de cara a fijar objetivos, delimitar áreas de problemas y evaluar rendimientos tanto a escala individual como a escala colectiva. Los miembros de la organización necesitan información sobre el rendimiento y producción que se espera de ellos, su actividad dentro de la organización y los medios para evaluarla, quién va a supervisarles y de acuerdo a qué criterios, sus obligaciones y derechos a la hora de aplicar su criterio personal en el desarrollo de su trabajo, las consecuencias que pueden derivarse de sus acciones y su calidad en el rendimiento. Además, cuando se realizan trabajos interdependientes se necesita información para poder coordinarse unos con otros y para concretar los límites de su libertad en cuanto a la determinación de sus funciones y su cumplimiento.

#### **LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

##### **Art. 18 apartado 1:**

“... el empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- a) Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores en el trabajo, tanto aquéllos que afecten a la empresa en su conjunto como a cada tipo de puesto de trabajo o función.
- b) Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos señalados en el apartado anterior.
- c) Las medidas adoptadas de conformidad con lo dispuesto en el artículo 20 de la presente Ley.

### **Estructura de las comunicaciones en la organización**

En toda organización coexisten dos formas de comunicación: la formal y la informal. La primera está dada por la propia organización, que es quien establece las líneas de comunicación. La segunda es espontánea, surge siempre que un individuo necesita comunicarse con otro y no existe un canal formal para ello o, si existe, es inadecuado; son los propios individuos que conforman la organización quienes establecen canales paralelos sobre la base de las relaciones sociales que mantienen entre ellos.

Para conocer la estructura de las comunicaciones podemos utilizar distintos métodos. Uno de ellos es el análisis de las redes que nos permite conocer los flujos de comunicación utilizando las relaciones interpersonales como unidades de análisis.

Los flujos de comunicación raramente son unidireccionales, a pesar de ello, es útil para su estudio clasificarlos en horizontales y verticales.

Dentro de los verticales, se distinguen los ascendentes y los descendentes.

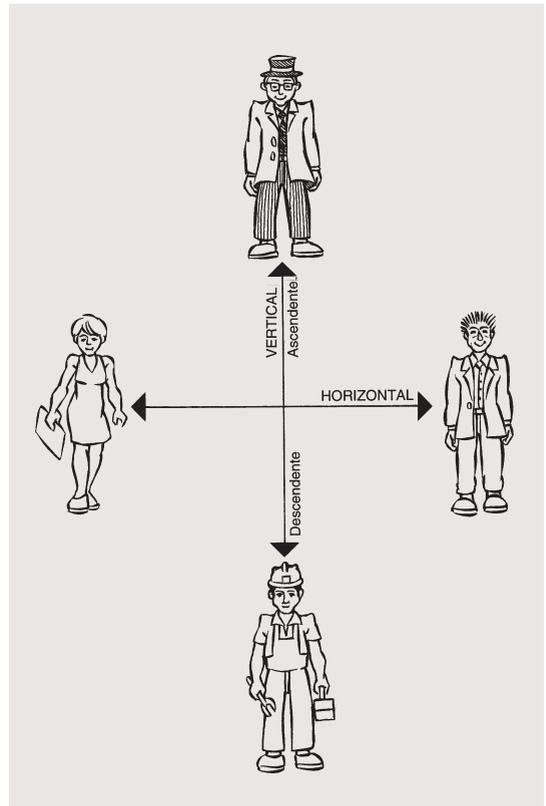
### *Comunicación descendente*

Es la que utilizan los mandos y los directivos para comunicarse con sus subordinados. Sus objetivos son coordinar las diferentes áreas para lograr los objetivos de la organización; informar a los individuos para que contribuyan a la consecución de dichos objetivos; y mantener motivados a los individuos. «... la comunicación descendente desempeña una función fundamental de información, coordinación y motivación de los empleados. Con todo, su función principal en las organizaciones es permitir el ejercicio del poder y la regulación y control de la conducta de los subordinados. Sin embargo, estas funciones pueden cumplirse con mayor o menor eficacia dependiendo de factores como los contenidos de los mensajes, la dimensión de los circuitos, la eficacia de los canales y las expectativas de los destinatarios. Un factor central para mejorar esta eficacia es precisamente la retroalimentación que el emisor ha de obtener acerca de los efectos que produce la comunicación descendente. Es ésta una de las misiones que cumple la comunicación ascendente que puede ser considerada como un proceso complementario de la descendente». (José M<sup>a</sup> Peiró: *Psicología de la organización*).

### *Comunicación ascendente*

Es complementaria de la anterior y sirve para conocer si los subordinados han recibido y comprendido los mensajes; para ayudar a corregir y evaluar los objetivos, planes, sistemas y métodos; y para infor-

LA FALTA DE UNOS CANALES DE COMUNICACIÓN ÁGILES ES FUENTE DE MULTITUD DE PROBLEMAS



mar del funcionamiento de la organización, así como de las nuevas iniciativas útiles a la organización.

Por desgracia, este tipo de comunicación es poco utilizado, ya que es poco valorado por la jerarquía, mientras que los subordinados lo valoran mucho. Además, cuando se utiliza es difícil conseguir un alto nivel de comunicación exacta y eficaz, ya que hay más inhibición por parte del personal y en el recorrido se producen distorsiones voluntarias e involuntarias.

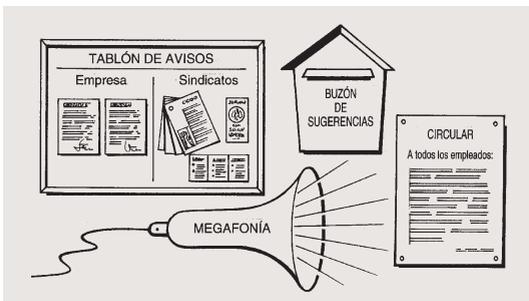
### *Comunicación horizontal*

Consiste en el intercambio de informaciones entre los individuos de un mismo nivel jerárquico en la organización. Es importante para la coordinación de tareas y para proporcionar apoyo emotivo y social al individuo.

### **Canales**

La vía que se utiliza para transmitir un mensaje se denomina canal. Si no nos preocupamos del tipo de canal o lo elegimos mal, el canal se convierte en una barrera u obstáculo para la transmisión de dicha información. Por ello, es importante que cuando queramos emitir un mensaje pensemos en el canal que más se adecue al tipo de información que se vaya a dar y a quien

nos vayamos a dirigir. Habrá mensajes que será mejor transmitirlos persona a persona; otros, por medio de notas; otros, mediante informes; otros, por teléfono; otros, por teletipo, etc. También es conveniente saber si la forma de transmisión de la información es mejor hacerla a través del tablón de anuncios, por megafonía, por la línea jerárquica, por notas de servicio interno u otros medios similares.



### **Obstáculos en la comunicación**

Siguiendo lo que Lee Tayer menciona en su obra "Comunicación y sistema de comunicación", podemos señalar cuatro grupos de barreras en la comunicación: barreras de la propia organización, barreras que interponen las personas, barreras de origen interno, barreras económicas, geográficas y temporales. A ellos habría que añadir las barreras propias de los canales y medios de comunicación, ya analizadas.

#### *Barreras de la propia organización*

- La distancia física puede ser un obstáculo para la comunicación entre los miembros de una organización, cuando sus tareas requieren contactos frecuentes.
- La especialización en las funciones dificulta la comunica-

ción en la medida en que cada especialista utiliza su lenguaje específico, con lo cual se pueden producir malas interpretaciones e incomprensiones.

- El poder, la autoridad y las relaciones de status dificultan la comunicación en la medida en que “filtran” la información que, a través de ellos, se transmite.
- La “propiedad” de la información. Se dice que “la información es poder” y ello es el pretexto para que muchas informaciones no sean transmitidas.

#### *Barreras que interponen las personas*

- El clima del contacto o relación interpersonal que está en función de actos e intenciones condiciona una comunicación más o menos relajada.
- Valores y patrones de conducta de cada individuo frente a otro.
- Actitudes antagónicas o conflictivas entre individuos.
- Efecto de la comunicación de masa sobre la capacidad comunicadora de las personas (a medida que los medios de comunicación crecen en extensión e influencia, decrece nuestra capacidad de comunicarnos con éxito y efectividad. Entre los beneficios destacan: la ampliación de la gama de datos obtenibles y el aumento de las experiencias deducibles de nuestras futuras relaciones con las demás personas).

#### *Barreras de origen interno*

Se refieren a la capacidad que tiene cada individuo para comunicarse. Está en función de:

- Las aptitudes estratégicas (aptitudes mentales y de actuación anticuadas o impropias).
- Las aptitudes tácticas (habilidad para recibir y transmitir información).

#### *Barreras económicas, geográficas y temporales*

Se refieren a las distinciones de clase social, zona o país de procedencia y a la edad. Todos estos factores condicionan el tipo de lenguaje y la forma de comunicarse.

Mejorar la comunicación en la empresa conlleva una mayor productividad, puesto que se hacen más efectivos, en tiempo y rentabilidad, los intercambios de información entre los miembros de la misma. Al mismo tiempo, se establecen las bases para que las relaciones entre los miembros de la empresa sean más fluidas y enriquecedoras. Aunque no puede ni debe separarse la

---

**¿Cómo mejorar la comunicación en la organización?**

comunicación de otros factores de la organización de la empresa (la formación, la participación, el estilo de mando, etc.), facilitaremos a continuación una serie de recomendaciones que pueden mejorar en gran medida la comunicación en una organización:

- Facilitar la mayor información posible a cada persona en relación con su tarea y con lo que se espera de ella.
- Cuando se quiera emitir una información que deba ser conocida por la mayoría del personal, se debe hacer utilizando varios canales a la vez.
- La información, para ser efectiva, requiere el feed-back del receptor, para comprobar que ha comprendido el mensaje en su totalidad.
- Establecer varios canales para recibir la información ascendente. Con ello, se obtendrá un doble beneficio: sugerencias interesantes para la organización, así como una mayor participación del personal (no hay nada más desmotivador que el descubrir que se ha alterado lo que se ha dicho o que no ha llegado a quien iba dirigido).

