



Ergonomía 4 El trabajo en oficinas

Pedro R. Mondelo
Enrique Gregori Torada
Óscar de Pedro González
Miguel Á. Gómez Fernández

Temes d'Ergonomia i Prevenció
Temas de Ergonomía y Prevención

TEP

Ergonomía 4 El trabajo en oficinas

**Pedro R. Mondelo
Enrique Gregori Torada
Óscar de Pedro González
Miguel Á. Gómez Fernández**



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**



**Mutua
Universal**

Primera edición: junio de 2001
Segunda edición: mayo de 2013

Diseño de la cubierta: Edicions UPC

© Autores, 2001
© Mutua Universal, 2001

© Edicions UPC, 2001

© Iniciativa Digital Politècnica, 2013
Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC
Jordi Girona 31,
Edifici Torre Girona, Planta 1, 08034 Barcelona
Tel.: 934 015 885
www.upc.edu/idp
E-mail: info.idp@upc.edu

Depósito legal: B-28.761-2001
ISBN: 978-84-7653-982-8
ISBN (obra completa): 84-8301-484-X

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede realizarse con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista en la ley.

Presentación

El conocimiento y la aplicación de la ergonomía, como disciplina que adecua los puestos de trabajo a las características físicas y psíquicas de los seres humanos que han de ocuparlos, son relativamente recientes en nuestro país y en Europa en general. Así, cuando en 1994 hice la presentación de *Ergonomía 1. Fundamentos*, libro con el que entonces se iniciaba esta colección, decía ya que se trataba de “un primer acercamiento al extenso campo que cubre esta ciencia aplicada”. Hoy presentamos la cuarta obra de la colección; en ella se pone de manifiesto que la ergonomía no sólo es aplicable y necesaria en trabajos duros y esforzados, que sin su mediación podrían resultar insalubres para quienes los realizan, sino también en el trabajo en las oficinas, que la creencia popular identifica con una tarea cómoda y sin repercusiones en la salud de los empleados.

Los nueve capítulos que componen esta obra ponen de relieve todos los elementos que, si no están diseñados y mantenidos con criterios ergonómicos, pueden actuar a medio y largo plazo como factores generadores de trastornos, malestares y, en última instancia, en la enfermedad del personal que desarrolla tareas administrativas, de despacho e intelectuales. El buen uso y la adecuación de las pantallas de visualización de datos, el ambiente térmico y acústico, la organización del trabajo y la carga mental son todos ellos factores que, si no están científicamente programados, pueden transformarse en generadores de estrés laboral.

La ergonomía en las oficinas resulta un elemento indispensable no sólo para cuidar la calidad de vida del personal administrativo y afín, sino también para garantizar el pleno rendimiento de éste durante su permanencia en el puesto de trabajo, basado en unas condiciones que hacen que la tarea resulte confortable y que no decaiga la motivación necesaria para llevarla a cabo.

Cada vez más los trabajos repetitivos o que implican esfuerzo físico son ejecutados por máquinas, pero tras las instalaciones y las salas de ordenadores y de control remoto continúa habiendo hombres y mujeres que, como una red a veces invisible, sostienen y posibilitan la producción y el desarrollo económico; de esos hombres y de esas mujeres se ocupa este libro.

Cuatro autores que conocen perfectamente los últimos avances de la investigación y ejercen la docencia universitaria y prácticas de campo en las aplicaciones ergonómicas han sido los encargados de ofrecernos este volumen, el cual, con una estructura clara y un lenguaje muy accesible, nos introduce en el mundo de las oficinas y nos alerta sobre los detalles de las tareas que se realizan en ellas y sobre las condiciones necesarias para que se desarrollen con el máximo de eficacia y bienestar.

Esperamos que esta obra contribuya a mejorar las condiciones del trabajo y, en definitiva, la vida de nuestra sociedad.

Juan Aicart Manzanares
Director gerente
Mutua Universal

Nota preliminar

Ha representado para mí una gran satisfacción el hecho de que se me encomendara la lectura y revisión del presente volumen antes de proceder a su publicación.

Las oficinas son fuente de problemas musculoesqueléticos, debidos a la posición de las personas frente a la mesa y al ordenador. La existencia de ruidos molestos, brillos en las pantallas, diseños no amigables de los programas, o discomfort térmico puede crear fatiga tanto física como psíquica.

Todos estos temas se estudian con profundidad en este libro, que incorpora además, para su uso práctico, un programa informático que permite efectuar cálculos sobre iluminación, ruido y confort térmico, con el fin de facilitar el trabajo a aquellas personas interesadas en estas cuestiones.

Mi conclusión es que nos hallamos ante un nuevo libro de ergonomía, que tan poco abundan en castellano, el cual además aborda un tema de gran actualidad como es la ergonomía en oficinas.

Es justo, pues, dar a los autores las gracias por esta nueva aportación a la prevención de riesgos laborales, y animarles a que continúen con nuevas publicaciones.

Pedro Barrau Bombardó

Jefe del Departamento de Ergonomía
Mutua Universal

Liminar

Hoy en día el trabajo en oficinas implica a una amplia franja de profesionales, y con el paso del tiempo el porcentaje de este tipo de trabajadores irá aumentando. Este incremento de operarios ha provocado que salgan a la luz una serie de factores de riesgo que anteriormente no se conocían, no porque no existieran, sino por el mínimo volumen de las quejas que generaban, debido sobre todo al reducido número de profesionales de esta actividad.

Ante el incremento de fuerza productiva en este sector, parece claro que estos riesgos y las consecuencias que producen necesitan de un análisis ergonómico, que los evalúe y cuantifique y que sobre todo aporte soluciones al diseño de puestos de trabajo con PVD's.

Pero no sólo el aumento de trabajadores del sector ha sido la causa del mayor "conocimiento" de estos factores de riesgo, sino que las nuevas tecnologías que se han ido incorporando a la oficina han hecho florecer tanto los viejos como los nuevos riesgos inherentes al trabajo, y obviamente han generado y potenciado consecuencias negativas para la salud del trabajador.

Cierto es que el trabajo en oficinas puede presentar menos factores de riesgo que otros ámbitos laborales, pero no por ello deben menospreciarse y dejarlos de lado, ya que el usuario de una oficina es un trabajador, y el bienestar laboral ha de estar presente en todas las situaciones sin distinción de la tarea que se desarrolle.

Preservar la salud de los trabajadores de oficina no quiere decir únicamente conseguir la ausencia de enfermedad, sino que se ha de apostar por conseguir el bienestar físico, mental y social de la persona, mitigando los riesgos laborales al mínimo para que, cuando menos, no le hagan sentir al operario insatisfacción, sensación que a largo plazo conduce al malestar laboral y a la desmotivación.

Este libro trata parte de los factores de riesgo para la salud de un trabajador de oficinas, prestando especial atención a los aspectos que rodean al puesto de trabajo con PVD's, y tiene como finalidad contribuir en la mejora de la eficiencia de las empresas, aportando conocimientos que ayuden a adaptar los puestos de trabajo en oficina a las necesidades del empleado, minimizando tanto patologías como accidentes asociados al entorno laboral, e incrementando así la eficacia y la productividad del trabajo.

Esta finalidad, creemos que se consigue principalmente a través de la formación e información de trabajadores, empresarios y profesionales del área, dándoles a conocer los conceptos ergonómicos y los aspectos técnicos que repercuten favorablemente en las empresas.

Por todo ello, el objetivo es presentar un análisis ergonómico lo más completo posible aplicado a la problemática del trabajo en oficinas, tratando con profundidad los aspectos relacionados con la prevención de riesgos, bienestar y confort de los trabajadores, así como los aspectos que inciden directamente en la mejora de la productividad y calidad del laboral.

El libro culmina su objetivo con la implementación de un software consistente en tres programas informáticos que diseñan y evalúan el confort térmico, confort sonoro y confort visual en el entorno de trabajo.

Existen varios aspectos que apoyan la idoneidad de un libro como éste en el momento actual; uno de ellos es el marco legislativo y normativo, y otro, los beneficios económicos que reporta a la empresa la implantación de criterios ergonómicos en el diseño de puestos de trabajo.

La aparición en España de la ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, que traspone la Directiva Marco 89/391/CEE, modificó en su momento de modo importante el panorama legal de la Seguridad e Higiene en el Trabajo en nuestro país. En esta ley se fijan los principios básicos para la organización de un sistema de prevención de riesgos existentes en el trabajo.

Posteriormente, con la publicación del Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización, se marcó las pautas de la prevención de riesgos en estos puestos de trabajo.

Como consecuencia de este Real Decreto, y de acuerdo con lo dispuesto en el Artículo 5 del Real Decreto 39/1997 de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo se le fijan entre sus cometidos el relativo a la elaboración de Guías destinadas a la evaluación y prevención de los riesgos laborales, y por ello presentó la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos con pantallas de visualización.

Por otro lado, debido a la evolución de la economía y la importancia que están adquiriendo las actividades relacionadas con el mundo de los servicios y las nuevas tecnologías, el número de trabajadores en puestos de oficina, que en su inmensa mayoría usan PVD's, ha crecido y seguirá creciendo de un modo considerable.

Obviamente, el riesgo y los problemas que presenten las condiciones adversas de un puesto de trabajo mal diseñado influyen negativamente en la productividad de una empresa: ya sea por los efectos de las bajas laborales, del absentismo, o simplemente por la desmotivación del trabajador.

Índice general

1 Organización del trabajo en oficinas	19
Sucinta historia de la organización del trabajo	19
Escuelas de organización del trabajo	23
La escuela de la organización científica	23
La escuela del comportamiento	25
Escuela proceso administrativo	27
Escuela cuantitativa	28
Desarrollo contemporáneo de la organización del trabajo	29
Organización del trabajo en oficinas	30
2 Trabajo con pantallas de visualización de datos (PVD's)	33
Tipologías del trabajo con PVD's	33
Requisitos del puesto de trabajo con PVD's	34
La pantalla de visualización	34
Requerimientos de diseño para los dispositivos de entrada de datos	43
El teclado	43
Otros dispositivos de entrada/salida	46
Impresoras	49
Requerimientos del medio ambiente físico	50
La iluminación	50
El ruido	53
Condiciones termohigrométricas	54
Emisiones electromagnéticas	55
Ergonomía del software: diseño de sistemas de diálogo	60
Especificaciones de las normas técnicas sobre los sistemas de diálogo Usuario/Ordenador	60
Riesgos para la salud	61
Justificación del estudio de los riesgos	63
Importancia del riesgo del trabajo con ordenadores	63
Patología visual: astenopia o fatiga visual	63
Alteraciones músculo-esqueléticas	68
Riesgos psicosociales en la oficina	70
Modelo de intervención clásico	71
La evolución y el futuro	75
3. Diseño físico: antropometría y biomecánica	81
Población usuaria	81
El uso de los límites de diseño	81
Errores más frecuentes en la aplicación de datos antropométricos al diseño de áreas de actividad	84
Resolver la cadena de problemas de diseño	85

Aplicación de la estadística. Uso de la distribución y correlación de los datos	87
Selección de los individuos que compondrán la muestra	88
Cálculo de los percentiles	88
Puesto de trabajo y adecuación	90
Variabilidad de los factores antropométricos	92
Datos antropométricos y biomecánicos	92
Dimensiones estáticas del cuerpo	93
Dimensiones corporales significativas	94
Datos antropométricos de la población española	98
Fuente de los datos antropométricos españoles	98
Características dinámicas del cuerpo humano	101
Rangos de movimiento para el cuerpo	101
Alcance	105
Mobiliario para el puesto de oficina convencional	107
Recomendaciones generales: mobiliario de oficina convencional	108
Mobiliario para el puesto con ordenador	111
Requerimientos y características de un puesto de trabajo con ordenador personal	113
Conclusiones	117
Dolencias más comunes provocadas por malas posturas en el trabajo con PVD's	119
Los microtraumatismos repetitivos	119
4 Confort visual	123
Iluminación y rendimiento	125
Intensidad de la luz	125
Calidad y distribución de la luz	128
Iluminación y satisfacción	128
Informe de los trabajadores de oficina	129
Estudios de campo	129
Experimentos de laboratorio	130
Iluminación a través de las ventanas	131
Ventanas y satisfacción	131
Reacciones a puestos de trabajo sin ventanas	132
Resumen	132
Consideraciones prácticas	133
Aspectos técnicos del confort visual	133
El ojo y la visión	134
El espectro visual humano	134
Anatomía del ojo	135
El campo visual	136
Magnitudes y unidades lumínicas	141
Factores de calidad en la iluminación de interiores	145
Calidad de la luz	146
Nivel de iluminación (iluminancia)	146
Deslumbramientos	148
Equilibrio de luminancias y contrastes	151
Fuentes luminosas	152
La aplicación de los colores en áreas de trabajo	155
Directrices para una buena iluminación	160
Ambiente luminoso	162
Método UGR	165

5 Confort sonoro	171
La batalla contra el ruido	171
Estudiando el impacto del ruido	172
Ruido e insatisfacción	173
Ruido y rendimiento	176
Ruido predecible	177
Ruido impredecible	180
Ruido y rendimiento en los puestos de trabajo	183
Resumen	183
Música	185
Aspectos técnicos del ambiente sonoro	188
El oído	192
Mecanismo fisiológico de la audición	193
Rangos de audibilidad	193
Unidades de medida	193
Sensibilidad del oído en función de la frecuencia	194
Escalas ponderadas	194
El ruido y la salud	196
Rendimiento	199
Ruido y comunicación verbal	200
Ruido de fondo	201
Criterios de evaluación de la interferencia conversacional	202
Efectos del ruido sobre el rendimiento	205
Propagación y control del ruido	205
Control de ruido	206
Protección contra las fuentes de ruido exteriores	206
Vibraciones	208
Normas	208
6 Confort térmico	209
Sobrecarga térmica y tensión térmica	212
Curva sobrecarga-confort-tensión aproximada de un hipotético sujeto	214
Gráfico con las curvas de sobrecargas y tensiones calóricas y por frío de Laura y Carolina	214
Intervalo de temperaturas del cuerpo humano con límites superior e inferior de supervivencia	215
Mecanismos fisiológicos de la termorregulación	216
Sobrecarga calórica	216
Sobrecarga por frío	217
Factores que influyen en el estrés térmico	217
Indicadores fisiológicos de la tensión calórica	219
Comportamiento de los indicadores fisiológicos de la tensión calórica mediante un ejemplo	220
Fuentes de calor en las oficinas	221
Magnitudes, unidades e instrumentos de medición	222
Instrumentos de medida de las temperaturas	223
Mediciones de temperaturas fisiológicas	223
Mediciones de temperaturas psicrométricas	224
Mediciones de la temperatura del aire (ta), temperatura de bulbo húmedo (tbh) y de la humedad relativa (HR)	224
Medición de la temperatura del aire natural (tan) y de la temperatura de bulbo húmedo natural (tbhn)	225

Medición de la temperatura de globo (tg) y cálculo de la temperatura radiante media (TRM)	226
Medición de la velocidad del aire (Va)	228
El anemómetro de aspas	228
El termoanemómetro	229
El calor metabólico	229
Estimación del gasto energético mediante tablas	230
Propiedades térmicas del vestido	230
Balance térmico	231
Determinación de los factores de la ecuación de balance térmico simplificada	232
Trabajo externo (W)	235
Cálculo de R, C y E	235
El confort térmico	235
Diferencias individuales	237
Criterios de valoración del confort térmico	237
Método de Fanger	237
Método del índice de sobrecarga calórica (ISC)	237
Método del índice de temperatura de globo y de bulbo húmedo (WBGT)	238
Método del índice de sudoración requerida (SWreq)	238
Método del índice del aislamiento del vestido requerido (IREQ)	238
Método del índice de viento frío (WCI)	238
Recomendaciones para el confort térmico en trabajos sedentarios	239
Temperatura del aire	239
Fuentes de calor radiante	240
Humedad relativa	241
Velocidad del aire	241
Curvas de confort	242
Índice Valoración Medio (IVM) de Fanger	242
Nivel de actividad	244
Corrección del IVM	244
Cálculo de la Temperatura Radiante Media (TRM)	244
Tablas para determinar el IVM de Fanger	245
Porcentaje de Personas Insatisfechas (PPI)	255
Aplicabilidad del método de Fanger	256
7 La interfase por ordenador y la ergonomía	257
Modelos de interfase	258
El término interfase	258
El ciclo ejecución-evaluación	258
La estructura de la interfase	259
Evaluando la interfase total	262
La persona en la interfase	262
La visión	263
El oído	269
El tacto	270
El movimiento	271
Resumen	272
El ordenador	273
Un típico sistema de ordenador	273
Información y la entrada interactiva	274
Elementos de salida	282
Tubo de rayo catódico (CRT)	282

Pantallas de cristal líquido (LCD)	284
El sistema y la interfase: Ergonomía y HCI	285
Controles y displays	285
El entorno físico de la interfase	286
Ergonomía y HCI	287
Estilos de interfase	288
Líneas de comando	288
Menús	289
Lenguaje natural	289
El contexto de la interfase	294
Ergonomía del software: sistemas de diálogo	295
Recomendaciones	295
Capacidad de adecuación a la tarea	295
Autodescriptividad	296
Controlabilidad	297
Conformidad con las expectativas del usuario	297
Tolerancia de errores	298
Adaptabilidad individual	299
Fácil de aprender	299
8 Normativa legal	301
Normas	301
Normas internacionales, europeas y españolas sobre ergonomía	301
Bibliografía	307

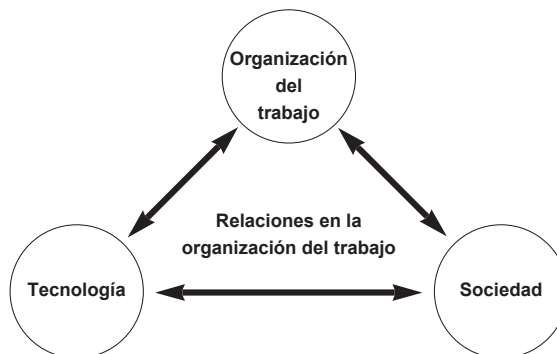
1 Organización del trabajo en oficinas

Trabajar es, desde un punto de vista técnico, aportar un servicio valioso a la producción de riqueza, distinto de la acumulación y provisión de capitales o la asunción de riesgos que cualquier negocio conlleva.

El trabajo es fundamental para cubrir las necesidades básicas de alimento, vestido y protección. Una característica del trabajo es, por lo tanto, que éste no se realiza como un fin, sino como un medio para obtener su producto. Otra característica es su uso del tiempo: el trabajo consume una parte significativa de la vida de las personas.

En este sentido, organización del trabajo son los métodos mediante los cuales la sociedad estructura las actividades y el trabajo necesario para su supervivencia. El rendimiento que la sociedad obtiene por esta organización permite la acumulación de riqueza, necesaria para la civilización.

Por lo tanto, la forma y la naturaleza del trabajo determinan el carácter de una civilización, pero al mismo tiempo, la sociedad, sus características económicas, políticas y culturales, configura la organización del trabajo y el papel de los trabajadores en la sociedad.



Desde la rudeza de sus orígenes, a veces en condiciones de esclavitud, y la elaboración de herramientas y máquinas, la historia de la organización del trabajo es también la historia de la tecnología. Ambas se influyen mutuamente.

Sucinta historia de la organización del trabajo

Los primeros rastros históricos de la actividad laboral del hombre datan del Paleolítico (40.000 ac), quedando cierta constancia sobre la elaboración de artefactos (herramientas), principalmente para la caza.

También de esa época parece ser la aparición de la “tanda” como grupo organizado para la optimización de la caza. Estas tandas constaban del grupo de cazadores, un mínimo de cinco personas para lograr resultados adecuados, y el resto del grupo social (parejas, padres e hijos), hasta totalizar unas veinticinco personas.

La organización en tandas está sujeta a un delicado equilibrio, en nacimientos, exceso de dependientes o fallos en la caza; por este motivo, en la época del Mesolítico (10.000 ac) aparecen las tribus, organizaciones sociales de hasta quinientas personas. En las tribus se aprecia el concepto de la *división del trabajo*: mientras el varón joven acude a la caza, el resto de la tribu recoge frutos y elabora utensilios y herramientas. Este aspecto organizativo se hace todavía más patente en el Neolítico (7.000 ac), con el origen de la agricultura y ganadería. También corresponde a esta época la aparición del concepto del *líder*, o jefe de la tribu, papel que recaía en el más anciano, no tanto porque se valorase su experiencia, sino por su capacidad para sobrevivir.

Desde el punto de vista tecnológico, el período está caracterizado por una tecnología instrumental, carente de mecanismos y que surge con el objetivo de prolongar los brazos. Desde el punto de vista social, la agricultura permite la acumulación de frutos y, con ella, aparecen las clases sociales.

Antiguas civilizaciones

En lo relativo a la organización del trabajo, las antiguas civilizaciones se caracterizan por no ofrecer una teoría unificadora, aunque sí se introducen, de forma aislada e intermitente, la mayoría de los conceptos y principios. El uso extendido de la metodología de la prueba y el error y la falta de intercambio de información son frecuentes en estas civilizaciones.

Entre los principios organizativos que van apareciendo en estas civilizaciones destacan los siguientes:

- *Control administrativo*: en Sumeria, los sacerdotes de los templos recogen y administran bienes. Debe rendir cuentas ante el sumo sacerdote.
- *Planificación a largo plazo*: En Egipto, las grandes edificaciones hacen necesaria la planificación; las canteras se explotan en invierno y primavera, las piedras se trasladan aprovechando la crecida del Nilo, los bloques se labran y numeraban, y posteriormente se colocaban. La construcción podía durar más de 10 años.
- *Selección, adiestramiento y organización del personal*: El pueblo judío, durante su éxodo aplicó estos principios. Al suegro de Moisés, Jetro, se le atribuye el establecimiento de los principios de delegación y exclusión: "ellos juzgarán cada asunto pequeño, pero te traerán a ti los asuntos importantes". (Éxodo capítulo 18).
- *Juntas de consejo (asesores)*: En China, probablemente desde la época del emperador Yao (2.300 ac), se populariza la utilización de consejos asesores por parte de distintos niveles de gobierno. También se atribuye un origen chino a la necesidad de sistemas de valores, y el primer compendio de estrategia militar, de Sun Tzu, *El arte de la guerra*.
- *Universalidad de la administración*: En la antigua Grecia, se produce un importante desarrollo de la actividad comercial; en ese ambiente, Sócrates (según Jenofonte) estableció el principio de la universalidad de la gestión (discurso a Nicomaquides), reconociendo en la administración un arte distinto (como el de curar, trabajar el bronce o construir). Platón enuncia el principio de especialización.
- *Normalización*: Ya desde esta época, el ejército proporciona importantes aportaciones a la organización del trabajo. Ciro utiliza la planificación y, sobre todo, la asignación de tareas, el orden y grupos de trabajo. Alejandro Magno utiliza un consejo asesor para planificar guerras, y también tienen su origen en la milicia los estudios de movimientos (s/VI).
- *Control*: Desde el punto de vista de la organización del trabajo, característico del Imperio Romano fue, entre otros, el concepto del control. Diocleciano (284 dc), establece sistemas de control sobre

la base de la delegación de la autoridad. También desarrollan procedimientos para la administración rural; Catón (234-149 ac) implanta sistemas de control y redacta documentos explicando las obligaciones del capataz y Varrón (116-28 ac) utiliza métodos de selección de personal. Una aportación en el campo de la información es el establecimiento de un sistema postal, el *cursum publicum*, que, mediante postas en las vías públicas, permitía realizar hasta 250 Km en 24 horas.

Edad Media

Durante la Edad Media, tras la caída del imperio romano, la necesidad de la población es la protección contra el asesinato, el robo y la violencia. Para asegurarse esta protección el individuo buscó una persona más poderosa que él, pagando como precio su propia libertad (servidumbre) y dando origen a la organización feudal.

En lo relativo a la organización del trabajo, tres son los conceptos más importantes desarrollados en esta época:

- *Sociedades y empresas*: aparecen dos formas de organizar los negocios, la asociación (negocios permanentes, con mayor responsabilidad de los socios) y la empresa en comandita (negocios singulares o empresas de riesgo). En operaciones de comercio internacional otras dos variantes: la copropiedad (similar a la comandita) y las agencias (formadas por agentes o comisionistas).
- *Contabilidad*: a finales de la Edad Media, se publican tratados describiendo exactamente el sistema contable de la partida doble y todos los elementos que aparecen en una contabilidad (diario, mayor, balance y cuenta de pérdidas y ganancias). También se encuentran en el mismo período algunos registros sobre la utilización de la contabilidad de costes.
- *Líneas de montaje*: un importante precursor de las modernas líneas de montaje, y de muchos conceptos de la organización de la producción, fue el Arsenal de Venecia, el arsenal no sólo construía barcos, también almacenaba equipamiento y se montaban, y reparaban, barcos de reserva. Entre los procedimientos practicados destacan: la enumeración de partes acabadas en almacén; el uso de líneas de montaje y equipamiento de galeras; la gestión del personal; tipificación de piezas; control contable; control de inventarios (porteros e inspectores); y el control de costes (madera).

En resumen, es un período de transición, en el que se dan los primeros pasos en el pensamiento sobre la organización y administración. Entre los escritores que escriben sobre organización destacan Tomás Moro (que aportó ideas utópicas) y Maquiavelo (que establece cuatro principios para la organización del estado).

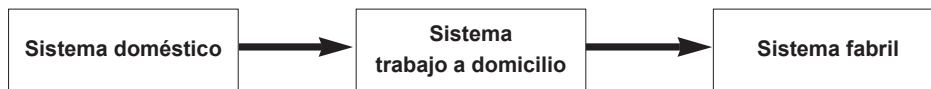
Edad Moderna

Con el descubrimiento de América aparecen dos concepciones organizativas distintas: en España se pretendía justificar el poder y los actos de gobierno al amparo de preceptos presumiblemente morales, heredados de la época feudal; sin embargo, en Inglaterra, especialmente a partir del gobierno de Enrique VIII (1509-1574), se asumía la vía del más completo pragmatismo.

Lo más destacable desde el punto de vista de la organización del trabajo es el cambio de los sistemas domésticos de producción a los sistemas fabriles, pasando por el sistema del trabajo a domicilio. Este proceso de cambio, que discutiremos a continuación, desemboca en la Revolución Industrial y en los precursores de lo que se denomina administración científica.

El proceso de cambio de los sistemas de producción se origina en Inglaterra, que deja de ser una nación de terratenientes para convertirse en el "taller del mundo":

- El sistema que predomina durante gran parte de la antigüedad y hasta principios del siglo XVIII es el sistema doméstico: la población planta y fabrica para cubrir sus necesidades, en lugar de cazar y recolectar. La especialización permite que un individuo (o familia) tenga excedentes de uno o más tipos de bienes para la venta o el trueque. El sistema persistió por precisar pequeña inversión de capital y por la dispersión de la población.
- Aparece el sistema del trabajo a domicilio: Los empresarios comenzaron a actuar como tratantes en las ferias, contratando a precios fijos la producción entera de las familias. Proporcionan al trabajador la materia prima y le pagan una cantidad por el producto. Los trabajadores pasan a ser empleados. El sistema se potencia por la necesidad de los empresarios de asegurarse la oferta y los costes de adquisición de la maquinaria (textil). Un aspecto que se enfatiza es el del control de los materiales, teniéndose que promulgar leyes para defender los intereses de los empresarios (propietarios de la materia prima).
- El proceso culmina con la aparición del sistema fabril, propiciado por la necesidad de controlar trabajadores y materiales, y cuya fuerza impulsora es la máquina de vapor (Watt, 1788). Los mayores requisitos de capital y costes hacen necesaria la concentración y la administración se caracteriza por un estricto control y una organización militar, forzada por la necesidad (competencia).



El sistema fabril también propicia el desarrollo de conceptos de organización tales como control de la producción, finanzas, localización y amortización; además aparecen escritores (básicamente economistas, como James Steuart y Adam Smith), los primeros teóricos de la organización; y, sobre todo, los primeros administradores científicos, entre los que destacan: Richard Arkwright, Boulton, Watt e Hijos y Richard Owen.

- *Richard Arkwright* es considerado uno de los padres de la revolución industrial y, además, destaca por haber dejado escritos sus trabajos sobre localización de plantas, administración de personal (en su fábrica, redujo el horario de 14 horas a 12) y coordinación. En su juventud, Arkwright inventó una máquina de hilar; tras pedir la patente (que nunca le dieron), la puso en funcionamiento en 1765, en Preston; los obreros lo rechazaron y tuvo que marcharse. Se instaló en Nottingham, donde triunfó como fabricante, poniendo en práctica sus principios administrativos.
- *Boulton, Watt e Hijos* crearon una empresa para explotar el invento de Watt: la máquina de vapor. La empresa, que a partir de 1800 se denomina la fundición Soho, fue pionera en el uso de planes de operación, utilizando métodos científicos para la planificación y organizando toda la producción sobre una base hombre-máquina. Destacaron los conceptos de previsión y planificación de la producción y la redacción de listas de materiales (incluyendo compra y mantenimiento de herramientas). Adaptaron ritmos de producción al trabajador y realizaron estudios sobre remuneración (tenían en cuenta las distintas características de los artículos, la maquinaria utilizada y el empleo -grupos y capataces-). Particularmente Boulton respetaba el trabajo de los sindicatos, mejoró la moral, pagó horas extras; estudió la influencia del ambiente; construyó casas para los obreros e introdujo una sociedad mutualista de seguros.
- *Richard Owen* (filósofo y reformista social) gestionó la fábrica New Lanark. Para Owen no eran necesarios el trabajo barato, el abuso y la brutalidad. "El hombre es la criatura de las circunstancias". Construyó casas con dos habitaciones para los obreros, diseñó y puso en práctica un sistema de limpieza y recogida de desperdicios para las calles en las que habitaban los operarios y, ya en la fábrica, indicaba con una señal el rendimiento de cada empleado, logrando mejoras sensibles de productividad. También fue el primero en no emplear ningún niño con menos de 10 años.

Por otra parte, se descubre el uso de piezas intercambiables en la fabricación. Se trata de una primera aplicación de la división de trabajo por operación y un desarrollo de los métodos de control de calidad; como consecuencia, implica el uso pionero de troqueles y sierras de vaivén, y el ejercicio de técnicas de administración para coordinar todo el proceso. Nace la producción en serie y con ésta, a finales del siglo XVIII, el predominio industrial se traslada a los Estados Unidos. El desarrollo avanza con rapidez primero en el sector algodonero y, posteriormente, en la industria del armamento, de la mano de pioneros como Eli Whitney.

Aparecen los principios del denominado sistema americano: piezas intercambiables, fabricación de máquinas-herramientas, contabilidad de costes y control de calidad.

Edad Contemporánea

La segunda mitad del siglo XIX, trae a América una nueva era industrial, por la expansión de industrias mecánicas y la abolición de la esclavitud. En 1862, se introducen en el continente las empresas por acciones y de responsabilidad limitada. Como consecuencia, se separan capital y empleo, y capital y administración. Aparecen grandes acumulaciones de capital (Rockefeller, Jay Gould, JP Morgan, C Vanderbilt).

Uno de los principales escenarios del desarrollo de la teoría y la práctica de la organización del trabajo se encuentra en las empresas de ferrocarriles, las más dramáticas de la época:

- *Henry Poor*, editor del *American Railroad Journal*, estableció tres principios para la administración del ferrocarril: organización, comunicación e información. Siendo el más importante la organización o distribución del trabajo, luego comunicación, o informes a la gerencia, y la información o análisis de dichos informes para mejorar operaciones.
- *Daniel C. McCallum*, también ferroviario y discípulo de Poor, detecta problemas de organización y control, debidos principalmente a la distancia. Para resolverlos, establece divisiones geográficas, cada una con un superintendente responsable, que informaba a McCallum y sus ayudantes. Al trazar líneas de autoridad McCallum creó el primer organigrama.

Posteriormente, Gustavus Swift, un carnicero de Nueva Inglaterra, observa que el consumo está en el Este y el ganado en las Grandes Planicies. Crea una industria multisectorial e integrada verticalmente, introduciendo la refrigeración en el transporte y almacenaje. Modifica el concepto de organigrama por división geográfica de McCallum, estableciendo las siguientes divisiones funcionales en su empresa: *marketing*, empaquetado, compras, embarques, ventas y publicidad.

También cabe destacar el trabajo de algunos pioneros como Henry Towne, Frederick Halsey y Henry Metcalf. Y Joseph Wharton financia la creación de la Wharton School en la Universidad de Pensilvania, la primera facultad dedicada al estudio de la organización.

Pero más importante aún es que todos estos hechos y hallazgos conducen a la aparición de las escuelas de organización del trabajo.

Escuelas de organización del trabajo

La escuela de la organización científica

También denominada escuela tradicional y que se desarrolló a partir de la observación sistemática de los hechos de la producción (investigación y análisis de la operación del taller).

Se trata de un enfoque basado en la teoría, aunque se usan técnicas específicas tales como estudios de tiempos y movimientos, planificación y control de producción, distribución en planta, incentivos salariales, administración de personal e ingeniería humana –ergonomía– (centradas en la eficiencia de la producción).

Para entender los supuestos básicos de esta escuela conviene detallar las aportaciones de su fundador y precursor, Frederick W. Taylor.

Frederick Winslow Taylor

A partir de su cargo como ingeniero-jefe de la Midvale Steel, identifica problemas de organización: falta del concepto de responsabilidad compartida obrero-patrón, carencia de estándares de trabajo, falta de incentivos, exceso de militarización, uso de evaluaciones a "ojo de buen cubero", carencia de estudios sobre el flujo de trabajo entre departamentos y errores de asignación de tareas a trabajadores.

Taylor también realiza multitud de experimentos con maquinaria, herramientas, velocidades, metales, etcétera. Sus experimentos llevaron al descubrimiento del acero de alta velocidad, a mejoras en el arte de cortar metales, etc. Desarrolló estudios de tiempo y movimientos, y sistemas coordinados para la gestión y administración de talleres. Y llegó a desarrollar su filosofía para el taller:

- A partir del estudio de tiempos para máquinas y trabajadores al hacer procesos o piezas, observó que era necesario fijar *estándares* para los métodos, los materiales y las condiciones de control.
- La fijación de estos estándares también hacía necesario el establecimiento de métodos para los responsables del estudio de estándares (tarjetas de instrucción, secuencias de rutas, sistemas de control, etc.).
- Posteriormente apreció la necesidad de buscar un sistema para el estudio de la *capacitación*.
- Por último llega a la conclusión de que es necesaria una buena supervisión, cambiando "persuasión con látigo" por salarios más altos, gracias a la mejor productividad.

Taylor se ve influenciado por los trabajos de Towne y en su obra *Un sistema de pago por pieza*, describe el sistema que había desarrollado para el taller. Más tarde, en *La administración de talleres* (1903) enunció su filosofía: el objetivo de una administración era pagar salarios altos y lograr bajos costes unitarios; para ello era necesario aplicar métodos científicos.

El concepto de Taylor, y por lo tanto de la organización científica, queda definido por la combinación de los cuatro principios siguientes:

- Es necesario desarrollar una ciencia para cada elemento del trabajo de un hombre.
- A cada trabajador debe seleccionársele científicamente y después es necesario entrenarlo, enseñarle y desarrollarlo.
- Debe cooperarse con el trabajador para asegurarse de que su trabajo se hace correctamente.
- Establecer la división de responsabilidades entre dirección y trabajador.



Para implantar su sistema, indica la utilización de una serie de mecanismos, entre ellos: los estudios de tiempos con instrumentos y métodos apropiados, la supervisión por funciones, estandarización (de herramientas, instrumentos, acciones y movimientos), la necesidad de los departamentos de planificación, el principio de excepción, uso de reglas de cálculo e instrumentos similares, las tarjetas de instrucción, el establecimiento de bonificaciones a la dirección sobre la base de los objetivos, la aplicación de tasas diferenciales para los salarios, la utilización de sistemas de rutas, etcétera.

La organización científica tuvo, y todavía sigue teniendo, un fuerte impacto en multitud de áreas: produjo una mejora generalizada en la dirección de empresas; tras el taller, el taylorismo se generalizó en las áreas de ventas, dirección, etc.; supuso mejoras para el trabajador (selección, formación, etc.) y mejoró la imagen de la dirección (abandonando los modelos militares y relegando la intuición). Además, sienta las bases para el éxito empresarial: investigación, estándares, planificación, control y cooperación.

Si bien Taylor fue su precursor, la escuela de la organización científica se vio enriquecida por la aportación de otros estudiosos e investigadores, entre los que destacan Frank y Lillian Gilbreth.

Los Gilbreth

Frank Bunker Gilbreth entra en la industria de la construcción estudiando la colocación de ladrillos por parte de los albañiles, y descubre un método mucho más eficiente, que posteriormente patenta para explotarlo económicamente.

En 1904, Frank se casa con Lillian Moller y ambos se dedican a encontrar la "mejor forma" de efectuar cualquier trabajo. Los Gilbreth son, entre otras cosas, los padres de la biomecánica laboral, desarrollando el concepto taylorista de "ciencia para cada elemento del trabajo". Entre sus aportaciones destacan:

- La introducción de la filmación de trabajadores en sus puesto de trabajo, sincronizándola con relojes (micrómetro). Con esta información, construían modelos tridimensionales de alambre, para estudiar sus movimientos. Para delimitar la secuencia de movimientos ponían focos eléctricos en la mano del trabajador, resultando películas ciclográficas, que posteriormente convirtieron en cronociclográficas al añadir un reloj en la filmación.
- Sus estudios del movimiento de las manos, desglosando los movimientos genéricos en diecisiete movimientos básicos (agarrar, transportar cargas, retener, etc.), a los que llamaron therbligs.
- Desarrollaron los diagramas de proceso y de flujo. Establecieron tarjetas de personal o listas blancas, precursoras de los actuales sistemas de calificación de méritos. Establecieron una multitud de metodologías, y muchas de ellas siguen vigentes hoy día.

Son muchas las aportaciones de investigadores a la organización científica, y entre ellos se incluyen, por ejemplo, las de los economistas clásicos (Smith, Ricardo, etc.), Babbage, Boulton y Watt, Robert Owen, Henry Poor, David McCallum, Henry Towne, Henry Metcalfe, Harrington Emerson, Harlow Person y Morris Cooke. Y muchos otros siguen utilizando sus principios hoy en día.

La escuela del comportamiento

Surge al reconocer la importancia central del individuo en cualquier esfuerzo cooperativo. El directivo logra que el trabajo se realice a través de personas, por lo tanto la dirección debe concentrarse en los trabajadores y sus relaciones interpersonales. Sus estudios abarcan temas tales como la motivación, dinámica de grupos, las necesidades individuales, relaciones entre grupos, etc.. Incorpora la mayoría de las ciencias sociales (psicología, sociología y antropología).

La aportación a esta escuela es muy variada y entre sus precursores puede incluirse a Hugo Münsterberg, Henry Gantt, Elton Mayo, Mary Parker Follett, Oliver Sheldon y Chester Barnard.

Hugo Münsterberg

Probablemente el autor más representativo de esta escuela, Münsterberg nace en Danzig (Alemania), es discípulo de Wilhelm Wundt y posteriormente conoce a William James, a través del cual contacta con la Universidad de Harvard, en la que ingresa como profesor de psicología experimental.

En 1913 publica su trabajo *Psicología y la Eficiencia Industrial*. Según Münsterberg, la psicología industrial serviría para:

- Encontrar individuos aptos para una tarea.
- Determinar condiciones psicológicas de máxima productividad.
- Influir sobre la mente humana en función de los intereses de la administración.

Münsterberg dio a sus trabajos en el área de la organización un enfoque experimental, aportando estudios sobre monotonía, atención y fatiga, influencias físicas y sociales sobre los trabajadores, y los efectos de la publicidad.

Henry L. Gantt

Gantt se unió a Taylor en 1887, en sus experimentos en la Midvale. Sin embargo su orientación es distinta y puede decirse que era un humanista.

Entre las aportaciones concretas de Gantt al área de la organización destacan:

- La introducción del concepto del salario como bonificación por tarea. Pagaba si se alcanzaba el objetivo, no siendo, como proponía Taylor, una tasa diferencial.
- El desarrollo de la gráfica de balance diario, más conocida como diagrama de Gantt.
- Su enfoque humanista pide que se enfatice el servicio sobre los beneficios.

Oliver Sheldon

Publica, en 1923, la *Filosofía de la Administración*. Establece que la responsabilidad primera de la organización debe ser el servicio a la comunidad. Sheldon llega a esta tesis tras haber observado:

- un despertar del interés público por los negocios (durante la I Guerra Mundial se produce una importante colaboración industria/sociedad)
- una demanda de mayor tiempo de ocio por parte los trabajadores
- un ambiente propicio al cambio social, por asociación de los trabajadores
- el auge del enfoque científico (Taylorismo)

En su filosofía, la organización del trabajo debe separar el capital de la mano de obra, dividiéndose en tres partes: la *administración*, que determina la política corporativa, la coordinación y el control del ejecutivo; la *gerencia*, encargada de la ejecución de la política utilizando la organización; y la *organización*, combinación del trabajo de los individuos con las facilidades necesarias para su ejecución.

Otros autores

Elton Mayo, padre de los experimentos de Hawthorne, propuso el concepto de que los trabajadores constituyen su propia cultura y desarrolló una serie de ideas sobre conceptos sociológicos del esfuerzo de grupo. Para ser eficiente, el administrador debe reconocer y comprender al trabajador individual como una persona con deseos, motivos, instintos y objetivos personales que necesita satisfacer.

Mary Parker Follett establece su filosofía de la organización basándose en el reconocimiento de los deseos motivacionales del individuo y del grupo, reconociendo que las motivaciones de una persona en su trabajo se deben a las mismas fuerzas que en sus tareas y placeres fuera del trabajo. Para ella, la coordinación era la esencia de la dirección y tenía cuatro facetas (contacto directo, proceso continuo, diseño y relación recíproca).

Chester Barnard escribe, en 1938, *Las Funciones del Ejecutivo*. Para Barnard, la organización es un sistema de actividades coordinadas, y el ejecutivo es su factor más estratégico. Sus funciones: crear un sistema de comunicación para la cooperación, promover la adquisición de esfuerzos para realizar las operaciones y formular y definir los objetivos o propósitos del sistema. Para que el individuo coopere al recibir una orden, tenía que entenderla, ser acorde con los fines y con sus intereses, y ser capaz de acometerla.

La escuela del comportamiento también ha tenido aportaciones por parte de algunos estudiosos contemporáneos como Simon, Argyris y Leavitt y en la actualidad ha desembocado en lo que se conoce como *comportamiento organizacional*.

Escuela proceso administrativo

La escuela del proceso administrativo construye su teoría alrededor del proceso involucrado en la dirección, el establecimiento de una estructura conceptual y la identificación de los principios en los que se basa. La organización es un proceso universal que puede analizarse estudiando las funciones del directivo: planificar, organizar, emplear, dirigir y controlar. Reconoce aspectos de las ciencias sociales.

Henry Fayol

Nacido en 1841, Fayol entra como ingeniero en la Commentry-Fourchambault S.A. en 1860 y, en 1888, alcanza el puesto de director general de la empresa; simultáneamente las minas de la Commentry-Fourchambault S.A. dejan de estar en pérdidas para pasar a ser una de las mineras más importantes a nivel mundial. Fayol trabaja sobre mismo problema que Taylor, pero, mientras Taylor trabaja desde el taller hacia arriba, Fayol lo hace desde el Consejo de Administración hacia abajo.

Para él, la dirección debe tratar la planificación (examinar el futuro), organización (formular la estructura), dirección (hacer funcionar los planes), coordinación (armonizar la información) y control (verificar los resultados) de la organización.

En 1914, tras jubilarse, Fayol ya tenía escrito su libro. Sin embargo, la Primera Guerra Mundial retrasó la difusión de sus ideas, no sólo por demorar la publicación de sus trabajos, sino además porque, tras la guerra, toda Europa (incluida la propia Francia) había quedado sorprendida por los métodos tayloristas del ejército americano, métodos cuyo estudio y aplicación se ven potenciados en todo el mundo, relegando las aportaciones de Fayol.

Para este autor, la actividad industrial podía dividirse en seis funciones diferentes: técnica (producción, manufactura, adaptación de procesos), comercial (compra, venta), financiera (búsqueda y uso óptimo del capital), seguridad (protección de propiedades y personas), contable (registro en libros) y administrativa.

Otro autor característico de esta escuela es James Mooney. Mooney creía que los principios de organización empleados por todos los grandes líderes eran los mismos; investigó a líderes como Alejandro Magno, Julio Cesar y Aristóteles, así como algunas estructuras importantes, incluyendo la

Iglesia Católica, llegando a la conclusión de que toda estructura firme está basada en un sistema de relaciones superior-subordinados, ordenadas en una jerarquía (gradación). En 1931 publicó *¡Adelante Industria!*, libro en el que expone sus teorías.

Escuela cuantitativa

Surge a raíz de la Segunda Guerra Mundial. Su principal característica es la utilización de equipos mixtos de científicos de varias disciplinas, uniendo conocimientos diversos para aplicarlos al estudio y la solución en efectiva de un problema.

Su enfoque consta de los siguientes puntos:

- a) Formular el problema
- b) Construir un modelo matemático para representar el sistema
- c) Derivar una solución del modelo (variables de control)
- d) Probar el modelo y la solución resultante (capacidad predictiva)
- e) Establecer controles sobre la solución (para hacer modificaciones)
- f) Poner la solución en operación (ejecución)

Una de las principales innovaciones del enfoque es la construcción de modelos, representaciones simplificadas de la realidad, de carácter generalmente matemático, que expresan la efectividad del sistema bajo estudio como función de un conjunto de variables, de las cuales por lo menos una está sujeta a control.

El desarrollo de esta escuela fue gradual, científicos e ingenieros han estado involucrados en actividades administrativas (y militares) en todas las épocas de la historia: Taylor creó elementos de organización no operativos y utilizó equipos mixtos o interdisciplinarios; también fueron pioneros Erlang y Wilson y, en el campo militar, durante la Primera Guerra Mundial, Lanchester (GB) y Edison (USA) describen relaciones fundamentales del arte de la guerra mediante ecuaciones. Posteriormente, se desarrollan técnicas propias de la investigación operativa, tales como probabilidad e inferencia, Dodge, Shewart, Fry (todos ellos en la Bell Telephone) y Fisher (métodos estadísticos). Otros desarrollos que contribuyen son: el análisis de decisiones de inversión (Bohm-Bawerk), el desarrollo de la teoría de la competencia espacial por Harold Hotelling y la gráfica del punto de equilibrio por Rautenstrauch.

Su aparición se produce en la Segunda Guerra Mundial, y en Gran Bretaña (que entra en guerra dos años antes que Estados Unidos): en 1939, se están estudiando la mejora de los sistemas de radar, las tácticas de guerra antisubmarina, el tamaño óptimo de convoyes y las tácticas y estrategias en el desarrollo de bombardeos, entre otros. En este escenario se forma un grupo interdisciplinar, con varios científicos de la universidad de Manchester, que adelanta la formación de grupos similares en los Estados Unidos.

Considerada valiosa por los líderes militares estadounidenses, el desarrollo de la escuela no fue discontinuado al terminar la guerra. El ejército continuó haciendo investigación operativa a través de la Oficina de Investigación de Operaciones. La Marina creó el Grupo de Evaluación de Operaciones. La fuerza aérea crea la División de Análisis de Operaciones y establece el proyecto RAND para estudios a largo plazo. De hecho, en un principio, se pensó que se trataba de un tipo de análisis aplicable sólo a problemas militares.

Al acabar la guerra, sus aplicaciones en el mundo de los negocios se hicieron más aparentes. La industria necesitaba renovar su producción y organización para servir a las necesidades de la época de paz. En los Estados Unidos la cuestión de la competencia era sumamente importante. En Gran

Bretaña, una situación económica crítica hacia necesario un aumento en la eficiencia de la producción y desarrollo de mercados.

Las principales técnicas cuantitativas, señalando alguno de sus investigadores más destacados y sus campos de aplicación, son:

- Teoría de decisiones, de Arrow y Simon, para su utilización en el análisis organizado (estructurado) de las decisiones.
- Diseño experimental, de Fisher y Kendall, para la construcción de modelos.
- Teoría de juegos, de von Neumann y Morgenstern, con aplicaciones en las áreas de la estrategia militar y la competencia empresarial.
- Control de inventarios, de Whitin y Magee, para el cálculo del tamaño del lote económico y el control de existencias. Técnicas cuantitativas (y II).
- Programación lineal, de Leontieff y Dantzig, para la optimización de problemas de asignación, programación, cálculo de rutas, etc.
- Teoría de probabilidades, de Fisher y Cramer, multitud de aplicaciones.
- Teoría de colas, de Erlang y Morse, con aplicación para el control de tráfico, optimización de redes de teléfonos, horarios y esperas.
- Teoría de simulación, de Deemer y Zimmerman, para valoración, fiabilidad y modelado.

Las técnicas nombradas no son mutuamente excluyentes, ni de igual importancia, pero sirven para mostrar las herramientas utilizadas por esta escuela. La incertidumbre y su cuantificación son un problema central para la organización, y la teoría de la probabilidad encuentra uso en casi cualquier estudio cuantitativo que sea realista.

Desarrollo contemporáneo de la organización del trabajo

Desde finales del XIX y principios del XX, el taylorismo encuentra resistencias por parte de los trabajadores. Pero, sobre todo, a partir de los años 60, emergen una serie de cambios sociales (mayor educación y estándar de vida, mercado laboral propicio, etc.) que evidencian la necesidad de reformas.

Se desarrolla de un cierto clima de insatisfacción con las condiciones laborales y la implantación de la organización del trabajo propia del taylorismo. Insatisfacción que se manifestó directamente a través de luchas y conflictos y, lo que es más importante aún, de manera difusa en forma de absentismo creciente, aumento de la rotación laboral, falta de interés por el trabajo, etc.

La implantación del taylorismo en la práctica supuso la separación entre el trabajo manual y el intelectual, y entre la organización del trabajo en torno a la idea fundamental de 'tarea' (fragmentación, separación de tareas indirectas y reducción de las cualificaciones) y el control directo y externo, tanto sobre los trabajadores como sobre sus resultados. Durante los años 60 y 70, se desarrolla el movimiento en pro de la 'humanización de la vida laboral' o de 'mejora de la calidad de la vida laboral', que se apoya sobre los siguientes conceptos:

- Rotación de puestos: supone que los trabajadores pasen de unas tareas a otras. Se trata de tareas similares, en contextos, secciones o departamentos diferentes (operario de un sector a otro de la cadena de montaje o cambio de una mecanógrafa del departamento de administración al de ventas). Puede implicar un cambio en la naturaleza de las tareas a realizar, repercutiendo en la organización del trabajo. Su objetivo es propiciar la diversidad de tareas, actividades y entornos para salir de la rutina.
- Ampliación de tareas: consiste en agrupar en un mismo puesto de trabajo varias tareas disgregadas (en una cadena de montaje de aparatos eléctricos, el trabajador llevaría a cabo el montaje de cada pieza en su totalidad, realizando el cableado, ensamblaje, soldadura, etc.). Las tareas se sitúan en

un mismo nivel de complejidad y cualificación; se trata de una reorganización horizontal, que busca superar la excesiva fragmentación de actividades.

- Enriquecimiento de tareas, ‘integrándolas’ en una unidad más amplia. Suele hablarse de ‘integración vertical’, tareas más simples se integran con otras más exigentes, de mayor nivel de cualificación y responsabilidad. Modifica la naturaleza de la actividad laboral, superando los rasgos más típicamente tayloristas: el trabajador realiza tareas de planificación y de preparación del trabajo, junto a la actividad de producción.
- Grupos semiautónomos, la ampliación y el enriquecimiento de tareas suelen realizarse a nivel puramente individual; pero también puede hacerse colectivamente. Se les otorga capacidad de decisión y organización autónoma, siempre en el marco de unos estándares previamente fijados. Las relaciones de grupo favorecen una mayor comunicación de conocimientos y prácticas profesionales, beneficiando a los trabajadores y a la empresa.

Una característica de la organización contemporánea en el trabajo de producción industrial es el desarrollo del concepto ‘controlador de sistemas’: los trabajadores venían realizando la actividad transformadora de la materia con la ayuda de las máquinas; con la automatización, el sistema programado realiza todas estas funciones; el papel del trabajador cambia y se transforma; ahora, su actividad, es ayudar a la máquina, que es la que realiza de manera automática esas tareas. El trabajador se convierte en ‘controlador de sistemas’.

Este concepto exige una combinación de conocimientos teóricos (electrónica, mantenimiento, control de calidad, control numérico, informática, etc.) y de experiencia práctica. Por un lado, el trabajador necesita una mayor capacidad de ‘abstracción’ que el operario tradicional de máquinas (CNC, CAD, CAM,...); por otro lado, la experiencia sólo puede adquirirla en la práctica diaria, en contacto con las máquinas (programando) y a partir de los problemas concretos.

Pero en la realidad, se encuentra una diversidad de sistemas organizativos, que podrían agruparse en función de los distintos tipos de actividad económica desarrollada por el trabajador, por lo que, dentro de una misma empresa, pueden observarse situaciones muy distintas:

- El sector de máquinas-herramienta, con niveles de cualificación relativamente elevados, adopta, de manera generalizada, el concepto de controlador de sistemas.
- La industria del automóvil también experimenta cambios sustanciales, a nivel tecnológico y organizativo. En este caso, el concepto adoptado es el de los grupos semiautónomos, propiciados por la implantación de sistemas de gestión de la calidad (normativa ISO 9000).
- En el sector de la construcción, sobre todo en las grandes empresas, se observa una doble tendencia: una necesidad creciente de especialistas muy cualificados en áreas donde se da un mayor grado de complejidad técnica, y otra paralela hacia la polivalencia, exigida por diferentes tipos de trabajo, reparación, mantenimiento, etc.

Un elemento común en todos estos desarrollos es el esquema que algunos autores denominan ‘centro-periferia’: unos pocos trabajadores, el centro, desempeñan nuevas funciones laborales y, junto a ellos, otros colectivos, generalmente numerosos, la periferia, que va desde los que trabajan en contextos más flexibles y algo menos empobrecidos, quienes lo hacen de acuerdo con prácticas claramente tayloristas.

Organización del trabajo en oficinas

También el trabajo de oficina está siendo afectado de múltiples y variadas formas por el desarrollo tecnológico. El objeto con que se trabaja en una oficina, forme ésta parte de una empresa industrial, de un banco o de unos grandes almacenes, es la información en sus diversas formas y apariencias.

La llegada de nuevas tecnologías a despachos y oficinas está siendo a menudo la ocasión para introducir cambios en la propia organización del trabajo. Cambios que pueden ser muy variados.

En este sentido, no se trata únicamente del desarrollo de la tecnología telemática (y concretamente, informática e internet), además se observan una serie de tendencias que configuran la Sociedad de la Información:

- Tendencias sociales: mejoras tecnológicas, servicios de telecomunicación, sensibilización ante el empleo, globalización de la economía, problemas medioambientales.
- Tendencias en el individuo: necesidad de flexibilidad, autoempleo, trabajador del conocimiento.
- Tendencias en la empresa: complejidad, dinamismo y competencia en el entorno; outsourcing, necesidad del cambio.

Pero debe realizarse una distinción entre el uso de la tecnología para automatizar el trabajo o informatizarlo. En este último caso, se requiere un coordinador de sistemas, un trabajador más abstracto, capaz de añadir valor a la información; sin embargo, en el caso de la automatización pura, puede darse una facilitación para la adopción de un sistema más taylorista.

Generalizando la aplicación de estas ideas a dos grandes colectivos de la oficina, el de secretarías y el de mecanógrafos, se tiene:

- Las secretarías, que realizan una variedad de tareas, desde las más mecánicas de escribir a máquina a otras de carácter administrativo y de relaciones sociales, disponen de bastante margen de autonomía a la hora de organizar su trabajo y se valora su capacidad de iniciativa. Las nuevas tecnologías suelen enriquecer su trabajo.
- Para los mecanógrafos, con una función mucho más limitada, su tarea se centra en la producción de texto escrito a partir de originales manuscritos o grabados en cinta, su trabajo suele ser repetitivo. El cambio de la máquina de escribir por el ordenador produce resultados ambiguos, por un lado puede enriquecer la tarea (el mecanógrafo realiza correcciones e incluso la presentación final), pero por otro puede producirse la formación de ‘pools’ (grupos de orientación claramente taylorista).

Sin entrar a detallar toda la particularidad que ofrecen distintos sectores de actividad, aclararemos que, en el caso de los servicios financieros, se observan considerables cambios ligados a la creciente competitividad, y no sólo a la utilización de las nuevas tecnologías: se ven abocados al desarrollo de nuevos productos y servicios para ampliar su cuota de mercado. Las tareas comerciales y de atención al cliente cobran cada vez un peso mayor sobre las administrativas y contables. Los empleados realizan una mayor variedad de tareas y responsabilidades; por lo tanto, necesitan disponer información sobre productos, procedimientos y clientes: se incrementa la capacidad decisoria a todos los niveles y la organización reduce niveles de jerarquía.

Por último, cabe enunciar algunas características del teletrabajo (todavía es demasiado reciente el fenómeno como para extraer conclusiones):

- la influencia del medio de comunicación: el medio iguala (sexo, raza, nivel, etc.)
- la formación de equipos de trabajo distribuidos (también denominados grupos virtuales, que pueden incluir personal de distintas organizaciones)
- la problemática del control del tiempo de trabajo

En cualquier caso, se adivinan las siguientes claves para el futuro: control, coordinación y cooperación. Pero, sobre todo, impacto social.

2 Trabajo con pantallas de visualización de datos (PVD's)

En los últimos años la rápida difusión de las nuevas tecnologías ha introducido progresivamente en el mundo de las oficinas los ordenadores personales, y en general toda una serie de equipos que configuran todo lo que se ha dado en llamar la ofimática, que además de originar una verdadera revolución en el mundo de las oficinas, arrastra como secuela toda una serie de trastornos sobre la salud de los trabajadores derivados de su uso, que se agudizan cuando el operario pasa gran parte de su jornada laboral delante de una pantalla de visualización de datos y maneja los distintos periféricos que conforman el área de actividad tipo.

Las PVD's tienen unas sollicitaciones en cuanto a carga física y mental diferentes del resto de elementos que componían el paisaje de una oficina administrativa convencional de hace unos años. Trastornos como la fatiga visual, síntomas de afecciones músculo-esqueléticas y alteraciones de carácter psicológico han sido relacionados con la utilización sistemática durante largos períodos de tiempo de las PVD's, y han dado lugar a numerosos estudios en todo el mundo, tendentes a conocer el impacto que producen estos equipos sobre la salud de los trabajadores.

Actualmente, aclarado el riesgo de la fatiga visual y casi descartado el de los posibles efectos de las radiaciones sobre las funciones reproductoras de los trabajadores u operadores expuestos, el problema se centra sobre todo en los riesgos para el sistema músculo-esquelético de tipo postural o por la exigencia de movimientos repetitivos y los problemas generados por la carga mental de las tareas de oficina. Este primer tipo de trastornos es consecuencia de las exigencias posturales, por la obligada posición sedente del manejo de los teclados para la introducción de datos, el segundo tiene su origen en la sobredemanda intelectual y las características intrínsecas de la multitarea.

El contenido de las tareas y del entorno determinará, entre otras cosas, el nivel de confort del usuario y la calidad de vida laboral. Para ello tendremos que analizar las características de la pantalla y del teclado, el diseño del puesto de trabajo, la distribución de los espacios, la iluminación, las condiciones climáticas y acústicas, la organización del trabajo, los ritmos circadianos, el *software* utilizado y la propia salud del trabajador.

Este capítulo proporciona una guía orientativa para la correcta armonización y selección de los elementos y factores que intervienen en la configuración de los puestos de trabajo en los que se utilizan equipos informáticos.

Tipologías del trabajo con PVD's

El trabajo con ordenador es aquel en el cual el operador tiene como herramienta principal el ordenador. La diferencia fundamental con los trabajos de oficina tradicional se centra en el hecho de que la información se presenta en un plano vertical, su cantidad es más elevada y, por lo tanto, los sentidos y el sistema nervioso trabajan bajo una presión superior. En aras de incrementar la

productividad, se han suprimido muchas tareas accesorias, disminuyendo así el contacto con compañeros y colaboradores y dotando al puesto de trabajo de un cierto grado de “autismo laboral”; el operario puede llegar a aislarse poniendo en peligro su salud mental, este tema se agudiza hasta cotas preocupantes cuando analizamos el teletrabajo domiciliar.

Aunque el tipo de trabajo incorpora generalmente una labor interactiva, podemos diferenciar tres grandes categorías que conllevan una carga física y psíquica diferenciada.

a) Trabajos con pantalla: Son aquellos en los que fundamentalmente se atiende a la recepción y salida de datos. La vista se fija en la pantalla y el uso del teclado se vuelve menos importante. Están caracterizados por una elevada carga visual.

b) Trabajos con documentos: Son aquellos consistentes básicamente en la introducción de datos, en los que una o ambas manos están permanentemente sobre el teclado, mientras la mirada permanece casi todo el tiempo sobre el documento base y solo se fija sobre la pantalla de vez en cuando. Se caracterizan por una carga músculo-esquelética elevada, pues la columna vertebral, los músculos de la nuca y los de los hombros, así como la musculatura de los tendones de los brazos y manos que están sometidos a mayores sollicitaciones.

La aparición del *software* específico para la introducción de datos mediante la voz es un buen paso que debería acelerarse en un limitado período de tiempo con el fin de rebajar los requerimientos de las extremidades superiores, para este tipo de trabajos, y para recuperar para la cotidianidad laboral a las personas que sufren algún tipo de limitación funcional.

c) Trabajo mixto: Es aquel que conjuga los dos anteriores; es el más interactivo de los tres y constituye fundamentalmente “el diálogo y el tratamiento de textos”.

Requisitos del puesto de trabajo con PVD's

La pantalla de visualización

La tecnología ha puesto a nuestro alcance toda una serie de soluciones en cuanto a pantallas; las más características son:

- *Pantalla de plasma de gas*, formadas por dos láminas de cristal con una capa de gas entre ellas, y una rejilla metálica para aplicar la corriente, que en sus intersecciones ioniza el gas, dando lugar a la formación de un punto luminoso. Presenta una mayor nitidez de imagen y resolución; como inconveniente presenta un costo elevado.
- *Pantalla de rayos catódicos*. Los tubos de rayos catódicos (CRTs) son quizá el sistema más común para la representación de imágenes. La mayoría de las pantallas de televisión y de ordenador existentes hoy en día están construidas a partir de un CRT. Los CRTs son autoiluminados, es decir, producen su propia luz. Esto se consigue dirigiendo un flujo de electrones, a través de un tubo vacío, sobre una superficie con una capa de fósforo (figura 2.1). Cuando un electrón incide sobre la superficie, el fósforo libera energía en forma de luz.

Para formar las imágenes en la pantalla, el flujo de electrones se dirige sobre aquella a una velocidad aproximada a los 650 metros por segundo. A esta velocidad, las imágenes pueden dibujarse con rapidez suficiente como para evitar el parpadeo y asegurar la estabilidad de la imagen en la pantalla. Debido al tamaño extremadamente reducido de los electrones, los CRTs pueden producir imágenes de altísima resolución.

Otra ventaja de los CRTs es que son mucho más fáciles de ver que los dispositivos de visualización del tipo LCD (pantallas de cristal líquido). La relación de contraste (es decir, la relación entre las áreas más claras y las áreas más oscuras) es mucho mayor, de manera que los negros son realmente negros y los blancos son blancos de verdad. Y debido a que en los CRTs hay más grises y colores intermedios que en otros sistemas de visualización, las imágenes pueden tener unos matices y unos contornos más suaves.

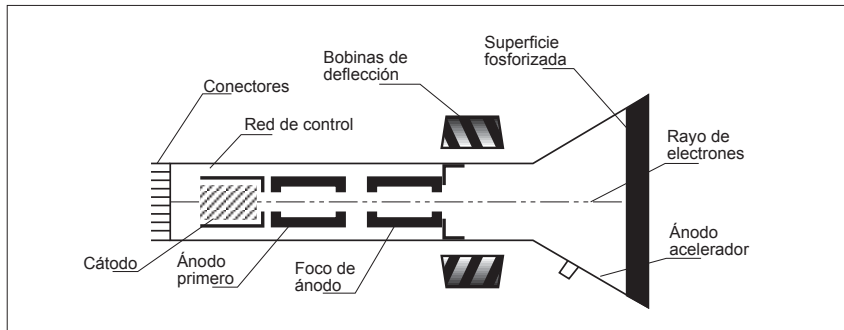


Fig. 2.1 Tubo de rayos catódicos

La energía radiante emitida como consecuencia del impacto de los electrones, además de luz visible, contiene otras energías del espectro electromagnético, como rayos X, ultravioletas, infrarrojos, produciendo asimismo un campo electrostático en las proximidades de la pantalla.

- *Pantalla de cristal líquido.* Los principios operativos de las pantallas de cristal líquido (LCD) son muy diferentes que los de los CRTs. La diferencia principal está en que los LCDs son modificadores de luz (o válvulas de luz) en vez de ser generadores de luz. Es decir: se limitan a bloquear el paso de la luz (figura 2.2). Un LCD consiste básicamente en dos pequeños paneles de cristal entre los que se encuentra una amplia red de celdas (píxeles) que contienen cristal líquido. Si no hay ningún impulso eléctrico sobre el píxel LCD (posición de apagado), los cristales se mantienen orientados en cierta dirección y no dejan pasar la luz (el píxel, por lo tanto, es negro). Pero cuando la celda recibe un pequeño impulso eléctrico, los cristales cambian su orientación y dejan pasar la luz.

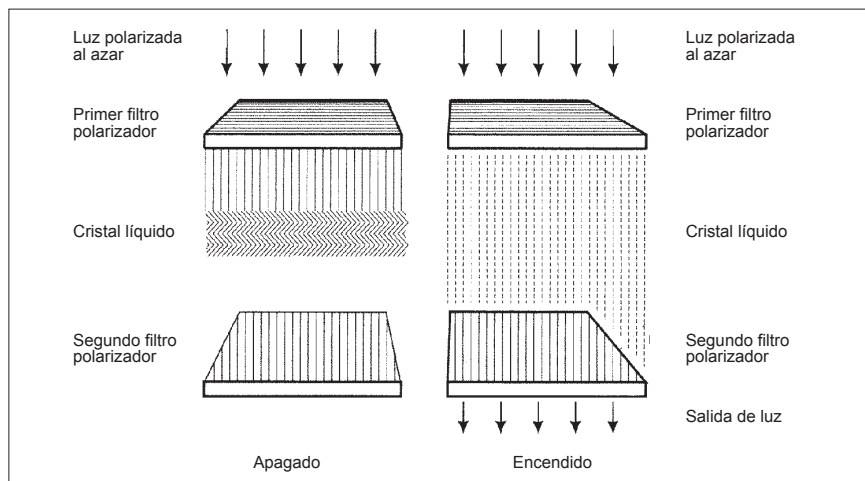


Fig. 2.2 Funcionamiento monitores LCD

Los LCDs se encuentran principalmente en los relojes digitales, calculadoras, y pequeños útiles electrónicos en general. También se usa esta tecnología en los ordenadores portátiles y cada vez más en los ordenadores personales y en algunas pantallas de televisión.

Los LCDs en color que utilizan algunos televisores y los cascos visualizadores (realidad virtual) emplean la misma tecnología que los LCDs en blanco y negro, pero añaden filtros de luz para representar los diferentes colores. La luz pasa en primer lugar por la capa de cristal líquido y luego por capas que tienen el filtro de color rojo, verde y azul. Cuando un píxel se apaga (es decir, cuando no deja pasar la luz a través de él), queda oscuro. Cuando se enciende, la luz pasa a través de los filtros coloreados (normalmente, simples plásticos de color). La combinación de los píxeles que emiten luz roja, verde y azul crea colores múltiples.

Los LCDs son una alternativa económica a los CRTs en miniatura. Además, tienen la ventaja de que consumen menos energía. Pero, por otro lado, pueden ofrecer menos resolución que los CRTs, lo que debe tenerse en cuenta según la tarea que se vaya a realizar y el rendimiento que de él se quiera obtener.

Características técnicas de la pantalla

REQUERIMIENTOS DE LA DIRECTIVA 90/270/CEE PARA LA PANTALLA

- Los caracteres de la pantalla 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.
- La imagen de la pantalla deberá ser estable, sin fenómenos de destellos, centelleos u otras formas de inestabilidad.
- El usuario de PVD's deberá poder ajustar fácilmente la luminosidad y/o el contraste entre los caracteres y el fondo de la pantalla, también deberá poder adaptarlos fácilmente a las condiciones del entorno.
- La pantalla deberá ser orientable e inclinable a voluntad y con facilidad para adaptarse a las necesidades del usuario.
- Podrá utilizarse un soporte independiente o una mesa regulable para la pantalla.
- La pantalla no deberá tener reflejos ni reverberaciones que puedan molestar al usuario.

Tabla 2.1

Tamaño de la pantalla

La superficie de la pantalla debe estar acorde con la tarea, permitiendo la representación simultánea de tanta información como sea necesaria para la tarea, con caracteres y espacios lo suficientemente grandes para una buena legibilidad.

El límite inferior es de 9 pulgadas para los portátiles, 12 para los equipos de sobremesa, y se considera óptimo 14 o 15 pulgadas para tratamientos de texto y 19 para trabajos de CAD.

Diagonal		Lados del rectángulo		
Pulgadas	mm	Altura (mm)	Anchura (mm)	Superficie
9	229	137	183	41%
12	305	183	244	73%
14	356	214	285	100%
15	381	229	305	115%
19	483	290	386	184%

Tabla 2.2 Dimensiones de una pantalla de ordenador

El problema de una pantalla demasiado pequeña radica en que obliga a forzar demasiado la vista y a malas posturas que cargan los hombros y el cuello; además, el texto pequeño requiere un sobreesfuerzo visual superior, lo cual se traduce en una mayor fatiga visual. Por el contrario, cuando es demasiado grande, en trabajos de lecto-escritura no se puede ver la pantalla de un solo “golpe de vista”. En trabajos de tipo CAD interesa que la pantalla sea más grande para ver mejor los detalles de los dibujos y gráficos.

El radio de curvatura de la pantalla debe ser lo mayor posible, de esta forma se mejora la calidad de la imagen y se reduce su aberración, aspectos que se potencian negativamente si ésta es demasiado convexa.

Reglajes de la pantalla

La pantalla debe poder desplazarse y tener la posibilidad de rotación según el eje vertical, también debe de poder inclinarse respecto al eje vertical en al menos 20 grados hacia arriba y 5 grados hacia abajo.

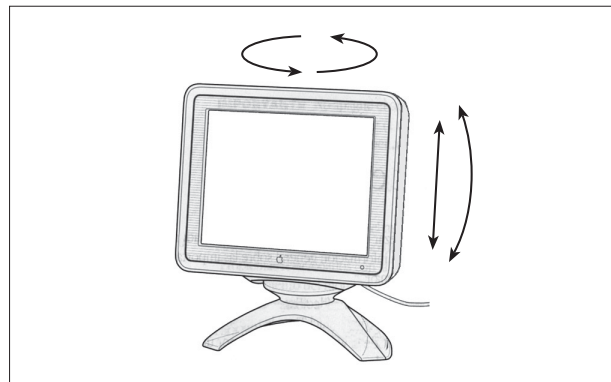


Fig. 2.3 Reglajes que deben tener las pantallas

La idea principal es la de flexibilidad, o sea, que se pueda adaptar fácilmente a las características, en este caso de posición, que les imponga el operador u operadores.

Estos reglajes deben permitir trabajar al usuario de la forma más relajada y confortable posible, evitando cargas y tensiones musculares en cuello y hombros; también permiten orientar la pantalla con

relación a las demás fuentes luminosas y evitar así los posibles efectos parásitos, así como adaptarla a los gustos y necesidades de los distintos operadores.

La regulación en altura de la pantalla no suele ser habitual; si bien algunos monitores presentan un pie que la regula, otras soluciones alternativas vienen dadas por mesas con una plataforma para el monitor elevable, o bien brazos articulados independientes o por mesas regulables en altura.

La pantalla debe tener la posibilidad de ajustar el brillo y el contraste, o sea, la luminancia de los caracteres y del fondo, debe ser capaz de proporcionar una luminancia de al menos 35 cd/m² para los caracteres; no obstante, el nivel preferido se sitúa en torno a 100 cd/m², sobre todo en entornos de alta luminancia.

El contraste de luminancia entre los caracteres y el fondo de la pantalla debe ser ajustable por el usuario. Las características técnicas de la pantalla deben permitir alcanzar los siguientes mínimos:

$$\frac{\text{Luminancia}_{\text{CARACTERES}}}{\text{Luminancia}_{\text{FONDO}}} \geq 3$$

$$\frac{\text{Luminancia}_{\text{CARACTERES}} - \text{Luminancia}_{\text{FONDO}}}{\text{Luminancia}_{\text{FONDO}}} > 0,5$$

La norma DIN 66234 recomienda los siguientes valores de contraste:

- óptimo	6:1	a	10:1
- aceptable	3:1 a 6:1	y	10:1 a 15:1
- inaceptable	< 3:1	y	>15:1

Un contraste excesivo puede producir fatiga visual prematura debido al esfuerzo que deben realizar los ojos para acomodarse a las diferentes luminancias; un contraste muy pequeño conllevaría errores en la lectura; por ello un contraste adecuado evita la fatiga visual.

- Los botones de reglaje deben estar en lugares de fácil acceso para facilitar su manipulación.
- La superficie delantera exterior de la pantalla, en la que se forman los caracteres y a la que el usuario dirige su mirada, debe ser de muy buena calidad, a fin de evitar distorsiones de la imagen, y debe estar recubierta por una capa mate que elimine los reflejos.
- La carcasa de la pantalla debe ser de color mate, con ello se logra que la luminancia de la carcasa tenga un valor intermedio entre la luminancia del fondo y la del documento, evitando los contrastes demasiado fuertes, que conllevarían a una fatiga visual al operador, que sometería el ojo a un trabajo de acomodación excesivo.

Estabilidad de la imagen

Los caracteres deben ser estables, nítidos y con el menor centelleo posible. La frecuencia de fusión del centelleo debería alcanzar los 70Hz, aunque en pantallas con polaridad negativa (fondo oscuro con caracteres claros) puede ser inferior (60Hz). Estas medidas evitan que la mayoría de los operadores lo perciban como algo molesto.

Cuando el haz de electrones deja de incidir sobre las partículas de fósforo, su luminosidad se reduce progresivamente; si la pantalla no se regenera con la cadencia suficiente, el ojo detecta las oscilaciones de luminancia. Este efecto de centelleo es muy molesto.

La sensibilidad del ojo a este efecto aumenta con el brillo de la imagen y si su localización cae fuera de la zona de focalización del ojo. Se detecta a menudo si el operador mira la pantalla de reojo, y con más frecuencia si la imagen se visualiza con polaridad positiva (caracteres oscuros sobre fondo claro).

La pantalla debe tener el menor centelleo posible para evitar la fatiga visual, el estrés y el dolor de cabeza, problemas que se agudizarían si existiesen fluctuaciones de luminancia con una baja frecuencia.

Polaridad de la imagen

Son aceptables las dos formas de polaridad; en positivo (caracteres oscuros sobre fondo claro) y en negativo (contrastes claros sobre fondo oscuro).

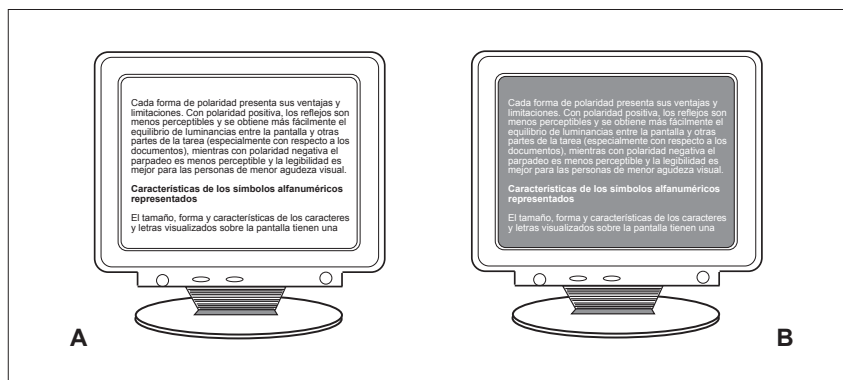


Fig. 2.4 Polaridad de la pantalla. A) positiva, B) negativa

Polaridad positiva (A)	Polaridad negativa (B)
<ul style="list-style-type: none"> • Reflejos menos perceptibles • Bordes de caracteres más nítidos • Mayor facilidad para obtener el equilibrio de luminancias 	<ul style="list-style-type: none"> • Parpadeo menos perceptible • Mejor legibilidad para personas con poca agudeza visual • Los caracteres se perciben mayores de lo que son realmente

Tabla 2.3 Ventajas e inconvenientes del tipo de polaridad de imagen

Cada forma de polaridad presenta sus ventajas y limitaciones. Con polaridad positiva, los reflejos son menos perceptibles y se obtiene más fácilmente el equilibrio de luminancias entre la pantalla y otras partes de la tarea (especialmente con respecto a los documentos), mientras con polaridad negativa el parpadeo es menos perceptible y la legibilidad es mejor para las personas de menor agudeza visual.

Características de los símbolos alfanuméricos representados

El tamaño, forma y características de los caracteres y letras visualizados sobre la pantalla tienen una influencia decisiva sobre su legibilidad, de ahí que las siguientes recomendaciones persigan una lectura confortable.

Altura de los caracteres

La altura mínima de los caracteres depende de la distancia de visión, ambos parámetros determinan el ángulo subtendido. Para la mayoría de las tareas se recomienda que dicho ángulo este comprendido entre 20 y 22 minutos de arco. El mínimo admisible (para lectura ocasional, notas a pie de página, etc.) es de 16 minutos de arco.

Para la distancia de lectura usual en el trabajo ante pantalla, entre 40 y 70 cm (se considera que 50 cm es la distancia visual óptima, como recomendación general), se obtiene que la altura mínima de los caracteres debe ser de 3,5 mm. y como máximo de 4,5 mm.

Unos caracteres más pequeños requerirán de un esfuerzo excesivo del ojo, que puede ir acompañado por posturas incorrectas de cuello y hombros, todo lo cual se traduce en molestias y dolores. Por otro lado, unos caracteres excesivamente grandes reducen la visión de conjunto del usuario, que sólo podrá ver simultáneamente fragmentos muy pequeños de información.

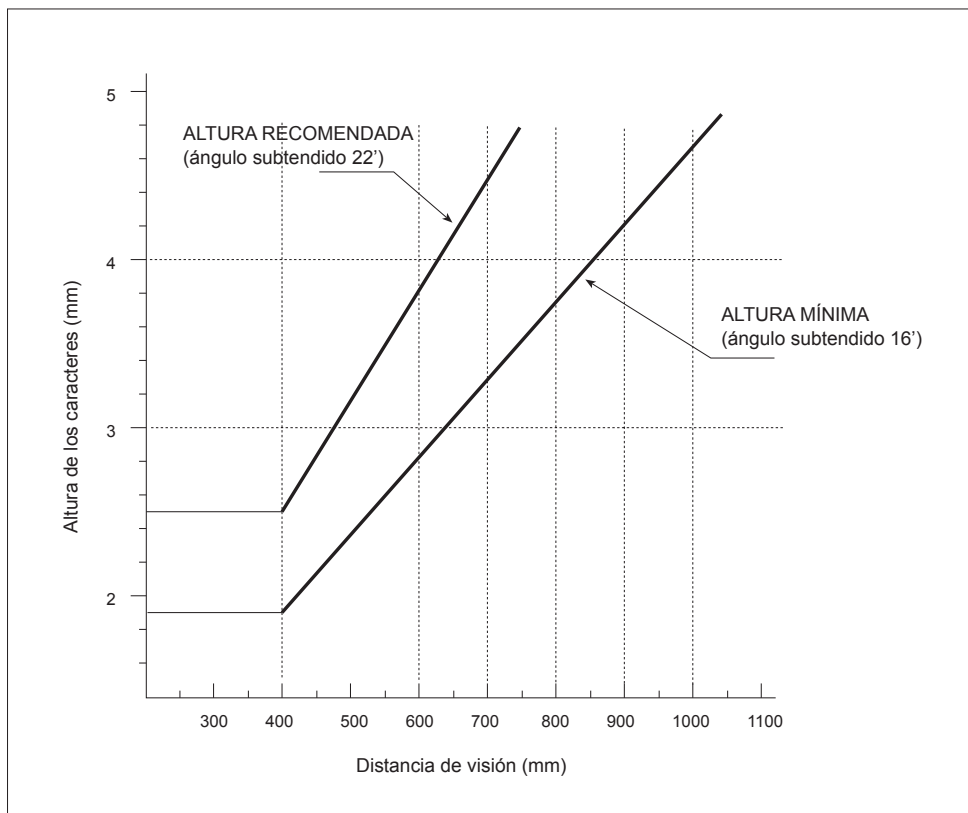


Fig. 2.5 Alturas recomendadas de los caracteres para cada distancia de visión

Relación anchura/altura de los caracteres

Para lograr una óptima legibilidad se recomienda que la relación anchura/altura esté comprendida entre 0,7:1 y 0,9:1. En ciertos casos, como por ejemplo cuando se utiliza un espaciado proporcional, se puede admitir una relación anchura/altura comprendida entre 0,5:1 y 1:1.

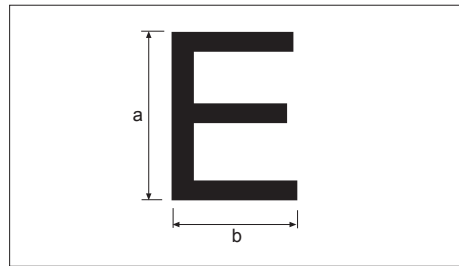


Fig. 2.6

Si el carácter es demasiado estrecho, los caracteres son más borrosos y menos nítidos, y si es demasiado ancho, cuesta más leer conjuntos de palabras de una sola mirada, además de no optimizar el espacio disponible de pantalla.

Anchura del trazo de los caracteres

La anchura del trazo de los caracteres debe estar dentro del rango comprendido entre $1/6$ a $1/12$ de la altura de los caracteres.

La mayor anchura de trazo se recomienda para el modo de representación en positivo (caracteres oscuros sobre fondo claro) y la menor para el modo negativo.

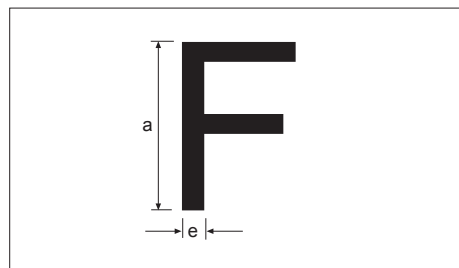


Fig. 2.7

Formato de los caracteres

- Los caracteres deben estar formados como mínimo por una matriz de 7 x 9 píxeles. Si se quiere obtener una buena calidad en la forma del carácter, se necesita una matriz de 8 x 14 o superior.

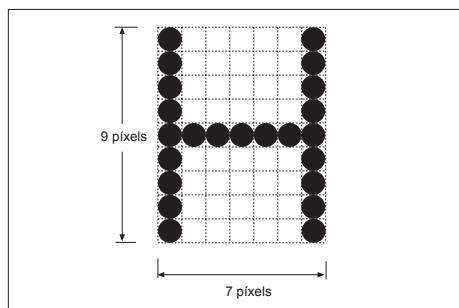


Fig. 2.8 Matriz de representación de los caracteres.

El incremento en el número de píxeles que forman un carácter mejora su definición, claridad y legibilidad, y por lo tanto, al reducir el esfuerzo visual necesario para su lectura, disminuye la irritación y la fatiga visual.

Si el número de píxeles que componen un carácter es reducido, puede ser fácilmente confundido con otros (Ej. B, 8), lo cual dificulta su interpretación.

- La forma de los caracteres debe ser clara para no dar lugar a equivocaciones (0, O, Q, D y G, C y H, N y l, 1 y B, 8 etc.).

Uniformidad del tamaño de los caracteres

La altura y anchura de cada carácter no debe variar más del 5% de las dimensiones nominales del carácter, independientemente del lugar de la pantalla donde se represente.

Separación entre caracteres, palabras y líneas

La separación entre caracteres debe ser aproximadamente del 20% de la altura y no menor del 15%; la separación entre palabras debe ser superior al 60%, y la separación entre líneas debería estar comprendida entre el 100 y el 150% de la altura.

La separación entre caracteres y palabras tiene dos funciones; por una parte el aprovechamiento del espacio y por otra el número de palabras que podemos reconocer de una sola mirada.

La separación entre líneas también debe estar delimitada, dado que si es demasiado grande no aprovecha el espacio y da sensación de discontinuidad; por el contrario, si es excesivamente pequeña, genera textos muy densos y de poca legibilidad, todo lo cual aumenta los errores y el tiempo empleado en su lectura.

Los filtros

Este accesorio para las pantallas de ordenador a extendido su utilización sin una adecuada información y sin conocer exactamente su valor real. Los filtros tratan de cumplir una doble función:

Absorber una posible emisión de radiaciones procedentes de la pantalla: de hecho, prácticamente no existen radiaciones procedentes de las pantallas de rayos catódicos, y la pequeña radiación existente es incapaz de producir riesgo alguno para la salud del operario, ni tan siquiera molestias.