## FORMACIÓN

Hemos dicho muchas veces que, cuando se está bien, se trabaja mejor. Cuando se trabaja mejor, mejora la calidad de lo que se hace. Pero hace falta añadir que mejorar la calidad de lo que se hace pasa por reflexionar sobre lo que se está haciendo y por comprender dónde está el error o cómo se puede mejorar aquello que se está haciendo. Detectar y reconocer aquello que se hace mal, o que es susceptible de mejora, conlleva un alto nivel de reflexión. El papel que ha de jugar la formación es precisamente éste, el de fomentar y dar herramientas para reflexionar. Cuando el colectivo de trabajadores puede adquirir en su ocupación una amplia experiencia de trabajo o de vida, o cuando dispone de tiempo suficiente para reflexionar, se facilita la relación entre educación general y formación profesional. Con ello, se quiere decir que no sólo se mejora su habilidad para el trabajo sino que, además, se contribuye a su formación personal. La formación no debe impartirse como algo complementario, sino que debe formar parte de las estrategias de la empresa. Entre otras

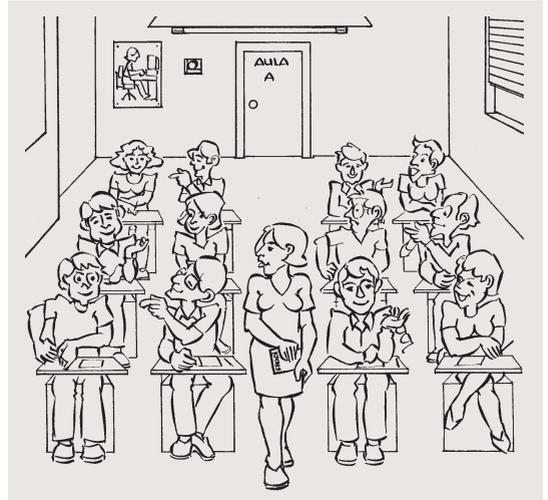
razones, porque es la manera de implicar a todos los sujetos de la empresa en el plan de formación. Se debe implicar especialmente a los mandos, ya que ellos también están en contacto con el trabajo que se debe realizar. Además, un plan de forma-

EN ALGUNOS PAÍSES ES OBLIGATORIO QUE LA EMPRESA DESTINE COMO MÍNIMO UN PORCENTAJE DE SUS RECURSOS A LA FORMACIÓN INTERNA

ción que no contemple la implicación de los mandos puede ir hacia el fracaso, ya que tienen un importante papel que jugar: motivar al resto del personal, evitar el rechazo de éstos y animarles a pedir más formación.

Un primer punto que se debe plantear es a quién se dirige esta acción formativa. La contestación es rápida; toda la empresa tiene que verse implicada. Hay temas específicos o asociados a determinados puestos de trabajo. Otros temas, en cambio, deben ser impartidos al conjunto. Y, finalmente, otros temas estarán asociados al nivel cultural de cada individuo en particular. Otra cuestión es quién o quiénes deben impartir esa formación. Está claro que por norma general, cuando la propia empresa tenga la infraestructura necesaria, debería hacerlo ella misma; en caso de no disponer de esa infraestructura, puede recurrir a contratar los servicios de personas especializadas en los distintos temas, o bien contratar los servicios de empresas que se dediquen a estas tareas. Otra solución consiste en financiar en parte o totalmente los gastos ocasionados a aquellos trabajadores que cursen estudios en el exterior de la empresa.

## Participantes

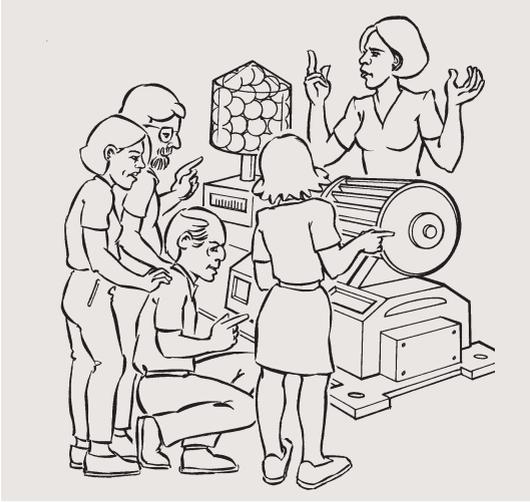


Podemos establecer tres grandes objetivos de formación:

## Objetivos

*Formar para trabajar mejor:* desde el punto de vista de la persona que trabaja, se trata de reflexionar sobre el trabajo que se hace y el cómo se hace, con miras a hacerlo de una forma más cómoda, más fácil e incluso más relajada. Hace falta aprender a conocer (se trata de reflexionar sobre qué hacemos y cómo lo hacemos), discutir (metodología para la confrontación de ideas sin crispación), cambiar (conseguir una buena disposición hacia el cambio) y colaborar (actividad dirigida hacia la búsqueda de soluciones y alternativas).

*Formar para mejorar la calidad y la productividad:* este objetivo no es estrictamente pedagógico, ya que tiene componentes de otras áreas (información, participación, etc.); no obstante, podemos incluirlo en este capítulo desde el punto de vista del posible adiestramiento necesario para que cada persona conozca la forma mejor (desde el punto de vista de la calidad y de la productividad) para efectuar su trabajo.



*Formar para mejorar a las personas:* basado en el deseo natural de la mayoría de las personas de mejorar su nivel de conocimientos, a la vez que favorece la mejora de las relaciones sociales dentro de la empresa. Para conseguir este objetivo, quizá sería necesario que la empresa, más que realizar cursos de formación, favoreciera o fomentara a aquellos empleados que acuden a cursos de aumento de conocimientos, externos a la propia empresa.

Estos tres grandes objetivos deben tener un eje transversal: la cultura preventiva. No se puede pretender mejorar la manera de trabajar o la calidad o la productividad sin tener como base, como

punto de partida, la mejora de las condiciones de trabajo.

### Metodología

En general, se trataría de utilizar metodologías participativas, y ello por dos razones básicas: Porque estamos trabajando con personas adultas y porque estamos tratando de cambiar actitudes. Merece especial atención señalar una metodología

como la del repaso de la historia personal (se basa en el recuerdo y el análisis de experiencias similares), ya que facilita la toma de conciencia real con lo que uno siente y piensa, y ello facilita un posterior cambio de comportamiento. Algunos conocimientos deben aplicarse en situación real para poder ser integrados. El análisis ergonómico es, en sí mismo, una herramienta para la formación, puesto que cada vez más la formación tiende a basarse en la actividad laboral. Se trata de la formación-acción sobre el terreno, intentando hacer percibir la diferencia entre lo que se ha comprendido y la realidad.



### Duración

Si queremos modificar actitudes o comportamientos, no podemos pensar en cursos de poca duración. Alargar cursos, en ciertos casos, es una inversión; suprimir los que serían demasiado breves, cuando el presupuesto es insuficiente, es una economía. La formación en Ergonomía debe realizarse en cursos cortos seguidos de análisis ergonómicos que permitan la resolución de los problemas diarios.

**LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

En esta Ley el artículo 19, relativo a la formación de los trabajadores, señala que el empresario está obligado a garantizar una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada. Esta formación debe darse con ocasión de:

- La contratación del personal.
- Un cambio o variación en las funciones asignadas
- La introducción o cambio de un equipo de trabajo.
- La introducción de una nueva tecnología.

La formación deberá centrarse en el puesto de trabajo o función, adaptarse a la evolución de los riesgos y a la aparición de otros nuevos y repetirse periódicamente, siempre que sea necesario. La formación será:

- Gratuita para el colectivo de trabajadores y sus representantes.
- Impartida durante el tiempo de trabajo.



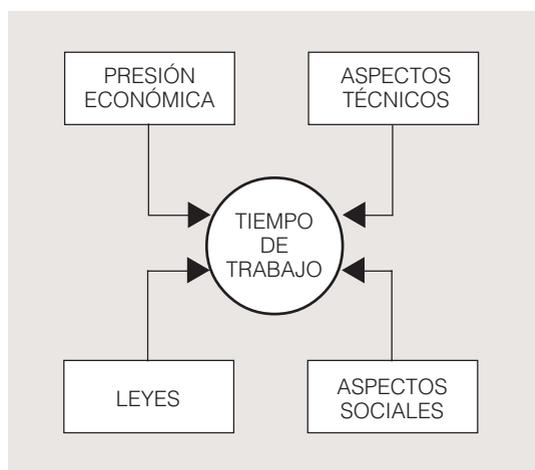
El tiempo de trabajo es uno de los aspectos de las condiciones de trabajo que tiene una repercusión más directa sobre la vida diaria.

El número de horas trabajadas y su distribución pueden afectar no sólo a la calidad de vida en el trabajo sino a la vida extralaboral. En la medida en que la distribución del tiempo libre es utilizable para el esparcimiento, la vida familiar y la vida social, es un elemento que determina el bienestar de los trabajadores.

Por otra parte, para la empresa es un factor de rendimiento, de costo de producción, de utilización óptima de la capacidad de instalación y, por consiguiente, de eficacia.

Históricamente, el tiempo de trabajo ha ido variando según las necesidades sociales de cada época. En otros tiempos, el trabajo ocupaba toda la jornada, mientras hubiera luz solar. El tiempo se desarrollaba según el ritmo natural, conforme a las exigencias biológicas del individuo. Con la industrialización, este ritmo se rompe y se tiende a una organización temporal que favorece la productividad pero, en cambio, dificulta las necesidades naturales de la persona. Paulatinamente, se va separando el tiempo de trabajo del tiempo de ocio y el factor tiempo se convierte en un factor de especial interés en la organización de la vida social.

Las largas jornadas de trabajo, de hasta dieciséis horas, a las que se estaba sometido en los comienzos de la revolución industrial, se han ido reduciendo hasta la



jornada actual, de un promedio de ocho horas diarias. Esto ha sido posible, fundamentalmente, gracias a distintos factores: por una parte, el reducir las horas trabajadas ha sido una de las reivindicaciones de los movimientos obreros para conseguir unas mejores condiciones de trabajo. Por otra parte, la tecnificación hace posible el aumento de producción con una reducción del tiempo de trabajo.