Podemos afirmar, de acuerdo con el estado actual de los conocimientos en la materia, que la aplicación de estos filtros sobre las pantallas no tienen utilidad alguna en lo que se refiere a emisión de radiaciones, siendo únicamente adecuados para la reducción de la electricidad estática aquellos modelos que disponen de toma de tierra.

Permitir una mejor visión de la pantalla mediante la reducción de reflejos y el incremento del contraste de imagen.

Constituyen la *última* solución para la eliminación de los reflejos, que tienen su origen en:

- la incorrecta orientación de la pantalla.
- la mala iluminación.
- la mala calidad de la superficie de la pantalla.

Si después de haber seguido las recomendaciones que afectan a los puntos anteriores todavía persisten los reflejos, puede optarse por la colocación de un filtro.

Requerimientos de diseño para los dispositivos de entrada de datos

Teclado y ratón se constituyen como elementos claves y órganos de control para introducir ordenes y datos en el ordenador. Ambos se han convertido en algo indispensable, al menos de momento, mientras no se introduzcan nuevas posibilidades más naturales de enviar mandatos a los ordenadores, tales como la comprensión mediante la voz y la escritura manual.

El teclado

El objetivo de un diseño correcto del teclado es lograr que el usuario pueda localizar y accionar las teclas con rapidez y precisión sin que ello le ocasione molestias o incomodidades.

Características del teclado

- *El teclado debe ser independiente de la pantalla*, estable, y no se debe deslizar sobre su base; además, si es posible, es preferible que la parte numérica se pueda colocar a la izquierda o a la derecha de la parte alfanumérica, dependiendo de la mano dominante del usuario.

El teclado independiente de la pantalla permite adaptar la posición del teclado a las características de la tarea y situarlo a una distancia confortable, a gusto del operador, o lo que es lo mismo, permite que sea *flexible*.

La mayor parte de las unidades cumplen este requisito, aunque algunas unidades antiguas no tienen teclados independientes. Esta situación sólo es aceptable para tareas que impliquen una mínima cantidad de trabajo, y deben desaparecer progresivamente. No obstante, los ordenadores portátiles tampoco suelen cumplir este precepto.

El teclado debe de ser lo suficientemente ligero para que el operador pueda moverlo fácilmente, pero suficientemente pesado para evitar que se desplace cuando se utiliza. Si el teclado resbala, existe un gran riesgo de equivocarse de tecla, además de ser incómodo y perder tiempo en colocarlo en la posición correcta.

La movilidad de la parte numérica del teclado permite su adaptación tanto a diestros como a zurdos, que lo situarán en el lado que más les convenga. Esta característica es especialmente interesante en aquellos trabajos con un alto contenido en la introducción de datos numéricos.

- Si el diseño del teclado incluye un *soporte para las manos*, su profundidad debe ser al menos de 100 mm, desde el borde hasta la primera fila de teclas. Si no existe dicho soporte, la primera fila deberá estar tan cerca como sea posible del borde frontal del teclado (usando la mesa como soporte de las manos).

- *La distancia del teclado al borde de la mesa* debe ser mayor de 5 cm y al menos de 16 cm del centro del teclado al borde de la mesa. La altura de la línea central del teclado (ASDFG...) deberá estar comprendida como máximo entre 3 y 4 cm y la inclinación correcta del teclado deberá estar entre 0° y 25° grados, y si es regulable mucho mejor. Estos parámetros hacen que se coloquen bien las manos, las muñecas y antebrazos evitando la fatiga muscular, sobre todo en muñecas, debida a la tensión en tendones y nervios.

También, si el teclado es muy alto, se incrementaría el esfuerzo estático en brazos y espalda; por lo tanto en estos casos es conveniente utilizar apoyamuñecas (si se utiliza continuamente).

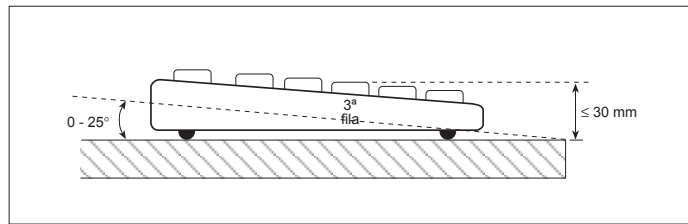


Fig. 2.9 Angulación del teclado

- Siempre que el espesor del teclado sea superior a 30 mm en su inicio, debe de proveerse de *espacio de reposo para las palmas de las manos* (reposamuñecas con el borde próximo redondeado y del mismo espesor que el teclado) con el fin evitar que las muñecas estén colocadas en un ángulo que pueda provocar lesiones por repetición.
- El teclado debe estar constituido por *tres grupos de teclas*: grupo alfanumérico, grupo de control o de funciones y el grupo de teclas numéricas, con una separación de, al menos, la mitad de la anchura de una tecla.

Grupo alfanumérico: constituido por los caracteres de las letras (minúsculas y mayúsculas), una línea superior de cifras, los símbolos (acentos, puntos, interrogaciones, etc.) y la barra espaciadora. De apariencia similar a las máquinas de escribir. Existen varios sistemas de distribución del teclado principal. En castellano, a pesar de no ser el más apropiado para nuestro idioma, se utiliza el QWERTY. Este grupo debe incluir los acentos y signos ortográficos de los idiomas utilizados; en castellano la ñ, en catalán la ç, etc.

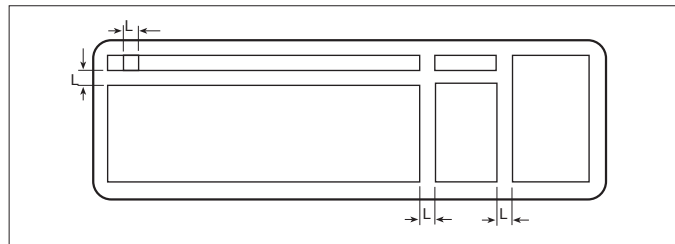


Fig. 2.10 Layout de un teclado

Grupo de teclas de función y de control: Son teclas especiales que permiten insertar, imprimir, mover el cursor, etc., y algunas son programables.

Grupo de teclas numéricas: Grupo de teclas numéricas dispuestas de manera análoga al de una calculadora, muy útiles para la introducción de cifras y cálculos matemáticos simples.

Este tipo de estructuración en grupos del teclado facilita su utilización. La parte central, por razones prácticas, será la formada por el grupo alfanumérico.

Características de las superficies y materiales del teclado

- El teclado debe tener un acabado mate y ligeramente rugoso. Un acabado mate y rugoso evita en gran medida que se produzcan reflejos y además mejora la legibilidad de las teclas. Si existieran

reflejos en las teclas, el operador adoptaría posturas incorrectas para poder leer las teclas, lo que le llevaría a una fatiga muscular, sobre todo en hombros y cuello.

- En el conjunto que forma el teclado, los colores, tanto de la carcasa como de las teclas y los símbolos, no deben estar excesivamente contrastados.
- El contraste entre las luminancias del teclado y el medio ambiente deberá estar situado entre 1:3 y 1:8

Características de las teclas

- Las teclas deben ser ligeramente cóncavas y deben poder ser accionadas ejerciendo una débil presión, de 20 a 120 gr.

La razón por lo que las teclas deben ser ligeramente cóncavas es, por una parte, la de evitar las reflexiones y, por otra, la de permitir apoyar los dedos en el teclado más cómodamente.

La fuerza necesaria para pulsar una tecla no debe ser excesiva, ya que produciría una fatiga muscular del operador debida a la tensión de los músculos y tendones de la mano.

- El hundimiento de la tecla para que sea pulsada está comprendido entre 2 y 5 mm.

Un hundimiento muy pequeño puede causar la inseguridad de saber si ha sido pulsada o no, además de causar una sensación extraña. Si el hundimiento es excesivo, se pierde tiempo en accionar la tecla.

- Algunos símbolos, como la barra espaciadora, deben repetir las indicaciones mientras sigamos manteniendo la tecla pulsada.

- El tamaño de las teclas (superficie de contacto) debe estar comprendido entre 12 x 12 y 15 x 15 mm y la separación entre teclas entre 18 y 20 mm. Algunas teclas especiales de utilización muy habitual deben ser de tamaño superior (Enter, bloqueo de mayúsculas, tabuladores, barra espaciadora, etc.) y de un color diferente, a fin de evitar cualquier posible equivocación.

Por una parte, estas dimensiones optimizan las dimensiones del teclado, y por otra, evitan en gran medida que se puedan pulsar varias teclas a la vez. Si las teclas están muy juntas o son muy pequeñas, es mucho más fácil que el operador se equivoque de tecla o que se pulsen varias teclas a la vez, y si las teclas son muy grandes o están muy separadas, el teclado debería ser excesivamente grande, además de perder tiempo en ir a pulsar la tecla deseada (no existiría continuidad en las pulsaciones como en una máquina de escribir).

La barra espaciadora debe situarse en la fila inferior del teclado, además de ser lo suficientemente grande como para ser pulsada desde cualquier posición que adopten las manos sobre el teclado.

Es conveniente que determinadas teclas (F, J, 5) tengan un ligero resalte, de esta manera, por el tacto y sin necesidad de tener que mirar el teclado, sabremos que los dedos índice de ambas manos se encuentran situados correctamente sobre las teclas correspondientes de la fila central.

- Los símbolos impresos en las teclas deben estar grabados indeleblemente, de esta forma evitaremos que se borren con el uso o con la limpieza.
- El accionamiento de las teclas debe suministrar una señal de retroacción al usuario; dicha señal puede ser acústica y/o táctil. Es preferible utilizar la retroacción táctil, consistente en la existencia de un punto, en el accionamiento, a partir del cual la tecla cede repentinamente. Esto evita el perder tiempo en comprobar si realmente ha sido pulsada la tecla.

Nuevos teclados

Aunque la disposición y técnicas de teclado han resultado ser más o menos afortunadas, con el paso del tiempo se han detectado molestias osteomusculares debido a la ejecución de gestos repetitivos. Para paliar estos problemas, producto de una prolongada utilización del teclado, están apareciendo teclados de nueva concepción, en los que se adapta la forma y ubicación de las teclas de manera que resulten más naturales.



Fig. 2.11 Teclado con disposición anatómica

Si la longitud de nuestros dedos no es uniforme ¿por qué ha de ser plano el teclado? Resulta mucho más razonable un teclado con la parte central más hundida y las teclas adyacentes horadas hacia la superficie en correlación con la longitud de cada dedo. El aspecto de estos innovadores teclados es sorprendente, pero, sin ninguna duda, el tiempo demostrará sus grandes ventajas (considerable incremento de la velocidad y ritmo de escritura, menor número de lesiones acumulativas).

Además de la longitud de los dedos debe tenerse en cuenta la posición más natural de muñecas y antebrazos.

La *disposición de las letras sobre el teclado* según el famoso modelo QWERTY, tan inexplicable como aceptado por la mayoría, parece más propio de un conjuro de magia que de un razonamiento lógico. August Dvorak y Willian L. Dealey han propuesto un teclado que fomenta la alternancia de las dos manos cuando se mecanografía. En este sistema las vocales se sitúan en la fila central y las consonantes que se usan con más frecuencia bajo los dedos de la mano derecha, en la fila central.

Las nuevas disposiciones de las letras sobre el teclado, ajustando a las frecuencias de uso de cada lengua, a pesar de sus ventajas en cuanto a movimientos de las manos y velocidad de escritura, tropiezan con la dificultad de sustituir el parque de teclados actual y el gravísimo problema de volver a aprender a escribir.

Otros dispositivos de entrada/salida

Los dispositivos de entrada de datos distintos al teclado más comúnmente utilizados son los siguientes:

- Ratón
- Joystick o palanca de control
- Trackball o bola rastreadora
- Pantalla táctil

Ratón

Desde la aparición de interfase de usuario, muy accesibles por medio de menús empezaron a surgir unos dispositivos apuntadores para facilitar su uso. Mediante un movimiento de estos apuntadores especiales se podía señalar cualquier punto de la pantalla, y con un botón se indicaba la opción seleccionada.

Este tipo de dispositivos, lo suficientemente pequeños para caber en la palma de la mano, se asemejan a un ratón que se escabulle por la mesa, de ahí su nombre.

Existen ratones de uno, dos, tres botones e incluso más. Pero como a medida que aumenta el número de botones se complica su utilización y pierden en funcionalidad, los ratones de dos botones se han erigido como estándares en este tipo de dispositivos.

Un ratón confortable requiere un ángulo de curvatura de unos 45° para que la mano descansa sobre su superficie, y un adecuado tamaño para que adopte una posición natural con el dedo pulgar y meñique a ambos lados del dispositivo. En la actualidad, se ha avanzado en estos ratones informáticos y existen dispositivos para zurdos y hasta para las personas con “manos grandes”.

Los únicos inconvenientes de los ratones son que suelen recoger toda la suciedad que se encuentra en la superficie donde ruedan y, sobre todo, que requieren un cierto espacio donde operar en el escritorio; de todas formas unas consideraciones generales serían:

- La forma del ratón debe adaptarse a la curva de la mano y su tamaño al percentil 5 de los usuarios.
- El movimiento del ratón debe resultar fácil y la superficie sobre la que descansa debe permitir su libre movimiento durante el trabajo.
- Los pulsadores de activación deben moverse en sentido perpendicular a la base del ratón, y su accionamiento no debe afectar a la posición del ratón en el plano de trabajo.
- El manejo del ratón debe permitir el apoyo de parte de los dedos, mano o muñeca en la mesa de trabajo con el fin de lograr un accionamiento más preciso y, en su caso, poderse mantener parado.
- La retroacción visual desde la pantalla debe ser rápida.
- El manejo del ratón debe ser posible para diestros y zurdos.
- Si poseen cable de entrada, éste no debe situarse nunca entre la mano y la superficie de la mesa.

Joystick o Palanca de control

- La palanca debe ser simple y fácil de operar tanto con la mano derecha como con la mano izquierda.
- La base del dispositivo debe ser tan delgada como sea posible, a fin de minimizar el ángulo de la muñeca.
- Cuando la palanca se utiliza con frecuencia, el diseño debe permitir que la mano descansa confortablemente en el dispositivo mientras no se acciona.
- El diámetro de la empuñadura destinada a ser agarrada con la mano debe estar comprendida entre 30 y 100 mm, y su longitud debe ser al menos de 50 mm. Los botones de activación se situarán en la parte superior de la empuñadura.
- El diámetro de las palancas destinadas a ser agarradas con los dedos debe estar comprendido entre 9 y 20 mm, y su longitud debe ser al menos de 30 mm.
- La retroacción visual en pantalla no debe demorarse más de 40 milisegundos.

- La histéresis (debida a las holguras) del dispositivo no debe afectar a la resolución de la tarea.

Trackball o bola rastreadora

- El diseño del soporte de la bola rastreadora debe permitir al usuario descansar su mano confortablemente en el mismo, con el fin de evitar la fatiga durante el uso prolongado.
- El dispositivo deberá poder accionarse tanto con la mano derecha como con la mano izquierda.
- El accionamiento de la bola no debe limitar la capacidad de resolución humana, estimada en 0,25 mm.

Pantalla táctil

Una pantalla táctil-interactiva (TID, Touch-Interactive Device) es un utensilio de introducción de datos mediante el cual se permite al usuario interactuar con el sistema indicando o señalando los objetos sobre la misma pantalla. Las TIDs degradan la calidad de imagen, ya que reducen la luminancia o bien su resolución. Estas degradaciones son consecuencia de las características técnicas de la pantalla o también por culpa de la suciedad que en ellas se va acumulando tras el constante contacto del usuario. Generalmente presentan el problema de la distancia o separación entre la superficie de contacto y la imagen, y en gran medida provocan problemas con el brillo y los reflejos.

Hay seis tipos básicos de TIDs:

1. *Fijas*. El contacto del dedo del usuario genera unas coordenadas X,Y. Esta tecnología se asocia con un parallax mínimo, un 70 u 80% de transmisividad, y de medio-alto grado de reflejo-brillo.

2. *Capacitivas*. Consisten en un film conductor sobre el cristal. El contacto con la superficie cambia un pequeña señal eléctrica que pasa a través de una película, y esta señal se convierte en unas coordenadas X,Y. Esta tecnología se asocia con un parallax mínimo, un 85% de transmisividad, y una cantidad media de reflejo.

3. *Membrana resistiva*. Son un “sandwich” de dos pantallas, al tocar en ellas se provoca un contacto entre dos capas conductoras. La corriente y nivel de voltaje generados se asocian con una posición X,Y concreta. También se asocia con bajo parallax, 50 o 60% de transmisividad, y un elevado brillo.

4. *Infrarrojos*. Usan transmisores de infrarrojos a lo largo de dos caras perpendiculares de la pantalla y las fotocélulas receptoras, hacia las caras opuestas. El contacto del usuario provoca una interrupción en la matriz de la corriente de luz, generando las coordenadas X,Y pertinentes. Esta tecnología se asocia con un parallax apreciable, entre el plano de las corrientes de luz y la superficie de la pantalla, 100% de transmisividad, y no presenta problemas de brillo.

5. *Superficie de ondas acústicas*. Similares a las infrarrojas, solo que éstas usan corrientes de ultrasonidos en lugar de corrientes de luz. Las coordenadas vienen determinadas por los tiempos en la recepción de las ondas acústicas. Son de mínimo parallax, 92% de transmisividad, y un nivel medio de reflejo.

6. *Sensibles a presión*. Usan dispositivos de presión colocados entre la superficie de la pantalla y una capa interior. El *output* de estos dispositivos (voltaje) codifica la posición X, Y. Esta tecnología se asocia con un parallax mínimo y un inexistente brillo.

- Las pantallas destinadas a ser utilizadas frecuentemente deberán de situarse de tal forma que el

usuario pueda alcanzarlas con facilidad manteniendo una postura correcta. Es preciso compatibilizar tales requerimientos con los relativos a las demandas visuales de la tarea.

- Su accionamiento no debe requerir que el usuario levante el brazo más de 150 mm sobre la superficie de la mesa (aproximadamente la altura del hombro).
- El sistema debe proporcionar una retroacción visual, aunque admite también la reacción auditiva. La demora de dicha retroacción debe ser como máximo de 80 milisegundos.

Impresoras

- Deben ser lo más *silenciosas* posible y estar equilibradas. El ruido máximo que se recomienda para evitar la pérdida de concentración del operador para trabajos de programación y diseño es de 55 dB(A).

Si el nivel sonoro o el tránsito generado por personas que recogen “colas” de artículos es excesivo, puede molestar y distraer al personal, con lo cual éste pierde capacidad de concentración y puede tener problemas de estrés; en este caso se debería:

- enclaustrar la impresora en una campana insonorizadora;
 - instalar en un local desocupado el equipamiento ruidoso, si su utilización es poco frecuente;
 - colocar la impresora lejos del puesto de trabajo que necesite concentración media-alta en la tarea.
- La manipulación de la impresora debe ser sencilla y el control debe estar situado en algún lugar fácilmente accesible y visible para el operador.
 - La impresora debe admitir papel tipo folio, DIN A4, A3, sobres, etc. además de papel continuo.

Conviene que la mayoría de elementos que se utilizan en una oficina sean *flexibles*; lo mismo con la impresora, o sea, que se pueda adaptar fácilmente a los requerimientos que se necesitan.

- Es conveniente que la impresora avise cuando ha acabado de imprimir, y sobre todo cuando se vaya a acabar el papel.
- Las impresoras láser y fotocopiadoras tendrán un tratamiento específico para reducir sus emisiones de ozono a límites aceptables.

Se consultará el manual de instrucciones de los fabricantes, en lo que se refiere a las emisiones de ozono y su control. Se tomarán las medidas necesarias para garantizar que los filtros se cambien en los tiempos recomendados, o antes si fuese necesario.

Al comprar máquinas nuevas se tendrán en cuenta los niveles probables de emisión de ozono, la facilidad de sustitución del filtro y el detalle de la información suministrada por el fabricante al respecto.

En la medida de lo posible, las máquinas no se colocarán en espacios de un volumen inferior a 25 m³. Se proveerá de la suficiente ventilación (mínimo 0,5 renovaciones de aire por hora). La aspiración no estará frente al operario y estará a una distancia mínima de 1 m respecto a cualquier superficie sólida. Se procurará colocar las máquinas agrupadas y en determinadas circunstancias se dispondrá ventilación adicional.

Dado que algunas personas son muy sensibles, se alejará a las mismas de la proximidad de la zona en que están situadas estas máquinas, y/o se mejorará el sistema de ventilación.

El filtro encargado de reducir las emisiones de ozono, que tiene una vida limitada y se deteriora rápidamente con el uso, se cambiará regularmente atendiendo a las especificaciones del fabricante en función del número de copias sacadas. Dependiendo de la máquina, se sitúa entre las 10.000 y las 40.000 copias.

Requerimientos del medio ambiente físico

Los principales aspectos medioambientales que es preciso tener en cuenta en el acondicionamiento de los puestos de trabajo con equipos de PVD's son: iluminación, ruido, condiciones termohigrométricas y emisiones electromagnéticas. De entre todas ellas destaca, por su importancia en estos puestos, la iluminación.

La iluminación

La introducción de PVD's como herramienta de trabajo en las oficinas precisa de unas condiciones especiales de iluminación, ello se debe a los requerimientos visuales específicos de esta tarea.

Los problemas que se presentan habitualmente se deben a la ubicación de estas herramientas en lugares donde se desarrollaban las tareas de oficina tradicionales, sin tener en cuenta las diferentes exigencias en cuanto a condiciones de iluminación.

Además de los niveles de iluminación, interesa especialmente la calidad de esta iluminación.

Especificaciones de las normas técnicas sobre la iluminación

REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 PARA LA ILUMINACIÓN

- La iluminación general y la iluminación especial (lámparas de trabajo), cuando sea necesaria, deberán garantizar unos niveles adecuados de iluminación y unas relaciones adecuadas de luminancias entre la pantalla y el entorno, habida cuenta del carácter del trabajo, de las necesidades visuales del usuario y del tipo de pantalla utilizado
- El acondicionamiento del lugar de trabajo y del puesto de trabajo, así como la situación y las características técnicas de las fuentes de luz artificial deberán coordinarse de tal manera que se eviten los deslumbramientos y reflejos molestos en la pantalla u otra parte del equipo.

Reflejos y deslumbramientos:

- Los puestos de trabajo deberán instalarse de tal forma que las fuentes de luz, como ventanas y otras aberturas, tabiques transparentes o translúcidos y los equipos o tabiques de color claro no provoquen deslumbramiento directo ni produzcan reflejos molestos en la pantalla.
- Las ventanas deberán ir equipadas con un dispositivo de cobertura adecuado y regulable para atenuar la luz del día que ilumine el puesto de trabajo.

Tabla 2.4

En relación con los requerimientos establecidos para la iluminación por el R. D., la parte 6 de la propuesta de Norma contiene las siguientes especificaciones:

- En primer lugar, en el recinto donde se ubiquen los puestos de trabajo con PVD's debe existir una iluminación general. Si se utilizan fuentes de iluminación individual complementaria, éstas no deben ser usadas en las cercanías de la pantalla si producen deslumbramiento directo o reflexiones.
- Tampoco deben ser usadas en el caso de que produzcan desequilibrios de luminancia que interfieran la tarea del propio usuario o a los operadores del entorno.
- En todo caso, el nivel de iluminación debe ser suficiente para el tipo de tarea que se realice en el puesto (por ejemplo, lectura de documentos), pero no debe alcanzar valores que reduzcan el contraste de la pantalla por debajo de lo tolerable (la relación de contraste entre caracteres y fondo no debe ser inferior a 3).

Control del deslumbramiento

Con el fin de limitar el deslumbramiento directo producido por las luminarias instaladas en el techo, se establece el límite de 500 cd/m² para las que son vistas bajo un ángulo menor a 45° sobre el plano horizontal, siendo recomendable no sobrepasar las 200 cd/m².

Para evitar el deslumbramiento producido por los reflejos, las superficies del mobiliario y de los elementos de trabajo deben ser de aspecto mate.

Para las pantallas habituales, cuyas propiedades reflectantes de la superficie no se han eliminado de manera suficiente, se establece un límite para la luminancia promedio de unos 200 cd/m², con máximos de 400 cd/m².

Distribución de luminancias

Se indica la necesidad de asegurar un equilibrio adecuado de luminancias en el campo visual del usuario. Para ello se establece que entre los componentes de la tarea la relación de luminancias no debe ser superior a 10:1 (por ejemplo, entre pantalla y documento). La relación de luminancias entre la tarea y el entorno medioambiental se considera un aspecto menos crítico (se podrían presentar problemas con relaciones de luminancia del orden de 100:1).

La luminancia es el factor más importante desde el punto de vista del operador; cuando cambiamos la mirada entre los distintos elementos que conforman nuestro entorno (pantalla, teclado y documentos), ésta debe adaptarse a las nuevas luminancias.

Para que el ojo sea capaz de distinguir los detalles de las distintas tareas visuales con rapidez, exactitud y confortabilidad, las diferencias de luminancia dentro del campo visual deberán estar limitadas.

– Pantalla-Documento	inferior a 3:1
– Pantalla-Mesa	inferior a 5:1
– Pantalla-Entorno próximo	inferior a 15:1
– Fuentes de luz - fondo	inferior a 20:1
– Parte más brillante y resto del local	inferior a 40:1.

Ubicación del puesto y la pantalla

También se dan indicaciones en esta parte de la norma acerca de la colocación más adecuada del puesto de trabajo para evitar reflejos y deslumbramientos. A este respecto se recomienda que el puesto

de trabajo y la pantalla se sitúen paralelamente a las ventanas, con el fin de evitar los reflejos que se originarían si la pantalla se orientara hacia ellas, o el deslumbramiento que sufriría el usuario, si fuera éste quien se situara frente a las ventanas. Estas medidas pueden ser complementadas mediante la utilización de cortinas o persianas que amortigüen la luz, o mediante mamparas en las salas que dispongan de ventanas en más de una pared.

Recomendaciones

- Lo primero que se debe hacer es situar la pantalla correctamente respecto a las demás fuentes de luz para evitar los reflejos en la pantalla y deslumbramientos al operador.
- Ninguna ventana debe encontrarse delante o detrás de la pantalla.
- El eje principal de la vista del operador debe ser paralelo a la línea de las ventanas y a la de las fuentes artificiales de luz.
- Si las entradas de luz proceden de dos o más direcciones, la sala es incompatible con el trabajo en pantalla, a no ser que existan cortinas o persianas adecuadas.
- Las ventanas deben disponer de persianas o cortinas que amortigüen la luz.
- La pantalla debe situarse en el lado más alejado de las ventanas para que la sobreiluminación diurna no dificulte la adaptación de los ojos a la relativa oscuridad de la pantalla (sobre todo si ésta tiene polaridad negativa). Por la misma razón, las ventanas no deben estar dentro del campo visual del operador (habrían grandes diferencias de luminancias que conllevarían a la fatiga e irritación de los ojos).
- Si por razones diversas las PVD's no pudieran instalarse conforme a estos criterios, es preciso recurrir a paneles móviles o mamparas.

Iluminación artificial

Respecto a la luz artificial, observaremos como mínimo lo siguiente:

- La iluminación se realizará preferentemente colocando filas de luminarias dispuestas paralelamente al eje de la mirada de los operadores y paralelas a las ventanas.
- Ninguna fuente de luz debe encontrarse dentro del campo de visión del empleado durante la realización de su tarea.
- Se evitará instalar fuentes de luz de gran potencia y alta luminancia; es preferible utilizar más lámparas de menor potencia unitaria.
- La iluminancia horizontal estará comprendida entre 250 y 500 lux.
- La iluminancia vertical a nivel de la pantalla estará entre 150 y 300 lux.
- La luminancia del techo estará comprendida entre 100 y 150 cd/m².
- No deben encontrarse fuentes luminosas visibles por debajo de un ángulo de 30°, en este caso deben eliminarse o apantallarse con la utilización de rejillas.

- Las lámparas individualizadas pueden ser utilizadas para reforzar la tarea de lectura de documentos, pero con criterios muy estrictos, pues pueden ser causa de deslumbramiento para otras personas.

Características de las superficies del local

- Los objetos grandes y las grandes superficies dentro del campo visual deben ser de igual brillo siempre que sea posible.
- Las diferentes superficies del puesto de trabajo deben ser de colores de brillo similar, se deben rechazar los efectos creados por combinaciones contrastes de blanco y negro, evitando los materiales reflectantes y dando preferencia a los colores oscuros.
- Los factores de reflexión recomendados son:

	<i>Con PVDs</i>	<i>Sin PVDs</i>
Techos	70%	80%-90%
Ventanas, cortinas o gradulux	50%	50-50%
Paredes de detrás de la pantalla		40-50%
Paredes situadas frente a la pantalla	30-40%	
Suelos	20-40%	20%-40%
Mobiliario		25%-45%

El ruido

Como es sabido, la pérdida progresiva de audición puede ser causada por altos niveles sonoros, aunque en el ámbito que estamos trabajando es preciso considerar los efectos indeseables producidos por ruidos de un nivel más moderado, entre los que se encuentran las perturbaciones de la atención y de la comunicación. Estas perturbaciones pueden llegar a ser inadmisibles en muchas de las actividades realizadas con equipos de PVD's.

Especificaciones de las normas técnicas para el ruido

REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 PARA EL RUIDO
<ul style="list-style-type: none"> • El ruido producido por los equipos instalados en el puesto de trabajo deberá tenerse en cuenta al diseñar mismo, en especial para que no se perturbe la atención ni la palabra.

Tabla 2.5

En la referida parte 6 se recomienda que el nivel sonoro en los puestos de trabajo con PVD's sea lo más bajo posible, para lo cual es preciso utilizar equipos con una mínima emisión sonora, junto a un acondicionamiento de la acústica del local de trabajo.

Entre otras cosas, establece que, para tareas difíciles y complejas (que requieren concentración) el nivel sonoro continuo equivalente (LAeq) no debe exceder los 55 dB (A).

Recomendaciones

- Los niveles de ruido permisibles en una oficina deben ser diferentes en función de la tarea realizada y del grado de concentración necesario para realizarla.
- Las tendencias actuales fijan límites entre 55 y 70 dB(A), en función del grado de concentración necesario: 55 dB(A) para zonas de programación y diseño y 70 dB(A) para el resto de tareas.
- Existen muchas posibilidades, a menudo poco costosas, para reducir el ruido en los puestos de trabajo, por ejemplo:
 - Encapsular las impresoras en campanas insonorizantes. En el mercado existen para todo tipo de impresoras, con atenuaciones próximas a 20 dB(A).
 - Colocación en una sala separada cuando existe un número alto de impresoras.
 - Cambio de impresoras de matriz de agujas por impresoras láser o de inyección de tinta, de tecnologías mucho más silenciosas. Una impresora no debe superar los 55 dB(A).
 - Controlar los ventiladores de la unidad del ordenador.
- Situar mamparas separadoras o mobiliario en las oficinas, que, además de dar cierta intimidad y pertenencia del puesto de trabajo al operador, reducen el ruido. Este sistema solo reduce unos pocos decibelios y no mitiga los superiores a 70 dB(A).

Condiciones termohigrométricas

Las condiciones microclimáticas de los lugares de trabajo constituyen un factor que influye directamente en el bienestar y en la ejecución de las tareas. Por consiguiente, debe ser contemplado también este aspecto en el acondicionamiento ergonómico de los puestos de trabajo con PVD's.

Especificaciones de las normas

REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 SOBRE CALOR Y HUMEDAD
<ul style="list-style-type: none"> • Los equipos instalados en el puesto de trabajo no deberán producir un calor adicional que pueda ocasionar molestias a los trabajadores. • Deberá crearse y mantenerse una humedad aceptable.

Tabla 2.6

En la misma parte 6 de la propuesta de Norma se recomienda que la temperatura operativa de confort sea mantenida dentro del siguiente rango (a modo general, ver el capítulo de Confort Térmico):

- En época de verano: 23 a 26 °C
- En época de invierno: 20 a 24 °C

La sequedad de los ojos y mucosas se puede prevenir manteniendo la humedad relativa entre el 45% y el 65%, para cualquiera de las temperaturas comprendidas dentro de dicho rango.

Emisiones electromagnéticas

Especificaciones de las normas técnicas sobre emisiones electromagnéticas

Los campos electrostáticos que se generan en las pantallas pueden interferir el correcto funcionamiento de los dispositivos informáticos y causar molestias al operador (descargas electrostáticas) .

REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 SOBRE EMISIONES

- Toda radiación, excepción hecha de la parte visible del espectro electromagnético, deberá reducirse a niveles insignificantes desde el punto de vista de la protección, de la seguridad y de la salud de los trabajadores.

Tabla 2.7

En la parte 6 se indica que, para suprimir o reducir sus efectos, se pueden aplicar las siguientes medidas:

- Utilización y/o aplicación de productos antiestáticos.
- Uso de equipos con protección del tipo IEC 801-2.
- Aumento de la humedad relativa del aire.

De igual manera, para evitar las perturbaciones que pueden provocar en la imagen los campos electromagnéticos, se recomienda que los equipos informáticos utilizados estén contruidos con arreglo a las normas existentes, con el fin de que no produzcan interferencias radioeléctricas.

Dadas las características particulares del trabajo con pantallas, especialmente en lo referido a la iluminación, a continuación se indican las recomendaciones específicas para el trabajo con este tipo de equipos en las oficinas.

Emisión de radiaciones

La opinión generalizada de los usuarios atribuye a las radiaciones de las PVD's valores mucho mayores a los demostrados por las investigaciones. Sin duda este es el aspecto más temido y que mayor polémica ha suscitado por sus posibles consecuencias. Con todo esto se desvía la atención de los verdaderos problemas ya demostrados (problemas ósteomusculares y estrés).

Deberemos centrar nuestra atención sobre los aspectos citados anteriormente y olvidarnos un poco de las "temidas radiaciones" de las PVD's.

Definición y clasificación de las radiaciones

La radiación electromagnética es la propagación de energía en forma de onda que queda caracterizada a través de su frecuencia, número de picos de onda por segundo, y se expresada en hercios.

Nombre	Rango Frecuencia (Hz)	Longitud de onda (m)	Energía del fotón
R. Ionizantes			
Rayos X	$> 3 \cdot 10^7$	$< 10^{-9}$	$> 1,2\text{keV}$
U.V. ionizantes	$3 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^7$	$10^{-7} - 10^{-9}$	$12\text{eV} - 1,2\text{keV}$
R. Ópticas			
U.V. no ionizantes	$8 \cdot 10^{14} - 2 \cdot 10^{15}$	$3,8 \cdot 10^{-7} - 10^{-7}$	$3/12\text{eV}$
	$8 \cdot 10^{14} - 8 \cdot 10^{14}$	$7,5 \cdot 10^{-7} - 3,8 \cdot 10^{-7}$	$1,6/3\text{eV}$
	$8 \cdot 10^{14} - 4 \cdot 10^{14}$	$10 \cdot 10^{-3} - 7,5\text{e}^{-7}$	$0,0012/1,6\text{eV}$
R. Hercianas			
Microondas, UHF	$3 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^{11}$	$1 - 10^{-3}$	
Radiofrecuencia			
alta VHF, HF	$3 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^8$	$100 - 1$	
baja MF, LF	$3 \cdot 10^2 - 3 \cdot 10^6$	$10^8 - 10^2$	
muy baja VLF, ELF	$< 3 \cdot 10^2$	$> 10^8$	
Campos Electroestáticos	0		

Tabla 2.8 Frecuencia de las diferentes radiaciones y campos electromagnéticos

Tipos de radiaciones emitidas por una PVD

Un terminal de visualización de datos emite tres tipos de radiaciones:

- Radiación electromagnética ionizante (Rayos X y rayos UV)
- Radiación electromagnética no ionizante
 - Radiación óptica (Ultravioleta, Visible, Infrarrojo)
 - Ondas hertzianas (Microondas, Radioondas, Ondas electromagnéticas de baja y muy baja frecuencia)
- Radiación sónica.

Los efectos biológicos de las radiaciones dependen de su longitud de onda y de su intensidad.

Radiación electromagnética ionizante

Las radiaciones ionizantes (a la izquierda del espectro ultravioleta) tienen la energía suficiente para romper enlaces dentro de las células del organismo, y por lo tanto son nocivas. Estos efectos nocivos se pueden clasificar en dos categorías: mediatos y estocásticos.

Los efectos mediatos se originan cuando la magnitud de la radiación recibida supera un límite determinado, siendo la gravedad de las lesiones proporcional a la dosis recibida, pero en ningún caso se produce efecto por debajo del límite.

Los efectos estocásticos pueden surgir varios años después de la exposición y su efecto es de tipo probabilista. Es decir, la exposición supone un incremento, proporcional a su magnitud, en la probabilidad de sufrir algún tipo de cáncer o alteración genética.

Las pantallas basadas en diodos luminiscentes o de cristal líquido no emiten radiación ionizante, sólo los tubos de rayos catódicos llegan a producir rayos X blandos (de baja energía), y es la tensión

anódica el factor más importante que determina su cuantía. Los fabricantes utilizan vidrios con aditivos de sustancias absorbentes de las radiaciones (Plomo, Bario, Estroncio, etc.) y del suficiente grosor para que retengan prácticamente toda la radiación.

La norma UNE 20514-78 y su primer complemento de 1980, establece la dosis máxima admisible procedente de un tubo de rayos catódicos en 0,5 mR/h a 5 cm de la pantalla (0,005 mSv/h).

Mediciones de Rayos X (Representan la máxima lectura obtenida a 5 cm de la superficie)	
Referencia	mR/h
Weiss y Petersen	< 0,5
Terrana y otros	0,02
Cox	0,01
Bureau of Radiological Health	Indetectable
NIOSH investigation, 1981	Indetectable

Tabla 2.9 Mediciones de radiaciones en pantallas

Las mediciones publicadas por diferentes medios señalan, cuando se ha detectado algo, valores muy inferiores a los considerados como seguros. Aún en aquellos casos en los que se incrementa de forma notable la tensión anódica, por averías técnicas, el nivel emitido sigue siendo muy inferior al considerado como máximo seguro.

Todos los estudios llegan a la misma conclusión: *las emisiones de rayos X se sitúan muy por debajo de los límites estándar aceptados para la salud y seguridad ocupacional y ambiental*. El nivel de rayos X es muchísimo menor que el nivel de fondo del ambiente de fuentes naturales a los que la población general se encuentra expuesta (US National Academy of Sciences, Swedish National Board of Occupational Safety and Health).

Radiación no ionizante

Se extienden desde frecuencias bajas (ondas de radio) hasta los ultravioletas y comprende las ultravioletas, visibles, infrarrojas, microondas y radio frecuencias.

Ultravioletas (UV)

La acción de este tipo de radiación sobre los tejidos biológicos depende de su espectro de emisión, siendo estos los más característicos:

- Pigmentación de la piel expuesta, como respuesta fotoquímica normal.
- Enrojecimiento y quemaduras de la piel.
- Inflamación del tejido conjuntivo y de la córnea cuando afecta a los ojos.

Las niveles de radiación ultravioleta medidos frente a una PVD's son inferiores en dos o tres órdenes de magnitud a los límites estándar ocupacionales para la radiación ultravioleta.

Se sitúan muy por debajo de las emisiones de los tubos fluorescentes y son miles de veces inferiores a las provenientes del sol. Desde el punto de vista de la exposición, un mes de trabajo a jornada completa con terminal equivaldría a permanecer durante un minuto al sol.

Todos los expertos coinciden en asegurar que las PVD's no generan radiaciones ultravioletas que puedan tener efectos sobre los operadores.

Nº dePVD's estudiadas	Distancia de medida (m)	Rango de longitud de onda (nm)	Irradiancia (W/m ²)	Referencia
171	Contacto con PVD(con filtro)	320/400	$5 \cdot 10^{-4}/6,5 \cdot 10^{-3}$	Murray y otros
33	0,4/0,5	320/400	N.D./ $5 \cdot 10^{-2}$	B.R.X
—	240/336	N.D.	COX	
N.D. (No Detectado)				

Tabla 2.10 Niveles de emisión de radiaciones U.V. cercano y actínico en PVD

Visibles (RV)

Es la que aparece como imagen en la pantalla. Su cantidad es minúscula, estimándose que es 200 veces menor que la luz que entra por las ventanas en un día nublado. En todo caso la capacidad de percibir las por parte del ojo humano permite que evitemos las de intensidad excesiva.

Infrarrojos (RI)

Las radiaciones infrarrojas, al ser absorbidas por el cuerpo humano, se transforman en calor, y si su magnitud es lo suficientemente elevada pueden causar quemaduras. Son generadas principalmente por aquellos dispositivos diseñados para producir calor, como estufas y hornos.

Todas las mediciones sobre las emisiones originadas por PVD's han dado resultados inferiores al 1% de las existentes en el ambiente.

Nº dePVD's estudiadas	Rango de long. de onda (nm)	Radiancia/ irradiancia	Referencia
33	450/950	Rad<1 W/m ² ,sr	BRH
>200	450/950	<10W/m ² ,sr	COX

Tabla 2.11 Niveles de emisión de radiaciones visibles e I.R. próximo en PVD

Microondas (MW)

Las dosis excesivas de este tipo de radiaciones tiene efectos perjudiciales para el organismo. El nivel cósmico natural es muy pequeño, originándose fundamentalmente en las emisoras de FM, hornos a microondas y satélites de comunicaciones.

El diseño de las PVD's elimina la emisión de MW fuera de ellas. Todas las mediciones han mostrado valores comprendidos entre una milésima y una millonésima de los niveles de las regulaciones de seguridad más estrictas.

El informe de la Organización Mundial de la Salud de 1987 considera que este tipo de radiaciones no son producidas por las PVDs.

Radio Frecuencia (RF)

Se ha comprobado que las que emite laPVD's están en el orden de los niveles ambientales producidos por radio, TV y equipos de comunicación en las ciudades. Sus niveles son 2000 veces inferiores a los permitidos por las más estrictas regulaciones de seguridad.

La electricidad estática

Las altas tensiones generadas en el interior de los tubos de rayos catódicos durante su funcionamiento generan una campo eléctrico y magnético manifestado en la superficie exterior del tubo. Su efecto se detecta por la atracción de partículas de polvo en suspensión próximas a la pantalla, o por la erección del vello de los brazos cuando los aproximamos a la pantalla.

El poder del campo electrostático disminuye al aumentar la distancia, y presenta valores comprendidos entre 2 y 4 kV/m cuando se mide a las distancias de trabajo habituales (50-70 cm).

Las personas también producimos campos electrostáticos, que dependen en gran medida del nivel de humedad del aire, así como de la conductividad eléctrica de la ropa, zapatos y alfombras. Normalmente son negativos, con un valor medio de $-0,9$ kV, aunque algunos operadores presentan valor nulos o positivos alrededor de $1,1$ kV.