## LA ORGANIZACIÓN DEL TIEMPO DE TRABAJO

Podríamos decir que hoy en día la organización del tiempo de trabajo se está convirtiendo en una dimensión fundamental de la organización de la empresa y, por tanto, del diálogo social que debe tender constantemente a mejorarla y adaptarla a las necesidades sociales de cada momento y de cada colectivo.

Desde el punto de vista de la prevención el objetivo será armonizar el tiempo de trabajo con las características humanas y con las necesidades familiares y sociales. Se trata de equilibrar el tiempo dedicado al trabajo con el dedicado al ocio, de manera que se eviten discordancias entre las necesidades de producción y las necesidades individuales.

Si analizamos las necesidades de los distintos actores sociales, encontramos que, por una parte, los empresarios, presionados para aumentar la duración de la utilización de los equipos y flexibilizar la producción de bienes y de servicios, son conscientes de la necesidad de abordar nuevas formas de organización del tiempo de trabajo para mantener la competitividad con otras empresas. Por otra parte, los trabajadores han de tener la posibilidad de administrar su propio tiempo de trabajo, elemento primordial de la calidad de vida.

LAS PERSONAS HAN DE TENER  
LA POSIBILIDAD DE ADMINISTRAR  
SU PROPIO TIEMPO DE TRABAJO

Las formas de organización del tiempo de trabajo tienden a cubrir diversos objetivos: unas persiguen la finalidad de aprovechar al máximo los equipos (máquinas, herramientas, etc.), por ejemplo, el trabajo a turnos; otras pretenden adaptarse a los altibajos de la producción (estacionales, semanales, etc.) o reaccionar de manera flexible a las variaciones de la demanda, por ejemplo, trabajo intermitente, compensación de horas suplementarias, etc.; por último podemos citar las que pretenden mejorar la eficacia del tiempo de trabajo mediante la disminución de tiempos improductivos, por ejemplo, horarios a tiempo parcial, horarios individualizados, horarios escalonados, etc.

ES BUENO DISCUTIR LAS POSIBLES  
SOLUCIONES A PARTIR DE  
UNA INFORMACIÓN CLARA Y PRECISA.

En la actualidad, las técnicas más extendidas de ordenamiento de los horarios son el horario variable o flexible, la semana reducida y el trabajo por equipos o a turnos.

### HORARIO FLEXIBLE

El concepto de flexibilización se está aplicando cada vez más en la organización del trabajo y esto ocurre principalmente porque la tecnología permite adaptar la producción a las exigencias del mercado. Esta flexibilidad en la producción, que puede deberse a motivos de competitividad, estacionalidad del producto, fluctuaciones de mercado, desarrollo tecnológico, etc., rompe con los patrones de organización establecidos, afectando también a la organización del tiempo de trabajo.

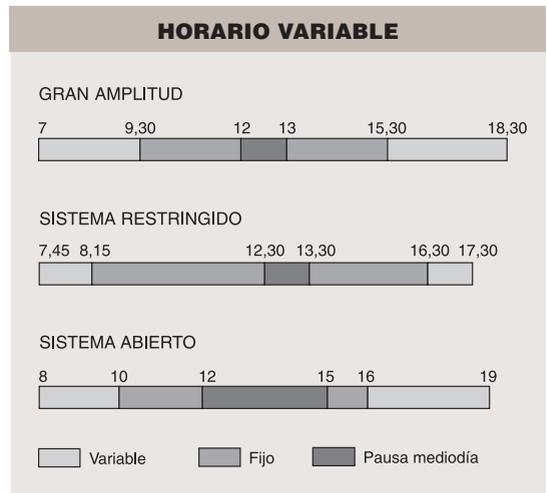
El horario flexible brinda la posibilidad de conjugar las necesidades de la empresa con las necesidades individuales de los trabajadores. El empresario pretende reducir los costes laborales y adaptar el tiempo de trabajo a las necesidades de producción; para el trabajador ofrece la posibilidad de armonizar la vida laboral con la privada y de tener mayor posibilidad de decisión sobre la organización del tiempo de trabajo.

Una ventaja de la organización no tradicional de los horarios, y más específicamente del horario flexible, es que permite al trabajador organizar su tiempo de trabajo y adaptarlo a sus necesidades cotidianas, reduciendo los conflictos trabajo-familia y aumentando la satisfacción y la implicación de los trabajadores con la empresa.

Así pues, podemos definir el horario flexible como aquel que da a los trabajadores libertad, dentro de unos límites preestablecidos, para organizar su tiempo de trabajo cada día.

Normalmente, no existe una flexibilidad total, aunque en algunos trabajos pueda ser posible establecerlo así. Por regla general, se establece una franja de horario fijo, durante la cual todos los trabajadores tienen que estar presentes; mientras que el tiempo de inicio y el final de trabajo, el desayuno, las comidas, etc. puede ser decidido libremente por los trabajadores.

Estos márgenes de flexibilidad pueden ser muy variables, dependiendo del tipo de organización de los mismos que se esta-



blezca. La compensación puede hacerse en periodos de distinta duración; p. ej., dentro de la semana - en cuyo caso la libertad de acción es bastante reducida- en un mes o en un plazo más largo. Si el periodo es más largo, se suele fijar un tope de horas que está permitido "deber", p. ej., 10/20 horas al mes.

La acumulación de horas también puede ser muy variable. Un sistema es permitir al trabajador coger horas fijas para recuperar tiempo a su favor con la posibilidad de acumular hasta medio día o un día entero. Estas horas no suelen juntarse con los fines de semana o vacaciones para no fomentar un desequilibrio: la sobrecarga de plantilla unos días y la falta de personal, otros.

Ventajas para la empresa:

- El tiempo de trabajo efectivo se amplía, se cubren las horas de pausa y comida. Existe mejor atención al público y una respuesta más rápida y eficiente para los clientes. Se pueden proporcionar ciertos servicios durante periodos más largos.
- Mayor estabilidad de la plantilla, aliciente para nuevas contrataciones.
- Reducción de absentismo (permisos, retrasos, etc.) y de tiempos muertos (por ejemplo, el tiempo sobrante al principio y al final de la jornada laboral).
- La mejor adaptación a las necesidades individuales hace que se alcance con más rapidez el ritmo normal de trabajo.
- Reducción de la congestión en el comedor de la empresa.
- Mejor clima de trabajo. Mayor satisfacción de los trabajadores y mayor implicación con la empresa.
- Adaptación de la mano de obra a los altibajos de producción.

Ventajas para el trabajador:

- Posibilidad de adaptación a las necesidades individuales: mayor posibilidad de coordinación con la vida extralaboral, escalonamiento del tráfico...
- Medida más justa del tiempo de trabajo.
- Reducción de medidas disciplinarias por retrasos.
- Mayor satisfacción en el trabajo.

Inconvenientes para la empresa:

- Mayor costo de mantenimiento si este horario supone tener abierto el establecimiento durante más horas.
- Mayor esfuerzo de planificación y coordinación de algunas actividades y de los sistemas de comunicación.
- Puede ser problemático si sólo es aplicable a parte de la

empresa, por ejemplo, si se aplica en las oficinas pero no en producción.

- Aumento de los costes de formación si este sistema implica una polivalencia de funciones.

Inconvenientes para el trabajador:

- Repercusiones sobre la salud y el bienestar si no tiene posibilidad de controlar la flexibilidad ( flexibilidad impuesta).
- Reducción de permisos remunerados ( por ejemplo, visitas al médico, etc.).
- Mayor control del tiempo.

## SEMANA REDUCIDA

Aunque la semana reducida no puede considerarse una forma revolucionaria de organización del tiempo de trabajo- en los años 70 y 80 ya se encuentran experiencias de aplicación-, parece que últimamente se ha vuelto a aplicar y más específicamente como un sistema de organización del trabajo por turnos.

La semana reducida consiste en condensar el número de horas trabajadas en menos de cinco días/semana. Los sistemas más comunes son: cuatro días de nueve o más horas, tres días de doce horas o alternar semanas de cuatro y de cinco días. Esta reducción no implica automáticamente una mejora de las condiciones de trabajo: si ello supone un aumento del rendimiento, es decir, una intensificación del ritmo de trabajo, puede llevar a un deterioro de la salud.

Es evidente que, al acumularse un mayor número de horas trabajadas, aumenta directamente el nivel de fatiga del trabajador; por lo que este sistema no es recomendable para trabajos peligrosos o con elevadas exigencias tanto físicas como mentales, ya que pueden suponer un esfuerzo excesivo en las últimas horas de trabajo. Una fatiga excesiva puede ser perjudicial por sí misma o puede aumentar el riesgo de error o accidente por un descenso en la capacidad de concentración y de mantenimiento de la atención; así mismo influye, como es lógico, en el rendimiento (cantidad y calidad del trabajo realizado).

Tampoco es recomendable la prolongación de jornadas superiores a ocho horas en aquellos puestos en los que se esté



expuesto a contaminantes químicos o físicos, ya que las concentraciones máximas permitidas se han calculado basándose en jornadas laborales de ocho horas.

Sin embargo, este tipo de horario puede ser adecuado para trabajos ligeros o en empresas alejadas de los centros urbanos, pues permite una reducción de los desplazamientos desde el domicilio hasta el centro de trabajo.

Ventajas para la empresa:

- Ahorro en gastos de mantenimiento del edificio: calefacción, electricidad, etc.
- Se reducen las pérdidas de tiempo al inicio y al fin del trabajo.

Ventajas para los trabajadores:

- La mayor ventaja de este sistema es el aumento de los días de descanso.
- Se realiza un menor número de desplazamientos entre el hogar y el centro de trabajo.

Inconvenientes:

- Hay que ser cautelosos en la aplicación de la semana reducida pues, al trabajar más horas seguidas, se incrementa la fatiga, lo que repercute directamente en la cantidad y calidad del trabajo realizado. Una jornada muy larga origina mayor fatiga y, por otra parte, reduce el tiempo libre en los días de trabajo. Otro inconveniente es que después de varios días de descanso se necesita más tiempo para alcanzar el ritmo normal de trabajo.

ANTES DE IMPLANTAR UN HORARIO DE TRABAJO PROLONGADO DEBEN ESTUDIARSE CUIDADOSAMENTE LAS EXIGENCIAS DEL PUESTO

- Su establecimiento implica, además, una reorganización de otros aspectos como son las pausas, la utilización de maquinaria, etc.