Se sabe que las partículas diminutas en suspensión del aire pueden tener cargas positivas o negativas, en cuyo caso se ven afectadas por los campos electrostáticos. Se estima que la velocidad de migración de estas partículas hacia la cara de los operadores se sitúa entre 0 y $7,5$ mm/s, que es considerablemente inferior a las velocidades del aire en el entorno de las PVD's.

Los campos electrostáticos por sí mismos no producen efectos perjudiciales sobre los operadores, no obstante pueden ser relevantes en la aparición de afecciones dermatológicas.

Algunos operadores de PVD's pueden sufrir afecciones dermatológicas (eritema facial, erupciones, dermatitis de contacto,...) debidas al transporte aéreo de partículas de polvo sobre su rostro, favorecido por el campo electrostático existente entre la pantalla y el operador, les genera reacciones de tipo alérgico. Estos síntomas se encuentran favorecidos además por la baja humedad del aire y la utilización de alfombras o moquetas no antiestáticas.

Los riesgos para la salud de los operadores que trabajen con pantallas que funcionen correctamente y con niveles de exposición normales se consideran despreciables. No obstante, si apareciese el problema, tiene fácil solución:

- Utilizar alfombras antiestáticas.
- Mantener una humedad relativa alta (mayor del 70%).
- Colocar un filtro con toma de tierra.
- Usar sillas con toma de tierra.

Radiaciones sónica y ultrasónica

En general las PVD's son equipos extremadamente silenciosos en comparación con los otros aparatos de oficina. En cuanto a los ultrasonidos, se han obtenido valores máximos de 66-68 dB, bastante por debajo de los 75 dB admitidos como seguros.

Repercusiones sobre la salud

Por lo expuesto anteriormente se concluye que *el usuario, con los datos que tenemos hoy día, no corre ningún riesgo de efectos biológicos* derivados de los rayos X, ELF, RF, UV, IR, MV.

Existe unanimidad científica en negar totalmente la vinculación entre PVD's y aborto prematuro, apoyándose en que ningún trabajo de investigación biomédica, epidemiológica o de otro tipo ha demostrado, mostrado evidencias o registrado cambios estadísticamente significativos según los cuales las usuarias de PVD's están expuestas a mayores riesgos de trastornos del embarazo (abortos, partos prematuros o tener hijos con malformaciones congénitas).

Debe mencionarse que la población general está y ha estado expuesta durante años a estas frecuencias sin perjuicios demostrados. Entre las principales fuentes se encuentran las conexiones electrodomésticas, los electrodomésticos del hogar, los televisores, los tubos fluorescentes y las estaciones de radio cercanas. Por tanto, será necesario una prolija actualización de los trabajos que se vayan publicando y el análisis significado de los resultados, a fin de tener un conocimiento objetivo del problema.

Las radiaciones no ionizantes, que en principio por su propia definición no ofrecen riesgos biológicos, están recibiendo cada día una mayor atención de las autoridades sanitarias de diversos países. Los resultados experimentales no son concluyentes, y la única conclusión segura es que los campos electromagnéticos parecen tener cierta influencia sobre los seres vivos, pero esa influencia tiene manifestaciones muy diversas, y a menudo, contrapuestas. Se trata, pues, de fenómenos sutiles, de difícil estudio, cuyos mecanismos de acción biológica no han podido ser establecidos aún con precisión. No se ha demostrado, obviamente, su inocuidad, quedando como incógnita de cara al futuro.

Ergonomía del software: diseño de sistemas de diálogo

La interfase del ordenador con el usuario, plasmada a través de los programas informáticos, juega un papel primordial en el trabajo con equipos informáticos. De su correcto diseño depende en gran medida la productividad del usuario, su satisfacción o rechazo, así como la amplificación de las patologías relacionadas con este tipo de trabajo, fundamentalmente la fatiga visual y el estrés laboral.

A continuación se exponen una serie de normas y recomendaciones genéricas, destinadas a programadores y compradores, cuyo objetivo es orientar el diseño y elección de los sistemas de diálogo que permitan al usuario realizar la tarea en condiciones ergonómicamente favorables.

Especificaciones de las normas técnicas sobre los sistemas de diálogo Usuario/Ordenador

Se ha concedido gran importancia al diseño de los sistemas de diálogo utilizados en las aplicaciones de *software*, como lo demuestra el hecho de que existan seis partes de las referidas normas, en fase de elaboración, donde se desarrollan estos aspectos.

En la parte 10, recientemente aprobada, se trata de los principios ergonómicos generales aplicables a cualquiera de las técnicas específicas de diálogo. Cada una de estas técnicas es tratada de manera específica en las partes 14, 15, 16 y 17 de la Norma: diálogos por menús, comandos, acceso directo y mediante cumplimentación de formulario, respectivamente.

Se definen siete principios generales aplicables a cualquiera de las técnicas específicas de diálogo:

1. Capacidad de adecuación a la tarea. Un diálogo es susceptible de adecuarse a la tarea en la medida en que asiste al usuario para lograr un acabado de la misma con eficiencia y eficacia.
2. Autodescriptividad. Un diálogo es autodescriptivo en la medida en que cada una de sus etapas es

directamente comprensible a través de una retroalimentación con el sistema o es explicada al usuario con arreglo a su necesidad de información.

3. Controlabilidad. Un diálogo es controlable en la medida en que permite al usuario conducir la totalidad del curso de la interacción hasta lograr el objetivo.
4. Conformidad con las expectativas del usuario. Un diálogo es conforme con las expectativas del usuario en la medida en que se corresponde con el conocimiento que éste tiene de la tarea, así como con su formación, experiencia y las convenciones comúnmente aceptadas.
5. Tolerancia de errores. Un diálogo es tolerante a los errores en la medida en que, a pesar de los errores que se cometan en la entrada, se puede lograr el resultado que se pretende sin realizar correcciones o cuando éstas son mínimas.
6. Adaptabilidad individual. Un diálogo es susceptible de adaptarse al individuo en la medida en que el sistema de diálogo puede modificarse de acuerdo a las habilidades y necesidades de cada usuario en particular, en relación con una tarea determinada.
7. Fácil de aprender. Un sistema de diálogo facilita su aprendizaje en la medida en que proporciona medios, guías y estímulos al usuario durante la etapa de aprendizaje.

REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 PARA LA INTERCONEXIÓN ORDENADOR/PERSONA

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

- El programa habrá de estar adaptado a la tarea a realizar.
- El programa habrá de ser fácil de utilizar y deberá, en su caso, poder adaptarse al nivel de conocimientos y experiencia del usuario; no deberá utilizarse ningún dispositivo cuantitativo o cualitativo de control sin que los trabajadores hayan sido informados de esta consulta con sus trabajadores.
- Los sistemas deberán proporcionar a los trabajadores indicaciones sobre su desarrollo.
- Los sistemas deberán mostrar la información en un formato y a un ritmo adaptado a los operadores.
- Los principios de ergonomía deberán aplicarse en particular al tratamiento de la información por parte del hombre.

Tabla 2.12

Riesgos para la salud

Las solicitaciones específicas del trabajo con equipos informáticos en cuanto a carga física y mental han dado lugar a numerosos estudios en todo el mundo, tendentes a conocer el impacto sobre la salud de los trabajadores que utilizan estos equipos.

Trastornos como la fatiga visual, síntomas de afecciones músculo-esqueléticas y alteraciones de carácter psicológico han sido relacionadas con la utilización de PVD's, y aunque no todos estos

problemas pueden atribuirse a los efectos de las pantallas de datos en sí mismas, muchos de ellos son el resultado de un medio ambiente de trabajo mal adaptado o una concepción de empleo inadecuada, y pueden encontrarse igualmente en otros puestos de trabajo que nada tienen que ver con PVD's.

La mayoría de estos estudios se han centrado en los siguientes aspectos:

- La emisión de radiaciones y, de manera especial, sus repercusiones sobre las funciones reproductoras.
- Los trastornos visuales.
- Los trastornos músculo-esqueléticos y su relación con la ergonomía del puesto de trabajo.
- Los trastornos de carácter psicológico.
- El estrés.

Históricamente, preocuparon primero los problemas visuales que plantearon los ordenadores en la década de los setenta. Actualmente, aclarado y controlado ergonómicamente el riesgo de la fatiga visual y descartado el de los posibles efectos de las radiaciones sobre las funciones reproductoras de los trabajadores u operadores expuestos, el problema se centra en los riesgos para el sistema músculo-esquelético de tipo postural o por la exigencia de movimientos repetitivos.

La opinión pública ha estado sometida durante los últimos años a noticias de carácter alarmista sobre la presunta gravedad para la salud de los hipotéticos riesgos derivados del trabajo con ordenadores. Los conocimientos actuales nos permiten desmentir la mayoría de estas informaciones y asegurar que el riesgo de los trabajos con ordenadores es de una gravedad baja.

Estas noticias inciden básicamente en cuatro aspectos:

a) Contenido Psicosocial: Surgieron con el inicio de la incorporación de los ordenadores al mundo laboral, y basándose en la elevada productividad de los equipos informáticos reflejan el temor a la eliminación de puestos de trabajo. Esta clase de temores es importante, sobre todo en la población de trabajadores maduros que no puedan asimilar esta nueva tecnología y vean peligrar su continuidad y/o promoción laboral.

b) Contenido Visual: Auguran toda clase de efectos dañinos para la vista, basándose en su supuesta agresión por parte de las pantallas de visualización y la alta demanda visual requerida.

c) Contenido Radiofónico: Grave y alarmista, desinforma sobre los graves efectos de las radiaciones emitidas por pantallas o ordenadores sobre sus usuarios, especialmente en el caso de las embarazadas.

d) Contenido Músculo-esquelético: Ha sido el último en aparecer, atañe a la gravedad de las posturas estáticas y de los movimientos repetitivos sobre la salud, siendo el que tiene una base más realista.

Conclusiones

- El alarmismo suscitado acerca de los riesgos de los ordenadores no tiene la suficiente consistencia para imputar la alta gravedad anunciada.
- La gravedad real del riesgo sólo se justifica por su posible patología músculo-esquelética.
- Es difícil e incorrecto atribuir a esta patología real cotas de alta gravedad.
- A pesar de todo ello, los tópicos perpetúan su pretendida gravedad, lo cual justifica el abordaje prioritario de esta tarea.

Se deben analizar los riesgos reales, valorándolos adecuadamente, desmitificando los tópicos alarmistas sobre su presunta alta gravedad, así como orientar para su prevención a través de un control ergonómico y de la vigilancia médica del riesgo.

Justificación del estudio de los riesgos

Si queremos adaptar los requerimientos del trabajo a las personas, asegurando su salud laboral es necesario conocer, identificar y controlar los riesgos profesionales para poder prevenirlos y/o remediar las consecuencias cuando la prevención ha fracasado.

La cuantificación o medición de cualquier riesgo se basa en la apreciación de los dos factores que los definen, su **probabilidad** y su **gravedad**. La probabilidad nos mide la frecuencia con que se presenta, la gravedad mide los efectos que provoca su descontrol en caso de causar problemas.

La importancia del riesgo viene determinada por el producto de la probabilidad por la gravedad. Un riesgo muy probable es importante aunque sea poco grave, y al revés, un riesgo grave es importante aun cuando sea poco probable.

En el caso que nos ocupa, las constantes innovaciones tecnológicas hacen que exista una permanente introducción de nuevos riesgos y modificaciones de los ya existentes.

Importancia del riesgo del trabajo con ordenadores

Gravedad

Afortunadamente la gravedad es mínima, no existe una patología laboral clara y grave derivada de este riesgo, es un riesgo más ergonómico de fatiga que de patología; sin embargo, su magnificación, con un alarmismo confuso, lo hace aparecer algunas veces como aparentemente grave.

Probabilidad-frecuencia

La generalizada implantación del trabajo con ordenadores en el sector de los servicios, dentro del cual se incluyen las oficinas, hacen que el posible riesgo derivado de ellos afecte a un cada vez más elevado número de trabajadores.

La elevadísima frecuencia de problemas relacionados con la utilización de videoterminals hace que, a pesar de la poca gravedad de las lesiones, sea un punto de estudio de gran interés en el que hay mucho que avanzar.

Patología visual: la fatiga visual

Se han podido constatar una serie de alteraciones en el órgano de la visión, y ello sobre todo en relación a una mala utilización de los equipos con PVD's y a la existencia de patologías previas (miopía, astigmatismo, hipertensión, diabetes, etc.).

La *fatiga visual o astenopia* puede definirse como una alteración funcional, de carácter reversible en su inicio, debida a sollicitaciones excesivas sobre los músculos oculares y de la retina, a fin de obtener una focalización fija de la imagen sobre la retina. Se acompaña de una reducción de la capacidad necesaria en la realización de la tarea, constituyendo una señal de alarma.

Causas y orígenes

Este síndrome de fatiga visual puede tener un origen extraocular, como las situaciones de estrés psíquico, cansancio, preocupaciones, convalecencias, embarazo, etc. En estas situaciones hay una insuficiencia del músculo ciliar.

Las funciones de acomodación y convergencia del órgano visual se realizan a merced de la acción de los músculos ciliares y de los músculos extrínsecos del ojo. La insuficiencia de estos sistemas constituye la fatiga visual en sus dos vertientes acomodativa y de convergencia.

Los trastornos de que hablamos se presentan más frecuentemente en personas con defectos visuales desconocidos por ellos mismos o con mala corrección. También pueden aparecer en sujetos sin defectos de refracción, pero que pasan largos períodos de tiempo frente a PVD's.

Factores que intervienen en la aparición de la fatiga visual

- a) Factores intrínsecos:
 - Ametropías: Hipermetropía, Miopía, Astigmatismo, Presbicia
 - Disfunciones de la musculatura interna y externa
 - Heteroforias: Esoforia, Exoforia, Hiperforia, Hipoforia

- b) Factores personales:
 - Edad
 - Insatisfacción en el empleo
 - Horas de actividad laboral
 - Grado de actividad física extralaboral
 - Presencia de hábitos tóxicos (alcohol, tabaco)
 - Trastornos del sueño

- c) Factores relacionados con el puesto de trabajo:
 - Configuración del puesto y existencia de distancias de trabajo muy diversas (pantalla-teclado-documentos)
 - Calidad de imagen de la pantalla
 - Luminancia de las pantallas
 - Acomodación sostenida en visión cercana
 - Centelleos persistentes
 - Contrastes invertidos
 - Borrosidad de los caracteres
 - Posición excesivamente vertical de la pantalla, que además esta algo abombada
 - Reflejos producidos por el texto, reflejos parásitos, ventanales, etc.
 - Tipo de trabajo frente a la pantalla, frecuentemente monótono, repetitivo, etc.
 - Condiciones de trabajo desfavorables como, conversaciones, ruido de máquinas, circulación de personal, recepción de clientes, variaciones de temperatura, corrientes de aire, etc.

Naturaleza de la fatiga visual

Se puede traducir en síntomas subjetivos, modificaciones fisiológicas y una bajada del rendimiento visual.

La fatiga visual se caracteriza por tres grupos de síntomas subjetivos:

Oculares: sensación de tensión del globo ocular, sequedad del ojo, tensión o pesadez en los párpado y ojos, picores, sensación de ardor o de picor, sensibilidad a la presión. Pesadez del globo ocular, tensión ocular, prurito, hiperemia, lagrimeo, inflamación palpebral.

Visuales: visión borrosa, visión doble, diplopía, bajada de la agudeza visual, dificultades de fijación, aparición de franjas coloreadas alrededor de los objetos, persistencia anormal de imágenes consecutivas, inestabilidad de la imagen dentro de su definición óptica y de su localización espacial,

deslumbramientos. Fotofobia, visión confusa, debilitamiento de la visión y excepcionalmente, diplopía.

Generales: cefaleas, náuseas, vómitos, somnolencia, sensaciones de vértigo.

Estos síntomas representan las últimas etapas de una sobrecarga visual prolongada. Las etapas anteriores son difíciles de identificar de otro modo que por las molestias y el conocimiento del esfuerzo requerido para focalizar.

Signos de comportamiento: aquí se incluyen toda una serie de actitudes, voluntarias o involuntarias, tomadas por los operadores para sobrellevar (vencer) los efectos del malestar visual. Pueden citarse a título de ejemplo los ajustes del nivel de iluminación artificial y natural.

Factores individuales

Defectos visuales: Toda modificación, desconocida, en la vista del operador puede favorecer la fatiga visual. Las anomalías oculares son factores que requieren nuestra atención, en particular todas aquellas que entrañan un desequilibrio entre la visión de ambos ojos, o de la fusión binocular. Los pequeños defectos de refracción (astigmatismo o hipermetropía) pueden ser descubiertos por la fatiga que provocan durante el desarrollo del trabajo con PVD's.

Utilización de cristales correctores: Múltiples autores han observado una mayor incidencia de síntomas subjetivos de fatiga visual en aquellos individuos que utilizan gafas. Esto se debe a los problemas de profundidad de focalización, reflejos, etc. asociados a las lentes correctoras. Todo esto es especialmente importante en los casos de utilización de lentes bifocales.

Si la graduación de las gafas utilizadas no es la correcta, pueden aparecer problemas de desequilibrio de fusión y/o agudeza visual insuficiente, todo lo cual favorece la aparición de la fatiga visual.

Sexo: Los efectos parecen ser más numerosos entre las mujeres que en los hombres. Esto no quiere decir que el sexo sea el responsable, sino, probablemente que las mujeres, generalmente, se han dedicado a tareas más repetitivas.

Edad: La disminución fisiológica de las capacidades visuales con la edad, tanto de la retina como de otros elementos del globo ocular, predisponen a una mayor incidencia de la fatiga visual.

Causas generales: Existe una serie de factores que favorecen la aparición de la fatiga visual, entre los que figuran, el tabaco, el alcohol, ciertos medicamentos, ciertas enfermedades oculares, afecciones generales, causas psíquicas y el estado precario de salud general del individuo.

Factores profesionales

Entorno físico: La calidad de la iluminación resulta un factor primordial; hay que tener muy presentes las necesidades específicas de pantalla y documento. Iluminaciones insuficientes, irregulares, contrastes excesivos, reflejos, etc. hacen que la fatiga aparezca mucho antes. El entorno térmico contribuye también, pues una sequedad excesiva del aire puede deshidratar la córnea y causar la irritación de la superficie del ojo.

Elementos materiales utilizados: Los medios utilizados también tienen gran importancia; la fatiga se manifiesta de manera especial al trabajar con ayudas ópticas (microscopios), microfichas y pantallas de visualización.

Disposición del puesto de trabajo: Una correcta disposición de los elementos utilizados durante el

trabajo reduce la frecuencia e intensidad de los síntomas. Por ejemplo, es muy importante que las distancias entre el ojo y pantalla, documento y teclado sean las mismas.

Organización del trabajo: La duración del trabajo está directamente correlacionada con la frecuencia media y la intensidad de los síntomas. Este es uno de los motivos que permiten afirmar la necesidad de pausas periódicas en los puestos de trabajo con PVD's.

El contenido de la tarea: Aquellas tareas en las que la utilización de ordenador se realiza de manera no intensiva, como pueden ser las de carácter dialogante y en general complejo (programación), son menos fatigantes que las de entrada de datos. Aquí hay que resaltar la importancia de la presencia de micropausas y la ausencia en estas actividades de acomodaciones constantes de la mirada entre los distintos elementos que conforman el puesto de trabajo.

Sintomatología

Los síntomas de la fatiga visual suelen aparecer por el siguiente orden: sensación de "tener ojos", pesadez palpebral o pesadez de ojos, picores, quemazón, necesidad imperiosa de frotarse los ojos, somnolencia, escozor ocular, aumento del parpadeo, movimientos involuntarios de los ojos, dolorimiento en los globos oculares, cefaleas frontales, en nuca y temporales más adelante, visión borrosa y crisis de diplopía transitoria.

Suelen aparecer con cierta frecuencia conjuntivitis de aspecto crónico. Como alteraciones de la función visual aparecen: borrosidad de los caracteres debido a trastornos de la acomodación y duplicidad de los mismos por inestabilidad de la visión binocular.

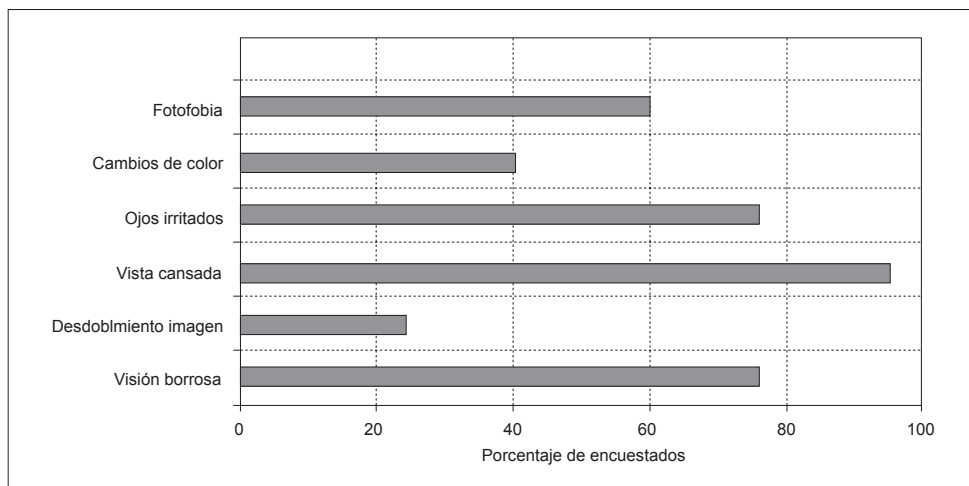


Fig. 2.12 Porcentajes significativos de operadores que declaran sufrir trastornos oculares.

(Fuente: Rev. Med. y Seg. del Trabajo n° 130)

Medidas de carácter preventivo

- Realización de exámenes médicos periódicos y corrección de las anomalías visuales.
- Elección adecuada del mobiliario y equipo de trabajo.
- Disposición de los puestos adecuada, especialmente en lo relativo a la calidad y cantidad de iluminación necesarias.

- Organización del trabajo adecuada, mediante la imposición de una serie de pausas y favoreciendo las tareas complementarias.

Estudio epidemiológico

Un estudio epidemiológico realizado sobre 30.000 operadores durante los años 1986-88 en Italia sobre la relación entre la astenopia y diversas características del monitor concluye con los siguientes resultados:

Fatiga visual y centelleo de los caracteres:

18.310 Hombres	10.281 Mujeres
4,7% Con centelleo	21,5% Con centelleo
28,8% Fatiga visual	46,9% Fatiga visual
85,3% Sin centelleo	78,5% Sin centelleo
16,2% Fatiga visual	28,5% Fatiga visual

Estas cifras son significativas estadísticamente de la *influencia negativa* del centelleo de la pantalla sobre la fatiga visual producida en los operadores.

Fatiga visual y posibilidad de regular la intensidad de los caracteres:

18.283 Hombres	10.251 Mujeres
3,9% Sin intensidad regulable	3,3% Sin intensidad regulable
18,3% Fatiga visual	32,6% Fatiga visual
96,1% Con intensidad regulable	96,7% Con intensidad regulable
18,0% Fatiga visual	28,3% Fatiga visual

La posibilidad de regular la intensidad de los caracteres *no influye* de una manera significativa en el porcentaje de operadores afectados por la fatiga visual.

Fatiga visual y reglaje en la altura del monitor:

18.284 Hombres	10.236 Mujeres
25,7% Monitor regulable en altura	16,0% Monitor regulable en altura
15,9% Fatiga visual	27,9% Fatiga visual
74,3% Monitor no regulable	84,0% Monitor no regulable
18,8% Fatiga visual	33,3% Fatiga visual

Estos datos indican una reducción, *estadísticamente significativa*, de la fatiga visual cuando es posible ajustar la altura del monitor.

Fatiga visual y reglaje en la inclinación del monitor:

18.283 Hombres	10.236 Mujeres
58,4% Inclinación regulable	37,3% Monitor inclinación regulable
17,1% Fatiga visual	31,0% Fatiga visual
41,6% Monitor inclinación fija	62,7% Monitor inclinación fija
19,4% Fatiga visual	33,3% Fatiga visual

Estos datos revelan la *influencia* estadísticamente negativa de la imposibilidad de regular el ángulo de inclinación del monitor sobre la fatiga visual.

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran la conveniencia de evitar el centelleo en las pantallas, problema que en los monitores actuales ha sido resuelto casi por completo, así como los beneficios de la ajustabilidad en altura e inclinación del monitor sobre la fatiga ocular, dado que el operador puede colocar el monitor de la manera más apta a sus condiciones de refracción y función binocular.

Alteraciones músculo-esqueléticas

Las molestias óseo-articulares son también muy comunes y conocidas, y tienen casi la misma frecuencia de aparición que las molestias visuales.

Es muy frecuente que, cuando se deba analizar un puesto de trabajo porque el usuario manifiesta alguna de estas dos molestias, en la evaluación aparezca una combinación de ambas; esta característica no es ocasional, pues su aparición tiene causalidades muy similares. El empleado comúnmente describe las molestias óseo-articulares como dolores musculares, tensión o contractura muscular.

La aparición de estas molestias es más frecuente en personas que realizan trabajos repetitivos, en posiciones fijas o estáticas.

La frecuencia de estas manifestaciones va en continuo aumento. La U.S. Bureau of Labor Statistics publicó a través de OSHA que en 1980 se registraron 26700 casos censados, mientras que en 1987 la cifra había ascendido hasta 72940.

Estudios recientes sobre PVD's muestran una clara relación entre las malas condiciones ergonómicas y los problemas psicosociales con las patologías más frecuentes del trabajo ante PVD's.

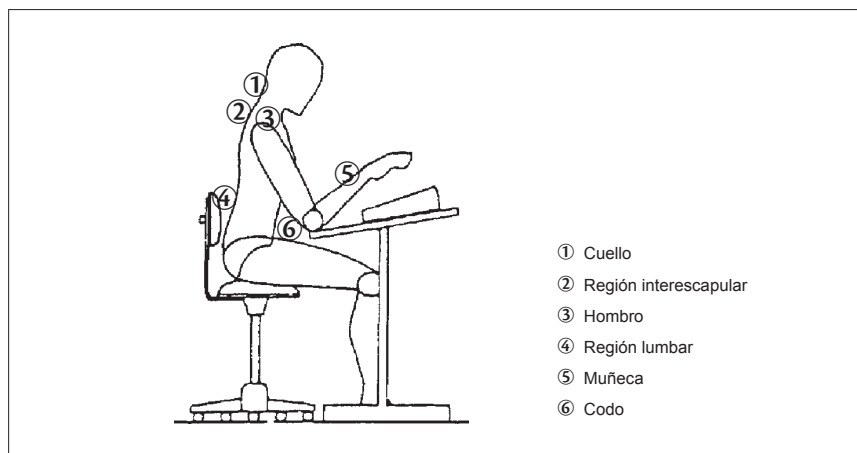


Fig. 2.13 Localizaciones más frecuentes de los problemas posturales

Factores causales

Al igual que sucede con los trastornos visuales, la causalidad es multifactorial y en ella predominan los siguientes aspectos:

1. Ergonomía: silla, monitor, teclado, postura, ángulo de visión y reflejos.
2. Organización del trabajo: pausas, entrenamiento previo y horas de uso.
3. Trabajos monótonos, repetitivos, y con escasas variaciones de postura y alternancia de tareas.
4. Tipo de tarea, tipo de usuario: es más común en usuarios que realicen entradas de datos exclusivamente, así como en usuarios intensivos.
5. Satisfacción en el trabajo: algunas investigaciones muestran la importancia de este tema (aspectos psicosociológicos)

Los síntomas que refieren los operadores de equipos con PVD's vienen dados básicamente como consecuencia de un mal diseño del puesto de trabajo, que genera posturas incorrectas que fuerzan la dinámica articular.

- Patología en la región cervical y nuca
- Patología en la región lumbar
- Patología en la articulación del hombro, codo y muñeca
- Otras patologías en relación con la postura

Región cervical y nuca

A nivel de la región cervical y nuca, los dolores vienen condicionados por los continuos movimientos de la cabeza del operador, y por la existencia de distancias distintas (documentos, pantalla, teclado, uso indebido del teléfono). Si el diseño del puesto no cumple los mínimos requisitos ergonómicos, los movimientos de la cabeza del operador tendrán que ser de mayor amplitud.

Región lumbar

A nivel lumbar, los trastornos son generados por una mala acomodación entre el trabajador y el puesto. Los operadores de PVD's se ven obligados a mantener su columna vertical erguida y recta, haciendo desaparecer las curvas fisiológicas, lo que se consigue a través de una contracción isométrica de los músculos dorsales. La consecuencia es el agotamiento y el dolor.

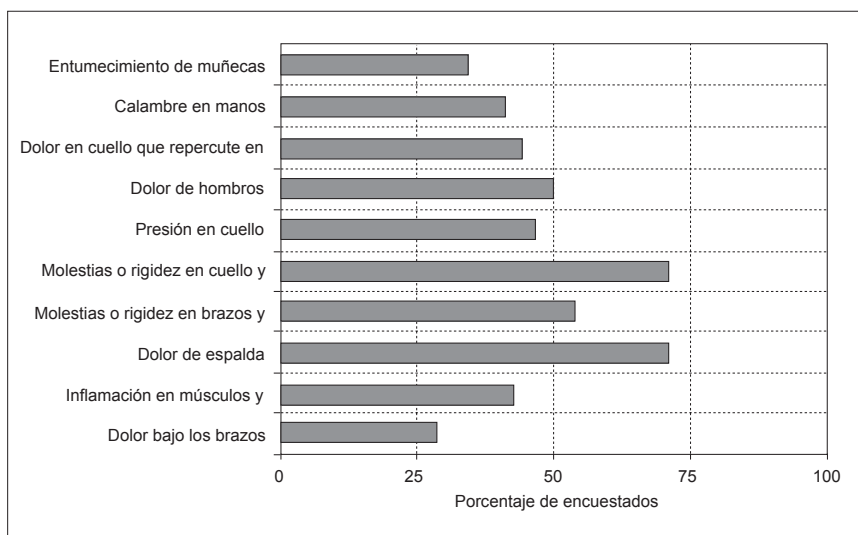


Fig. 2.14 Porcentajes significativos de operadores que declaran sufrir trastornos osteomeoarticulares (Rev. Med. y Seg. del Trabajo n° 130 Tomo XXXIII).

Ocurre además que frecuentemente, esta patología de origen laboral se suma a la degenerativa de la región lumbo-sacra. Muchas personas sufrimos a partir de la edad media de la vida lesiones degenerativas a nivel de la columna vertebral en mayor o menor grado (artrosis), lo que hace que se produzca una agravación de esta patología muy común, si en nuestro trabajo concurren circunstancias laborales desfavorables. Ya solo por el hecho de permanecer sentados, se someten a una mayor presión los discos intervertebrales.

Hombro, codo y muñeca

Hombro, codo y muñeca es muy importante que durante el trabajo no se alejen de las posiciones neutras, manteniéndose siempre en angulaciones intermedias.

La articulación de la muñeca es la más solicitada en las tareas de PVD's. Es relativamente frecuente el síndrome del túnel carpiano, la tenosivitis de Quervain (la "enfermedad de las secretarías") y los higromas de las bolsas sinoviales de los tendones de la mano, en los trabajadores de mecanografía.

Existen por último otras patologías en relación a la postura, como el aumento de la presión venosa en las piernas, debido a la postura sentada, lo que puede originar estasis venoso y tendencia a las varices. Se recomienda un ángulo tronco-muslo de 135° que facilite el retorno venoso. También es muy frecuente, tras largas jornadas en posición sentada, las alteraciones del peristaltismo intestinal y sobre todo la patología ano-rectal (hemorroides, fisuras, etc.).

Los síntomas músculo-esqueléticos se incrementan estadísticamente en el caso de: mujeres, trabajadores de entrada de datos, alta duración del trabajo, uso de lentes bifocales e inactividad física.

Riesgos psicosociales en la oficina

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales insta a las empresas a evaluar las condiciones de trabajo para identificar cuáles son los riesgos que pueden afectar a la salud de los trabajadores y determinar, en consecuencia, como van a llevar a cabo la gestión de la prevención.

La identificación de los riesgos relativos a la Seguridad y al Medio Ambiente Laboral cuenta actualmente con numerosas intervenciones en distintos tipos de empresas, con lo que se dispone, como referencia, de métodos de evaluación que, aun siendo diferentes, son conceptualmente coincidentes. Sin embargo, la experiencia en evaluación de los riesgos psicosociales es mucho más limitada. Esto hace que contemos con menos referencias de intervención en esta área.

La importancia de la evaluación de las condiciones psicosociales se hace más patente en aquellos puestos en los que las condiciones de seguridad y de medio ambiente laboral, implican escaso riesgo para la salud de los trabajadores. Es el caso del personal que desarrolla su trabajo en oficina.

En estos puestos de trabajo los riesgos laborales se derivan, principalmente, del propio diseño del puesto, así como de los factores relativos a la organización del trabajo. A partir de su estudio podemos valorar la carga física, la carga mental y el grado de tensión al que está sometida la persona.

Dentro de los elementos relativos a la organización del trabajo, los factores psicosociales tienen la característica de producir variabilidad de efectos en función de la persona. No todas las personas perciben de la misma manera las condiciones en que desarrollan su trabajo. Y no todas las personas reaccionan de la misma manera ante situaciones similares. Además, hay elementos como la propia personalidad, la situación personal, que influyen tanto en la percepción de la realidad como en la respuesta a las distintas situaciones de trabajo.

A continuación se presenta un esquema del modelo de evaluación para valorar riesgos psicosociales que pretende equilibrar el requerimiento de tratar los temas con discreción y privacidad, con la necesidad de hacer un estudio detallado de las condiciones psicosociales de los distintos puestos de trabajo.

El modelo de intervención que este método desarrolla ha sido aplicado en empresas de servicios. Ello ha permitido comprobar su eficacia en la práctica. Se pretende que sea un modelo de actuación general; es uno de los muchos que existen y se presenta para comentar de un modo práctico lo recomendable del uso de alguno de ellos adaptándose a la especificidad de cada situación concreta.

Modelo de intervención clásico

El proceso de intervención que propone integra las siguientes fases:

- Fase 1: recogida de información previa
- Fase 2: selección de herramientas para la recogida de datos
- Fase 3: aplicación de herramientas
- Fase 4: análisis de la información
- Fase 5: información complementaria
- Fase 6: valoración de resultados
- Fase 7: intervención
- Fase 8: evaluación de la intervención
- Fase 9: seguimiento y mejora

El modelo de intervención que se ha presentado describe unos pasos de actuación básicas, que necesariamente deben ser flexibles para poder adecuarse a cada empresa u oficina concreta. Estas pautas facilitan la identificación y valoración de las condiciones psicosociales de trabajo en aquellas empresas en las que los factores psicosociales sean los que más condicionan el bienestar de sus trabajadores.

Alteraciones de las agresiones psicosociales

Tomando como referencia la Norma ISO 9241, las NTP's 139, 173, 174, 196, 204, 251, 252, la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos con pantallas de visualización (INSHT), y el Protocolo de Vigilancia Sanitaria específica "Pantalla de visualización de datos", procedemos a generar una serie de tablas de contraindicaciones referentes al trabajo con PVD's.

Alteraciones psicósomáticas

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| • Astenia | • Cefaleas |
| • Mareos | • Trastornos digestivos |
| • Temblores | • Trastornos del sueño |
| • Hipersudoración | |

Alteraciones psicológicas

- | | |
|------------------|-------------------------------|
| • Insatisfacción | • Ansiedad |
| • Irritabilidad | • Alteraciones de la memoria |
| • Depresión | • Dificultad de concentración |

Intervenciones psicosociológicas

- | | |
|---|--------------------------------|
| • Clima y política laborales | • Política de tiempos y pausas |
| • Rediseño de los trabajos y las tareas | • Estimulo del autocontrol |

- Estimulación de la participación de los trabajadores
- Información
- Adecuada política de promoción profesional
- Formación continuada

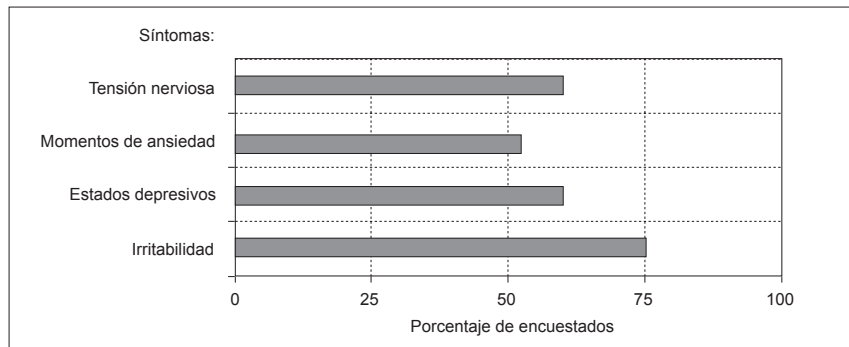


Fig. 2.15 Alteraciones de carácter psicossocial

Contraindicaciones para el trabajo con PVD's

Absolutas

- Carecer de visión adecuada a la distancia exacta requerida para el trabajo en pantallas.
- Acomodación inadecuada a las distancias requeridas por alteración funcional del músculo ciliar.
- Afaquias unilaterales, salvo que con un pseudofaco tengan buena función binocular.
- Daltónicos puros, por comportar déficit evidente en los conos.
- Desequilibrios en el sistema oculomotor, no corregibles ópticamente
- Nubéculas o leucomas, localizados o no en el área central de la córnea, pero que determinen astigmatismos irregulares no corregibles.
- Parálisis del esfínter pupilar, iridotomías o iridodiálisis que puedan causar deslumbramientos, fotofobia o diplopía.
- Signos de glaucoma o de preglaucoma, como puedan serlo una cámara anterior disminuida o una diferencia tensional entre ambos ojos.
- Alteraciones en la posición o transparencia del cristalino como son subluxaciones y facoesclerosis.
- Alteraciones a nivel de la retina: zonas cicatrizadas extensas, coriorretinosis miópica, degeneraciones periféricas de la retina, desprendimientos de retina operados, retinitis diabética, hipertensiva, nefrítica o esclerótica.
- Afecciones crónicas de la conjuntiva y de los anejos oculares: conjuntivitis crónica, blefaritis crónica, entropión, simblefaron, triquiasis, distiquiasis, pterigion, pseudopterigion, pingüeculas fácilmente irritables y dacriocistitis aguda o crónica.
- Retracciones y escotomas en el campo visual, salvo que sean de poca extensión y en zonas periféricas. Las primeras van a veces acompañadas de un sustrato neurológico patógeno que convendrá valorar.
- Neuritis óptica de cualquier tipo.
- Enfermedades de carácter general que comprometan seriamente la oxigenación del organismo y, por tanto, también del área cortical visual y del retina. Anemias y colagenosis.

Relativas al trabajo de forma continuada con PVD's

- Desigualdad superior a cinco décimas entre la agudeza visual de lejos de ambos ojos. En casos de menor diferencia pueden tener problemas los que carezcan de fusión o función binocular o presenten aniseiconia marcada.

- Los defectos de refracción que corregidos precisen una diferencia superior a tres dioptrías y media entre ambos ojos. Los de menor diferencia que no tengan función binocular completa.
- Algunos presbíteros de alrededor de sesenta años que presenten falta de transparencia del cristalino. Su agudeza visual es menos potente, y por la edad pueden tener disminuida la frecuencia crítica de fusión.
- Afaquias bilaterales. El músculo ciliar, responsable de la acomodación, no puede actuar por falta de los cristalinos. Si la distancia pantalla-teclado-texto es la misma, su trabajo puede ser correcto y asintomático.
- Discromatopsias evidentes, por hipofunción retiniana central que comportan -conos-.
- Retardo en la adaptación a la oscuridad y alargamiento del tiempo de deslumbramiento fuera de las cifras fisiológicas.
- Forias de todo tipo, sobre todo las exoforias que son bastante frecuentes. Clínicamente observamos casos evidentes de exoforias y que solo aquejan escozor ocular y ligeras cefaleas al final de la jornada laboral.
- Conjuntivitis alérgicas, crónicas, de evolución episódica, en cuanto a fases agudizadas se refiere. Pinguéculas no irritables.
- Pequeñas cicatrices o nubéculas corneales, localizadas o no, en el área pupilar y que no disminuyen la visión apenas, pero que solo en determinada posición pueden ocasionar reflejos luminosos parásitos y discreta fotofobia.
- Iridectomias y pequeñas iridodiálisis que sólo ocasionan deslumbramientos en ciertos momentos.
- Pequeñas dislocaciones del cristalino, con o sin receso de ángulo camerular, que no comporten alteraciones en la tensión ocular.
- Zonas cicatrizadas postraumáticas o postinfecciosas en la retina, que determinan escotomas detectables en la exploración del campo visual.

Relativas al trabajo esporádico en pantallas

- Los que carezcan de visión binocular y presenten aniseiconia no compensada.
- Las alteraciones en los colores en grado evidente -daltónicos puros-, porque ello significa mala función de los conos, asentados en el área muscular primordialmente.
- Los que padezcan dacriocistitis y conjuntivitis y/o blefaritis crónicas.
- Los casos con alteraciones en la transparencia de la córnea y cristalino, por el esfuerzo visual que deberán realizar.
- Las grandes forias o estrabismos latentes, con hipermetropías no corregibles, por ambliopía monocular, ya que aparece fatiga visual rápidamente en todo trabajo realizado en visión próxima.
- Casos con signos de glaucoma.
- Individuos con parálisis pupilares, mono o binoculares.
- Los que presentan habitualmente fotofobia o deslumbramiento por amplias iridodiálisis, iridotomía u otras causas.
- Los que padezcan alteraciones en fondo de ojo en vías ópticas que determinen notables alteraciones del campo visual.
- Las afecciones degenerativas periféricas de la retina, coriorretinosis del fuerte miope, retinitis diabética, nefrítica, arteriosclerótica e hipertensiva. Se debe evitar la agravación visual en los individuos afectos, dada la debilidad retiniana que comportan sus afecciones.
- Enfermedades e intoxicaciones de tipo general que puedan interferir en la función cerebral o actuar negativamente en la función visual del individuo afecto.

Reconocimientos médicos específicos

La legislación actual establece que los trabajadores se beneficiarán de un reconocimiento médico de la vista antes de comenzar a trabajar, posteriormente de forma periódica y cuando presente trastorno que puedan deberse al uso de pantallas.

También establece la obligatoriedad de proporcionar al trabajador dispositivos correctores especiales para este tipo de trabajo, cuando así lo indique el reconocimiento oftalmológico y no se puedan utilizar dispositivos correctores normales.

Exploración oftalmológica específica para operadores de PVD's

La necesidad de establecer la aptitud de un trabajador para un puesto con terminal de ordenador requiere, habida cuenta de las particularidades de la tarea, un tratamiento específico a la hora de realizar el reconocimiento médico.

La revisión ocular específica para los trabajadores con PVD's será de aplicación para aquellos operadores con dedicación continuada.

Pruebas específicas según NTP-174:

- Anamnesis
- Agudeza visual
- Sentido cromático
- Sentido luminoso
- Función binocular
- Equilibrio muscular
- Exploración polo anterior del ojo
- Campo visual
- Tonometría
- Examen fondo del ojo
- Medida de la secreción lagrimal
- Reflejos pupilares

Para mayor información consultar las NTP 139, 173, 174, 196, 204, 251 y 252 (1986)

Detección de anomalías osteo-musculares

También es recomendable realizar reconocimientos médicos para la valoración de las anomalías osteomusculares al menos una vez cada tres años.

Se prestará especial atención a la detección de:

- Malformaciones congénitas o desviaciones de la columna vertebral
- Enfermedades agudas inflamatorias o infecciones de las extremidades
- Enfermedades degenerativas crónicas articulares
- Osteoporosis

Así mismo será interesante recomendar:

- Establecimiento de pausas, con un cambio de trabajo al menos de 10 minutos cada dos horas de trabajo con pantallas.
- Práctica de ejercicio físico diario para contrarrestar el sedentarismo que produce el trabajo con pantalla, y de esta forma aliviar la fatiga muscular.
- Los ejercicios más utilizados y de mejor resultado según diversos estudios son aquellos que incluyen rotación (26.8%), estiramientos (20.3%), flexiones e inclinaciones (18.7%).
- Para prevenir los problemas de tenosinovitis producidos por compresión y fricción del tendón de apoyo, se aconseja la utilización del 3er dedo en lugar del índice a la hora de teclear, evitar apoyar la muñeca y caer en posición defectuosa en el momento que no se teclea, incluso se habla de distribuir el peso de la muñeca en dos "cojinetes" que hagan de base para la palma de la mano y de esta forma impedir la compresión cebadal.

La evolución y el futuro

Trataremos ahora aspectos de la evolución en el puesto de trabajo de oficinas, tecnología, nuevas tendencias, comunicación, y cómo han influido en el trabajador y su tarea. Se discutirán las tendencias evolutivas que han ido tomando forma a lo largo de los años, y se especulará sobre su continuación en el futuro.

Las oficinas han ido cambiando con el paso del tiempo y lo seguirán haciendo en el futuro. Tan sólo se puede especular sobre el futuro, pero diversos expertos han ido ofreciendo sus predicciones.

El proceso de cambio en el puesto de trabajo

Probablemente, la mejor base para la predicción del curso del futuro de la evolución en la oficina provenga del examen de las condiciones del entorno y su primera evolución.

Cambios del pasado

La historia de la oficina muestra que en los cambios generalmente se veían reflejados uno de estos dos motivos:

1. la mejora de la eficiencia o la productividad a través de un mayor confort, o seguridad del trabajador;
2. la satisfacción de presiones externas generalmente recibidas por organizaciones sindicales o el propio gobierno.

Por ejemplo, en EEUU poco después de comienzos del siglo XX, las empresas instalaron sistemas de ventilación eléctricos, en gran parte debido a las reivindicaciones de las organizaciones de trabajadores y por la creencia de que un trabajador “bien aireado” trabajaría de un modo más productivo.

Incluso los cambios más rápidos que se produjeron en el entorno de la oficina, tardaron más de diez años en implantarse de modo general. Entornos obsoletos persistieron a pesar de la aparición de aquellos más modernos. Por ejemplo, la luz eléctrica tardó aproximadamente diez años en ser de uso común.

La evolución de la mejora de los puestos de trabajo ha sido lenta, al menos por alguna de estas dos razones: los costes y el tiempo requerido para renovar los edificios existentes ponían muchas barreras a la velocidad de los cambios, aun cuando los inversores sabían que esa inversión se vería amortizada; un edificio nuevo suponía muchos años de planificación y construcción, y los propietarios se mostraban reticentes a nuevas tecnologías que no habían sido probadas.

Cuando los cambios llegaron al puesto de trabajo, éstos a menudo incluían la introducción de tecnología relativamente nueva. Muchas compañías de los años 30 “promocionaron” las oficinas de mayor tamaño debido a la incorporación de los equipos eléctricos de aire acondicionado. Anteriormente las oficinas ocupaban pequeñas habitaciones provistas de unas ventanas que permitiesen una adecuada ventilación e iluminación. La oficina fue cambiando a medida que la tecnología necesaria fue estando disponible, y cuando los cambios de las estructuras organizativas lo convirtieron en una necesidad.

Sin embargo, aun cuando la tecnología fue algo que se encontraba al alcance de la mano, muchos cambios fueron lentos y no se llevaron a cabo hasta que sus resultados demostraron ser ciertamente favorables. El más claro ejemplo está en la luz eléctrica, que a pesar de ser un útil disponible desde

1880, no pasó a ser algo habitual en la oficina hasta cerca de 1930. Hasta entonces, la mayoría de las oficinas se abastecían de la luz a través de las ventanas, lo que provocaba que gran parte de estas oficinas no respetaran las normativas vigentes. Algunos hechos favorecieron la introducción de la luz eléctrica en las oficinas en los años 30. Las compañías eléctricas comenzaron a promocionar su producto y a ofrecerlo a un precio razonable. Los nuevos sistemas de aire acondicionados facilitaron interiores confortables en las épocas estivales, y quizá lo más importante, se reconoció la idea de que la ayuda eléctrica favorecía la eficacia y el rendimiento. Esto ocurrió cuando se comenzaron a publicar los resultados productivos de empresas que habían incorporado la luz eléctrica a sus fábricas y oficinas.

La combinación de los avances tecnológicos y los cambios organizacionales precipitaron esta evolución. Todas las oficinas no sufrieron el mismo nivel de cambio. El cambio importante lo aportó la tecnología, con el fin de crear un mayor confort, ya que la relación productividad-confort pasó a ser de reconocimiento general. Por ejemplo, la introducción de la luz eléctrica significó un gran cambio en aquellas empresas que lo adoptaron. La aparición de la máquina de escribir, y posteriormente de la máquina eléctrica, permitía a la gente desarrollar su trabajo de un modo más rápido y eficiente que antes. Los detalles de los trabajos cambiaron, pero la tarea era esencialmente la misma. Sin embargo, la aparición de estos avances tecnológicos cambió las relaciones trabajador-supervisor. Esto provocó una serie de cambios en las cantidades y tipo de espacio que se necesitaban. La aparición del ordenador reemplazó a muchos oficinistas y, sin embargo, provocó la demanda de trabajadores con mayor conocimiento técnico.

Cuando la innovación tecnológica originó la sustitución de muchos empleados por la nueva maquinaria, dicha transición se fue realizando de una forma muy progresiva, que duró incluso décadas. Un nuevo diseño físico de una oficina necesita de mucho tiempo, y el trabajador que lo sufre necesita de una adaptación muy gradual. Además de los avances tecnológicos y lo que éstos implicaron, se fueron produciendo otros de carácter organizativo y de relación interpersonal que fomentaban la comunicación y la identificación del trabajador con su empresa.

En resumen, los cambios que se han ido produciendo en la oficina se originaron como consecuencia del deseo de mejorar la eficiencia o satisfacer presiones externas. La gran mayoría de estos cambios han sido de carácter tecnológico, con la consiguiente reestructuración organizativa en algunos casos. Tales cambios organizativos también implicaron una necesidad de alterar en el entorno físico, ya sea por la adaptación al número de trabajadores o por el papel de cada uno de ellos. Sin embargo, aquellos que proponían el cambio no fueron realmente conscientes del impacto de la nueva tecnología.

Hipótesis de futuros cambios

El desarrollo tecnológico es capaz de proporcionarnos innumerables cambios beneficiosos en el puesto de trabajo, pero parece ser que las oficinas sólo cambian bajo determinadas circunstancias:

1. Cuando se comprueba que la nueva tecnología es capaz de permitir un mejor rendimiento en las tareas sin provocar cambios sustanciales en el número de trabajadores o sus trabajos, las organizaciones reemplazan la tecnología existente por aquella más moderna y revisa las oficinas para acomodarlas.
2. Cuando la nueva tecnología ofrece una mejora en la eficiencia, pero también implica un cambio sustancial en el número de trabajadores o en sus funciones, la pauta de cambio se ralentiza a medida que el cambio organizativo aumenta.
3. Con una reorganización planificada de las funciones de trabajo, los cambios en la oficina se llevarán a cabo rápidamente para apoyar la reorganización, incorporando la más avanzada tecnología.

La evolución de las oficinas se espera que suceda mediante la adopción de los avances tecnológicos que sirvan a los objetivos de las empresas, dentro de los límites que se establezcan en la pauta de los cambios organizacionales.

Cambios en la oficina

Las predicciones de cambio en la oficina apuntan generalmente al campo de los avances de la tecnología, lo que se llama “la oficina sin papel”, la “oficina electrónica”, o la “oficina automática”. Comentaremos estas innovaciones y su posible irrupción, con los posibles cambios que implican.

Avances en la tecnología de la oficina

La “oficina sin papel” o la “oficina electrónica” representa una visión del futuro basada en el presente, en lo que ya existe, en los equipos comercialmente disponibles.

“Entro en mi oficina, me siento frente a un monitor con un teclado, accedo a un menú electrónico en el que observo mi *inbox*. Puedo seleccionar uno o más documentos para visualizar en mi pantalla..., miro mi calendario para el resto de la semana. Finalmente escucho los mensajes telefónicos. Aún no he tocado ni un solo papel. Mi secretaria usa procesadores de texto informáticos. Los documentos se crean, se editan en la pantalla, y se almacenan en discos, y posteriormente se transmiten electrónica e instantáneamente.” (Ruff & Asociados).

Este es un típico ejemplo que ilustra la mayoría de los elementos de una “oficina sin papel”, que generalmente reside en una PVD's con su teclado, un teléfono cercano, fax, impresora, *scanner*, etc. Este equipamiento permite un almacenamiento, visualización, edición, etc. electrónicos, una transferencia instantánea, una impresión inmediata, y el uso del avance de las telecomunicaciones.

Almacenamiento y captación de información

Los ordenadores almacenan de un modo eficaz grandes cantidades de información, y tienen el soporte tecnológico necesario como para poder acceder a ella y manipularla. Los ordenadores que “invaden” nuestras oficinas tienen la suficiente capacidad como para cumplir tales tareas. Los archivos informáticos son fácilmente transportables (pueden ser grabados en pequeños disquetes, CD, etc). Con la amplia ayuda que ofrece el *software* disponible (programas), los archivos numéricos pueden ser analizados de un modo rápido, y sus resultados pueden ser consultados en forma de gráficos coloreados, tablas, diagramas, etc. Los ordenadores permiten el acceso a potentes y lejanas bases de datos en las cuales consultar información necesaria.

Por otro lado, tenemos los microfilmes y microfichas, que en la gran mayoría de los casos consisten de imágenes que también pueden ser visualizadas en las pantalla de los ordenadores. Los lectores de microfilmes y microfichas son los suficientemente compactos como para poder tenerlos en una oficina, aún así no es de uso muy habitual, ya que determinados *software* ya nos permiten trabajar con imágenes directamente a través de los ordenadores actuales. Una ventaja de las microfichas y microfilmes es que no es necesario tener ningún conocimiento especial para hacerlos servir.

El avance de la tecnología en el almacenaje y captación de información permitirá probablemente en el futuro el almacenamiento de una mayor cantidad de información en pequeños dispositivos. Al mismo tiempo, las demandas de la futura oficina continuarán creciendo continuamente.

Otro gran avance es Internet y la gran cantidad de información a la que un usuario es capaz de llegar tan sólo mediante el uso de un ordenador y una conexión. Este acceso nos permite visualizar una

información que hace años era impensable y que además no ocupa un espacio de memoria en nuestro ordenador, aunque, eso sí, se ha de disponer de una cierta tecnología para poder disfrutar de tal avance. Se puede decir que todo aquello que es importante está en la red.

Composición y edición de textos

Un procesador de textos combina una PVD's con una impresora y un programa informático especializado. Tal combinación permite al usuario introducir un texto, visualizarlo, editarlo, almacenarlo, efectuar los cambios pertinentes *a posteriori*, insertar gráficas, tablas, imágenes y todo aquello que acompaña a un texto, todo ello electrónicamente. Posteriormente podemos ordenar la impresión, enviarlo a través de la red, o incluso colocarlo en la red.

Otras predicciones (aunque ya está presente en la actualidad) se encaminan hacia los procesadores de texto a través de la voz; es un tema de cierta complejidad ya que requiere una tecnología avanzada, en la que el reconocimiento de la voz sea capaz de distinguir errores semánticos, diferentes tipos de pronunciación, un amplio vocabulario, etc., aunque no cabe duda de que en el futuro estará presente en todas las oficinas, con el inconveniente eso sí, de que puede generar el hecho de que en oficinas compartidas (con más de un usuario) todos los oficinistas estén dictando información a su ordenador y esto pueda ocasionar molestias al elevar el nivel sonoro de la oficina, sin olvidar que ésta es una de las causas más importantes de falta de concentración y de estrés en el trabajo.

No cabe duda de que la tecnología está cambiando el trabajo en oficina y con ello la preparación del trabajador, que requiere mayores conocimientos técnicos y el dominio imprescindible de cierto *software* informático. Se ha llegado incluso a plantear si algunos trabajadores pasarán a ser innecesarios, ya que quizá el avance de la tecnología podrá "suplantarlos", aunque lo más probable es que ocurra que tales empleados deberán cambiar sus tareas, pues el factor humano es insustituible, y las nuevas profesiones de dentro de un año aún hoy no somos capaces ni tan siquiera de imaginarlas.

Transferencia electrónica de textos

La innovación tecnológica ha facilitado la transmisión instantánea de datos, archivos y documentos, gráficos, imágenes, etc. Es aquí donde la aparición de la red ha cambiado más el trabajo en una oficina, ya que facilita enormemente la capacidad para recibir y enviar datos remotos, que anteriormente implicaban un tiempo considerable. Como consecuencia, los oficinistas pueden confiar en diferentes sistemas de intercambio de información de un modo rápido y eficiente sin ser necesario el papel.

Telecomunicaciones

El teléfono estándar fue adquiriendo nuevas posibilidades a partir de los años 70 que se hicieron comunes durante los 80 y 90. Las llamadas pueden ser desviadas de un teléfono a otro sin que eso nos parezca extraño. Otros sistemas permiten mantener conferencias con más de dos personas hablando simultáneamente. La aparición de teléfonos móviles ha proporcionado una mayor accesibilidad a la información y comunicación desde cualquier lugar, en el coche, en la calle, etc.

Otra variación del teléfono ha sido la incorporación de los canales visuales, es decir, poder estar visualizando a la persona con la que estamos hablando, lo que genera video-conferencias y muchos otros servicios, todo dependerá del ancho de banda. Esto se propone como el futuro más cercano

Entorno avanzado de monitorización y control

En muchos casos el entorno ambiental de una oficina está controlado por un sistema central HVAC (*heating, ventilation y air conditioning*). La temperatura se monitoriza a través de unos sensores

distribuidos por el edificio y el procesador central activa o desactiva el sistema según sea conveniente, o bien, cierra o abre ventanas, etc., dependiendo del nivel tecnológico de tales sistemas. Si las tendencias actuales continúan, cada operario de oficina será capaz de controlar las condiciones físicas de su entorno de trabajo, lo que sería de una gran importancia a la hora de conseguir muchos de los objetivos buscados y comentados a lo largo de este libro, eliminado el problema de la subjetividad e individualidad de las sensaciones.

Los avances de la tecnología relevantes al entorno de la oficina, generan un importante potencial de cambio en el trabajo y ambiente físico de la oficina del futuro. La incógnita es cuándo este potencial será una realidad y estará expandido a nivel general y al alcance de cualquier oficina.

Evolución de la oficina

Pocos expertos cuestionan el hecho de que en el futuro la oficina incorporará tales avances de la ciencia. A decir verdad, las predicciones de los años 70 se vieron cumplidas, y las “oficinas sin papel” son cada vez más comunes.

El actual debate sobre el futuro de las oficinas se centra en tres aspectos:

1. ¿En qué medida el trabajo de oficina migrará a las casas?
2. ¿En qué medida las telecomunicaciones suplantarán los encuentros personales?
3. ¿Participarán más los empleados en el diseño de las oficinas?

Dependiendo de las respuestas a estas tres preguntas, el futuro entorno de la oficina diferirá en gran medida del actual. Sin embargo, algunos expertos se muestran reticentes a este potencial de cambio. El cambio será bueno siempre que la primera consecuencia del mismo sea un mayor bienestar del trabajador.

La oficina en casa

Hasta la aparición en 1980 del libro *The Third Wave* de Alvin Toffler, pocos expertos se aventuraron a predecir la cantidad de trabajo que migraría a la casa de los empleados. Sin embargo, el concepto de *electronic cottage* de Toffler provocó un serio debate. El hecho de que se diese la posibilidad de llevar a cabo en casa tareas que antes sólo podían desarrollarse en la oficina haría que muchos trabajadores lo hicieran en casa.

En el lado opuesto del debate, el futurista John Naisbett (1982) argumentó que, en todo caso, la automatización hace a la gente incluso más deseosa de contacto social. Un estudio de Naisbett, en el que documentó la opinión de 60 *brockers* de New York, que siempre permanecían envueltos de ordenadores y teléfonos, concluyó en “un sentimiento general contrario a trabajar solo en casa”. Por otro lado cabe mencionar, la necesidad actual del “cara a cara” con los compañeros de trabajo, ya que, cada día más, el trabajo en grupo es una necesidad. Por ello, y por otras razones, la idea de Naisbett se ha visto más apoyada que la de Toffler.

Por otro lado, los cambios que se ha efectuado hasta ahora en la oficina han sido muy importantes, pero quizá los que se vayan incorporando en el futuro faciliten en mayor medida la “oficina en casa”.

Las grandes empresas ya contratan trabajadores que desarrollan su tarea en casa; profesionales como diseñadores, arquitectos, editores, consultores, y otros como escritores, analistas, etc., ya han comenzado a cambiar su entorno de oficina por el de la casa.

Participación de los empleados en el diseño de las oficinas

Algunos expertos han extendido la idea de que el empleado debe estar presente en el diseño del puesto

de trabajo. Esto siempre conllevará una serie de ventajas para el empleado, aunque por otro lado retarde y dificulte tal diseño.

Idealmente, el “diseño participativo” ofrece el potenciar la adaptación del puesto de trabajo a sus usuarios. Los oficinistas tomarán decisiones sobre medidas, mobiliario, color, distribución, iluminación, etc., aspectos que no serían tan estudiados en el caso de que éstos no tomarán parte en el diseño. En muchos casos el resultado obtenido puede ser el mismo al que hubiera llegado un equipo de diseño independiente, pero el hecho de que el trabajador haya formado parte de ese diseño puede hacer que el entorno les parezca más agradable. A pesar de todo, el conocimiento de un trabajador sobre el entorno de trabajo está limitado, por lo que siempre necesitará un asesoramiento externo.

Existen sin embargo diversos inconvenientes en la práctica del “diseño compartido”. La falta de un vehículo organizativo que incorpore a los empleados en tal diseño es una barrera en muchos casos difícil de superar. Esta complicidad en el diseño requiere de importantes cambios a nivel organizativo que actualmente no han llegado. Este cambio probablemente sea lento y difícil debido a dos razones. En primer lugar, los arquitectos, planificadores y diseñadores que tienen ahora la responsabilidad del diseño se resisten a los cambios que en sus métodos de trabajo introducen los usuarios, ya que restringen su autonomía y complica su labor. Si la reticencia de los profesionales es fuerte, el proceso de colaboración puede llegar a pararse por completo.

Un segundo problema práctico es que las organizaciones necesitan de razones persuasivas para cambiar los actuales procesos a favor de la participación de los trabajadores. Los beneficios potenciales de tales cambios deben generar mejoras demostradas en la satisfacción de los usuarios o en la eficiencia del diseño y entorno, ya que esa participación en la planificación acarrea unos costes, ya sea el tiempo que los empleados “pierden” en la colaboración o en cómo organizarse. El empresario tiene que ver justificados esos costes.

Por otro lado, hay varios aspectos que favorecen la participación del trabajador en el diseño de las oficinas. Uno es la más que extendida del “*management* participativo”. Los expertos apuntan en el futuro el *management* implicará cada vez más a los empleados en las decisiones que afecten a su trabajo. Otro aspecto favorable es el uso de espacios de trabajo modulares, que con la llegada de los nuevos sistemas de mobiliario, ha sido ampliamente implantado. En consecuencia, un espacio de trabajo puede ser modificado rápido y fácilmente sin mayores costes.

En resumen, la participación de los trabajadores en el diseño de su entorno de trabajo ofrece un medio de adaptar el entorno a sus usuarios. Las barreras a este diseño participativo incluyen la necesidad de cambios organizativos, la posible resistencia de los diseñadores y la necesidad de las organizaciones de razones persuasivas para aceptar y fomentar tal cambio. Por otro lado, las tendencias hacia un trabajo común y el extendido uso de espacios de trabajo flexibles y modulares pueden presagiar un diseño más participativo.

Sin lugar a dudas, la oficina ha sufrido una evolución, y no tan sólo física, sino también tecnológica y organizativa, condicionando en gran medida las tareas de los trabajadores de oficinas. Esto ha afectado a los trabajadores a distintos niveles, pero quizá el más considerable de todos esos cambios ha sido la inclusión del ordenador en las oficinas.

3. Diseño físico: antropometría y biomecánica

Los diseñadores y especialistas en ergonomía incorporan datos científicos de capacidades físicas humanas dentro del diseño de sistemas. Las características físicas humanas, al contrario que las de las máquinas, no pueden ser diseñadas.

En este capítulo trataremos los criterios y directrices de diseño que se utilizan para la actividad en oficinas:

1. Determinar los datos de la población usuaria.
2. Determinar los límites de diseño.
3. Evitar errores en la aplicación de los datos.
4. Usar la correlación de los datos.
5. Resolver los problemas de diseño.
6. Usar modelos.

Población usuaria

Los datos antropométricos son más fiables cuando derivan de algún centro de investigación que ha realizado unas medidas antropométricas relacionadas con la población en edad laboral, ya que si los datos han sido tomados siguiendo el protocolo de medida correcto, se habrá reducido notablemente la posible fuente de error.

El uso de los datos antropométricos y biomecánicos se utilizan principalmente para el diseño de sistemas, equipamiento (incluyendo protección personal), ropa, puestos de trabajo, controles, accesos, herramientas, etc.

Los datos necesarios para los diseñadores y ergónomos en el diseño del puesto de trabajo dependen de las especificaciones de éste y el entorno en que se encuentre, de ahí que no sólo sea importante fijar el tipo de dato a considerar, el protocolo de medida, etc, sino que además deberemos conocer dónde se va a utilizar, para qué y por quién.

El uso de los usuarios extremos es una manera de abordar el problema. Se deben establecer unos valores límite para los datos antropométricos que se obtienen, es decir, la distribución de población tomará un extremo superior en el hombre “más grande” y un extremo inferior en la “mujer más pequeña”. Se suele diferenciar entre datos masculinos y femeninos, ya que en algunas medidas esta distinción puede resultar de especial interés y las poblaciones muestran una variación significativa.

El uso de los límites de diseño

Este capítulo pretende establecer unos límites de diseño antropométrico. Para entender estos límites de diseño es útil considerar los pasos generales y las opciones que se tienen al aplicar los datos

antropométricos y biomecánicos. La investigación sobre estos límites de diseño consiste en establecer los percentiles apropiados de los valores de la población.

Los límites de diseño antropométrico en que se debe mover el ergónomo se basan en técnicas estadísticas sobre las medidas de las características físicas de la población objeto del diseño, de tal forma que la muestra deseada de los usuarios objeto de nuestra intervención sea acomodada en el diseño que hemos proyectado. El rango de acomodación de los operarios es función de los límites prefijados por el ergónomo en el diseño.

Para entender esta búsqueda de ajuste entre los límites de diseño y las medidas humanas, es conveniente ser consciente de los siguientes puntos:

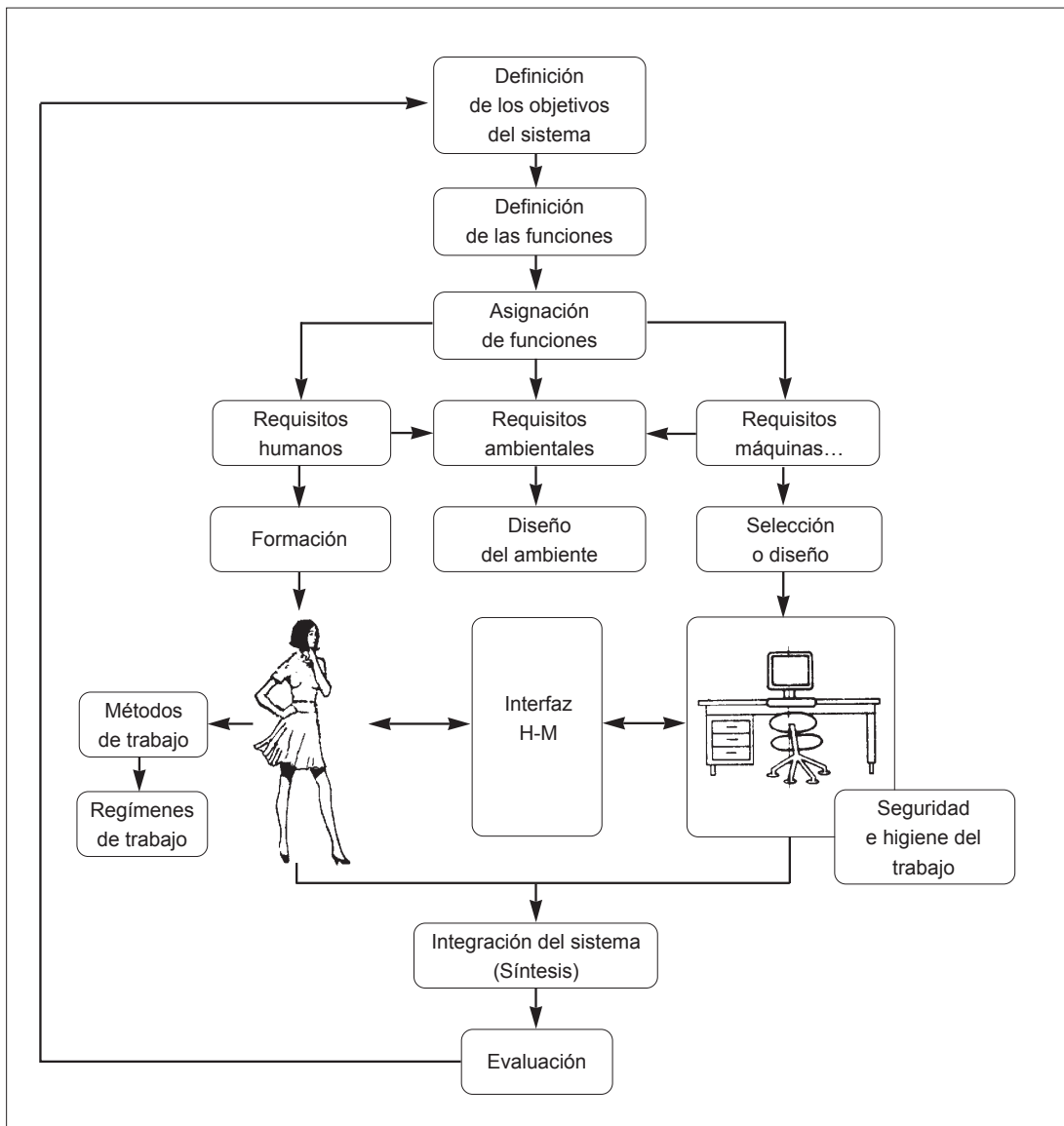


Fig. 3.1 Definición y objetivos

- a. Seleccionar las correctas **características físicas humanas** necesarias y suficientes para nuestro proyecto.
- b. Seleccionar la **población adecuada, representativa**, respecto al diseño que se quiera realizar y a quien vaya a dirigirse (niños, discapacidad física, etc.).
- c. Determinar los puntos **estadísticos pertinentes**, generalmente **percentiles**, para acomodar el diseño al rango pertinente de usuarios.
- d. Leer directamente o estadísticamente la **medición** correspondiente a esos puntos estadísticos.
- e. Incorporar ese valor como **criterio del diseño dimensional**, o en caso de datos biomecánicos, al criterio de diseño funcional.

Seleccionar las características físicas correctas y sus mediciones asociadas. El personal responsable del diseño ha de determinar aquellas características físicas que sean relevantes al diseño y que vayan a ser de interés en el proyecto del puesto de trabajo, siguiendo unas pautas de actuación mínimas como son:

- a. Un análisis de las tareas asociadas con el sistema, tipo de equipamiento, EPI's, entorno, etc.
- b. Consideración de los ritmos de trabajo, normal, de mayor intensidad, situaciones de emergencia, etc.
- c. Considerar la duración y frecuencia de la tarea.

Las características físicas y las mediciones estadísticas asociadas se refieren específicamente a aspectos fisisoanatómicos, de movimiento, capacidades del trabajador y cómo estos pueden influir en el diseño del entorno.

Seleccionar la información de los datos antropométricos de la población objeto del estudio. Cuando se usa esa búsqueda de los límites de diseño, los diseñadores y ergónomos han de seleccionar la distribución adecuada, incluyendo sexo, edades, nacionalidades, especificidades, etc.

Toda distribución estadística de la población tiene unos ciertos parámetros que la definen. Por ejemplo, una media y una varianza son suficientes para saber su curva de distribución normal (Gaussiana). Normalmente, se intenta medir la mayor parte posible de la población, o el porcentaje adecuado, dando por supuesto un error, por no poder medir toda la población del estudio.

Seleccionar el percentil correcto. El criterio de diseño para la integración de los aspectos físicos humanos debe basarse en la población que se quiere acomodar. Los diseñadores deben determinar los puntos estadísticos pertinentes (habitualmente, percentiles), para acomodar el rango oportuno de la distribución de población al problema específico de diseño.

El **percentil estadístico** está determinado por el *ranking* de todos los valores de los datos de la muestra y la elección de aquel punto a partir del cual los valores quedan fuera del "alcance" del diseño, ya sea por exceso o por defecto. Este porcentaje se conoce como **valor percentil** del dato seleccionado.

Habitualmente en ergonomía nos solemos mover con el percentil 95, pero en el caso de que el diseño trate aspectos de necesidad general, es decir características que sean de importancia capital para toda la población, podemos llegar a considerar el percentil 99.

Cuando actuamos para extremos mínimos, nos movemos del percentil 1 hasta el 5, dependiendo de la importancia o influencia de la característica en cuestión.

Dimensiones ajustables. Cualquier equipo que necesite de dimensiones ajustables, debe satisfacer, generalmente el rango percentil 5-95.

La *determinación* global del puesto de actividad deberá contemplar la ropa y ciertos equipamientos que trabajadores deben utilizar; deben contemplarse a la hora del diseño dimensional, respetando los percentiles establecidos y considerando estas peculiaridades como parte general del diseño integral.

Errores más frecuentes en la aplicación de datos antropométricos al diseño de áreas de actividad

Existen una serie de errores habituales que deben ser evitados por los diseñadores de puestos de trabajo al aplicar los datos antropométricos. Los más frecuentes son: (1) diseñar para el punto medio o la media, (2) creer que existe una persona “típica” o normal, (3) generalizar las características humanas, (4) sumar valores medidos de partes adyacentes del cuerpo.

El mal uso del percentil 50 o la media. El percentil 50 o la media casi nunca debe usarse como criterio de diseño, ya que en el mejor de los casos, este dato sólo acomoda a la mitad de la población, y para segmentos corporales es una falacia, ya que aunque un sujeto tenga una medida que corresponda con la media de la población, por ejemplo el alcance máximo, es seguro que no se corresponderá con las otras medidas.

Existe la falsa percepción de suponer que existe un hombre medio, e incluso hay autores que a partir de la estatura pretenden determinar las demás dimensiones del cuerpo, esto resulta ser una ficción que conduce inevitablemente a diseños erróneos. Hay que resaltar que *la persona no guarda una relación fija entre las dimensiones de las diferentes partes de su cuerpo*, cada segmento corporal tiene su propia varianza.

Como ejemplo de todo ello véase un curioso trabajo de G. D. Daniels sobre la antropometría de 4063 empleados de las Fuerzas Aéreas Norteamericanas (Daniels, 1952), en el que aún considerando una medida como media por el hecho de pertenecer al 30% de la población más cercana de la media de esa dimensión, concluye que ninguno de los 4063 tenía diez dimensiones dentro de la media.

<p>De 4063 hombres, 1055 eran de estatura media. De esos 1055, 302 también tenían la circunferencia del pecho media. De los 302, 143 tenían la longitud del brazo media. De los 143, 73 tenían la altura del perineo media. De los 73, 28 tenían medio el perímetro de los hombros. De los 28, en solo 12 el perímetro de las caderas era medio. Y de los 12, solo en 6 era medio el perímetro del cuello. De los 6, 3 tenían el perímetro de la cintura medio. De los 3, 2 el de los muslos. De los 2, ninguno tenía la longitud perineal media.</p>
--

Tabla 3.1 Ejemplo de estudio antropométrico sobre la falsedad del hombre medio

Evidentemente “la persona promedio” no existe, ya que, aunque alguna de sus medidas coincida con la media de la población, es seguro que la mayoría no coincidirán, por lo que a la hora de usar datos antropométricos se debe estudiar dimensión por dimensión, y ajustar los valores óptimos de diseño incluyendo sus dispersiones.

Los diseñadores y ergónomos no deben usar el concepto de la persona “típica”, es decir, una persona con el percentil 95 en la altura no es la más adecuada para establecer el percentil 95 de otra característica. Con ello se viene a explicar que un valor percentil es un valor particular para un segmento del cuerpo y exclusivamente para él.

La suma de los segmentos dimensionales de valores percentiles para distintas partes del cuerpo no debe utilizarse para representar ninguna característica física que parezca resultar de la combinación de otras partes. Es decir, el percentil 95 de la longitud del brazo no es la suma del percentil 95 de la longitud hombro-codo y del percentil 95 codo-mano. Para averiguar el percentil 95 de la longitud del brazo ha de usarse la distribución de datos de la longitud del brazo, o sea, para diseñar correctamente debemos aplicar medida funcional a medida funcional.

Resolver la cadena de problemas de diseño

Veamos una serie de problemas que requieren la consideración de una secuencia de relevantes referencias de diseño, como la localización (puntos de referencia al sentarse y de la zona visual), características físicas, puntos estadísticos, y medidas. Las recomendaciones incluyen identificar las necesidades de la actividad, las posturas, establecer puntos de referencia y tener en cuenta el entorno de la tarea, superficies de trabajo, controles, etc.

Podemos encontrarnos ante diferentes situaciones proyectables, por ejemplo, que el diseño sea para una persona específica, en este caso es como hacer un traje a medida, sería la solución ideal, pero también lo más caro, y sólo estaría justificado en casos muy específicos. Aun así, cuando el diseño es individual, debe actuarse como los sastres o las modistas tomando las medidas antropométricas del sujeto, objeto del trabajo.

Este tipo de diseño es utilizado de manera excepcional, lo más habitual es que la población destinada a ocupar un puesto sea poco numerosa, numerosa o muy numerosa, por lo que deberemos tener en cuenta la variabilidad existente entre los diferentes individuos a la hora de diseñar el puesto

Cuando el diseño es para un grupo de personas o para una población numerosa, al abordar estos casos tenemos que hablar de los tres principios genéricos para el diseño antropométrico:

1. Principio del diseño para extremos

Existen determinadas características del diseño que requieren adaptarse a los individuos que se encuentre en uno u otro extremo de la dimensión antropométrica considerada. Así por ejemplo, en el diseño de un panel de control en el que el alcance del brazo hacia adelante es una dimensión relevante, tomaríamos el menor percentil de esta dimensión para el diseño, pues en caso contrario, aquellos individuos con menor alcance tendrían serias dificultades para alcanzar el panel de control. En el caso opuesto tenemos el diseño de puertas; aquí estamos diseñando para máximos, pues en caso contrario los más altos se golpearían en la cabeza.

Esto se hace así, salvo cuando el valor extremo no es tan distinto como para poner en crisis el diseño, o provocar incomodidades en los restantes trabajadores. En esos casos, debemos buscar soluciones ingeniosas que permitan el acceso a esa persona, y como última alternativa excluirlas de ese puesto.

Las preguntas propias para decidir entre mínimo y máximo, son: ¿quiénes tendrán dificultades para acceder a ese archivador?, ¿para sentarse en esa silla?, ¿para visualizar las PVD's?, etc.

2. Principio del diseño para un intervalo ajustable

Se recurre al diseño de elementos ajustables en función de las dimensiones del usuario cuando se trata de un elemento de especial importancia para el diseño, o bien cuando resulta imposible acomodar razonablemente a toda la población con una dimensión fija.

Tal es el caso de las sillas de los operadores de pantallas de visualización, del sillón del dentista, del asiento del conductor y del sillón de barbero. En los casos del dentista y del barbero, el ajuste se efectúa para comodidad de éstos, y no de los clientes, a los cuales no les hace falta, por disponer de apoyapiés.

Este diseño es el idóneo, porque el operario ajusta el objeto a su medida, a sus necesidades, pero es más caro por el mecanismo de ajuste. El objetivo en este caso es decidir los límites del intervalo, para lo cual se emplean las dimensiones extremas de las medidas antropométricas relevantes. En el caso de la altura del asiento, se regularía diseñando un intervalo de ajuste con un límite inferior para el de altura poplítea menor y un límite superior para el de altura poplítea mayor, el proyectista decidirá en cada caso qué medidas considerar y qué rangos de ajuste primar.

3. Principio del diseño para la media

La media es generalmente un engaño, como ya se ha comentado anteriormente, y más en ergonomía. Suponga que 5 personas tienen una altura poplítea de 32, 33, 40, 41, 43 cm, cuyo promedio sería 37,4 cm. Si se diseña la altura de un asiento fijo para el promedio, a dos de las personas (32, 33 cm) les colgarán las piernas y sufrirán el inconveniente de sentarse mal y de una presión considerable en la zona poplítea, con lo cual la sangre no circulará con regularidad y a la larga producirá problemas de salud en los operarios: ese diseño ha sido un error. El principio de diseño para la media sólo se utiliza en contadas situaciones, cuando la dimensión no tiene importancia o su frecuencia de uso es muy baja, siendo cualquier otra solución o muy costosa o técnicamente muy compleja.

Siempre que abordemos un trabajo de ergonomía debemos considerar que el diseño del área de actividad o de la herramienta contemple las posturas y movimientos que requerirá la realización de la tarea. Se ha de realizar un estudio que contemple las necesidades posturales de la tarea y aquellos movimientos que se vayan a efectuar con cierta frecuencia, o aquellas que aun siendo de baja cadencia implican unos requerimientos difíciles de realizar por el usuario.

Las mediciones antropométricas han de ser realizadas por profesionales, ya que existen una serie de interacciones complejas entre diferentes partes del cuerpo que tan sólo personal cualificado es capaz de evaluar. Por otro lado, sólo estos profesionales son capaces de evitar, debido a su pericia y experiencia, una serie de fallos técnicos que se repiten con demasiada frecuencia en los diseños cotidianos.

Existen unos puntos de referencia o zonas que son clave en la relación espacio-persona, éstos han de estar fundamentadas en los datos antropométricos y en las posiciones necesarias para realizar la tarea con eficacia. Estos puntos de referencia incluyen: punto de referencia en la postura de sentado, puntos de rotación de los brazos, posición de referencia de los ojos, movilidad, etc.

Otro factor, motivo de múltiples errores, son los efectos del vestuario, debido a que la mayoría de los estudios antropométricos se realizan con mediciones de desnudo (a no ser que se indique), se ha de tener en cuenta la variación sobre los datos obtenidos que la aplicación de un vestuario reglamentario puede tener. Más importante es aún cuando la tarea realizada requiere un vestuario de protección especial frente a agentes externos, sin embargo no será este nuestro caso, ya que el vestuario de oficina podemos tipificarlo como convencional.

Aplicación de la estadística. Uso de la distribución y correlación de los datos

Cuando la población es muy numerosa, es imposible medir a todas las personas que conforman el grupo de trabajo, en esta situación se acostumbra a seleccionar una muestra representativa de la población.

Cálculo del tamaño de la muestra

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

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

donde,

N: es el tamaño de la muestra,

σ' : es la desviación estándar estimada,

e: es el grado de precisión,

k: es un factor cuyo valor dependerá de los propósitos que se tengan al aplicar la ecuación para determinar:

k = 1,41 para la desviación estándar (s) de la población,

k = 2,00 para la media,

k = 2,65 para los percentiles 30 y el 70,

k = 2,83 para los percentiles 20 y 80,

k = 3,46 para los percentiles 10 y 90,

k = 4,24 para los percentiles 5 y 95.

Para estimar la desviación estándar (σ') de cualquier dimensión se puede acudir a las múltiples fuentes de información antropométrica existentes o directamente a los coeficientes de variación (C.V.) estimados a partir de dichas informaciones:

$$C.V. = (\sigma / \mu) 100$$

donde,

σ : es la desviación estándar real,

μ : es la media.

Estos coeficientes de variación oscilan alrededor de determinados valores según la dimensión antropométrica específica, y resultan menores para las alturas del cuerpo (3% - 5%), y mayores para otras como el ancho de hombros, las profundidades del pecho y del abdomen (5% - 9%), los alcances de brazos (4% - 11%), los pesos corporales (10% - 21%), las fuerzas (13% - 85%), pues los seres humanos nos diferenciamos antropométricamente más o menos según la dimensión que se compare.

De esta manera, por ejemplo, la desviación estándar estimada (σ') de la altura ojos-suelo de pie, considerando un C.V. = 4,5% y una media de ojos-suelo de 152 cm, se podrá estimar como indica el siguiente ejemplo:

$$\sigma' = 0,045 \times 152$$

$$\sigma' = 6,8 \text{ cm}$$

Así pues, si necesitamos determinar el tamaño de la muestra que debemos medir para estimar el percentil 5 de la altura ojos-suelo de pie con una precisión de $\pm 0,25$ cm, con la desviación estándar

estimada de 6,8 cm:

$$N = [(4,24 \cdot 6,8) / 0,25]^2$$

$$N = 13.300 \text{ sujetos}$$

En consecuencia, medidos ya los 13.300 sujetos, la media (μ) se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\mu = \sum x_i / N$$

donde x_i es la suma de todas las alturas ojos-suelo de las 13.300 personas medidas, mientras que la desviación estándar se puede determinar:

$$\sigma = \sqrt{\sum (\mu - x_i)^2 / N}$$

Selección de los individuos que compondrán la muestra

La imprescindible selección de los individuos que habrán de componer una muestra en ocasiones no es una tarea fácil. Para ello hay que tener bien claro para quiénes se quiere diseñar, para escoger únicamente a usuarios potenciales del puesto de trabajo, y excluir a todos aquéllos a los que no está dirigido el diseño y que, por lo tanto, no son representativos de la población usuaria; por otro lado, no hay que ignorar a otros que sin duda sí serán usuarios del puesto. Esto, en muchas ocasiones, no es muy evidente o es ignorado por desconocimiento, como ocurre, por ejemplo, cuando se necesita diseñar los puestos de trabajo para una línea de producción.