## TRABAJO A TURNOS

En un intento de definición de los distintos tipos de horario, entendemos por tiempo normal de trabajo el que implica una jornada laboral de alrededor de ocho horas, con una pausa para la comida, y que suele oscilar entre las 7-9 y las 18-19 horas. Así, se considera horario normal de trabajo el que supone un promedio de 40 horas semanales de lunes a viernes o sábado.

Se habla de trabajo a turnos cuando el trabajo es desarrollado por distintos grupos sucesivos, cumpliendo cada uno de ellos una jornada laboral de manera que se abarca un total de entre 16 y 24 horas de trabajo diarias.

Existen las siguientes formas de organización:

- Sistema discontinuo: el trabajo se interrumpe normalmente por la noche y el fin de semana. Supone, pues, dos turnos, uno de mañana y uno de tarde.
- Sistema semi-continuo: la interrupción es semanal. Supone tres turnos, mañana, tarde y noche, con descanso los domingos.
- Sistema continuo: el trabajo se realiza de forma ininterrumpida. El trabajo queda cubierto durante todo el día y durante todos los días de la semana. Supone más de tres turnos.

Legalmente, en el Estatuto de los Trabajadores, se define el trabajo a turnos como “toda forma de organización del trabajo en equipo según la cual los trabajadores ocupan sucesivamente los mismos puestos de trabajo,

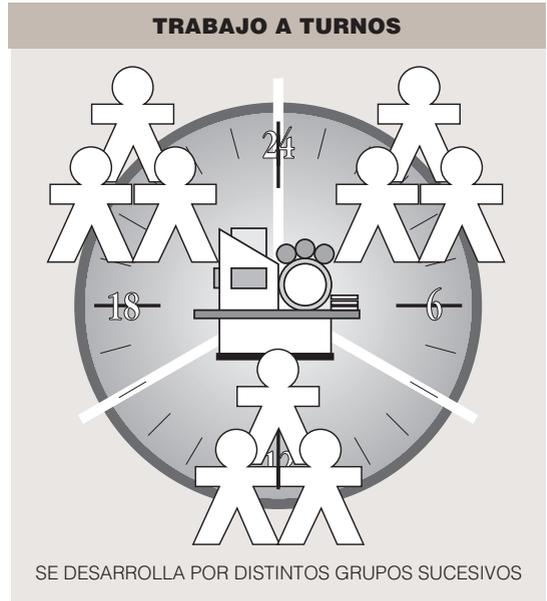
según un cierto ciclo, continuo o discontinuo, implicando para el trabajador la necesidad de prestar sus servicios en horas diferentes en un periodo determinado de días o de semanas”. Asimismo, se considera trabajo nocturno al que tiene lugar “entre las 10 de la noche y las 6 de la mañana” y se considera trabajador nocturno al que “invierte no menos de tres horas de su trabajo diario o al menos una tercera parte de su jornada anual a este tipo de trabajo.”

En estudios realizados sobre el tema, se ha visto que las personas que trabajan a turnos demuestran una menor satisfacción, con el horario y con el trabajo en general, que las personas que prestan sus servicios en jornada laboral diurna.

Ello puede ser debido a diversas causas, entre las que podemos resaltar la falta de adaptación producida por la alteración de los ritmos circadianos y sociales y la deficiente organización de los turnos.

Por ello es importante tener en consideración las repercusiones que el trabajo nocturno tiene sobre la salud de los trabajadores, a fin de organizar convenientemente los turnos y prevenir unas condiciones de trabajo adecuadas.

Existen diversas razones que han determinado el desarrollo del trabajo a turnos, y que van desde lo puramente económico hasta el cumplimiento de las necesidades sociales. Un motivo para adoptar el trabajo a turnos puede ser la naturaleza del



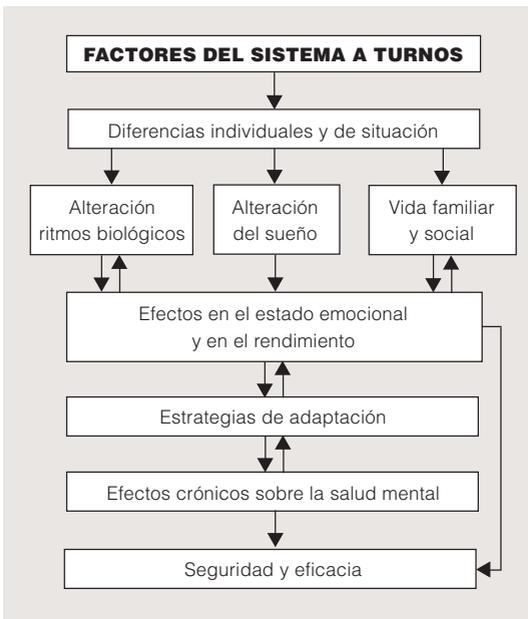
**Razones determinantes del trabajo a turnos**

proceso de producción: algunos procesos de índole física o química deben llevarse a cabo de manera continua, por ejemplo: fundiciones, refinado de petróleo, papeleras, etc. En este caso la implantación de los turnos se debe a razones de carácter técnico.

Otro motivo es la demanda social: Las empresas de servicios deben estar disponibles las 24 horas del día. Estas necesidades afectan principalmente a sectores como hospitales, bomberos, policía, etc., aunque parece que hoy en día la demanda social y la competitividad tienden a extender esta necesidad a otros sectores, por ejemplo: actualmente podemos encontrar comercios abiertos los días de fiesta.

También existen razones económicas. La tecnología evoluciona cada vez más rápidamente por lo que, con el fin de amortizar el capital invertido en maquinaria, es necesario sacarle el máximo rendimiento antes de que quede sobrepasada por otras maquinarias de tecnología más avanzada, creándose la necesidad de realizar un trabajo ininterrumpido.

Aunque las ventajas que este tipo de horario ofrece al trabajador son muy limitadas, podemos mencionar las siguientes: reducción del tiempo de trabajo en el turno de noche; posibilidad de conseguir el mismo sueldo que con un horario normal pero con menos horas reales de trabajo, en el caso del turno de fin de semana; y mayor tiempo libre durante el día. Sin embargo, hay que tener en cuenta que estas ventajas, que pueden ser válidas para algunas personas que prefieran no trabajar durante el día, porque quieren estudiar, por ejemplo, son mínimas si se comparan con las consecuencias que sobre las personas tiene el trabajar de noche.



### Inconvenientes del trabajo a turnos

El hecho de trabajar de noche tiene una serie de repercusiones sobre la salud de los trabajadores que deben ser tenidas en cuenta, a fin de que su organización tenga la mínima incidencia posible.

Los efectos negativos del turno de noche sobre la salud de las personas se dan a dos niveles: biológico y social. Desde el punto de vista ergonómico, es importante tener en cuenta estas consecuencias y diseñar el trabajo a turnos de manera que sea lo menos nocivo posible para la salud de aquellas personas que se encuentran en dicha situación.

*Ritmos circadianos*

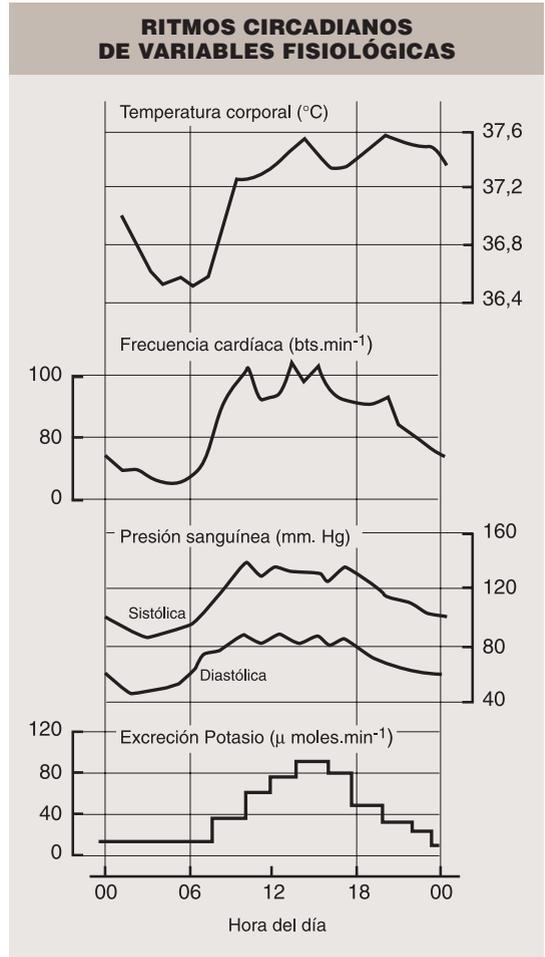
El organismo humano sigue un ciclo de 24 horas, que regula muchas funciones (actividad cerebral, respiración, temperatura, etc.). Estos ritmos biológicos se llaman ritmos circadianos y coinciden con los estados de vigilia y sueño, siendo la mayoría de ellos más activos durante el día que durante la noche.

En otras palabras, podríamos decir que el organismo está más activado cuando es de día que cuando es de noche. Al cambiar los ciclos sueño/vigilia, estos ritmos se desequilibran, recuperando la normalidad cuando se vuelve a un horario normal. La consecuencia es un descenso de la actividad mental y de la capacidad de atención y de reacción. Esto significa que cuando se trabaja por la noche debe realizarse un esfuerzo mayor para conseguir los mismos resultados que en el turno de día (especialmente entre las 3h y las 6h) y para evitar errores o accidentes. Todo esto debe tenerse en cuenta cuando existan turnos de noche, que deben organizarse de modo que no se exija la misma carga de trabajo que en los turnos de día.

*Hábitos alimentarios*

Los ritmos alimenticios responden a la necesidad del organismo de rehacerse para lo cual las personas necesitan al menos tres comidas diarias, algunas de ellas calientes, con un cierto aporte calórico y tomadas a una hora más o menos regular. La cantidad y la calidad de las comidas que tomamos están en relación con la organización temporal de cada persona y, por tanto, con los horarios de trabajo. El trabajo a turnos supone, a menudo, aplazar una comida o incluso saltársela (generalmente el desayuno después de un turno de noche).