Aún cuando se dispone de información antropométrica, debemos considerar que existen grandes diferencias antropométricas entre individuos por sexo, edad, etnia, nacionalidad, etc., por lo que las tablas de información antropométricas deben ser propias y, aún así, se deben tener en cuenta las características específicas del sector de la población para el que se diseña. Recordemos que la existencia de información antropométrica de la población a la que pertenece la subpoblación para la cual se necesita diseñar no exime de la necesidad de tomar mediciones específicas, sobre todo cuando se quiere aplicar a una parte relativamente pequeña de la población.

Además, la información estadística envejece, porque las dimensiones de las personas cambian continuamente a lo largo de sus vidas y, además, de la población unos desaparecen (se marchan para otras regiones o para el más allá, y otros llegan de otras regiones o nacen). Es decir, se renueva, lo cual significa que al utilizar datos antropométricos debemos considerar la fecha de realización del estudio.

Para el diseño de puestos de trabajo para una población muy numerosa, si se dispone de información actualizada de la misma, teniendo en cuenta que los datos antropométricos tienden a una distribución normal, se facilita el trabajo. Con la media y la desviación estándar de cada dimensión de la población es posible hacer los cálculos necesarios y tomar decisiones.

Cálculo de los percentiles

Si se necesita calcular un percentil determinado y se dispone de la desviación estándar (σ) y de la media (μ) de la población, es posible hacerlo partiendo de la expresión:

$$P\% = \mu \pm \beta\sigma$$

en la que para calcular mínimos se utiliza el signo negativo y para calcular máximos el positivo, y en la cual P% es el percentil que se desea calcular y β es un factor específico para cada pareja de

percentiles complementarios, que determina la cantidad de veces que la s se separa de la media, y cuyos valores son:

P _%	β	P _%	β
0,01 y 99,99	3,72	24 y 76	0,71
0,1 y 99,9	3,09	25 y 75	0,674
0,5 y 99,5	2,576	26 y 74	0,64
1 y 99	2,326	27 y 73	0,61
2 y 98	2,05	28 y 72	0,58
2,5 y 97,5	1,96	29 y 71	0,55
3 y 97	1,88	30 y 70	0,524
4 y 96	1,75	31 y 69	0,50
5 y 95	1,645	32 y 68	0,47
6 y 94	1,55	33 y 67	0,44
7 y 93	1,48	34 y 66	0,41
8 y 92	1,41	35 y 65	0,39
9 y 91	1,34	36 y 64	0,36
10 y 90	1,282	37 y 63	0,33
11 y 89	1,23	38 y 62	0,31
12 y 88	1,18	39 y 61	0,28
13 y 87	1,13	40 y 60	0,25
14 y 86	1,08	41 y 59	0,23
15 y 85	1,036	42 y 58	0,20
16 y 84	0,99	43 y 57	0,18
17 y 83	0,95	44 y 56	0,15
18 y 82	0,92	45 y 55	0,13
19 y 81	0,88	46 y 54	0,10
20 y 80	0,842	47 y 53	0,08
21 y 79	0,81	48 y 52	0,05
22 y 78	0,77	49 y 51	0,03
23 y 77	0,74	50	0

Como se puede comprender, la selección del percentil, generalmente, es prioritariamente una razón económica y, en segundo lugar, tecnológica. Lo ideal sería poder incluir a toda la población, pero esto no es factible.

No sólo la obtención fiable de los datos antropométricos es compleja, sino que el uso cabal de los datos referidos a las dimensiones físicas presenta muchas dificultades, como se verá en este apartado. Un dato y la información de la distribución de una característica física y sus medidas no proporcionan necesariamente información sobre la relación entre características y medidas. Para el diseño de áreas de actividad, la relación entre dos o más características, y cómo estas medidas varían conjuntamente, es de especial interés.

Las distribuciones bivariantes y la correlación estadística deben para establecer los criterios de diseño, siempre teniendo presente que los datos obtenidos se deben verificar sobre el terreno y que, por mucha parafernalia matemática que usemos, siempre debemos realizar pruebas de conformidad sobre el área a diseñar.

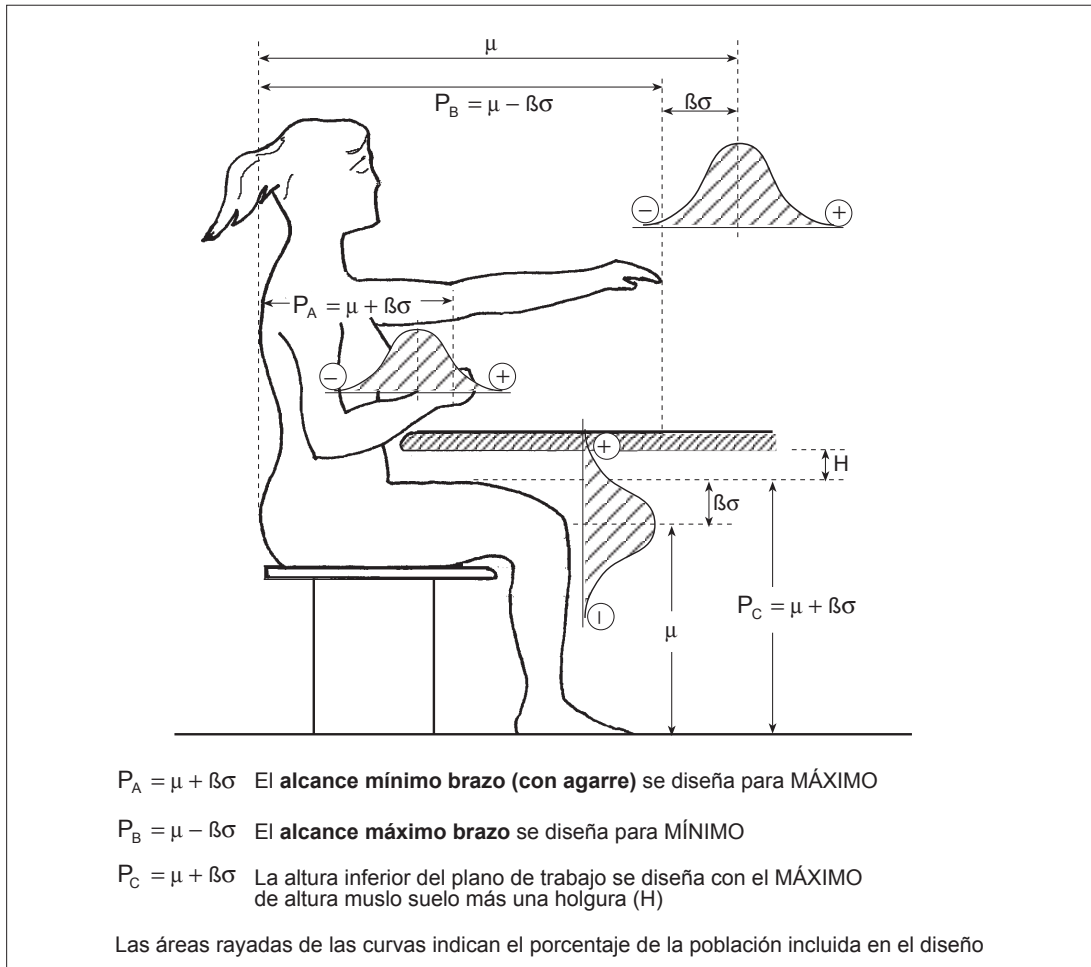


Fig. 3.2 Alcance de los brazos y ubicación de las piernas

Puesto de trabajo y adecuación

La variabilidad de dos mediciones del cuerpo y su interrelación debería ser presentada en tablas o gráficas. La información bivariante incluye el rango de dos mediciones y los porcentajes o frecuencias de los individuos que están caracterizados por las diferentes combinaciones de esas mediciones.

Si dos o más características físicas humanas son aplicables al problema de un diseño, se deben estudiar e interpretar su correlación estadística, para tomar decisiones adecuadas al problema a tratar, ya que las relaciones o correlaciones entre medidas específicas del cuerpo humano son altamente variables entre las diferentes características humanas y difieren entre muestras y poblaciones. Por ejemplo, la medida de la anchura tiene mayor relación con el peso que con la estatura. El grado de relación se expresa por el coeficiente de correlación “r”.

El coeficiente de correlación o “r” describe el grado en el que dos variables varían conjuntamente (correlación positiva) o varían inversamente (correlación negativa). El coeficiente de correlación tiene un rango de valor desde +1, perfecta correlación positiva, hasta -1, perfecta correlación negativa. La correlación múltiple implica la relación predecible entre dos o más variables. “R” es el coeficiente de

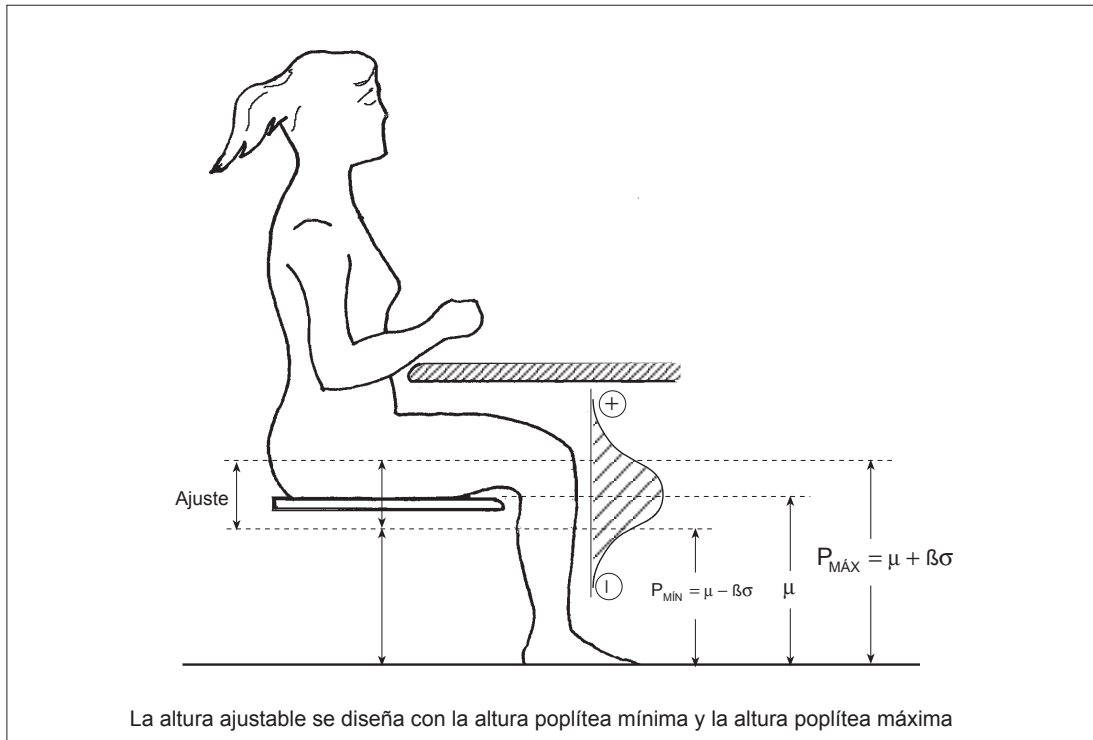


Fig. 3.3 Asiento ajustable

correlación múltiple. Se recomienda que sólo se usen valores de correlación cuando éstos sean consistentes, es decir, cuando estén por encima del valor absoluto $|0,7|$.

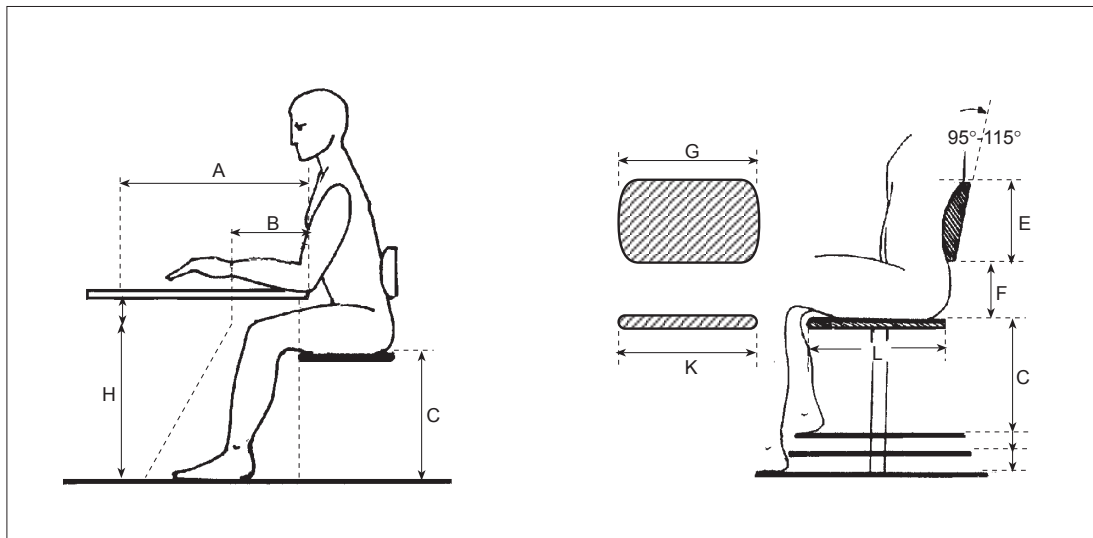


Fig. 3.4 Diseño de puesto de trabajo

Variabilidad de los factores antropométricos

Hay una serie de factores que presentan una relación con la gran variabilidad observada en la medición de las características físicas del hombre. Estos factores incluyen: (1) la posición del cuerpo, (2) edad, salud, condición física, (3) sexo, (4) etnia y nación de origen, (5) ocupación y (6) tendencias de la evolución.

Estos factores afectarán a la futura muestra de población, y se deben tener en cuenta a la hora de analizar los datos recogidos o hacer una clasificación de ellos; de todas formas se ha de considerar que suponiendo una situación de globalización deberíamos reducir al mínimo estas variables y tratar de obviar en el diseño (edad, condiciones físicas, etnia, nación de origen) y realizar un diseño que llevara encapsulado el factor más débil de correlación; diseñando de esta forma cubriríamos todos los aspectos, por ejemplo, si hablamos del transporte de cargas y utilizamos las tablas para esfuerzo máximo realizado por mujeres, automáticamente estamos diseñando bien tanto para ellas como para ellos, el diseñador en este caso está configurando unos puestos de trabajo no excluyentes.

Si una determinada compañía presenta oficinas en diferentes países, es conveniente que el estudio antropométrico se realice independientemente, ya que si tomamos muestras de población como un todo, se pueden apreciar diferencias considerables en algunas mediciones.

La etnia es un aspecto que genera importantes diferencias antropométricas, y debe seguir directrices similares que el aspecto de la nacionalidad de origen.

Para determinar posiciones corporales y posición de la zona de los ojos para posturas sentadas o en pie, debe tenerse en cuenta un “**factor de relajación**” que acompaña a muchas de estas posturas. La altura de los ojos en posición de sentado puede llegar a variar cerca de 65 mm dependiendo del estado de relajación de la persona. Cuando estamos en pie, la estatura puede reducirse 20 mm en una posición de relax. Este factor de relajación debe tenerse en cuenta en el diseño de asientos ajustables, entornos visuales y localización de pantallas.

Datos antropométricos y biomecánicos

Abordemos ahora los aspectos antropométricos y biomecánicos de mayor relevancia en el diseño de un puesto de trabajo, incluyendo rangos de movimiento para las articulaciones.

Las dimensiones del cuerpo humano que influyen en el diseño son de dos tipos:

1. Dimensiones estáticas, medidas de la cabeza, torso y extremidades en posiciones normales.
2. Dimensiones dinámicas, que son mediciones tomadas en postura de trabajo o durante los movimientos.

Uso de datos

Uso de datos antropométricos y biomecánicos. Como ya se ha comentado, sería imposible realizar un diseño correcto de un puesto de trabajo, si no se trabajasen con datos antropométricos que permitan conocer las necesidades físicas del usuario.

Consideraciones de la tarea. Los diseñadores y ergónomos deben tener en consideración las siguientes condiciones de la tarea al usar los datos antropométricos que se presentan:

- a. La naturaleza, frecuencia y dificultad de la tarea a desarrollar.
- b. La posición del cuerpo durante la actividad y las operaciones de mantenimiento,

- c. Las demandas de movilidad y flexibilidad impuestas por las tareas de mantenimiento (que habitualmente son mayores que las convencionales en un puesto de oficina).
- d. El tacto, desplazamiento de útiles, ascensores, etc.
- e. Incrementos en el diseño debido a requerimientos de vestuario, herramientas (poco habitual en oficinas).
- f. Incrementos en el diseño e individualización para personas con discapacidad o necesidades especiales.

En términos generales las mediciones de las dimensiones del cuerpo son de dos clases, a saber: las dimensiones estructurales o estáticas, y las dimensiones funcionales o dinámicas. La *antropometría estática* concierne a las medidas efectuadas sobre dimensiones del cuerpo humano en una determinada postura en ausencia de movimiento. La *antropometría dinámica* tiene presente que las personas se mueven, considera los rangos de movimiento de las partes del cuerpo, alcances, medidas de trayectorias, etc.

Aunque las dimensiones estáticas resultan muy útiles para determinadas finalidades de diseño, dado que en todas nuestras actividades realizamos movimientos, son mucho más importantes las dinámicas, aunque en el caso del trabajo en oficina ambas tienen una importancia similar.

Dimensiones estáticas del cuerpo

A continuación se presentan algunas dimensiones estáticas del cuerpo humano, dirigidas fundamentalmente a aquellas de mayor influencia en el diseño de un puesto de trabajo en oficinas, como son la posición de sentado, de pie, datos de extremidades, manos, etc.

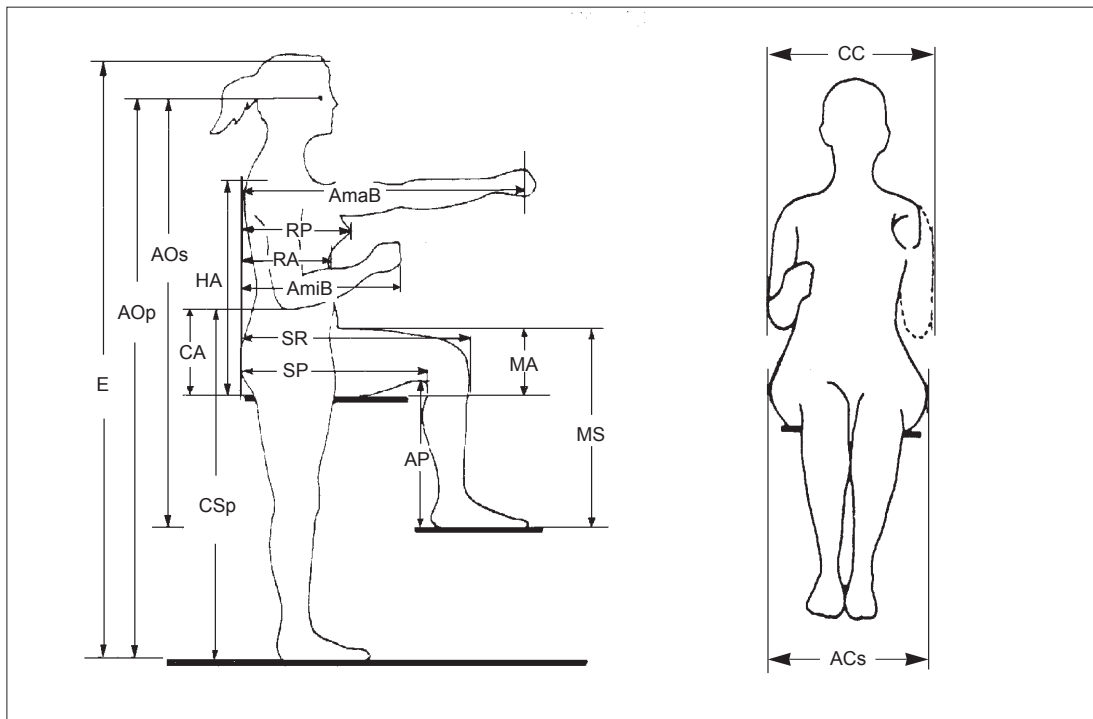


Fig. 3.5 Distancias importantes

Dimensiones corporales significativas

Antes de la exposición de las dimensiones corporales, definiremos una serie de conceptos de interés en el diseño antropométrico.

Instrumental para medir a mano

A continuación nombraremos aquellos instrumentos más comunes para realizar mediciones antropométricas, y que ya fueron definidos en el libro *Ergonomía 3*.

1. Antropómetro: es un pie de rey gigante de tamaño proporcional al cuerpo humano.
2. Estadiómetro: se utiliza para medir la estatura.
3. Cintra métrica convencional y cartabones.
4. Plano vertical: se utiliza como fondo y respaldo del sujeto.
5. Balanza clínica: para obtener el peso del sujeto.
6. Silla antropométrica: para la toma de medidas sentado.

Puntos antropométricos

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

1. Depresión poplíteo: es la superficie triangular del poplíteo limitada por la línea oblicua de la tibia.
2. Protuberancia superior del cóndilo exterior del fémur: es la extremidad inferior del fémur, cóndilo exterior de la cara lateral externa.
3. Protuberancia mayor del muslo: es el punto más alto del muslo a nivel inguinal, si se toma como referencia el pliegue cutáneo que se forma entre el muslo y la cintura pélvica.
4. Ángulo inferior de la escápula: es el ángulo inferior formado por los bordes externo e interno del omóplato.
5. Espina iliaca anterior superior: es la extremidad anterior de la cresta iliaca.
6. Vértex: es el punto más alto en la línea medio sagital cuando la cabeza está orientada en el plano de Frankfort.
7. Apófisis acromial: es el punto más lateral y superior de la apófisis acromial del omóplato.
8. Cresta iliaca: es el borde superior sinuoso del hueso iliaco; su extremidad anterior recibe el nombre de espina iliaca anterior y posterior, y la extremidad posterior se denomina espina iliaca posterior y superior.

Posición de atención antropométrica

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

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

Una vez definidos esta serie de conceptos que consideramos de interés, será más fácil la comprensión de las dimensiones corporales que se presentan a continuación.

Estatura

Es la altura máxima desde la cabeza hasta el plano horizontal de la base del estadiómetro o del suelo, con la persona en posición de atención antropométrica (PAA). Su medición se realiza haciendo coincidir la línea media sagital con la del instrumento, bajando la pieza móvil hasta colocarla en contacto con la cabeza y presionando ligeramente.

Altura ojos-suelo, de pie

Es la distancia vertical desde el eje horizontal que pasa por el centro de la pupila del ojo hasta la superficie del suelo, cuando la persona está en posición PAA. En posición PAA se coloca un cartabón sobre el plano vertical para señalar la altura de la pupila. La rama fija del antropómetro se situará perpendicular sobre el plano del suelo y la móvil en la superficie inferior del cartabón.

Altura codo-suelo, de pie

Es la distancia medida desde el suelo hasta la depresión del codo cuando el sujeto, de pie y en posición PAA, tiene su brazo paralelo a la línea media del tronco y el antebrazo formando un ángulo de 90°. Al igual que la altura del codo sentado, se extiende la rama móvil hasta la depresión del codo, manteniéndola fija y perpendicular sobre el plano del suelo.

Altura ojos-suelo, sentado

Se coloca un cartabón sobre el plano vertical de tal forma que la rama del cartabón esté a la altura de la pupila del ojo. La rama fija del antropómetro se sitúa en el plano del suelo, y se alarga la móvil hasta la superficie inferior del cartabón.

Anchura de hombros

Distancia horizontal máxima que separa a los músculos deltoides. El medidor se situará por detrás del individuo colocando las ramas del antropómetro en la superficie exterior de los hombros y, sin ejercer presión lo subirá y lo bajará horizontalmente hasta detectar el valor máximo.

Ancho de tórax

Es la distancia horizontal del ancho del tórax medido en la zona más externa de los pechos donde se encuentran con los brazos, con el sujeto en PAA, los brazos descansando normalmente a ambos lados del cuerpo y respirando con normalidad. Se mide situando en los puntos señalados los brazos del antropómetro dispuesto horizontalmente.

Ancho de rodillas, sentado

Es la distancia horizontal que existe entre los puntos más exteriores de las rodillas, encontrándose la persona sentada con el tórax perpendicular al plano de trabajo. Se mide localizando con las manos las protuberancias externas de las rodillas, se colocan las ramas del antropómetro sobre las mismas, sin presionar, y se suben y se bajan hasta encontrar el valor máximo de la distancia, manteniendo el instrumento en posición horizontal.

Ancho codo-codo

Distancia horizontal medida entre los codos, encontrándose el individuo sentado con los brazos colgando libremente y los antebrazos doblados sobre los muslos. El medidor se situará por detrás del

individuo colocando las ramas del antropómetro en la superficie exterior de los codos y, sin ejercer presión, lo subirá y lo bajará horizontalmente hasta detectar el valor máximo.

Anchura de caderas (muslos), sentado

Es la distancia horizontal que existe entre los muslos, encontrándose el sujeto sentado con el tórax perpendicular al plano de trabajo. Una vez localizados con los dedos los huecos de las caderas, se colocan las ramas del antropómetro sobre las crestas ilíacas, sin presionar, y se suben y se bajan hasta encontrar el valor máximo del diámetro, manteniendo el instrumento en posición horizontal.

Altura codo-asiento

Es la distancia medida desde el plano del asiento hasta la depresión del codo, cuando el sujeto tiene su brazo paralelo a la línea media del tronco y el antebrazo formando un ángulo aproximadamente de 90°. Se sitúa el antropómetro haciendo contacto con el plano de la superficie del asiento en posición vertical y la rama móvil haciendo contacto con la depresión del codo.

Altura muslo-asiento

Es la distancia vertical desde el punto más alto del muslo a nivel inguinal, tomando como referencia el pliegue cutáneo que se forma entre el muslo y la cintura pélvica, y el plano horizontal del asiento al estar el individuo sentado, con un ángulo de 90° entre el tórax y el muslo. Se coloca la rama móvil del antropómetro sobre el muslo, sin presionar, en el punto identificador indicado; la parte fija del antropómetro se situará en el plano del asiento.

Altura muslo-suelo, sentado

Es la distancia vertical desde el punto más alto del muslo a nivel inguinal, tomando como referencia el pliegue cutáneo que se forma entre el muslo y la cintura pélvica, y el plano horizontal del asiento al estar el individuo sentado, con un ángulo de 90° entre el tórax y el muslo. Se sigue el mismo proceso que para la medida anterior, cambiando la posición del extremo fijo del instrumento, que ahora se situará en el plano del suelo; la rama móvil continuará en el punto identificativo sobre el muslo.

Altura rodilla-suelo, sentado

Es la distancia vertical medida desde el punto más alto de la rodilla y el plano horizontal del suelo al estar el individuo sentado, con un ángulo de 90° entre el tórax y el muslo. Se sitúa el antropómetro haciendo contacto con el plano de la superficie del suelo haciendo contacto con el plano de la superficie del suelo en posición vertical y la rama móvil haciendo contacto con el punto más alto de la rodilla

Altura hombros-suelo, de pie

Distancia vertical medida desde la superficie del suelo hasta un punto equidistante del cuello y el acromion, cuando el individuo se encuentra en posición PAA. Se mide con la rama fija del antropómetro situada perpendicular al plano del suelo y la móvil sobre la superficie del hombro, vigilando que mantenga los hombros en contacto con el plano vertical.

Altura poplítea

Es la distancia vertical medida desde el suelo hasta el punto más alto de la depresión poplítea, estando el individuo sentado con los dos pies apoyados de forma plana sobre el suelo y el borde anterior del

asiento no ejerciendo presión en la cara posterior del muslo (los muslos tienen que estar en posición horizontal formando un ángulo de 90°). Se sitúa el antropómetro haciendo contacto con el plano del suelo y el extremo de la barra móvil en contacto con el punto más alto de la depresión poplítea, cuidando de mantener el instrumento vertical y paralelo al plano medio sagital del cuerpo.

Altura subescapular, sentado

Es la distancia vertical medida desde el ángulo inferior de la escápula hasta el plano del asiento, cuando el sujeto está en PAA modificada. Para su medición se coloca el extremo del antropómetro verticalmente en contacto con el plano del asiento y paralelo al plano medio sagital del cuerpo, y la rama móvil en contacto con el borde inferior de la escápula.

Altura iliocrestal, sentado

Es la distancia vertical desde la espina iliaca anterior y superior hasta el plano del asiento, cuando la persona está en PAA modificada. Esta altura coincide con la altura sacro-lumbar cuando el sujeto está sentado. Para su medición se coloca el extremo del antropómetro verticalmente en contacto con el plano del asiento y paralelo al plano medio sagital del cuerpo y la rama móvil en contacto con la espina iliaca anterior y superior.

Distancia sacro-poplítea

Es la distancia horizontal medida desde el punto correspondiente a la depresión poplítea de la pierna, hasta el plano vertical situado en la espalda del individuo, cuando tiene el muslo en posición horizontal y formando un ángulo de 90° con las piernas y el tronco. Se sitúa el extremo del antropómetro haciendo contacto con el plano vertical y se coloca la rama móvil en la depresión poplítea, y se verifica que la rama esté en contacto con la cara posterior del muslo.

Dimensiones antropométricas relacionadas con el alcance

Alcance mínimo del brazo hacia delante con agarre

Es la distancia horizontal medida desde el respaldo del asiento hasta el eje vertical que se produce en la mano con el puño cerrado y sosteniendo un eje, cuando el individuo tiene su brazo paralelo a la línea media del tronco y el antebrazo formando un ángulo igual o un poco menor de 90° con el brazo, en posición cómoda. En posición PAA, agarrando un eje con el antebrazo sin modificar la posición vertical, y verificando la perpendicularidad con el brazo y el paralelismo con el suelo.

Alcance mínimo del brazo hacia delante sin agarre

Igual que con agarre, pero con los dedos unidos extendidos hacia delante. La distancia se mide hasta la punta de los dedos.

Alcance máximo del brazo hacia delante con agarre

Es la distancia horizontal medida desde el plano vertical que pasa por el occipital, las escápulas y los glúteos hasta el eje vertical que se produce en la mano con el puño cerrado, cuando el individuo tiene su brazo extendido. La medición se realiza con la misma preparación que para la medida del alcance mínimo; por ello pediremos al individuo que extienda todo el brazo, y verificaremos los 90° en los sentidos vertical y horizontal. La distancia entre el plano vertical y el eje sujeto será el alcance máximo.

Alcance máximo del brazo hacia delante sin agarre

Es la distancia horizontal medida desde el plano vertical que pasa por el occipital, las escápulas y los glúteos hasta la punta de los dedos unidos con la mano abierta y el brazo extendido hacia delante.

Distancia codo-mano

Es la distancia horizontal medida desde el codo hasta la punta de los dedos con la mano abierta, cuando el individuo tiene su brazo paralelo a la línea media del tronco y el antebrazo formando un ángulo igual o un poco menor de 90° con el brazo, en posición cómoda.

Distancia sacro-rótula

Es la distancia horizontal medida desde el punto correspondiente al vértice de la rótula hasta el plano vertical situado en la espalda del individuo, cuando éste tenga su muslo en posición horizontal formando un ángulo de 90° con las piernas y el tronco. La técnica para su medición es la misma que para la sacro-poplíteo, pero alargando la rama móvil hasta la rótula del individuo.

Distancia sacro-punta del pie

La distancia sacro-punta de pie es la distancia horizontal que se toma desde la superficie más exterior de la nalga hasta la punta del pie.

Profundidad pecho

Es la distancia horizontal medida desde el plano vertical que pasa por el occipital, la escápula y los glúteos hasta el punto más alejado del pecho. Se mide con la espalda del individuo apoyada sobre el respaldo o el plano vertical, en una posición relajada, y tomando la distancia desde el plano vertical hasta el plano más alejado por el pecho.

Profundidad del abdomen

Es la distancia horizontal medida desde el plano vertical que pasa por el occipital, las escápulas y los glúteos hasta el punto más alejado del abdomen. Se mide con la espalda del individuo apoyada sobre el respaldo o el plano vertical, en una posición relajada, y tomando la distancia desde el plano vertical hasta el plano más alejado por el abdomen.

Altura hombros-asiento

Es la distancia vertical medida desde la superficie del asiento hasta el punto equidistante del cuello y el acromion, cuando el individuo se encuentra sentado con el tórax perpendicular al plano del asiento. Se mide con la rama fija del antropómetro situada perpendicularmente sobre el plano del asiento y la móvil sobre la superficie del hombro, vigilando que mantenga los hombros en contacto con el plano vertical.

Datos antropométricos de la población española

Fuente de los datos antropométricos españoles

Siempre sería conveniente disponer de tablas de valores antropométricos que cumplieren los siguientes requisitos:

- a) Provenir de un estudio representativo.
- b) Ser adecuadas a la raza y país para el que se diseña.
- c) No ser demasiado antiguas, por el crecimiento secular de la población.

Dimensiones antropométricas estimadas de la población española

Edad: 18 a 25 años	Hombres			Mujeres		
	P5	P50	P95	P5	P50	P95
Estatura	1656	1756	1855	1518	1612	1705
Altura de los ojos	1548	1646	1743	1415	1507	1599
Altura de los codos	1029	1102	1175	940	1009	1079
Altura de los ojos, sentado	744	793	842	690	741	792
Altura de hombros, sentado	553	598	643	509	557	604
Altura de los codos, sentado	201	244	287	185	228	271
Espesor de los muslos	137	159	181	124	149	173
Altura de la rodilla	503	548	593	457	497	537
Altura hueso popliteo	403	443	484	356	398	439
Distancia sacro-poplítea	452	498	544	428	472	517
Distancia sacro-rótula	550	593	637	517	562	606
Anchura de los hombros	424	463	503	356	393	429
Anchura de las caderas	307	349	391	303	348	392

Tabla 3.2 Dimensiones antropométricas estimadas de la población española, edades 18 a 25 años

Edad: 18 a 25 años	Hombres			Mujeres		
	P5	P50	P95	P5	P50	P95
Estatura	1600	1721	1841	1489	1596	1702
Altura de los ojos	1493	1612	1731	1392	1497	1602
Altura de los codos	995	1084	1173	924	1003	1081
Altura de los ojos, sentado	724	784	843	678	736	794
Altura de hombros, sentado	532	586	640	499	553	607
Altura de los codos, sentado	189	241	293	183	232	281
Espesor de los muslos	131	157	183	125	153	181
Altura de la rodilla	483	537	591	448	494	539
Altura hueso popliteo	390	438	487	347	395	442
Distancia sacro-poplítea	432	488	544	423	474	525
Distancia sacro-rótula	534	586	639	512	563	614
Anchura de los hombros	409	458	507	348	390	432
Anchura de las caderas	299	350	400	295	360	425

Tabla 3.3 Dimensiones antropométricas estimadas de la población española, edades 25 a 42 años

Edad: 18 a 25 años	Hombres			Mujeres		
	P5	P50	P95	P5	P50	P95
Altura de los ojos	1469	1578	1686	1358	1481	1578
Altura de los codos	976	1058	1140	918	991	1063
Altura de los ojos, sentado	708	764	820	675	728	781
Altura de hombros, sentado	524	573	622	495	545	595
Altura de los codos, sentado	187	235	282	182	227	273
Espesor de los muslos	132	156	181	127	153	179
Altura de la rodilla	480	529	578	448	490	532
Altura hueco poplíteo	382	426	470	347	391	435
Distancia sacro-poplíteo	429	480	531	429	475	522
Distancia sacro-rótula	525	573	620	518	564	611
Anchura de los hombros	406	450	495	347	386	425
Anchura de las caderas	306	352	398	312	371	431

Tabla 3.4 Dimensiones antropométricas estimadas de la población española, edades 42 a 65 años

Edad: 18 a 25 años	Hombres			Mujeres		
	P5	P50	P95	P5	P50	P95
Altura sentado	840	902	963	782	844	905
Altura occipital	757	822	860	702	764	825
Altura de la nuca	653	718	782	593	655	716
Altura de c7	598	654	709	555	610	664
Altura escapular	403	441	478	374	412	449
Altura lumbar	192	237	281	189	228	266
Altura sacral	124	163	201	125	163	200
Anchura de hombros	412	460	507	349	392	434
Anchura torácica	271	307	342	231	263	294
Anchura entre codos	362	446	529	309	382	454
Ancho de cintura	246	287	327	196	228	259

Tabla 3.5 Dimensiones antropométricas de la espalda

Clase de vestimenta	Tolerancia	Dimensiones principales afectadas
Traje hombre	1.3 cm	Profundidad del cuerpo
	1.9 - 2.5 cm	Anchura cuerpo
Traje o vestido mujer	0.6 - 1.3 cm	Profundidad del cuerpo
	1.3 - 1.9 cm	Anchura cuerpo
Prenda exterior invierno, incluido traje o vestido	5.1 cm	Profundidad del cuerpo
	7.6 -10.2 cm	Anchura del cuerpo
	4.4 - 5.1 cm	Holgura muslo
Talón hombres	2.5 - 3.8 cm	Estatura, altura ojo, altura rodilla sentado y altura poplíteo
Talón mujeres	2.5 - 7.6 cm	Estatura, altura ojo, altura rodilla sentado y altura poplíteo
Calzado masculino	3.2 - 3.8 cm	Largura pie
Calzado femenino	1.3 - 1.9 cm	Largura pie
Guantes	0.6 - 1.3 cm	Largura mano

Tabla 3.6 Tolerancias según la clase de vestimenta

El problema es que no existe, por el momento, un estudio antropométrico completo de la población española. Los escasos trabajos realizados son de poblaciones sesgadas, anticuadas o no consideran las dimensiones requeridas (en la actualidad el INSHT está desarrollando un estudio antropométrico de la población española).

Ahora bien, dado que existen datos fiables de estaturas de la población española, se han elaborado unas tablas antropométricas, por edades y sexos, obtenidas por estimación proporcional (Pheasant, 1988). Se trata de un método que utilizando los datos antropométricos de la población inglesa y las medias y desviaciones típicas de las estaturas de la población española, permite confeccionar las tablas presentadas a continuación. Este modelo es una aproximación con errores máximos de 2 cm (que en algunos parámetros puede ser notable).

Lo ideal sería disponer de un estudio antropométrico de la población española, ya que toda aproximación a partir de otras poblaciones tiene un riesgo que es difícil de cuantificar, pero que inevitablemente está presente, por el hecho de que las proporciones dimensionales no siempre se mantienen ni siquiera para una población ciertamente homogénea, con lo que la posibilidad de error será mayor si se adaptan datos a partir de otras poblaciones.

Características dinámicas del cuerpo humano

En este apartado se presenta: (1) información relacionada con el rango de las características dinámicas de todo el cuerpo y, (2) las directrices de diseño y datos sobre articulaciones y movimiento del cuerpo.

Rangos de movimiento para el cuerpo

La eficiencia y precisión del rendimiento en el trabajo sólo puede mantenerse si los movimientos que se requieren al cuerpo están dentro de los límites de seguridad y confortabilidad. La variabilidad humana en el rango de la movilidad del cuerpo y sus articulaciones es atribuible a muchos factores, entre ellos los siguientes:

- a. La edad se convierte en un factor determinante cuando el usuario se acerca a los 60 años, ya que la movilidad llega a decrecer hasta un 10 %.
- b. Las diferencias sexuales favorecen el rango de las mujeres en todas las articulaciones excepto en las rodillas.
- c. La constitución física es un factor significativo. La movilidad de las articulaciones decrece considerablemente, siendo mayor en constituciones delgadas, pasando por las musculosas, hasta constituciones obesas.
- d. El ejercicio incrementa el rango de movilidad. El entrenamiento con pesas, el *jogging*, tiende a acortar ciertos grupos de músculos, por lo que reducen la capacidad de movimiento.
- e. Fatiga, enfermedad, posición del cuerpo, vestuario y entorno son otros factores que condicionan la movilidad.

El conocimiento del rango de movimientos de las articulaciones de la persona ayuda de modo considerable al diseñador a determinar la distribución de espacios disponibles, áreas de alcance, áreas verdaderas, etc.

Movimiento del tronco. El diseño de puestos de trabajo basados en las posiciones corporales permiten el suficiente espacio para que el tronco del cuerpo se mueva con facilidad. Este diseño se basa en:

- a. Las tareas requeridas y funciones humanas.
- b. La necesidad de posiciones óptimas.
- c. La necesidad de ajustes y movimientos confortables.

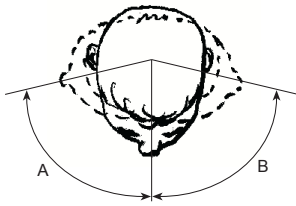
Movimiento de las articulaciones

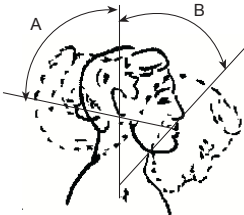
La capacidad de movimiento de las articulaciones hace posibles los movimientos del cuerpo humano. El movimiento de la articulación se mide como el ángulo entre el eje longitudinal de dos partes adyacentes del cuerpo, o como el ángulo formado por un segmento corporal y el plano horizontal o vertical. El rango total de un movimiento se mide entre los dos extremos opuestos de posibilidad de movimiento.

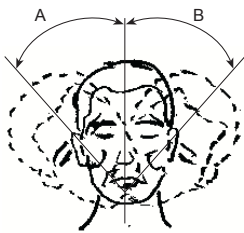
Hay una serie de definiciones que es conveniente comentar. **Abducción** es el movimiento de la línea media del cuerpo hacia fuera. La **adducción** es el antagonista al anterior. La **circumducción** es el movimiento circular continuo de una extremidad. **Depresión** es la posición más baja que puede adoptar una parte del cuerpo desde su posición natural. La **flexión** es el proceso de doblar una extremidad o disminuir el ángulo entre dos partes del cuerpo. La **rotación lateral** es el desplazamiento circular hacia fuera, mientras que la **rotación medial** es su contrario.