Las alteraciones digestivas manifestadas a menudo por las personas que trabajan a turnos se ven favorecidas por la alteración de los hábitos alimentarios: la



**FACTORES CAUSANTES DE DISPEPSIA**

- ALTERACIÓN DE LOS RITMOS BIOLÓGICOS NORMALES
- ABUSO DE ALIMENTOS RICOS EN GRASAS
- CAMBIO DE HORARIO HABITUAL DE LAS COMIDAS
- AUMENTO DEL CONSUMO DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS
- MAYOR CONSUMO DE TABACO Y ESTIMULANTES PARA COMBATIR EL SUEÑO
- FALTA DE SUEÑO Y DESCANSO
- FALTA DE ADAPTACIÓN
- CAUSAS PSÍQUICAS

calidad de la comida no es la misma, se suelen tomar comidas rápidas y en un tiempo corto e inhabitual. Desde el punto de vista nutricional, los alimentos están mal repartidos a lo largo de la jornada y suelen tener un alto contenido calórico, con abuso de ingesta de grasas. En el turno de noche, además, suele haber un aumento en el consumo de café, tabaco y excitantes, factores que pueden ayudar a la aparición de dispepsias.

Estas alteraciones debidas a la desincronización de los ciclos circadianos digestivos pueden verse agravadas por el hecho de que los trabajadores suelen comer a disgusto por comer fuera de hora, sin la familia.

#### *Alteraciones del sueño*

Durante las horas que dormimos se suceden distintas fases de sueño, unas permiten principalmente la recuperación de la fatiga física (sueño profundo), mientras que otras, que se dan ya en las últimas horas de sueño, y es cuando soñamos, permiten la recuperación de la fatiga mental.

El sueño comprende dos fases una de sueño lento y otra de sueño rápido. Durante la primera fase se da un periodo inicial de sueño ligero y un segundo periodo de sueño profundo. Esta fase del sueño permite la recuperación física del organismo.

La fase de sueño rápido o paradójico es la que permite la recuperación psíquica. Durante esta fase, que se repite unas cuatro veces a lo largo de la noche, se produce la actividad onírica, es decir: es cuando se tienen sueños.

Para recuperarse de la fatiga diaria es necesario dormir, con variaciones individuales, alrededor de siete horas. Esto hace posible que se den las distintas fases del sueño de manera que

nos podamos recuperar tanto física como mentalmente. Los trabajadores nocturnos se ven obligados a dormir durante el día; esto hace que se duerman menos horas y que el sueño sea más ligero por lo que se dificulta que se den todas las fases del sueño. La consecuencia es que no se permite al organismo descansar suficientemente, en parte porque físicamente el cuerpo no está preparado para ello y en parte porque en las casas hay ruido, luz, etc., con lo que se va acumulando la fatiga. La falta de sueño afecta a la capacidad de concentrarse, de mantener la atención, de percibir la información, etc. lo que puede dar lugar a un aumento en los errores. Si esta situación se mantiene puede dar lugar a la lla-



mada fatiga crónica, que puede considerarse una alteración de la salud ya que puede dar lugar a trastornos de tipo nervioso (dolor de cabeza, irritabilidad, depresión, temblor de manos, etc.), enfermedades digestivas (náuseas, falta de apetito, gastritis, etc.) y del aparato circulatorio.

Esto puede darse también si el turno de mañana empieza demasiado pronto, entonces hay que levantarse muy temprano y no se llega al sueño paradójico, por lo que no se da la recuperación de la fatiga mental.

### *Alteraciones de la vida social*

Las actividades de la vida cotidiana están organizadas pensando en las personas que trabajan en lo que llamamos horarios normales. Las noches, los fines de semana, etc. se reservan para estar con la familia, los amigos o para realizar actividades de ocio, deportes, etc. El trabajo a turnos, especialmente el turno de noche y el de tarde, dificulta estas actividades e incluso la relación diaria debido a la falta de coincidencia con los demás. En el ámbito familiar las dificultades se deben a una disminución de la vida de pareja, limitaciones en el papel de padre o madre, problemas de coordinación y de organización (horarios de comida, silencio durante el día, etc.).

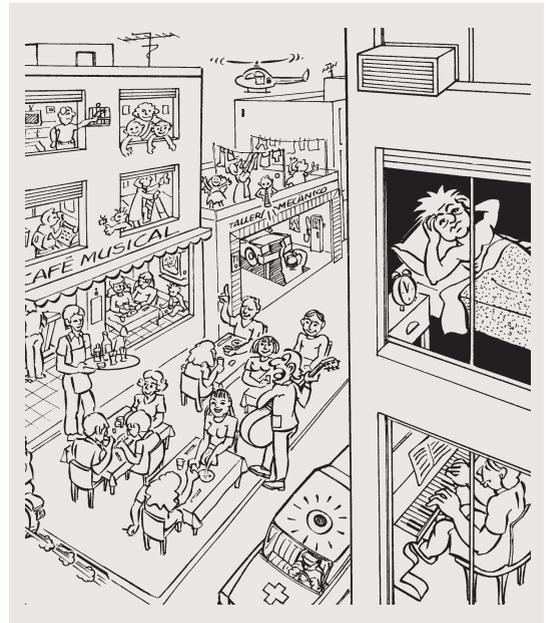
Por otra parte, existe menor oportunidad de vida social, en la participación de actividades (cine, teatro, clubes, etc.) y visitas a amigos o familiares. El tiempo de ocio se dedica a actividades individuales.

Todo esto hace que aumenten los problemas familiares y que pueda aparecer una sensación de vivir aislado y de que no se es necesario para los demás, creando un sentimiento de inferioridad o culpabilidad que dificulta la aceptación del horario nocturno.

### *Incidencia en la actividad profesional*

La baja actividad del organismo durante la noche y la posibilidad de que los trabajadores nocturnos acumulen fatiga por un sueño deficiente hacen que se den una serie de repercusiones negativas sobre la producción.

HAY QUE RESPETAR AL MÁXIMO  
LOS RITMOS BIOLÓGICOS  
DE VIGILIA-SUEÑO Y ALIMENTACIÓN.



LA ORGANIZACIÓN DE LOS TURNOS  
DEBE RESPETAR LAS RELACIONES  
FAMILIARES Y SOCIALES.

Generalmente se obtiene un menor rendimiento en el turno de noche y una menor calidad del trabajo realizado, especialmente entre las 3 y las 6 de la madrugada, ya que en estas horas la capacidad de atención, así como la rapidez y precisión de los movimientos, es más reducida. Esto cobra especial importancia en aquellos puestos que exigen un esfuerzo de atención importante, por ejemplo, en tareas en las que los errores pueden tener graves consecuencias ya sea para la producción, ya sea para la seguridad de las personas.

A veces ocurre también que, en el cambio de turno, las consignas no son suficientemente precisas o que, por la prisa de marcharse, no se comunican al turno que entra las posibles incidencias (averías, atascos de la máquina, algún ruido extraño, etc.) o no se transmiten adecuadamente las informaciones necesarias o determinadas órdenes. Esta falta de comunicación es otra posible causa de errores, incidentes o accidentes.

### **Intervención en el trabajo a turnos**

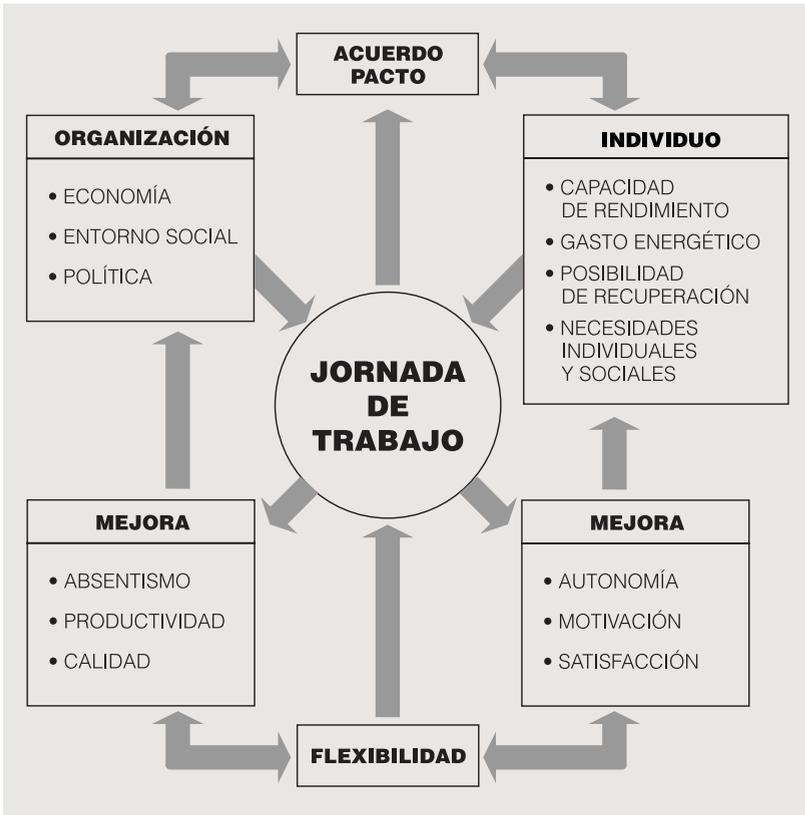
Mejorar las condiciones del trabajo a turnos supone actuar a nivel organizativo y, aunque no existe el diseño de una organización de turnos óptima, pueden establecerse unos criterios para conseguir unas condiciones más favorables. La actuación debe basarse, principalmente, en intentar respetar al máximo los ritmos biológicos de vigilia-sueño y alimentación, así como las relaciones familiares y sociales.

La organización de los turnos de trabajo es un problema complejo, que requiere la consideración de distintas áreas:

- *Condicionamientos legales.* La legislación existente sobre este tema está recogida en:
  - RD 1/1995, de 24 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores (BOE 29 marzo 1995). Se define el concepto de trabajo y trabajador nocturno. Establece: que no deberá trabajarse en turno de noche más de dos semanas seguidas, salvo voluntariamente; que los trabajadores nocturnos deberán gozar de las mismas condiciones que el resto de los trabajadores en materia de protección de salud y seguridad, así como que los trabajadores nocturnos deberán tener la garantía por parte del empresario de que se realice una evaluación gratuita de la salud en períodos regulares. Los trabajadores a los que se les reconozcan problemas de salud ligados con el trabajo nocturno tienen derecho a ser destinados a un puesto diurno. Determina el periodo mínimo entre jornadas en 12 horas.
  - RD 1561/1995, de 21 de septiembre sobre jornadas especiales de trabajo (BOE 26 septiembre 1995). En el artículo 19 se prevé la posibilidad de acumular por períodos de hasta cua-

tro semanas el medio día de descanso semanal y de reducir el tiempo mínimo de descanso entre turnos hasta un mínimo de siete horas, previendo la compensación hasta 12 horas en los días siguientes.