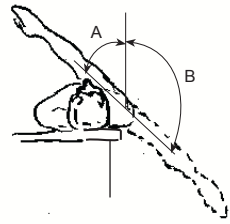
Movimientos simples de las rotaciones. Diseñadores y ergónomos usan datos como los que en las siguientes tablas se presentan para resolver problemas de diseño que implican movimientos simples de articulaciones.

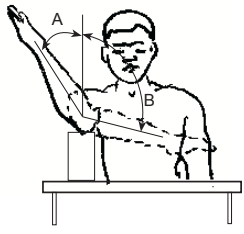
Tablas de movimientos simples de articulaciones según Damon, Stovot y McFarland

	Rotación del cuello	H		M	
		5 Per	95 Per	5 Per	95Per
	Derecha:	73,3°	99,6°	74,9°	108,8°
	Izquierda:	74,3°	99,1°	72,2°	109,0°

	Flexión cuello	H		M	
		5 Per	95 Per	5 Per	95Per
	Flexión:	34,5°	71,0°	46,0°	84,4°
	Extensión:	65,4°	103,0°	64,9°	103,0°

	Lateral cuello	H		M	
		5 Per	95 Per	5 Per	95Per
	Lateral Izq.	34,9°	63,5°	37,0°	63,2°
	Lateral Drcha.	35,5°	63,5°	29,1°	77,2°

	Hombro	H		M	
		5 Per	95 Per	5 Per	95Per
	Abducción:	173,2°	188,7°	172,6°	192,9°

	Rotación hombro	H		M	
		5 Per	95 Per	5 Per	95Per
	Rot. Lateral	46,3°	96,7°	53,8°	85,8°
	Rot. Medial	90,5°	126,6°	95,8°	130,9°

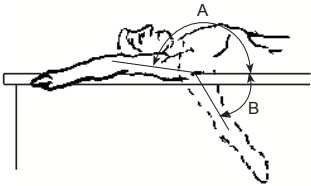
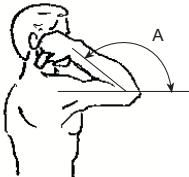
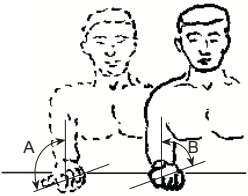
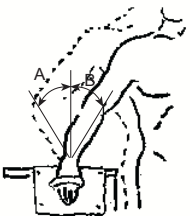
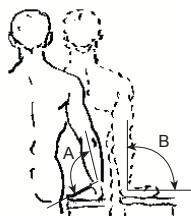
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">H</th> <th colspan="2">M</th> </tr> <tr> <th>5 Per</th> <th>95 Per</th> <th>5 Per</th> <th>95Per</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Flexión</td> <td>164,4°</td> <td>210,9°</td> <td>152,0°</td> <td>217,0°</td> </tr> <tr> <td>Extensión</td> <td>39,6°</td> <td>83,3°</td> <td>33,7°</td> <td>87,9°</td> </tr> </tbody> </table>		H		M		5 Per	95 Per	5 Per	95Per	Flexión	164,4°	210,9°	152,0°	217,0°	Extensión	39,6°	83,3°	33,7°	87,9°
	H		M																	
	5 Per	95 Per	5 Per	95Per																
Flexión	164,4°	210,9°	152,0°	217,0°																
Extensión	39,6°	83,3°	33,7°	87,9°																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">H</th> <th colspan="2">M</th> </tr> <tr> <th>5 Per</th> <th>95 Per</th> <th>5 Per</th> <th>95Per</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Flexión:</td> <td>140,5°</td> <td>159,0°</td> <td>144,9°</td> <td>165,9°</td> </tr> </tbody> </table>		H		M		5 Per	95 Per	5 Per	95Per	Flexión:	140,5°	159,0°	144,9°	165,9°					
	H		M																	
	5 Per	95 Per	5 Per	95Per																
Flexión:	140,5°	159,0°	144,9°	165,9°																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">H</th> <th colspan="2">M</th> </tr> <tr> <th>5 Per</th> <th>95 Per</th> <th>5 Per</th> <th>95Per</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pronación:</td> <td>78,2°</td> <td>116,1°</td> <td>82,3°</td> <td>118,9°</td> </tr> <tr> <td>Supinación:</td> <td>83,4°</td> <td>125,8°</td> <td>90,4°</td> <td>139,5°</td> </tr> </tbody> </table>		H		M		5 Per	95 Per	5 Per	95Per	Pronación:	78,2°	116,1°	82,3°	118,9°	Supinación:	83,4°	125,8°	90,4°	139,5°
	H		M																	
	5 Per	95 Per	5 Per	95Per																
Pronación:	78,2°	116,1°	82,3°	118,9°																
Supinación:	83,4°	125,8°	90,4°	139,5°																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">H</th> <th colspan="2">M</th> </tr> <tr> <th>5 Per</th> <th>95 Per</th> <th>5 Per</th> <th>95Per</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Radial:</td> <td>16,9°</td> <td>36,7°</td> <td>16,1°</td> <td>36,1°</td> </tr> <tr> <td>Ulnar:</td> <td>18,6°</td> <td>47,9°</td> <td>21,5°</td> <td>43,0°</td> </tr> </tbody> </table>		H		M		5 Per	95 Per	5 Per	95Per	Radial:	16,9°	36,7°	16,1°	36,1°	Ulnar:	18,6°	47,9°	21,5°	43,0°
	H		M																	
	5 Per	95 Per	5 Per	95Per																
Radial:	16,9°	36,7°	16,1°	36,1°																
Ulnar:	18,6°	47,9°	21,5°	43,0°																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">H</th> <th colspan="2">M</th> </tr> <tr> <th>5 Per</th> <th>95 Per</th> <th>5 Per</th> <th>95Per</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Flexión:</td> <td>61,5°</td> <td>94,8°</td> <td>68,3°</td> <td>98,1°</td> </tr> <tr> <td>Ulnar:</td> <td>40,1°</td> <td>78,0°</td> <td>42,3°</td> <td>74,7°</td> </tr> </tbody> </table>		H		M		5 Per	95 Per	5 Per	95Per	Flexión:	61,5°	94,8°	68,3°	98,1°	Ulnar:	40,1°	78,0°	42,3°	74,7°
	H		M																	
	5 Per	95 Per	5 Per	95Per																
Flexión:	61,5°	94,8°	68,3°	98,1°																
Ulnar:	40,1°	78,0°	42,3°	74,7°																

Tabla 3.7 Movimientos simples de articulaciones según Damon, Stovot y McFarland

Rangos de movimiento para dos articulaciones. En la siguiente tabla (tabla 3.8) se muestran los datos correspondientes. Los diseñadores deben usar estos datos, ya que para articulaciones adyacentes los datos generalmente no son aditivos.

Movimiento 2 Articulaciones	Variación en el rango de movimiento de la 1ª articulación (grados)					
	Rango Completo 1ª	0	1/3	1/2	2/3	Completo
Extensión hombro (1) con flexión codo (2)	59,3		+1,6 (102,7%)		+0,9 (101,5%)	+5,3 (108,9%)
Flexión hombro (1) con flexión codo (2)	190,7		-24,9 (86,9%)		-36,1 (81,0%)	-47,4 (75,0%)
Flexión codo(1) con extensión hombro (2)	152,2			-3,78 (97,5%)		-1,22 (99,2%)
Flexión codo (1) con flexión hombro (2)	152,2		-0,6 (99,6%)		-0,8 (99,5%)	-69,0 (54,7%)
Flexión plantar tobillo (1) con flexión rodilla(2)	48		-3,4 (92,2%)		+0,2 (100,4%)	+1,6 (103,3%)
Flexión rodilla (1) con flexión plantar tobillo (2)	127,0			-9,9 (92,2%)		-4,7 (96,3%)
Flexión rodilla (1) con dorsiflexión tobillo (2)	127,0					-8,7 (93,9%)
Flexión rodilla (1) con flexión cadera (2)	127,0			-19,6 (84,6%)		-33,6 (73,5%)

Tabla 3.8 Cambio de rango del movimiento de la articulación con el movimiento de una adyacente

Tareas y efectos de la posición corporal

Las siguientes consideraciones sobre las tareas deben tenerse en cuenta para establecer puntos de referencia y obtener la información realmente necesaria para diseñar el entorno de “alcance”.

- Naturaleza y solicitaciones de la tarea.
- Posición del cuerpo mientras se trata de alcanzar el objeto en cuestión (de pie, sentado, con un cierto ángulo, etc.).
- Movimientos y restricciones generales del cuerpo (cinturones, dolores, movimientos adecuados, zonas verdaderas, etc.).
- Propósitos de diseño, como: acomodar la proporción adecuada de la población, asegurar el rendimiento en la tarea, evitar el contacto innecesario con superficies, etc.
- El posicionamiento de equipos que puedan interferir con los movimientos de alcance, restricciones arquitectónicas del volumen de actividad, etc.

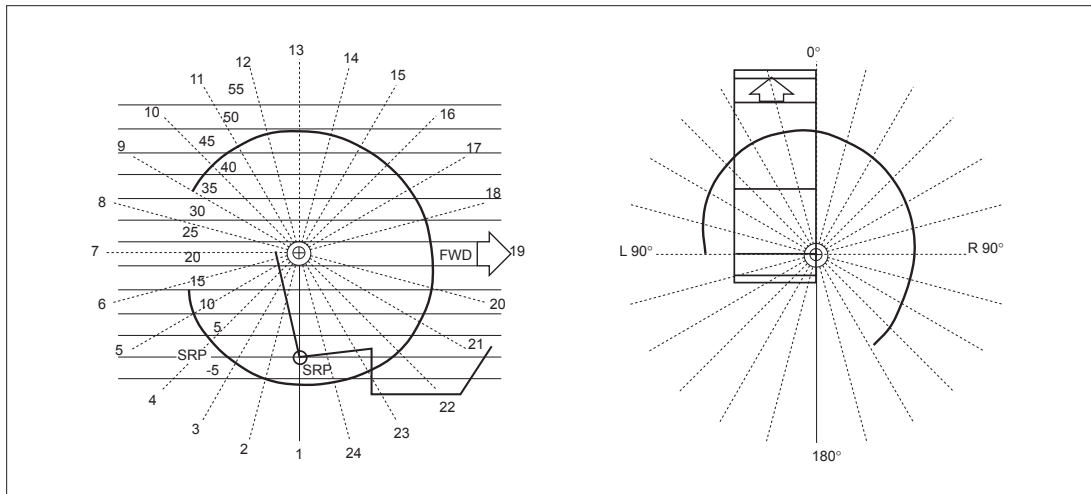


Fig. 3.6 Alcance en plano vertical y horizontal

Datos de alcance. Los diseñadores han de entender e interpretar los datos de alcance que se presentan dependiendo del proceso, artefacto y punto de referencia. A menudo un mismo movimiento puede analizarse con diferentes “restricciones”, es decir, por ejemplo, el movimiento hacia delante del torso puede analizarse bajo la condición de mantener un hombro en contacto con el respaldo del asiento o no, con lo que las mediciones nos dan valores muy diferentes.

En el caso de las oficinas, un punto de referencia más habitual es el punto de referencia sentado. El **punto de referencia sentado** es el punto en el plano sagital medio donde intersectan el respaldo y apoyo del asiento.

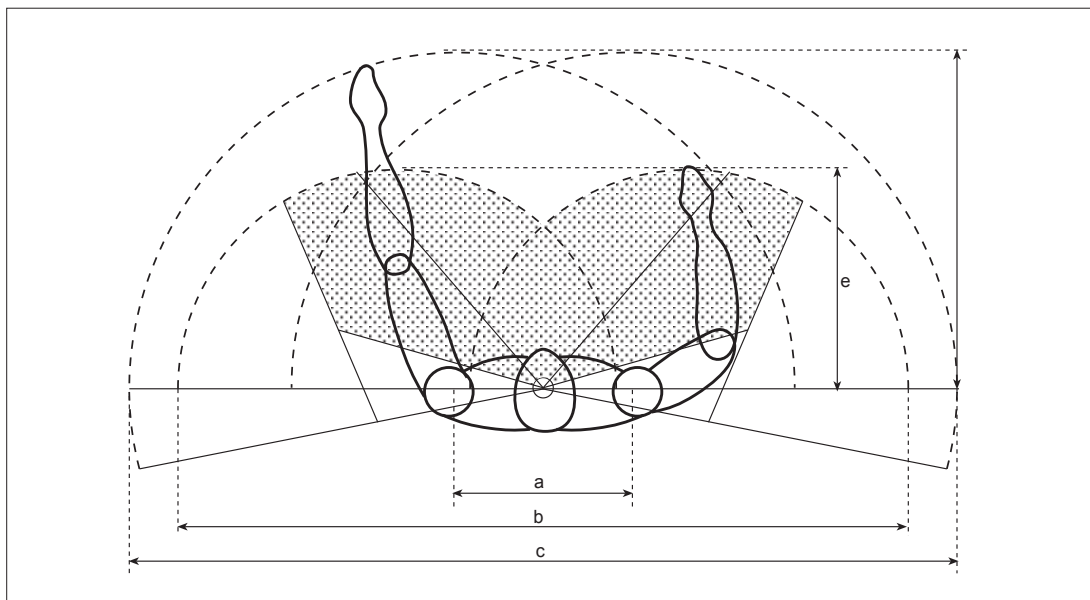


Fig. 3.7 Espacios de actividad

Mobiliario para el puesto de oficina convencional

Este tipo de mobiliario incluye aquel destinado a diversas actividades propias del oficinista, *excluyendo el uso excesivo de ordenador*, que trataremos posteriormente. Aunque el objeto es el estudio de puestos de trabajo con PVD's, algunos oficinistas desarrollan tareas que no precisan de éstas, o en que éstas ocupan un tiempo relativamente corto de actividad cotidiana.

En el trabajo de oficina convencional, el operario adopta en algunas tareas la postura anterior-media, apoyándose en la mesa, y en otras la postura posterior-media, apoyándose en el respaldo. Según los estudios realizados el usuario está aproximadamente la mitad del tiempo en cada una de estas dos posturas. Por este motivo las sillas y mesas deben permitir una alternancia entre ambas posiciones, sin que pueda darse preferencia a ninguna en particular, salvo ocupaciones muy específicas.

Esta manifiesta variedad de usos debe resolverse atendiendo a los siguientes requisitos:

- Existencia de márgenes de ajustabilidad de las dimensiones funcionales.
- Posibilidad de cambiar de postura frecuentemente.
- Posibilidad de acceso al entorno.
- Versatilidad de la descripción arquitectónica de los útiles en el área de actividad.

Es interesante señalar que los usuarios creen algunas veces que los parámetros dimensionales son fijos y no se dan cuenta de que pueden modificarse. En otros, aunque el mobiliario sea ajustable, los usuarios no saben cómo hacer los reajustes. Además, aún si el mobiliario está ergonómicamente bien diseñado, esto no constituye ninguna garantía sobre la fatiga (Ej. Posición estática frente a PDV).

Recomendaciones generales: mobiliario de oficina convencional

- El mobiliario debe tener *dimensiones regulables* que permitan su adaptación a las distintas actividades y usuarios.

Para adaptar el mobiliario a la variedad de individuos, se requiere como mínimo la regulabilidad de la altura del asiento y la del apoyo lumbar.

Para lograr una correcta adaptación a las diferentes actividades será necesaria la regulación de las inclinaciones del asiento y del respaldo.

Otras dimensiones cuya regulabilidad puede ser una opción interesante son: la altura de los reposabrazos (cuando los haya), la altura de la mesa y la inclinación del reposapiés.

Los sistemas de regulación de las dimensiones deben de ser de manipulación segura y factible desde la misma postura sedente.

Por otro lado conviene resaltar que en muchas ocasiones, las sillas regulables dan peor resultado que las de dimensiones fijas, puesto que los usuarios no utilizan correctamente las posibilidades de ajuste. Por ello conviene que los mandos sean de fácil acceso y de manejo simple e intuitivo y a ser posible que se manipulan sin necesidad de levantarse.

- Los sistemas de ajuste dinámico mejoran la adaptación de la silla a las diferentes actividades

Muy pocas personas se toman la molestia de adecuar los ajustes dimensionales a la actividad o postura en que se hallen en cada momento, por lo cual tienen interés los mecanismos de desplazamiento automático de los elementos de la silla en consonancia con las variaciones posturales del usuario.

Estos mecanismos de ajuste dinámico afectan principalmente a las inclinaciones de respaldo y asiento, permitiendo una mayor versatilidad de la silla, que acompaña al usuario en un rango relativamente amplio de basculación.

Este sistema es recomendable en aquellos puestos en los que el ocupante *cambia de postura con frecuencia*, como es el caso de sillas de oficina multiuso.

El aspecto crítico de los mecanismos de ajuste dinámico es su resistencia al desplazamiento; si es excesiva, la silla resulta rígida; si es escasa, da lugar a una falta de soporte del usuario, que ha de suplirlo con esfuerzo muscular, con la consiguiente incomodidad postural. Debe tenerse en cuenta que al abatir el respaldo el usuario apoya una mayor proporción de su peso sobre el mismo; por ello el mecanismo de basculación debe oponer una mayor resistencia cuanto más se inclina el usuario hacia atrás.

La tensión de basculación debe ser regulable por el usuario para permitir encontrar una resistencia acorde con su peso corporal.

Cualquiera que sea el mecanismo de regulación de la inclinación del respaldo, el usuario debe poder fijar el ángulo que más le satisface, bloqueando los movimientos del respaldo. Esto no impide que alrededor de estas posiciones exista una cierta libertad para pivotar pequeños ángulos, que muchas veces se relacionan con preferencias individuales.

El eje de giro de las sillas basculantes con ángulo asiento-respaldo fijo debe estar por debajo de la parte delantera del asiento. Aunque es mejor poder optar por diferentes ángulos entre asiento y respaldo, es aceptable disponer de sillas con este ángulo fijo y con la posibilidad de bascular para permitir la alternancia entre posturas anteriores y posteriores

Deben tenerse en cuenta algunas limitaciones para la aplicación de este sistema:

- Solo es válido para posturas no demasiado inclinadas hacia atrás.

El eje de giro debe hallarse cerca del borde delantero de asiento, pues en caso contrario, a medida que nos inclinamos se levanta la parte delantera del asiento, presionando la zona poplíteica y perdiendo el contacto de los pies con el suelo.

- El respaldo debe dar apoyo torácico y lumbar sin impedir por su tamaño la libertad de movimientos tronco y brazos.

El apoyo es imprescindible en la zona lumbar y resulta conveniente disponer de un respaldo que llegue hasta la parte media de la espalda, debajo de los omoplatos. No obstante, el respaldo no debe ser demasiado ancho en su parte superior, de modo que no reste movilidad a los brazos. También es recomendable que se deje un hueco entre respaldo y asiento para que se puedan acomodar las nalgas y se permita un uso efectivo del respaldo.

- El respaldo debe bajar cuando se inclina hacia atrás.

El eje de giro del respaldo debe colocarse de manera que el apoyo lumbar se desplace hacia abajo en la medida que lo hace la cavidad lumbar de la espalda.

La concavidad lumbar del individuo baja cuando se inclina hacia atrás, no solo por el efecto de la propia inclinación, sino por una cierta inclinación del sacro.
(Anterior-media: 13-15 cm Posterior-media: 15-17 cm)

- Es recomendable disponer de reposabrazos.

Los reposabrazos son siempre recomendables para dar apoyo y descanso a los hombros y brazos. Dada la variedad de actividades en el trabajo de oficina, se hacen necesarios en muchas ocasiones.

- Las sillas deben ser acolchadas.

En el asiento debe existir un acolchamiento bastante consistente de modo que apretando con el pulgar no pueda tocarse el plano de soporte. Para el respaldo se recomienda un acolchamiento algo más blando, aunque sin perder consistencia.

El material de acolchamiento y la tapicería deben permitir una buena disipación de la humedad y el calor. Asimismo conviene evitar los materiales deslizantes.

El relieve de la superficie debe permitir la distribución de la presión, debida al peso del cuerpo, de forma que el mayor punto de presión esté en la zona de las tuberosidades isquiales y vaya reduciéndose paulatinamente por las nalgas hasta llegar a presión cero en la periferia.

El asiento debe carecer de relieve acusado, siendo preferiblemente una superficie casi plana y con el borde delantero redondeado.

- Las sillas de peana deben no tener menos de 5 patas de apoyo en el suelo, además se requiere que la base de apoyo tenga un diámetro superior a 50 cm.

Los usuarios de mobiliario de oficina suelen moverse bastante cuando están sentados, inclinando considerablemente el cuerpo para acceder a elementos auxiliares de trabajo. Por todo ello la silla debe ser estable, incluso cuando se adoptan estas posiciones extremas

- Es obligatorio que las sillas dispongan de 5 ruedas y recomendable que tengan posibilidad de giro.

En el puesto de oficina convencional, el usuario accede a cajones, mesas supletorias, etc., es interesante disponer de ruedas y posibilidad de giro, de modo que los movimientos de acceso a los elementos cercanos no exijan esfuerzos.

En el caso de que haya ruedas, se deberá dotar de algún sistema de fricción que evite el deslizamiento exagerado de la silla.

- Es recomendable, aunque no imprescindible, la regulabilidad de la altura de la mesa.

Aunque la regulabilidad más importante es la de la altura del asiento, puede valorarse positivamente la opción de ajustar la altura de la mesa; de este modo el usuario podrá regular la silla según sus capacidades corporales, sin necesidad de reparar en la coordinación con la mesa; incluso puede ser recomendable que la mesa permita inclinar su plano.

No suele ser habitual la regulación de la altura del plano de la mesa; para conseguir la coordinación silla-mesa-usuario se suele recurrir al reposapiés.

- El reposapiés es necesario cuando la altura de la mesa no es regulable.

Aunque hay muchas sillas ajustables, no son tantas las mesas que pueden ajustar la altura, por lo que si un usuario bajo selecciona la silla que más le conviene, la mesa puede quedar muy alta. Por ello es conveniente disponer de un reposapiés, de modo que un usuario bajo ajuste la silla con respecto a la mesa prescindiendo de la distancia del asiento al suelo.

- Es importante dejar espacio bajo la mesa.

Debe disponerse de un espacio mínimo para las piernas y muslos, de modo que no interfieran con ningún obstáculo. Esto es particularmente importante, puesto que en el trabajo de oficina se permanecen muchas horas al día en el mismo sitio y toda limitación de los movimientos supone, además de incomodidad, una molestia psicológica.

- La estabilidad de la mesa debe ser lo suficientemente alta como para que no vuelque cuando se siente una persona normal en el borde.
- La mesa debe permitir situar los cables sin que molesten al operador ni a la estética. Hoy en día se fabrican mesas que llevan canaletas para el cableado, y huecos para los enchufes.
- Los bordes y esquinas salientes de la mesa deben ser redondeadas.
- Los cajones son necesarios para los trabajos de oficina, y el trabajador recurre a ellos con frecuencia; deben poderse colocar a derecha o izquierda dependiendo de la mano dominante del usuario.

Mobiliario para el puesto con PVD

El diseño de mobiliario para terminal de ordenador presenta unas características específicas importantes que, junto a la masiva informatización de las oficinas, hace que deba abordarse de modo particular.

Los muebles que cumplen una correcta función en las tareas de oficina convencional pueden provocar molestias posturales al reconvertirlos en estación de trabajo con terminal de ordenador.

El trabajo intensivo con ordenador supone mantener una postura inmóvil (o relativamente inmóvil, ya que se ha de fomentar que no lo sea) durante la jornada de trabajo. Por ello el mobiliario debe adaptarse a una posición óptima, en la que se minimicen los esfuerzos estáticos. El ajuste dinámico es menos determinante que en el mobiliario de oficina convencional, pero la regulación para adoptar una determinada posición es muy crítica, requiriéndose un ajuste muy fino de las dimensiones funcionales.

Las molestias ocupacionales asociadas a estos puestos pueden minimizarse mediante un diseño que contemple las interacciones del usuario con el puesto de trabajo informático, que son:

- la cabeza y ojos con la pantalla y documentos manejados
- manos y brazos con teclado y elementos de apoyo
- los pies con el suelo y el reposapiés
- la espalda con las nalgas y con la silla

Recomendaciones generales para puestos con PVD's

Se han propuesto tres posturas diferentes para un operador de PVD: la postura erguida (ANSI, 1988), con las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillos en ángulo recto, la postura ligeramente hacia atrás (Grandjean, 1983), y la postura inclinada ligeramente hacia delante (Mandal, 1991).

La primera de ellas parece no verse muy respaldada por razones fisiológicas ni ortopédicas y, en la vida real, rara vez es la que un operador de PVD elige espontáneamente.

La segunda ha demostrado con la experiencia que reduce la presión en los discos intervertebrales y el estrés en los músculos de la espalda (Grandjean, 1983). Sin embargo, esta postura aumenta la distancia de visión y fuerza al trabajador a flexionar el cuello, aumentando así el riesgo de dolor en esa zona de la columna.

La postura inclinada ligeramente hacia delante se recomienda debido a que en esta posición la pelvis rota hacia delante y las vértebras bajas se mantienen verticales, reduciendo la presión intervertebral y las fuerzas lumbares (Mandal, 1991). Esta postura no es habitual y requiere sustentar el peso del cuerpo con un buen posicionamiento de las rodillas y los pies sobre el suelo, y esto a veces no es posible en los trabajadores con PVD's.

Las ventajas y desventajas de estas tres posturas aumentan y disminuyen en relación con la tarea que se desarrolle y las condiciones de trabajo en las que se encuentre el trabajador.

La postura erguida es la más recomendada para tareas de mecanografiado, la inclinada hacia delante se recomienda en aquellos casos en los que el factor más importante es la distancia de visión y la necesidad de escribir sobre un papel a mano es frecuente, mientras que la postura con ligera inclinación hacia atrás, la que disminuye la presión en los discos intervertebrales pero aumenta la distancia de visión, se considera correcta para aquellas tareas que requieren de un trabajo de pantalla y para aquellas en las que el factor distancia de visión no es excesivamente importante (Mandal, 1991).

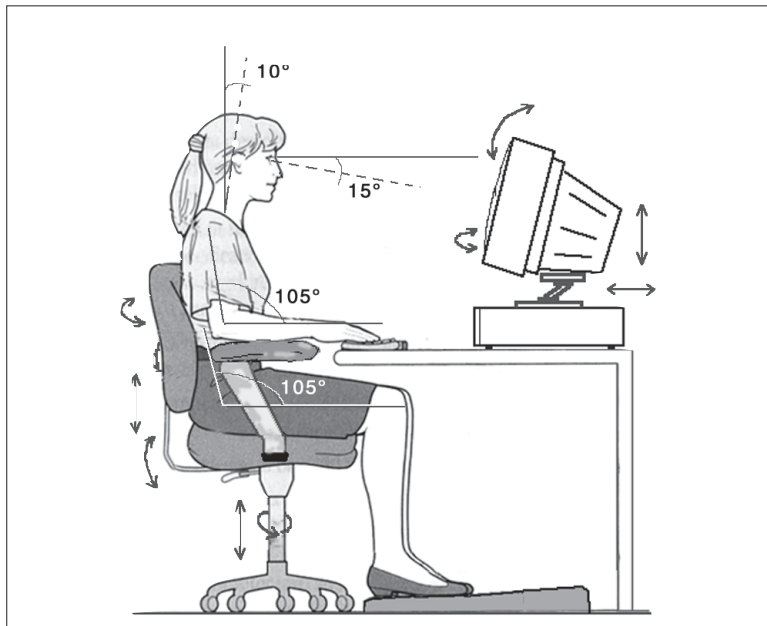


Fig. 3.8 Postura para un trabajador con PVD's

Para tareas específicas deben tomarse soluciones específicas, pero son necesarias unas directrices generales, teniendo en cuenta que: “la configuración del puesto de trabajo con PVD's debe ser diseñada con el fin de evitar posturas extrañas o fijas, ya que no hay una postura en concreto que sea óptima para todos los trabajos con PVD's, ya que incluso aquella postura que se pueda recomendar como la más saludable y cómoda se vuelve incómoda después de un prolongado espacio de tiempo”.

A nuestro modo de ver, debe definirse una postura estática ideal de referencia, basada en criterios ergonómicos, pero tan sólo como *postura de inicio* de ajuste de la arquitectura que rodea al usuario, y que con el paso del tiempo pueda adaptarse con facilidad a las necesidades posturales del trabajador. A partir de esta postura de inicio y de los cambios posteriores, deben diseñarse el mobiliario del puesto de trabajo. Para este mobiliario, todas aquellas características que se definan como ajustables han de cubrir el 90% de la población, es decir, han de satisfacer las características antropométricas del 90% (como mínimo) de la población usuaria.

De acuerdo con el criterio biomecánico y fisiológico, y de un estudio realizado por Hochanadel (1995), la postura estática ideal debe caracterizarse por una *postura neutral de las muñecas* para reducir la *presión del túnel carpiano*, unos *hombros relajados* para prevenir la actividad de los músculos estáticos de cuello y hombros, *tronco ligeramente reclinado y relajado*, para minimizar la presión interdiscal en la zona lumbar, *cuello con inclinación limitada* para evitar problemas musculares en la zona del cuello, *rodillas a un nivel ligeramente superior al de la cadera*, y *pies apoyados* para disminuir el esfuerzo de los muslos.

La posición resultante para un trabajador usuario de PVD's puede describirse: codos a la altura del teclado con los antebrazos paralelos al suelo, los miembros superiores alineados con el tronco, el tronco reclinado ligeramente entre los 100° y los 110°, el cuello sin superar la flexión de 15°, ojos alineados con el borde superior de la pantalla, rodillas al nivel o ligeramente superior al de la cadera y los pies sobre el suelo o sobre un reposapiés, en el caso de que sea necesario (Figura 3.8).

Para asegurar esa postura ideal, los requerimientos esenciales de los componentes del puesto de trabajo son: una silla adecuadamente ajustable, con respaldo y apoyabrazos; una mesa con una altura y profundidad pertinente, y un reposapiés para aquellos a los que les es necesario.

Requerimientos y características de un puesto de trabajo con ordenador personal

Un puesto de trabajo básico con ordenador se compone de una silla, una mesa, una pantalla y un teclado.

La silla es el componente más importante, ya que interactúa con el resto de componentes y tiene significativas influencias en el confort del trabajador. Los recientes cambios en la fabricación y *marketing* de la sillas para PVD's se han dirigido a explotar los requerimientos ergonómicos que éstas precisan; en otras palabras, las características ergonómicas de una silla se ha convertido en un factor determinante de marketing. ¿Pero cuáles son las características y requerimientos técnicos que definen a una silla como ergonómica? En la literatura existente, las reglas relativas a la ergonomía de las características se han expresado vagamente y de un modo desorganizado, haciendo casi siempre referencia a las dimensiones y al confort más que a la seguridad o al rendimiento.

Para superar ese acercamiento fragmentado, a la hora de hacer la evaluación ergonómica de la silla deben tratarse todos esos aspectos.

Los requerimientos básicos que una silla debe reunir para trabajar con PVD's son:

- *Seguridad*: la silla no debe ser una fuente de accidentes.
- *Adaptabilidad*: la silla y sus componentes deben tener las dimensiones correctas y ser fáciles de adaptar a las necesidades antropométricas para un amplio rango de usuarios (generalmente el 90%).
- *Confort*: la silla y sus componentes deben estar tapizadas y permitir una adaptación pertinente a las necesidades fisiológicas y a las muy diferentes "curvas y formas del cuerpo".

- *Practicidad*: la silla y sus componentes deben ser fácilmente ajustables por el usuario; los materiales deben ser higiénicos.
- *Solidez*: la silla, sus componentes, los controles de ajuste deben ser fiables, manteniendo el mismo rendimiento con el paso del tiempo.

Seguridad

- Desde la vista de planta, el área de la base de soporte debería contener el área de asiento para así garantizar la estabilidad.
- Las fuentes de gas presurizado empleados para ajustar el asiento, apoyos, etc. deben ser comprobados por las autoridades cualificadas pertinentes.
- No debería ser posible activar los controles de ajuste de la silla involuntariamente, especialmente si son de tipo mecánico.
- Los componentes deben ser fabricados con materiales no inflamables.
- Al menos algunas de sus ruedas deben disponer de frenos o características antideslizantes según el tipo de suelo.
- No debe haber formas afiladas.
- Los reposabrazos no deben ser abiertos ni por delante ni por detrás.
- Deben tener 5 patas.

Adaptabilidad

La adaptabilidad se asegura cuando el rango de variables concernientes a las medidas y posiciones de ajuste de las componentes de la silla satisfacen la variabilidad de los potenciales usuarios. En la tabla 3.9 se ofrecen las recomendaciones de una silla ajustable.

	Regulable	Parámetro antropométrico
Altura del asiento	38-52	Altura poplítea
Profundidad del asiento	39 - 55	Longitud poplítea
Anchura del asiento	>48	Ancho caderas
Inclinación del asiento	-5° a 8°	
Anchura del respaldo lumbar	>33	Mínima anchura lumbar lordosis
Anchura de la parte superior del respaldo	38	Máx. anchura torácica kyphosis
Altura de los reposabrazos	19-25	Altura codo al plano de sentado
Anchura útil de reposabrazos	>5	
Longitud útil de reposabrazos	20-25	
Ángulo asiento-respaldo	100°-120°	

Tabla 3.9 Recomendaciones del rango de ajustabilidad de los componentes de la silla

Estas recomendaciones se realizan a partir de una distribución antropométrica de la población occidental (Pheasant, 1986). Se fijó un plano de trabajo de 75 cm, ya que representaba una satisfacción económica y psicológica aceptable, y tan solo no permitía cruzar las piernas a un porcentaje mínimo de personas.

- El rango de la altura del asiento se define considerando el crecimiento del parámetro de la altura poplítea y el grosor del calzado (2-5 cm).
- La anchura del asiento corresponde al 95 percentil del dato antropométrico “anchura de caderas” de las mujeres.

- La profundidad de las sillas sin profundidad ajustable es particularmente importante. Este parámetro no debe exceder de los 41 cm para satisfacer las dimensiones del 5 percentil.
- Generalmente, los respaldos que sólo dan soporte a la baja espalda se definen como “bajos”. Los respaldos que dan apoyo al tronco hasta el máximo kyphosis torácico se consideran “medios”, mientras que aquellos que exceden esta altura se consideran “altos”.
- Cuando el respaldo es alto-ajustable, debe ser al menos de 32 cm de alto, y su límite superior debe ser capaz de llegar hasta los 48 cm por encima del plano del asiento.
- Anchura del respaldo: para satisfacer adecuadamente los parámetros antropométricos (considerando el valor del 95 percentil masculino), la anchura debe ser al menos de 33 cm en el segmento bajo, y de 38 cm en el segmento torácico.

Los reposabrazos son útiles para facilitar el apoyo a las extremidades superiores mientras no están trabajando, pero no está claro si es deseable o no facilitar apoyo a los brazos. Debe ser adecuado para tareas en las que mecanografiar es una tarea intermitente, en otro caso, debe ser una característica opcional, a gusto del trabajador. La longitud del reposabrazos debe ser (en el caso de que se presente) al menos de 20 cm y no más de 25 cm, dependiendo de la posición de la silla respecto a la mesa.



Fig. 3.9 Silla ajustable recomendada para puestos de trabajo con PVD's

Confort

La silla debe tener una forma y un perfil como para satisfacer “las curvas y formas” de diferentes trabajadores. En la tabla 3.10 se presentan las principales características para proporcionar confort.

- El control de ajuste del respaldo debe permitir colocar el respaldo a cualquier posición, o al menos ofrecer un rango de variación de intervalos de 5°.
- Deben evitarse aquellos respaldos que se inclinan haciendo presión sobre ellos (incluso aquellos con resistencia ajustable): son preferibles los que disponen de bloqueo para fijar la posición.
- La cara anterior del asiento debe tener forma redondeada. La curvatura debe tener un radio entre 4 y 12 cm y una altura aproximada de 4 cm.
- El centro de la sección cóncava del asiento debe estar dentro de un radio de 10 cm del punto más saliente del soporte lumbar cuando el respaldo se encuentra en su posición normal.

La altura del soporte lumbar debería ser ajustable entre 17 y 28 cm. El punto más saliente para respaldos no ajustables debe fijarse entre 20 y 24 cm del plano del asiento. La longitud del soporte lumbar debe tener un rango de 20 a 30 cm para respaldos medios, y la forma debe ser convexa verticalmente y cóncava horizontalmente.

	Dimensión recomendada
Concavidad máxima del asiento (desde el respaldo)	<10 cm
Curvatura arista frontal (radio)	4-12 cm
Anchura del asiento	>48
Inclinación del asiento	-5° a 8°
Altura del apoyo lumbar	15-26
Anchura de la parte superior del respaldo	38
Acolchado	Semi-rígido
Materiales superficies	Porosos, prevenir deslizamiento
Ángulo asiento-respaldo	100°-115°

Tabla 3.10 Recomendaciones de las características principales para el confort en una silla

Prácticas y sólidas

- Ajustar varios componentes de la silla debe ser algo tan fácil como sea posible para el usuario. Si los controles son difíciles de maniobrar porque son duros, difíciles de alcanzar, no responden, o requieren de mucha fuerza, nunca se usarán. Deben ser eficaces, precisos y fáciles de alcanzar desde la posición de sentado o semisentado y no deben requerir mucha fuerza.
- La solidez de la silla y de sus componentes es un requisito esencial, no sólo a nivel de *marketing*, sino para asegurar su comportamiento ergonómico a través del tiempo.

Mesa

El segundo componente importante en un puesto de trabajo con PVD's es la mesa. La altura del plano de trabajo es el parámetro más discutido, ya que una altura inadecuada nos lleva a problemas músculo-esqueléticos e impide una colocación correcta de las piernas (ANSI, 1988). También el uso de una mesa ajustable frente a una mesa fija ha generado una amplia controversia. Como ya se ha comentado anteriormente, fijar una altura de trabajo es una solución económica y fisiológicamente satisfactoria. De hecho, fijando dicha altura a 75 cm y proporcionando reposapiés a aquellas personas de menor altura, prácticamente se puede conseguir cualquier postura que se alcanza con una mesa ajustable. También se ha observado que la gran mayoría de las mesas ajustables que existen son un tanto inestables, los trabajadores rara vez las ajustan y no se han apreciado grandes diferencias en cuanto a problemas músculo-esqueléticos frente a las mesas fijadas a 75 cm (Hochanadel, 1995).

La anchura y profundidad de la mesa son factores muy importantes y que no han sido estudiados lo suficiente. La anchura debería ser como mínimo de 150 cm para facilitar la colocación de todo el material necesario para desarrollar la tarea, mientras que la profundidad no puede ser menor de 90 cm, ya que, si no, la colocación del monitor del ordenador no sería la correcta. Comercialmente, las medidas de profundidad suelen ser de 75 cm, pero ésta no permite colocar bien la pantalla y el teclado y disponer de espacio para utilizar cualquier otra herramienta de trabajo que nos sea necesaria. En estas condiciones, los trabajadores suelen desplazar a izquierda o derecha la PVD's, y consecuentemente adoptan una postura antinatural y perjudicial para el cuello.

Por otro lado, el acabado de las superficies de trabajo debe tener aspecto mate, con el fin de minimizar los reflejos, y su tono debe ser preferiblemente neutro. Asimismo, las superficies del mobiliario con las que pueda entrar en contacto el usuario deben ser de baja transmisión térmica y carecer de esquinas o aristas agudas.

Mesa	
Altura del plano trabajo	75-80 cm
Anchura de la mesa	150 cm
Profundidad mesa	>100 cm
Piernas estiradas	90 cm
Anchura	60 cm
Profundidad en las rodillas	80 cm
Teclado	
Ángulo	6°-30°
Grosor	3-5 cm
Altura PVD	90-110 cm

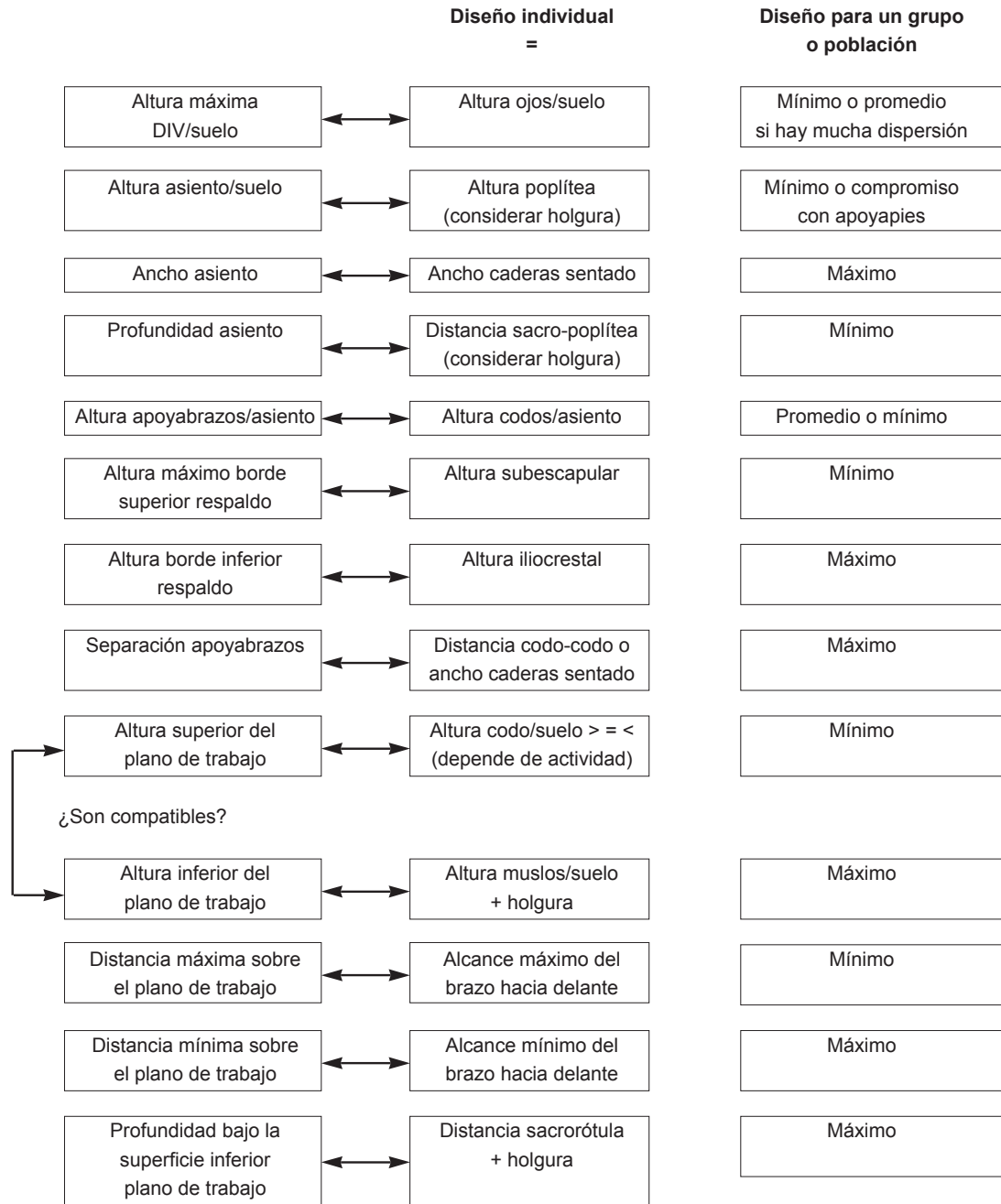
Tabla 3.11 Recomendaciones generales, mesa, teclado, PVD

Conclusiones

Los atributos físicos de un puesto de trabajo con PVD's están reconocidos como un factor de riesgo potencial en el aparato músculo-esquelético entre los trabajadores con PVD's.