- Ley 31/ 1995 de Prevención de Riesgos Laborales. En el artículo 26, sobre protección a la maternidad, incluye como medida para prevenir posibles repercusiones sobre el embarazo o la lactancia la no realización del trabajo nocturno o a turnos.



El artículo 22 obliga a los empresarios a garantizar a los trabajadores “la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo.”

• *Aspectos relacionados con la organización global.* El sistema que se adopte debe adaptarse al tipo de empresa o servicio (estructura, tamaño, ubicación, servicios que cubre, etc.), a las características de los distintos departamentos (tamaño, especialidad, saturación de demanda, etc.), así como a las tareas que deben realizarse.

- *Estructura de los recursos humanos.* El horario debe adaptarse al número de trabajadores existente, presupuestos, niveles profesionales, etc.

Teniendo en cuenta estos condicionantes, la organización de los turnos debe incluir entre sus objetivos la protección de la salud de los trabajadores. Para ello deberán seguirse las recomendaciones existentes a este respecto y que van dirigidas a respetar los ritmos biológicos de vigilia-sueño y alimentación así como las necesidades de relación familiar y social. La organización de los turnos, además, debe partir de la participación de los trabajadores, que deberán contar con una información precisa sobre la problemática de la turnicidad.

Se debe emprender una política global en la que se consideren los siguientes factores:

- La elección de los turnos será discutida por los interesados sobre la base de una información completa y precisa que permita tomar decisiones de acuerdo con las necesidades individuales.
- Los turnos deberán respetar al máximo el ciclo de sueño. Para ello, los cambios de turno deberán situarse entre las 6h y las 7h, las 14h y las 15h, y las 22h y las 23h, de manera que se respeten al máximo las horas de sueño. Un factor a considerar es el tiempo empleado habitualmente por los trabajadores para desplazarse entre el domicilio y el centro de trabajo.
- En cuanto a la duración de cada turno, actualmente se tiende a realizar ciclos cortos (se recomienda cambiar de turno cada dos o tres días), pues parece ser que de esta manera los ritmos circadianos apenas llegan a alterarse. Sin embargo, la vida de relación se hace más difícil con un ritmo de rotación tan cambiante, por lo que puede existir una contradicción entre el punto de vista fisiológico y las necesidades psicosociales de los individuos. Este es uno de los aspectos por los que el problema de la rotación es tan complejo y por lo que es necesario adaptarlo a las necesidades individuales.
- Sentido de la rotación. Es posible establecer la rotación en dos sentidos: uno natural: mañana-tarde-noche, y uno inverso: noche-tarde-mañana. Sobre este punto, en la actualidad no parece haber acuerdo, pues mientras unos autores defienden que con la rotación inversa se favorece el descanso, otros autores defienden que la rotación natural es mejor para la recuperación de la fatiga.
- Aumentar el número de periodos en los que se puede dormir de noche. Algunas posibilidades son: aumentar el periodo de descanso después de hacer el turno de noche, acumular días de descanso, ciclos de rotación distintos a lo largo del año...

- Facilitar la posibilidad de una comida caliente y equilibrada: instalar espacios adecuados, prever tiempo suficiente para comer.
- Disminución del número de años que el individuo realiza turnos, limitación de edad, etc. La OIT recomienda que a partir de los 40 años el trabajo nocturno continuado sea voluntario.
- Reducir la carga de trabajo en el turno de noche.

### ¿CÓMO MEJORAR EL TRABAJO A TURNOS?

REDUCIR LA DURACIÓN DEL TURNO DE NOCHE



HORARIO QUE RESPETE EL CICLO DE SUEÑO

REDUCIR LA CARGA DEL TRABAJO NOCTURNO



MEJORAR LAS CONDICIONES DEL PUESTO

DEJAR ESCOGER AL TRABAJADOR LOS DÍAS DE DESCANSO



POSIBILIDAD DE COMIDA CALIENTE Y EQUILIBRADA

PARTICIPACIÓN EN LA ELECCIÓN DE LOS TURNOS



PERÍODOS DE ALTERNANCIA MÁS CORTOS

VIGILANCIA DE LA SALUD



- El calendario de turnos ha de ser simple y comprensible y debe conocerse con antelación.
- Mantener los mismos miembros en un grupo de manera que se faciliten las relaciones estables.
- Cada periodo de noche debería ir seguido de varios días de descanso.
- Los turnos de noche y de tarde nunca serán más largos que los de mañana, preferiblemente serán más cortos.
- Disminuir el número de personas que trabajan en turnos de noche o en fin de semana.
- Participación de los trabajadores en la determinación de los equipos.
- Mantener un sistema de vigilancia médica que detecte la falta de adaptación y pueda prevenir situaciones irreversibles.

Además de las recomendaciones sobre la organización de los turnos, individualmente es útil tener en cuenta una serie de recomendaciones dirigidas a mejorar el sueño y que pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Desarrollar una estrategia de adaptación.
- Conseguir el apoyo de familiares y amigos. Por ejemplo pedir a los miembros de la familia que utilicen auriculares para oír la radio o ver la televisión; desconectar el timbre de la puerta o el teléfono; evitar tareas domésticas ruidosas durante el tiempo previsto para dormir, etc.
- Amortiguar los efectos de la iluminación y de los ruidos exteriores colocando cortinas gruesas, doble cristal; situar el dormitorio en la habitación más silenciosa; dormir siempre en la habitación evitando echarse por ejemplo en el sofá...
- Mantener un horario regular de comidas.
- Evitar ingerir comidas pesadas antes de acostarse.
- Evitar tomar alcohol, cafeína y estimulantes en general dos o tres horas antes de acostarse.
- Hacer ejercicio regularmente.

# Bibliografía



## **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

---

BASCUAS, J., ÁLVAREZ, J. M<sup>a</sup>.  
Ergonomía: 20 preguntas para aplicar la Ergonomía en la empresa  
Madrid. Mapfre 2001.

BATTACHARYA A., GLOTHLIN, JD.  
Occupational Ergonomics  
New York. Marcel Dekker, 1996.

BERANEK, L.  
Noise and Vibration Control Engineering  
New York. John Wiley & Sons, inc., 1992.

BERENGUER, M<sup>a</sup> J. y otros.  
El síndrome del edificio enfermo  
Madrid. INSHT, 1994.

BERENGUER, M<sup>a</sup> J. y otros.  
Calidad de aire interior  
Barcelona. INSHT, 2001.

BERGER, E.H.  
The noise manual  
Fairfax. AIHA, 2000.

BRÜEL & KJAER.  
Measuring Sound  
Naerum. Brüel & Kjaer, 1984.

BUCKLEY, R. y CAPLE, J.  
La formación: teoría y práctica  
Ed. Díaz de Santos S.A., 1991.

BUTLER, M.P.  
Non-auditory effects of noise at work: a critical review of the literature post 1988  
Norwich. Health and Safety Executive, 1999.

CAZAMIAN, P.  
Traité d'ergonomie  
Marseille. Éditions Octares Entreprises, 1987.

CLARK, T.S. y CORLETT, E.N.  
La ergonomía de los lugares de trabajo y de las máquinas: manual de diseño  
Londres. Taylor & Francis, 1984.

CLERC, J.M.  
Introducción a las condiciones y al medio ambiente de trabajo  
Ginebra. OIT, 1987.

COLLIGAN, M.J.  
El estrés de las horas de trabajo  
Madrid. INSHT, 1989.

COMISIONES OBRERAS  
Desgaste psíquico en el trabajo  
Valencia. Gabinete de Salud Laboral, CCOO, 1991.

CORLETT, E.N. et al.  
La adaptación de los sistemas de trabajo por turnos  
Dublín. Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y de Trabajo, 1989.

COROMINAS, F.  
Fundamentos neurológicos del comportamiento  
Barcelona. Oikos-Tau (Col. Ciencias de la Educación), 1977.

DRENTH, P.J.D., THIERRY, H., WOLFF CH.J.  
Handbook of Work and Organizational Psychology  
2<sup>nd</sup> ed. Work Psychology. Vol 2.  
Hove. Psychology Press Ltd., 1998

EUROPEAN FOUNDATION FOR THE IMPROVEMENT OF LIVING AND WORKING CONDITIONS  
La semaine de travail comprimée  
BEST, 1997, N° 10 (Monográfico) p. 1-56.

FRASER, T.M.  
Ergonomic principles in the design of hand tools  
Ginebra. OIT, 1980.

GARCÍA GOMBAU, J.  
El trabajo a turno  
Bilbao. Deusto, 1991.

GRANDJEAN, E.  
Précis d'ergonomie  
Paris. Les Éditions d'Organisation, 1983.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE  
Work related upper limb disorders: a guide to  
prevention  
Londres. HSE, 1990.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIE-  
NE EN EL TRABAJO  
Notas Técnicas de Prevención  
Barcelona, CNCT.

KARWOWSKI, W., MARRAS, W.S.  
The Occupational Ergonomics Handbook,  
Boca Raton. CRC Press, 1999.

KROEMER K.H.E.; GRANDJEAN, E.  
Fitting the task to the human  
5<sup>th</sup>ed. Londres. Taylor and Francis, 1997

KROEMER, K.H.E.  
Engineering Physiology  
3<sup>rd</sup> ed. New York. Van Nostrand Reinhold, 1997

LOPEZ MUÑOZ, G.  
El ruido en el lugar de trabajo  
Madrid. INSHT, 1992.

MARTÍNEZ FENOLL, J.S.  
El tiempo de trabajo.  
Colección Monografías Laborales  
Valencia. Ed. Ciss, S.A., 1996.

Mc CORMICK, E.J.  
Ergonomía  
Barcelona. Ed. Gustavo Gili, S.A., 1980.

MERCADO, J.L.  
Elementos de ergonomía y diseño ambiental  
Madrid. Escuela de Artes Decorativas, 1988.

MONDELO, P.R.; GREGORI, E.; BARRAU, P.  
Ergonomía 1: Fundamentos  
Barcelona. Ediciones UPC, 1995.

MONTMOLLIN, M.  
L'Ergonomie  
Paris. La Decouverte, 1996

OFICINA INTERNACIONAL DE TRABAJO

Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo  
Madrid. OIT, 1998.

OFICINA INTERNACIONAL DE TRABAJO  
Lista de comprobación ergonómica  
Madrid. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales,  
O.I.T., 2000.

OFICINA INTERNACIONAL DE TRABAJO  
Las horas que trabajamos: nuevos horarios en las  
políticas y en la práctica  
Condiciones de trabajo; 5  
Madrid. INSHT, 1993.

OBORNE, D.J.  
Ergonomía en acción: la adaptación del medio de  
trabajo al hombre  
México. Ed. Trillas, 1987.

OBORNE, D.J. et al.  
The physical environment at work  
Chichester. John Wiley, 1983.

OMS/ Enciclopedia Salvat de la Salud  
Alimentación y Salud  
Pamplona. Salvat S.A. de Ediciones, 1980.

PANERO, J. y ZELNIK, M.  
Las dimensiones humanas en los espacios interiores  
Barcelona. Gustavo Gili, 1983.

PARSONS, K.C.  
Human thermal environments  
Londres. Taylor and Francis, 1993.

PEIRÓ, J.M.  
Psicología de la organización. Tomo 2  
Madrid. UNED, 1987.

PEPIN, M.  
L'aménagement du temps de travail: comment  
réaliser un diagnostic en entreprise  
Montrouge. ANACT, Co. Outils et Méthodes, 1990.

PHILIPS  
Manual de alumbrado  
Madrid. Ed. Paraninfo, 1983.

PHEASANT, S.  
Body space. Anthropometry ergonomics & the design  
of work  
2<sup>nd</sup> ed. Londres. Taylor & Francis, 1996.

PUTZ-ANDERSON, V.  
Cumulative trauma disorders: a manual for  
musculoskeletal diseases of the upper limbs  
Londres. Taylor and Francis, 1988.

- RAMÍREZ, C.  
Ergonomía y productividad  
México. Ed. Limusa, 1991.
- SÁNCHEZ, M.  
Metodología y práctica de la participación  
Madrid. Ed. Popular, 1986.
- SALVENDY, G.  
Handbook of Human Factors and Ergonomics.  
New York. John Wiley and Sons, 1997.
- SIEMENS  
Datos y notas para el diseño de los sistemas de trabajo  
Erlangen, Siemens, 1985.
- TABOADA, J.A.  
Manual de luminotecnia  
Madrid. Ed. Dossat S.A., 1983.
- THAYER, L.  
Comunicación y sistemas de comunicación  
Barcelona. Ed. Peninsular, 1975.
- WILSON, J.R., CORLETT, E.N.  
Evaluation of human work. A practical ergonomics methodology  
2ª ed. Londres. Taylor and Francis, 1995.
- LEGISLACIÓN (publicada hasta el 11.2.2003)**
- Real Decreto 2115/82 de 12.8.82 (MOPU, BBOOE. 3.9 rect. 7.10) y Orden de 29.9.88 (MOPU, BOE 8.10). Norma Básica NBE-CA-88.
- Real Decreto 1495/1986, de 26.5 (Presidencia, BBOOE. 21.7, rect. 4.10 ). Reglamento de seguridad en máquinas (Derogado por el RD 1435/1992, pero podrán comercializarse según el primero, hasta el 31.12.1994 o el 31.12.1995).
- Real Decreto 1316/89, de 27.10 (M. de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, BBOOE.12.11, rect. 9.12 y 26.5.90). Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido.
- Real Decreto 1435/1992, de 27.11 (M. Relaciones Cortes, BOE 11.12). Dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24.3 (M. Trabajo y Seguridad Social, BOE 29.3). Aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores (BOE 92.3. 1995) arts. 34-38. La disposición adicional undécima de la Ley 31/1995 modifica el art. 37 añadiendo una letra f) al artículo 37 del texto refundido de este R.D.L.
- Real Decreto 1561/1995, de 21.9 (M. Trabajo y Seguridad Social, BOE 26.9). Jornadas Especiales de Trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14.4 (M. Trabajo y Asuntos Sociales, BOE 23.4). Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14.4 (M. Trabajo y Asuntos Sociales, BOE 23.4). Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 488/1997, de 14.4 (M. Trabajo y Asuntos Sociales, BOE 23.4). Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 773/1997, de 30.5 (M. Presidencia, BBOOEE. 12.6 y 18.07). Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18.7 (M. Presidencia, BOE 7.8). Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de equipos de trabajo.
- Ley 39/1999, de 5.11 (BOE 6.11). Para promover la conciliación de la vida familiar y laboral de los trabajadores
- Real Decreto 285/2002, de 22.3 (M. Trabajo y Asuntos Sociales, BOE 5.4). Modifica el R.D. 1561/1995, de 21 de septiembre, sobre jornadas especiales de trabajo, en lo relativo al trabajo en el mar.
- Real Decreto 212/2002, de 22.2 (M. Presidencia, BOE 1.3). Regula las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.

### **GUÍAS TÉCNICAS DEL INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO**

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo (R.D. 486/1997).

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas (R.D. 487/1997).

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los equipos con pantallas de visualización (R.D. 488/1997).

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos de trabajo (R.D. 1215/1997).

### **NORMAS UNE RELACIONADAS CON ERGONOMÍA**

UNE 81425:1991 EX

Principios ergonómicos a considerar en el proyecto de los sistemas de trabajo.

UNE-EN ISO 7250:1998

Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico. (ISO 7250:1996).

UNE-EN ISO 13407:2000

Procesos de diseño para sistemas interactivos centrados en el operador humano. (ISO 13407:1999).

EN 60447:1993

Interfaz hombre-máquina: principios de maniobra (ratificada por AENOR en noviembre de 1995.)

UNE-EN 28996:1995

Ergonomía. Determinación de la producción de calor metabólico. (ISO 8996:1990).

UNE 34750: 1984

Ingestas recomendadas de energía y nutrientes para la población española.

UNE-EN 1033:1996

Vibraciones mano-brazo. Medida en laboratorio de las vibraciones en la superficie de las empuñaduras de las máquinas guiadas manualmente. Generalidades.

UNE-EN 12515:1997

Ambientes térmicos calurosos. Determinación analítica e interpretación del estrés térmico, basados en el cálculo de la tasa de sudoración requerida. (ISO 7933:1989 modificada).

UNE-EN 27243:1995

Ambientes calurosos. Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT (temperatura húmeda y temperatura de globo) (ISO 7243:1989). (Versión oficial en 27243:1993).

UNE-EN ISO 7730:1996

Ambientes térmicos moderados. Determinación de los índices PMV y PPD y especificaciones de las condiciones para el bienestar térmico. (ISO 7730:1994).

UNE-ENV ISO 11079:1998

Evaluación de ambientes fríos. Determinación del aislamiento requerido para la vestimenta. (ISO/TR 11079:1993).

UNE-EN 13202:2001

Ergonomía de ambientes térmicos. Temperaturas de las superficies accesibles calientes. Directrices para establecer valores límite de temperatura en normas de producto con la ayuda de la Norma EN 563.

UNE-EN ISO 11399:2001

Ergonomía del ambiente térmico. Principios y aplicación de las normas internacionales correspondientes. (ISO 11399:1995).

UNE-EN ISO 9886:2002

Evaluación de la sobrecarga térmica mediante mediciones fisiológicas. (ISO 9886:1992).

UNE-EN ISO 10551:2002

Ergonomía del ambiente térmico. Evaluación de la influencia del ambiente térmico empleando escalas de juicio subjetivo. (ISO 10551:1995).

UNE-EN ISO 12894:2002

Ergonomía del ambiente térmico. Vigilancia médica de las personas expuestas a ambientes cálidos o fríos extremos. (ISO 12894:2001).

UNE-EN ISO 7726:2002

Ergonomía de los ambientes térmicos. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas. (ISO 7726:1998).

UNE-EN ISO 13731:2002

Ergonomía del ambiente térmico. Vocabulario y símbolos. (ISO 13731:2001).

UNE-EN ISO 12894:2002

Ergonomía del ambiente térmico. Vigilancia médica de las personas expuestas a ambientes cálidos o fríos extremos. (ISO 12894:2001).

UNE 100011: 1991

Climatización: la ventilación para una calidad aceptable del aire en la climatización de los locales.

UNE-EN 29241-2:1994

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PVD). Parte 2: Guía para los requisitos de la tarea. (ISO 9241-2:1992). (Versión oficial en 29241-2:1993).

UNE-EN 29241-3:1994

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PDV). Parte 3: requisitos para las pantallas de visualización de datos. (ISO 9241-3:1992). (Versión oficial en 29241-3:1993).

UNE-EN ISO 9241-1:1997

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PVD). Parte 1: Introducción general. (ISO 9241-1:1997).

UNE-EN ISO 9241-4:1999

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PVD). Parte 4: Requisitos del teclado. (ISO 9241-4:1998).

UNE-EN ISO 9241-5:1999

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PVD). Parte 5: Concepción del puesto de trabajo y exigencias posturales. (ISO 9241-5:1998).

UNE-EN ISO 9241-7:1998

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PVD). Parte 7: Requisitos relativos a los reflejos en las pantallas. (ISO 9241-7:1998).

UNE-EN ISO 9241-8:1998

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantalla de visualización de datos (PDV). Parte 8: Requisitos para los colores representados. (ISO 9241-8:1997).

UNE-EN ISO 9241-10:1996

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PDV). Parte 10: Principios de diálogo. (ISO 9241-10:1996).

UNE-EN ISO 9241-11:1998

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PVD). Parte 11: Guía sobre utilizabilidad. (ISO 9241-11:1998).

UNE-EN ISO 9241-12:1999

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PVD). Parte 12: Presentación de la información. (ISO 9241-12:1998).

UNE-EN ISO 9241-13:1999

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PDV). Parte 13: Guía del usuario. (ISO 9241-13:1998).

UNE-EN ISO 9241-15:1998

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PDV). Parte 15: Diálogos mediante órdenes. (ISO 9241-15:1997).

UNE-EN ISO 9241-17:1999

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PVD). Parte 17: Diálogos por cumplimentación de formularios. (ISO 9241-17:1998).

UNE-EN ISO 9241-14:1999

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PDV). Parte 14: Diálogos mediante menús. (ISO 9241-14:1997).

UNE-EN ISO 9241-16:2000

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PDV). Parte 16: Diálogos mediante manipulación directa. (ISO 9241-16:1999).

UNE-EN ISO 13406-1:2000

Requisitos ergonómicos para trabajos con pantallas de visualización de panel plano. Parte 1: Introducción. (ISO 13406-1:1999).

UNE-EN ISO 9241-6:2000

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PDV). Parte 6: Requisitos ambientales. (ISO 9241-6:1999).

UNE-EN ISO 9241-9:2001

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PDV). Parte 9: Requisitos para dispositivos de entrada diferentes al teclado. (ISO 9241-9:2000).

UNE-EN 29241-3/A1:2001

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PDV). Parte 3: Requisitos para las pantallas de visualización de datos. (ISO 9241-3:1992/AM1:2000).

UNE-EN ISO 9241-1/A1:2002

Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con

pantallas de visualización de datos (PVD). Parte 1: Introducción general. (ISO 9241-1:1997/AM 1:2001).

UNE-EN ISO 13406-2:2002

Requisitos ergonómicos para trabajos con pantallas de visualización de panel plano. Parte 2: Requisitos ergonómicos de las pantallas de panel plano. (ISO 13406-2:2001).

UNE 11020-2:1992

Sillas, sillones y taburetes para uso domestico y publico. Especificaciones y características funcionales. Resistencia estructural y estabilidad.

UNE 11022-1:1992

Mesas para uso domestico y publico. Características funcionales y especificaciones. Parte 1: Materiales y acabado superficial.

UNE 11022-2:1992

Mesas para uso domestico y publico. Especificaciones y características funcionales. Parte 2: resistencia estructural y estabilidad.

UNE 11023-1:1992

Armarios y muebles similares para uso domestico y publico. Características funcionales y especificaciones. Parte 1: materiales y acabado superficial.

UNE-EN 1023-1:1996

Mobiliario de oficina. Mamparas. Parte 1: Dimensiones.

UNE-EN 12528:1999

Ruedas y soportes rodantes. Soportes rodantes para muebles. Requisitos.

UNE-EN 12529:1999

Ruedas y soportes rodantes. Soportes rodantes para muebles. Soportes rodantes para asientos de oficina. Requisitos.

UNE-EN 1023-3:2001

Mobiliario de oficina. Pantallas. Parte 3: Métodos de ensayo.

UNE-EN 1335-2:2001

Mobiliario de oficina. Sillas de oficina. Parte 2: Requisitos de seguridad.

UNE-EN 527-1:2001

Mobiliario de oficina. Mesas de trabajo. Parte 1: Dimensiones.

UNE-EN 1335-1:2001

Mobiliario de oficina. Sillas de oficina. Parte 1: Dimensiones. Determinación de las dimensiones.

UNE-ENV 1729-1:2002

Mobiliario. Sillas y mesas para centros de enseñanza. Parte 1: Dimensiones funcionales.

UNE-ENV 1729-2:2002

Mobiliario. Sillas y mesas para los centros de enseñanza. Parte 2: Requisitos de seguridad y métodos de ensayo.

UNE-EN ISO 10075-1:2001

Principios ergonómicos relativos a la carga de trabajo mental. Parte 1: Términos y definiciones generales. (ISO 10075:1991).

UNE-EN ISO 10075-2:2001

Principios ergonómicos relativos a la carga de trabajo mental. Parte 2: Principios de diseño. (ISO 10075-2:1996).

UNE-EN ISO 11064-1:2001

Diseño ergonómico de los centros de control. Parte 1: Principios para el diseño de los centros de control. (ISO 11064-1:2000).

UNE-EN ISO 11064-2:2001

Diseño ergonómico de los centros de control. Parte 2: Principios para la ordenación de las salas de control y sus anexos. (ISO 11064-2:2000).

UNE-EN ISO 11064-3:2001

Diseño ergonómico de los centros de control. Parte 3: Disposición de las salas de control. (ISO 11064-3:1999).

UNE-EN ISO 11064-3/AC:2002

Diseño ergonómico de los centros de control. Parte 3: Disposición de las salas de control. (ISO 11064-3:1999).

UNE-EN 60073:1997

Principios básicos y de seguridad para interfaces hombre-máquina, el marcado y la identificación. Principios de codificación para dispositivos indicadores y actuadores.

UNE-EN 60445:2000

Principios fundamentales y de seguridad para la interfaz hombre-máquina, el marcado y la identificación. Identificación de los bornes de equipos y de los terminales de ciertos conductores designados, y reglas generales para un sistema alfanumérico.

UNE-EN 60446:1999

Principios fundamentales y de seguridad para la interfaz hombre-máquina, el marcado y la identificación. Identificación de conductores por colores o por números.

UNE-EN 894-3:2001

Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos. Parte 3: Mandos.

UNE-EN 614-2:2001

Seguridad de las máquinas. Principios de diseño ergonómico. Parte 2: Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas de trabajo.

UNE-EN 1005-1:2002

Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 1: Términos y definiciones.

UNE-EN 1005-3:2002

Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 3: Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas.

UNE-EN 292-1:1993

Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 1: terminología básica, metodología. (Versión oficial en 292-1:1991).

UNE-EN 292-2:1993

Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: principios y especificaciones técnicas. (Versión oficial en 292-2:1991).

UNE-EN 292-2/A1:1996

Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios y especificaciones técnicas.

UNE-EN 292-2/A1:1997 ERRATUM

Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2. Principios y especificaciones técnicas.

UNE-EN 418:1993

Seguridad de las máquinas. Equipo de parada de emergencia, aspectos funcionales. Principios para el diseño. (Versión oficial en 418:1992).

UNE-EN 418:1994 ERRATUM

Seguridad de las máquinas. Equipo de parada de emergencia, aspectos funcionales. Principios para el diseño. (Versión oficial en 418:1992).

UNE-EN 842:1997

Seguridad de las máquinas. Señales visuales de peligro. Requisitos generales, diseño y ensayos.

UNE-EN 953:1998

Seguridad de las máquinas. Resguardos. Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles.

UNE-EN 954-1:1997

Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño.

UNE-EN 954-1:1998 ERRATUM

Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño.

UNE-EN 981:1997

Seguridad de las máquinas. Sistemas de señales de peligro y de información auditivas y visuales.

UNE-EN 1088:1996

Seguridad de las máquinas. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Principios para el diseño y selección.

UNE-EN 61310-1:1996

Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra. Parte 1: Especificaciones para las señales visuales, audibles y táctiles.

UNE-EN 61310-1:2000 ERRATUM

Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra. Parte 1: Especificaciones para las señales visuales, audibles y táctiles.

UNE-EN 61310-3:2001

Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra. Parte 3: Requisitos para la ubicación y el funcionamiento de los órganos de accionamiento.

UNE-CR 954-100:2001

Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 100: Guía para la utilización y aplicación de la norma EN 954-1:1996.

UNE-EN 547-1:1997

Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano. Parte 1: Principios para la determinación de las dimensiones requeridas para el paso de todo el cuerpo en las máquinas.

UNE-EN 547-2:1997

Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano. Parte 2: Principios para la determinación de las dimensiones requeridas para las aberturas de acceso.

UNE-EN 547-3:1997

Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano. Parte 3: Datos antropométricos.

UNE-EN 563:1996

Seguridad de las máquinas. Temperaturas de las superficies accesibles. Datos ergonómicos para establecer los valores de las temperaturas límites de las superficies calientes.

UNE-EN 563/A1:2000

Seguridad de las máquinas. Temperaturas de las superficies accesibles. Datos ergonómicos para establecer los valores de las temperaturas límites de las superficies calientes.

UNE-EN 563/A1/AC:2000

Seguridad de las máquinas. Temperaturas de las superficies accesibles. Datos ergonómicos para establecer los valores de las temperaturas límites de las superficies calientes.

UNE-EN 894-1:1997

Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos. Parte 1: Principios generales de la interacción entre el hombre y los dispositivos de información y mandos.

UNE-EN 894-2:1997

Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y órganos de accionamiento. Parte 2: Dispositivos de información.

UNE-EN 894-3:2001

Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos. Parte 3: Mandos.

PNE-EN ISO 15005

Vehículos de carretera. Aspectos ergonómicos de los sistemas de control y de información de transporte. Principios de gestión del diálogo y procedimientos de conformidad (ISO 15005:2002)

UNE 68025:1983

Tractores y maquinaria agrícola. Punto de referencia del asiento. Determinación.

UNE 68036:1980

Tractores agrícolas. Fuerzas máximas para accionar los mandos.

UNE 68046:1983

Tractores agrícolas. Accesos, salidas y puesto del conductor. Medidas.

UNE 68047:1984

Tractores agrícolas. Puesto del conductor para el conductor sentado. Medidas.

UNE 58108:1985

Aparatos de elevación. Mandos. Disposición y características.

UNE 58136:1992

Aparatos de elevación. Grúas de pluma. Disposición y características de los accionamientos.

UNE 58442:1989

Carretillas de manutención automotoras. Reglas para la fabricación y situación de los pedales.

UNE 115221:1989

Maquinaria para movimiento de tierras. Tractores y cargadoras sobre cadenas. Mandos del operador.

UNE 115411:1989

Maquinaria para movimiento de tierras. Excavadoras. Mandos de operación.

#### **OTRAS NORMAS SIN EQUIVALENTE UNE**

ISO 1503

Orientation géométrique et sens de mouvement, 1977.

ISO 2631

Guide pour l'estimation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corp, 1978.

ISO 5349

Vibrations mécaniques. Principes directeurs pour le mesurage et l'évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main, 1986.

ISO 8995

Principes d'ergonomie visuelle. L'éclairage des systèmes de travail intérieurs, 1989.

CEI IEC 447

Interface homme-machine Principes de manoeuvre.