Para diseñar con éxito un puesto de trabajo con PVD's deben tenerse en cuenta todos los factores de una manera integrada. Las siguientes reglas ayudarán a minimizar el riesgo asociado con el trabajo con PVD's.

1. Los puestos de trabajo deben ser diseñados dimensionalmente para permitir no tan sólo una postura confortable fisiológicamente, sino también para el movimiento del cuerpo y para la amplia variedad de potenciales usuarios (desde el percentil 5 femenino hasta el percentil 95 masculino).
2. Una silla ajustable y una mesa con un adecuado reposapiés proporcionan la mejor solución.
3. La silla es el componente más importante del puesto de trabajo con PVD's: por esta razón debe disponer de múltiples ajustes, formas perfiles que aseguren su adaptabilidad y confort. Además debe ser práctica, sólida, segura, y fácil de manejar por el trabajador, capaz de asegurar su rendimiento ergonómico a través del paso del tiempo y proporcionar seguridad para que no cause accidentes.
4. Los útiles para introducir información al ordenador, teclados, ratones, etc. deben facilitar posturas neutrales y evitar la aplicación de fuerza.
5. La profundidad de la mesa es un factor muy importante que a menudo no se considera como debiese siempre que sea menor de 90 cm provocará una mala colocación de la PVD que conllevará riegos para el cuello.

Relaciones dimensionales puesto/personas

Relaciones entre la incomodidad y los parámetros de diseño

CONSECUENCIAS	CAUSAS POSIBLES	PARÁMETRO DE DISEÑO
Molestias en piernas y pies	Mal riego sanguíneo Falta de movilidad de las piernas Compresión de los nervios	Altura del asiento Profundidad del asiento Inclinación del asiento Espacio libre debajo del asiento y/o de la mesa
Molestias en muslos	Sobrepresiones	Altura del asiento Relieve del asiento Firmeza del asiento Inclinación del asiento
Molestias en las nalgas	Distribución de presiones inadecuada Falta de movilidad Posturas desplomadas	Firmeza del asiento Relieve del asiento Profundidad del asiento Inclinación del asiento
Molestias lumbares	Posturas muy flexionadas Falta de movilidad Posturas desplomadas Inestabilidad	Altura mesa-asiento Respaldo inadecuado Inclinación del asiento Profundidad del asiento Firmeza del asiento
Molestias dorsales	Flexión dorsal Falta de movilidad	Respaldo Altura mesa-asiento Profundidad del asiento
Molestias en hombros	Elevación de hombros Falta de apoyo para los brazos	Altura mesa-silla Altura de reposabrazos Separación de reposabrazos
Molestias en cuello	Flexión del cuello	Altura mesa-silla Inclinación de la mesa

Tabla 3.12 Relación entre parámetros de diseño y las consecuencias que originan

Dolencias más comunes provocadas por malas posturas en el trabajo con PVD's

Los microtraumatismos repetitivos

Los microtraumatismos repetitivos ocurren cuando un movimiento repetitivo en demasía provoca dolor y disfunciones en los tendones, nervios, músculos u otros tejidos blandos del cuerpo humano. Profesionales desde empaquetadores hasta músicos tienen síntomas como consecuencia de las tareas típicas que ellos desarrollan, y obviamente este síntoma aparece también en los operarios de oficina.

El aumento del uso del ordenador y el ligero contacto sobre las teclas planas del teclado que permiten conseguir una alta velocidad de mecanografiado provocan dolencias en las manos, brazos y hombros. El uso de elementos como el ratón y las *trackballs* parece que es incluso peor que el teclado.

Las miles de pulsaciones sobre el ordenador y los largos períodos de tiempo manipulando el ratón provocan la acumulación de lesiones sobre los tejidos blandos de nuestro organismo, ocasionando la dolencia que se conoce como *desorden por trauma acumulado*.

Este puede llegar a provocarse antes como resultado del constante uso del mecanografiado y las posturas corporales mientras se trabaja en PVD's, que van localizando presiones innecesarias sobre tendones y nervios de la mano, muñeca, e incluso hombros y cuello. La falta de descansos y pausas adecuadas y el uso excesivo de la fuerza en la manipulación del teclado *es garantía de la aparición de este problema*.

En directa relación con este tipo de dolencias está el *síndrome del túnel carpal* (CTS), pero, de hecho, es una de las muchas consecuencias negativas que aparecen al manipular teclados de ordenador.

Tendinitis, bursitis, tenosivitis, el síndrome de DeQuervain, el síndrome torácico, el dedo gatillo, el síndrome miofacial son otras dolencias relacionadas con las PVD's.

Todos ellos son serios y en casos avanzados pueden provocar gran dolor e incluso disfunción permanente. En muchos casos, los pacientes afectados por dolencias de este tipo suelen desarrollar la *distrofia del reflejo simpático*.

Síntomas más comunes

- Tirantez, incomodidad, picor y cosquilleo en las manos, antebrazos o codos.
- Pérdida de coordinación y fuerza en las manos.
- Dolores que incluso pueden desvelar al afectado.
- Sensación de necesitar tocar, frotar las manos.

¿Cómo prevenirlo?

Una técnica correcta en la postura y el mecanografiado (consultar apartados anteriores), un buen mobiliario que lo permita, unos buenos hábitos de trabajo son mucho más efectivos que el uso de utensilios “ergonómicos” como puedan ser los nuevos teclados, reposamuñecas, etc (reconociendo su efectividad, pero en menor medida).

En la figura 3.11 se muestra una postura correcta, aunque se recomienda (como consecuencia de últimas investigaciones) colocar el límite superior del monitor a un nivel algo más bajo del de los ojos. Cabe notar que la silla y el teclado están posicionados de tal modo que muslos y antebrazos se mantienen paralelos al plano de tierra, y lo mismo ha de ocurrir con las muñecas, que deben permanecer estiradas y paralelas al suelo. Si la mesa está demasiado alta, es preferible colocar el teclado sobre nuestros muslos (prácticamente nadie lo hace).

La posición de sentado ha de ser ciertamente erguida, sin tener que hacer esfuerzos para leer la pantalla o el material que se usa, colocando para ello la silla a la distancia adecuada.

Todo aquello que provoque extrañas posturas, angulaciones no habituales, movimientos de flexión o extensión desmesurados generará problemas a nuestro organismo.

Es muy importante saber que incluso la “postura supuestamente perfecta” deja de serlo cuando se mantiene un largo período de tiempo (como ya se ha comentado en anteriores apartados). Es necesario el descanso, pausas que permitan estirar el cuerpo, cambiar de postura, en definitiva, **MOVERSE**, cambiar de actividad, sugerir nuevas actividades laborales, etc.

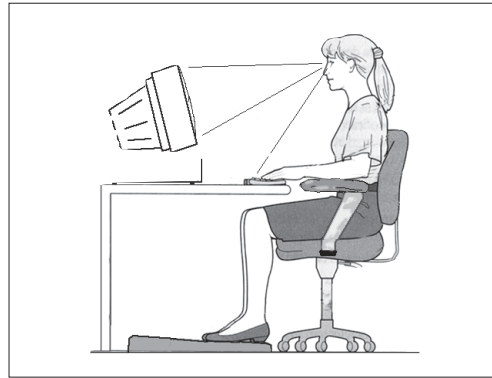


Fig. 3.11

Estos problemas no afectan tan sólo a las manos, antebrazos; todo ello debe aplicarse a los hombros, espalda y cuello, ya que las consecuencias en estas zonas del cuerpo pueden ser incluso más graves.

Mientras se está escribiendo con el teclado, se recomienda que las muñecas no descansen sobre ninguna superficie, y no deben sufrir inclinación, longitudinal ni transversal. En la figura 3.12 se ve como deben posicionarse los brazos los que muevan las manos sobre el plano de trabajo, y no dejar que sea la articulación de la muñeca la que trabaje al permanecer apoyada, las muñecas deben apoyarse para descansar, cuando dejamos de mecanografiar, no mientras lo hacemos.

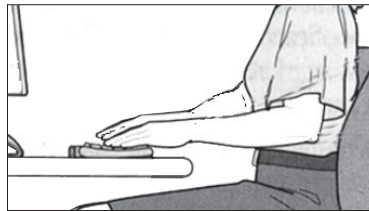
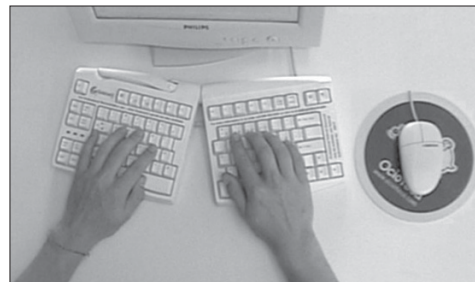


Fig. 3.12

Como ya hemos dicho, las muñecas no han de girarse en ningún sentido. En la siguiente figura (figura 3.13) apreciamos dos posiciones de la muñeca, una con giros lunares o radiales que deben ser sustituidos por posiciones neutras.



Postura INCORRECTA



Postura CORRECTA

Fig. 3.13

A la izquierda tenemos una postura muy común cuando se mecanografía, pero que es gravemente perjudicial para la articulación de la derecha, mientras que en la derecha se ofrece la postura recomendada; la aparición de diseños de teclados no rectangulares y que llevan incorporados los potenciales giros lunares y radiales es un buen ejemplo de hacia dónde debemos ir.

- Las investigaciones sugieren colocar el teclado angulado con su parte posterior sobre el nivel de la inferior (ver teclados).
- Se recomienda no presionar con fuerza las teclas, realizar una presión ligera.
- Tomar los descansos oportunos para estirarse y relajarse.
- Sujetar el ratón ligeramente. Mejor todavía: usar las teclas de control que realizan las funciones del ratón.
- Mantener las manos y brazos a una temperatura templada. Los músculos y tendones fríos son más susceptibles a este tipo de patologías.
- Eliminar el uso innecesario del ordenador.
- Considerar la posibilidad de la interfase de reconocimiento de voz.
- NO MANTENER el teléfono entre el hombro y la oreja sin ayudarse de la mano.

4. Confort visual

Hasta la llegada de la luz eléctrica en 1880, la iluminación en factorías y oficinas venía principalmente de la luz exterior, de la luz del día, por lo que los edificios eran diseñados de acuerdo a ello. Muchas factorías se desarrollaban con estructuras tremendamente sencillas con ventanas y claraboyas para admitir el máximo de luz posible. Los edificios de oficinas tienen muchísimas anécdotas, pero sus límites de anchura se establecieron en 14 metros, porque la luz del sol no penetra más allá de 7 metros a partir de la ventana. Sin embargo los expertos recomiendan que la anchura no sea mayor de 9,5 metros, con ventanas a ambos lados, para obtener la “mejor luz natural”.

La luz eléctrica pasó a estar disponible comercialmente durante la década de 1890 y trajo la posibilidad a las empresas de estar adecuadamente iluminadas sin depender de sus formas y dimensiones. En U.S.A. rápidamente aparecieron las fábricas sin ventanas y las claraboyas estaban iluminadas eléctricamente y diseñadas de un modo tal que su principal objetivo de una alta producción se viese cumplido. Así pues, las fábricas sin ventanas se convirtieron en algo habitual, pero no se aceptaba del todo. Por ejemplo, el arquitecto Gropius se alzó contra la tendencia de dichas fábricas sin ventanas diseñando en 1911 la Fabus Fabric Factory con cristal exterior soportado por un esqueleto de acero, él luego apostó por la “trasparencia” de los edificios.

Un importante impulso para la rápida popularización de la luz artificial en las fábricas de los comienzos del siglo fueron los apreciables incrementos en la producción y el elevado descenso de los accidentes, aumentos de producción cercanos al 80% y descensos de un 60% en la tasa de accidentes (Luckiesh, 1929). Por otro lado, la luz eléctrica en las factorías fue pronto considerada como un bien que no podía excederse. Alrededores bien iluminados generaban alegría, no había problema en la sobreiluminación a este respecto. Ciertamente, los trabajadores se deprimen al trabajar en incorrectas e inadecuadas condiciones de iluminación (Luckiesh, 1924, p.18).

Algunos empleados incluso, demostraron su preferencia por interiores bien iluminados eliminando las sombras de las lámparas en las fábricas pobremente iluminadas, con la aparente voluntad de tolerar el reflejo de la luz expuesta por las bombillas a volver a la “penumbra” (Weston, 1952).

No fue hasta los 30 cuando la luz eléctrica pasó a ser algo común y habitual en las oficinas de Estados Unidos. Las ventanas permanecieron como la principal fuente de iluminación hasta que la tecnología del aire acondicionado permitió espacios interiores más grandes a temperaturas confortables durante todo el año. Cuando finalmente la luz eléctrica ganó la confianza de las oficinas, se extendió de un modo extraordinariamente rápido. Otro motivo importante fue la presencia de altos edificios colindantes que eliminaban la posibilidad de recibir luz externa en cantidades necesarias. En los años 30 se montó una campaña educacional en Estados Unidos sobre la importancia de la iluminación para las correctas condiciones de trabajo. Hasta entonces la mayoría de los expertos estaban de acuerdo en que la iluminación alrededor de 55 lux era suficiente para leer en una oficina (Shultz & Simmons, 1959). En pocos años el estándar de iluminación para oficinas en Estados Unidos se dobló e incluso

redobló, llegando a los 250 lux o más. Algunos expertos incluso reclamaron el uso necesario de lámparas de 500 W, pensando que el brillo de la luz era bueno.

Mientras que la luz artificial ganaba aceptación en las oficinas, los arquitectos diseñaban edificios más y más altos con exteriores de cristal que maximizaban el espacio para ventanas. Altas torres “enfundadas” de cristal comenzaron a aparecer a partir de los 30, y crecieron de un modo muy popular (Wotton, 1976).

La Segunda Guerra Mundial promocionó aún más los avances en la iluminación. Algunas factorías en Estados Unidos e Inglaterra llegaron a usar incluso más de 2000 lux, en parte debido a la difícil tarea de ensamblaje que se producía en la fabricación de aeronaves y municiones, y también porque muchos directores de empresa pensaban que en época de guerra una buena iluminación hacía mantener un buen estado de moral.

Poco después de la guerra, muchos países industrializados establecieron una serie de estándares en iluminación. Tal y como se muestra en la tabla 3.1, en Estados Unidos dichos estándares eran mucho más elevados que en el resto de los países. Tales estándares fueron adoptados en 1958 por la U.S. Illuminating Engineering Society, de la base de una extrapolación de una serie de investigaciones experimentales realizadas en laboratorios (Blackwell, 1959), y crearon una controversia considerable entre los expertos en iluminación (ver Faulkner & Murphy, 1973).

A pesar de las críticas, sin embargo, la Illuminating Engineering Society continuó recomendando esencialmente los mismo estándares.

<i>País</i>	<i>Iluminación (pie candela)</i>
Australia	28-65
Bélgica	23-54
Inglaterra	28-65
Finlandia	28
Francia	28-65
Suecia	28
Suiza	14-28
Estados Unidos	93-462

Tabla 4.1 (Fuente: Work Places, Eric Sundstrom)

Mientras que en Estados Unidos se habían centrado en la luz artificial, en Gran Bretaña se centraron en la luz natural. Una ley llamada Permanent Supplementary Artificial Lighting Installation (PSALI) acordó que la luz natural, es decir, la que se obtenía a través de las ventanas, debía ser la fuente principal de iluminación en la gran mayoría de puestos de trabajo, complementada en la medida de lo necesario por la luz artificial (Collins, 1975). Ninguna ley como esa sigue vigente en los Estados Unidos.

Podemos decir, que el pasado siglo ha sido testigo de un cambio, de la pura dependencia de la luz natural a poder confiar en la luz eléctrica. Los estándares en iluminación han ido creciendo a partir de 1930, especialmente en Estados Unidos, donde son mucho más altos que en el resto de los países industrializados.

Iluminación y rendimiento

La investigación en la influencia de la iluminación en el rendimiento ha enfatizado la intensidad, o brillo de la luz, y la visibilidad de los pequeños detalles. Estudios sobre la calidad y distribución de la luz dirigidos al problema del reflejo, o el brillo de luz proveniente del objeto que alguien está intentando ver, o bien de los alrededores del mismo. El reflejo hace ver con dificultad y de un modo poco confortable. Ahora revisaremos la investigación realizada sobre la relación entre la iluminación y el rendimiento en las tareas más comunes desempeñadas en una oficina (Boyce, 1981).

Intensidad de la luz

La investigación sobre la intensidad de la luz ha seguido más o menos tres fases. Los primeros estudios se llevaron en factorías y demostraron la relación existente entre una correcta iluminación y un mayor rendimiento, por lo que rápidamente incitó a estudios más profundos. Una segunda fase consistió en estudios de laboratorio sobre el rendimiento visual. El trabajo en el laboratorio provocó unos mayores avances, pero a menudo se vieron sometidos a juicio debido a su artificialidad. Más recientemente, una tercera fase de investigación se ha llevado a cabo en lugares “más reales” y “más representativos” de los trabajos actuales.

Estudios de campo

Mientras que las primeras investigaciones sobre el brillo de la iluminación consistieron en experimentos primitivos (Luckiesh, 1924), la Industrial Fatigue Research Board en Inglaterra ha llevado a cabo algunos cuidadosos estudios de esta índole. Otro estudio se realizó sobre una pequeña compañía de un grupo de tejedores de seda en la que su única fuente de iluminación era la luz natural que entraba a través de las pequeñas ventanas que disponía su edificio.

El brillo de la luz natural varía con la época del año; la luz solar disminuye a medida que nos vamos acercando al invierno y posteriormente vuelve a aumentar al acercarnos a la primavera. Elton (1920) anotó que la iluminación solar dentro del edificio cada día y el trabajo realizado por los tejedores de seda. Dicha producción era paralela a la iluminación solar que recibían; así pues, decrecía con la disminución de la luz y aumentaba progresivamente a medida que la luz se incrementaba. De todos modos el resultado obtenido resultó estar lejos de ser claramente concluyente.

Un estudio posterior en tejedores ingleses incorporó una medición horaria de la intensidad solar y de igual modo resultados de producción, y se notó que la producción descendía notablemente si la luz era menor. La luz se aproximaba a los 20 lux en las últimas tardes. Resultados similares salieron de otro estudio realizado sobre mecanógrafos (Weston & Taylor, 1926). Tomándolos juntos, los responsables ingleses determinaron que, para trabajos con un requerimiento visual de discriminación de detalles, la tarea se deterioraba cuando la luz se volvía inadecuada para distinguir detalles. De modo similar, la investigación europea mostró una relación entre el incremento en la intensidad de luz y una mejora en los resultados de la tarea desempeñada (Sucov, 1973).

Estudios de laboratorio

Estudiantes de la Universidad de Harvard tomaron parte en un experimento de laboratorio que duró tres años. Una vez o dos por semana, durante un semestre los estudiantes hacían problemas de multiplicaciones, presionaban teclas de telégrafo, aprendían sílabas sin sentido, realizaban tareas de reacción en el tiempo y muchas otras bajo luz de tono y brillo variable. El color no tenía efectos, pero se apreció que los estudiantes eran más rápidos en mejores condiciones de luz. Los resultados no podían fácilmente explicarse en términos de visibilidad de detalles, pero quizá la luz más brillante había supuesto un nuevo “descubrimiento” en cuanto a la eficacia en el trabajo, ya que éste se desempeñaba considerablemente más rápido.

El *acercamiento analítico* asumió que la dificultad visual de las tareas podía ser cuantificada en términos de tamaño del detalle y de contraste de luz, que la apropiada luminosidad de la luz podía ser determinada para cada nivel de dificultad visual en la base de tales tests (Beutell, 1934). En este acercamiento fue pionero Weston en 1945, un investigador británico que usó una tarea de laboratorio para la discriminación del estímulo visual, llamado Landolt rings (son pequeños círculos, cada uno con pequeñas oberturas dirigidos hacia uno de los ocho puntos del compás). Los participantes recibían hojas de papel con los anillos de Landolt y se les pidió marcar los anillos con intersticios en determinadas direcciones. Tales anillos variaban en sus tamaños y contrastes producidos por las sombras del gris (contraste se define como la diferencia en la cantidad de la luz reflejada del estímulo y su fondo). La luz también variaba, de 50 lux a 5000 lux. Weston evaluó el rendimiento midiendo la velocidad y precisión en marcar tales anillos.

Los resultados de los experimentos de laboratorio se “alinearon” al principio de rendimiento menguante. Añadir iluminación producía mejoras en el rendimiento, pero tal aumento en el rendimiento era cada vez menor con cada incremento de luz aportado. Los beneficios de la iluminación añadida fueron más pronunciados en tareas de más dificultad (pequeños detalles en mínimos contrastes), y poco apreciables en tareas más sencillas (grandes detalles, altos contrastes). Los cambios en el contraste produjeron sustanciosas mejoras en el rendimiento, especialmente en el trabajo con pequeños detalles. Una posterior investigación confirmó tales descubrimientos, y demostró la importancia de la edad en el efecto de la iluminación y rendimiento. En un experimento, con un rango entre 200 lux y 1500 lux, el rendimiento de 150 adultos en series de anillos de Landolt se incrementó con la adición de iluminación. Sin embargo, el efecto fue muy ligero al realizar tal experimento con personas de una edad comprendida entre los 16 y los 30 años, en contraste con los resultados obtenidos en personas entre 40 y 60. El rendimiento de tales grupos era ostensiblemente diferente a niveles pobres de iluminación, mientras que se equiparaban casi totalmente en el caso en el que la iluminación era más adecuada (Boyce, 1973).

De la técnica analítica de Weston se desarrolló un índice numérico sencillo de visibilidad que podía ser usado para establecer normas de iluminación en los puestos de trabajo. Su promotor, H.R. Blackwell (1959), criticó los precoces experimentos por no ser estrictos en el control del tiempo que se empleaba para la visión de los anillos de Landolt. Para corregir tal deficiencia, diseñó un procedimiento que controlaba el tiempo de visión. Los participantes tomaban asiento frente a una pantalla translúcida en la que se proyectaban una serie de anillos de diversos tamaños durante centésimas de segundo, con contraste y luz variables. Un participante modelo concluyó cientos de pruebas. La tarea consistía en seleccionar uno de cuatro periodos de tiempo durante el cual el disco aparecía sobre la pantalla. De la precisión de los participantes para detectar el estímulo umbral para la visión, Blackwell desarrolló un índice de visibilidad. El índice estaba principalmente basado en el tamaño del detalle, contraste, y brillo de la luz.

La investigación de Blackwell concluyó esencialmente la misma relación encontrada anteriormente entre iluminación y rendimiento. A medida que la dificultad visual aumentaba, a través de la disminución de los detalles y de un menor bajo contraste, más y más luz se necesitaba para mantener un nivel constante de rendimiento. Los posteriores incrementos de luz añadidos aportan pequeñas ganancias en el rendimiento.

Tales investigaciones de Blackwell (1959) son importantes, ya que formaron la base para la U.S. Illuminating Engineering Society's y los estándares de iluminación en los puestos de trabajo, los cuales diferían ostensiblemente de los de otros países. El índice de visibilidad fue basado en unos datos de laboratorio extrapolados a tareas en fábricas y oficinas.

Los estándares han sido criticados en diferentes terrenos. Un crítico señaló su inconsistencia; por ejemplo, el estándar de iluminación para la lectura de un texto con un buen contraste era bastante más

bajo que para un trabajo general en oficina (Murrell, 1965). Otros notaron que pequeños errores en estudios de laboratorio podían generar grandes diferencias en la recomendación de iluminación (Fullner y Murphy). Sin embargo, quizá las críticas más importantes estaban relacionadas con la artificialidad de los tests realizados en las investigaciones. En muchos de ellos se sometía a los participantes a visualizaciones de fracciones de segundo, mientras que en la realidad un trabajador puede dedicar mayor tiempo a la observación de un objeto. La investigación se refería a símbolos concretos o pequeños detalles e informaciones redundantes. Yendo más allá, en la mayoría de los casos se pretendía que el participante observase desde un punto de vista y angulación concreta, mientras que en la realidad el trabajador suele mover su cabeza, cambiar de ángulo o incluso variar la posición de la fuente de luz. Así pues, en general tales estudios resultaron muy discutibles, al igual que los estándares que se establecieron a partir de ellos en los Estados Unidos.

Investigaciones posteriores intentaron ser un tanto más reales, y más cercanas a lo que era por entonces una auténtica oficina de trabajo. Por ejemplo, en una serie de siete experimentos, se convocó a unos participantes a desarrollar unas tareas habituales en unas oficinas convencionales en las que se iba modificando el nivel de iluminación. Tales tareas incluían lectura, mecanografía, verificación de números (tareas habituales de la época). Un total de 58 adultos con edad comprendida entre 17 y 69 años participaron en esos siete experimentos en los que se llevaron a cabo unas 2000 pruebas. La iluminación se midió en *luminancia* y variaba entre 1 cd/m² y 3000 cd/m² (lo que corresponde grosso modo a un nivel de iluminación entre 5.5 lux y 5500 lux). Los resultados, que se muestran en la figura 4.1 dan una menor mejora en el rendimiento con el incremento en la iluminación, tanto para los participantes más jóvenes como para los más mayores (Smith, 1978). Sin embargo, se apreciaba diferencia según la dificultad de la tarea; la mejora era más notable cuanto más fácil era la tarea.

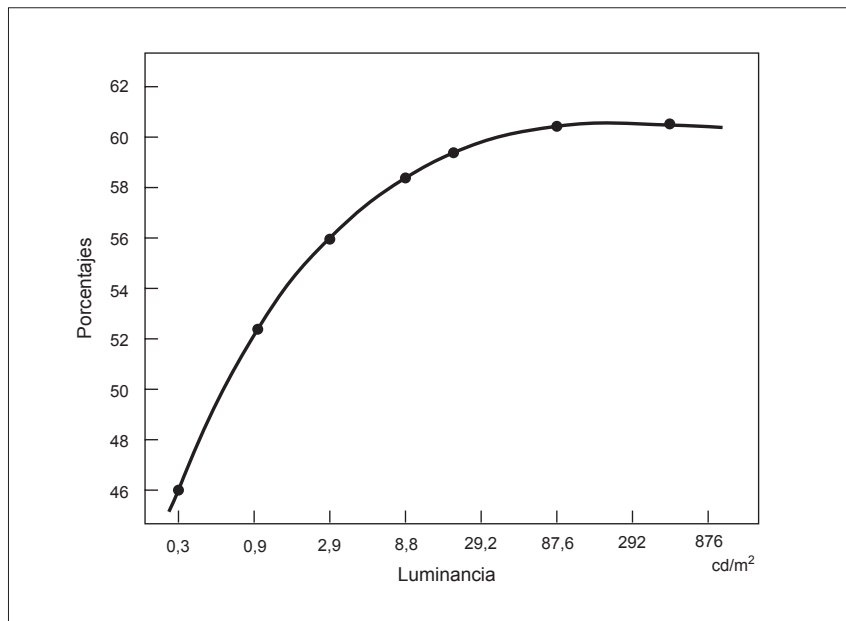


Fig. 4.1 (Fuente: *Work Places*, Eric Sundstrom)

Otro estudio usando oficinas reales demostró que los efectos de la luz dependían en cierta medida de la edad de la persona. Los participantes, con edad entre 19 y 27 años, y entre 46 y 57 años, trabajaron en tareas de oficinas durante 18 sesiones, con una iluminación de 500, 1000 y 5000 lux aproximadamente. Las tareas de localización incrementaban su rendimiento con el brillo de la luz,

pero tal incremento fue mayor en las personas mayores, cuya mejora llegó a ser cercana al 15% en el intervalo de 500 a 1500 lux. Los participantes también evaluaron la adecuación de la luz; los trabajadores jóvenes encontraron el nivel más bajo de iluminación cercano a satisfactorio, mientras que aquellos de mayor edad lo encontraban ciertamente insatisfactorio (Hughes, 1976).

En resumen, la investigación sobre la intensidad de la luz en tareas de distinción de detalles determina que el rendimiento en éstas se deteriora cuando la luz no tiene el brillo adecuado. El rendimiento aumenta a medida que se aporta más luz, pero la luz sigue el principio en el que el incremento de mejora va disminuyendo. Aparentemente los trabajadores más mayores necesitan más luz que los jóvenes, especialmente en aquellas tareas de alta sollicitación visual.

Hay también algunas evidencias de que la luz influye en el rendimiento por otras razones y no sólo por la visibilidad, psicológicas, confort, etc.

Calidad y distribución de la luz

La investigación rara vez ha examinado la importancia de la calidad de la luz y su influencia en el rendimiento. Sin embargo, en un experimento demostró un fenómeno altamente criticable debido a la distribución de la luz: un *fototropismo* involuntario, o atracción de la mirada hacia la fuente de luz. De un modo inconsciente, el ojo humano desvía la mirada hacia la fuente de luz. Los puntos intensos de luz distraen la atención provocando parpadeos, mientras que puntos menos brillantes, pero en áreas más grandes, provocan más movimientos oculares y más duraderos. Si tales fuentes luminosas provocan distracción, pueden influir negativamente en el rendimiento.

El fototropismo también tiene aspectos beneficiosos en el rendimiento: si el área de trabajo está más iluminada que los alrededores, normalmente el trabajador no desvía la mirada de su zona de trabajo. Este punto se ha de tener en cuenta a la hora de hacer un diseño eficaz del puesto de trabajo. Generalmente las oficinas presentan una relación de 3:1 de brillo en cuanto a los alrededores (McCormick, 1976).

Probablemente, la consecuencia más importante del brillo de la luz en el campo de visión es el *reflejo*, que puede llegar a ser “lo suficientemente grande como para que haya ojos que al adaptarse sufran fuertes molestias, incomodidad, o incluso grandes pérdidas de visibilidad” (McCormick, 1976). El reflejo puede ser *directo*, de la fuente radiante de luz, o *indirecto*, de cualquier superficie brillante que refleje parte de la luz recibida, como por ejemplo la pantalla de un ordenador. Otros tipos de reflejo son a veces clasificados como: “reflejo molesto”, que permite la visibilidad en la tarea, y “reflejo discapacitador”, que no la permite y dificulta la tarea de forma seria.

Iluminación y satisfacción

La iluminación parece ser uno de los aspectos del puesto de trabajo que la gente da por supuesto y que más desconoce, al parecer muy cotidiano, a menos que tengan una razón para mostrarse a disgusto y manifestar una queja. La iluminación artificial representa probablemente uno de los aspectos más satisfactorios de las oficinas modernas, ya que, “si la luz es buena o mala, es una de las últimas cosas que el trabajador remarca en sus quejas” (Manning). Cuando los investigadores preguntan a los trabajadores respecto a su iluminación, la respuesta más común es que “un poco más estaría bien, pero hasta cierto punto”, sin mostrarse descontentos con la disponible. Esto confirma el hecho de que las mejoras de confort y rendimiento disminuyen tras sucesivos aumentos del nivel de iluminación. Sin embargo, la luz y el nivel de iluminación pueden llegar a ser excesivos, provocando reflejos e insatisfacción.

Informe de los trabajadores de oficina

El informe sobre los oficinistas de Louis Harris y Asociados (1978) incluía la cuestión, “¿cuáles cree usted que son las dos o tres características que más le pueden ayudar a hacer bien su trabajo?”. Calificaron la iluminación como un aspecto bastante importante, y en un *ranking* de 17 factores importantes del entorno de una oficina, la colocaron en el quinto lugar. En estudios anteriores en oficinas inglesas (Langdon), se concluyó que tres cuartas partes de los participantes se mostraban completamente satisfechos con la iluminación artificial, incluyendo una gran parte de aquellos que trabajaban con lámparas fluorescentes (83%). La mayoría de los trabajadores que manifestaban insatisfacción pensaban que tenían una iluminación demasiado débil. Por otro lado, Hedge (1982), tras una investigación, llegó a la conclusión de que una tercera parte de los oficinistas se quejaban de que la luz era “demasiado brillante”.

Estudios de campo

Nemeck y Grandjean (1973) tomaron nota del nivel de iluminación en oficinas abiertas en Suiza y administraron un documento a los ocupantes. El nivel medio de iluminación estaba entre los 400 y 800 lux, mientras que otras tres tenían una iluminación de entre 1000 y 2000 lux. El resultado de tal estudio mostró un inusual elevado número de quejas en las oficinas que presentaban una iluminación de entre 1000 y 2000 lux.

En un estudio diseñado para evaluar un edificio nuevo de oficinas, Boyce (1974) solicitó a los trabajadores una evaluación de antes y después de haber cambiado de las oficinas convencionales a las abiertas. La iluminación media en las nuevas oficinas era de 74 *footcandles* (cercano 800 lux), las cuales fueron calificadas como “muy satisfactorias” de media. Esta evaluación fue comparada con la que se le había otorgado a las oficinas convencionales, en las que el nivel de iluminación medio era de 400 lux, y que según los trabajadores eran “satisfactorias”. Así pues, la conclusión era que el hecho de doblar el nivel de iluminación no implicaba una mejora en la satisfacción en la misma escala, lo que hacía pensar que la relación iluminación-satisfacción seguía la misma línea que la relación iluminación-rendimiento, en que los primeros incrementos de luz repercutían de una manera mucho más significativa.

Según Boyce, un nivel razonable de iluminación era aquel que se acercaba a los 500 lux, con pequeños incrementos de satisfacción hasta los aproximadamente 1200 lux.

En el proyecto BOSTI (1981) se encontró una conexión entre la intensidad de la luz y la satisfacción con el entorno físico. Se le preguntó a los participantes a través de la afirmación “mi puesto de trabajo es a menudo oscuro”. Tan sólo entre un 10-20% estaba de acuerdo con esa afirmación. Entre los encuestados se encontraban algunos que habían cambiado de oficinas y de nivel de iluminación, e indicaron un aumento de satisfacción con su entorno de trabajo con el incremento de iluminación aplicado. Aquellos que sufrieron un descenso en el nivel de iluminación mostraron ligeras insatisfacciones. En ese estudio no se medía el nivel de iluminación, por lo que no es posible asociar intensidad luminosa a los parámetros de satisfacción.

El proyecto BOSTI también trató la relación entre el reflejo y la insatisfacción con el entorno. A los participantes se les preguntó sobre el reflejo en el material escrito, equipos de trabajo y ventanas. Respecto a los dos primeros se concluyó insatisfacción.

En resumen, tres estudios en oficinas encontraron que un nivel adecuado de iluminación sería aquel que estuviese cercano a los 450 lux. A partir de ahí, los niveles de satisfacción aumentan de modo poco importante, llegando a un límite en el que puede provocar problemas oculares. En un cuarto

estudio se indicó la relación entre intensidad de luz y satisfacción con el entorno, y entre el reflejo y la insatisfacción.

Experimentos de laboratorio

Un proyecto evaluaba las relaciones subjetivas a una serie de variaciones en el nivel de iluminación (Saunders, 1970). Esta serie comenzaba con un estudio piloto en una habitación experimental con paredes de colores suaves, mobiliario, ocho ventanas, e iluminado con 50 lux. Los participantes se sentaban en un escritorio mientras que la iluminación se iba incrementando progresivamente hasta que indicaban que estaban satisfechos con el nivel de iluminación alcanzado. La media que se obtuvo fue cercana a los 400 lux, cercano al estándar propuesto por la British Illuminating Engineering Society, y algo inferior al estándar americano. Hasta los casi 1500 lux, los participantes manifestaron apreciar un incremento de satisfacción en la apariencia de la habitación y de su escritorio.

Como se ha dicho, en este experimento se iban provocando incrementos de luz hasta que el participante indicaba que era el adecuado; el estado de satisfacción comenzaba en los 400 lux aproximadamente, seguía aumentando hasta cerca de los 1000 lux (cercano al estándar americano), valor a partir del cual comenzaban los problemas del reflejo. Al igual que en otros estudios, el incremento de satisfacción era sucesivamente más pequeño con el incremento de iluminación (Figura 4.2).

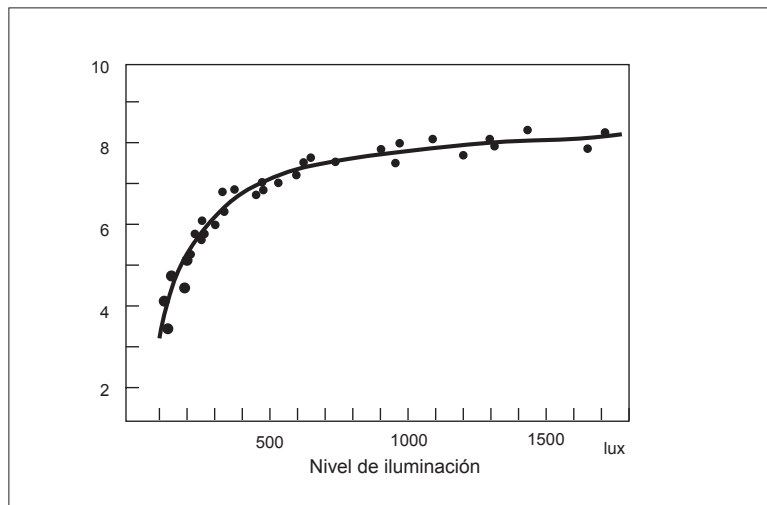


Fig. 4.2 Fuente: (*Work Places*, Eric Sundstrom)

Los experimentos de Saunders incluían variaciones en la uniformidad de la distribución de la luz, pero no se apreciaron diferencias apreciables en cuantos a estudios anteriores (“Uniformidad” fue definida como la proporción entre la iluminación máxima y mínima en la habitación; los expertos recomiendan un ratio de 0,7 o superior). Saunders varió el ratio de uniformidad entre 0,5 y 1,0. Los participantes manifestaron satisfacción en ratios por encima del 0,5.

En resumen, los experimentos de laboratorio sugirieron que las personas se mostraban satisfechas con una luz de modesta intensidad (330-380 luxes). Más luz incrementaba el nivel de satisfacción hasta cerca de los 1000 luxes, en los que comenzaba a aparecer en problema del reflejo. Otros

descubrimientos fueron la importancia de la calidad de la iluminación en la satisfacción, y se prefería una iluminación no muy uniforme.

Iluminación a través de las ventanas

La luz solar a través de la ventana es tremendamente variable; su ángulo cambia con la posición del sol; su brillo cambia con el momento del día y la cantidad de nubes, etc. La luz solar ayuda a definir texturas y contornos de las superficies, ya que en parte es horizontal (Wotton, 1976). Además de proporcionar una luz variable, las ventanas ofrecen una vista al exterior y una corriente de ventilación. Sin embargo, los expertos tan sólo han discutido sobre las ventanas puramente en el aspecto luminoso.

Las personas necesitan un entorno visual variado, y, si es posible, de una variación continua. Si no es así, se manifiesta el aburrimiento, fatiga, falta de concentración, e incluso la reducción de la capacidad intelectual... La conveniencia de conseguir una variación temporal en la luz es una motivación básica para la colocación de ventanas. (Valciras, 1976).

Las ventanas permiten además un ajuste variable de la luz mediante cortinas y otros dispositivos. En algunos edificios se abren para permitir una ventilación. También proporcionan diferentes puntos de enfoque visual, en lo que muchos expertos hacen un especial hincapié como remedio a la fatiga visual. Por otro lado también hace partícipe a los trabajadores de aquello que pasa en el exterior, lo que les hace sentirse en “contacto” con otras personas.

Ventanas y satisfacción

El estudio realizado por Langdon (1966) sobre las oficinas londinenses se centraba en lo que gustaba y no gustaba en el entorno de trabajo. El comentario más frecuente por lo que se refería a las ventanas estaba relacionado con la iluminación; cerca de la mitad de los participantes dijeron espontáneamente que “les gustaba la luz natural en la habitación –que la habitación estaba llena de luz, brillante, soleada, y disponía de muchas ventanas”. De hecho, el 98% de las oficinas disponían de ventanas, aunque sólo fuese en una pared. Sin embargo se apreciaba una respuesta diferente en los trabajadores de más edad, y es que éstos preferían un entorno con una mayor iluminación.

En otro estudio realizado en una compañía de Manchester se concluyó que los empleados preferían la luz solar (Wells, 1965, Manning 1965), y es que se apreció que la luz solar era muy importante para aquellos cuyo puesto de trabajo se encontraba relativamente distante de las ventanas.

Otra parte de la investigación encontró una destacable preferencia por trabajar cerca de las ventanas. A los empleados se les mostraban unas fotos de una oficina modelo y ellos indicaban el lugar donde les gustaría colocar su escritorio. La gran mayoría (81%) elegía una posición cercana a la ventana. Cuando se les preguntaba el por qué de su elección, el 77% argumentó como razón las ventanas.

En otro estudio posterior (Longmore y Ne’eman, 1974), se preguntó a los trabajadores sobre el deseo de tener luz solar en el interior de las oficinas. Ellos expresaron el deseo de disponer de ventanas, y lo relacionaron con la luz, apariencia de la oficina, el efecto terapéutico del sol, la calidez, etc. También se les ofreció la elección entre “una buena vista con poca luz solar o una mala vista con luz solar”. El 61% prefería una buena vista, lo que demuestra que las ventanas son un factor importante no tan sólo por la luz que éstas pueden proporcionar al trabajador.

En resumen, los documentos existentes sobre los trabajadores británicos sugieren que la luz del sol representa una fuente de satisfacción para el entorno físico del puesto de trabajo. Entre las razones de satisfacción se incluye la opinión de que la luz solar es de por sí mejor que la luz artificial.

Reacciones a puestos de trabajo sin ventanas

El sol es un reclamo para todos, y en todo momento, incluso cuando se está trabajando. Así pues, en las épocas estivales en las que el sol está presente en mayor medida, el hombre necesita de él. Esta necesidad se hace notable cuando un trabajador se encuentra encerrado en una oficina y es consciente de que en el exterior brilla el sol. Éste mejora nuestro estado de ánimo, y el trabajador también quiere disfrutar de él, aunque sólo sea pudiendo verlo y apreciando una vista agradable. Las ventanas nos proporcionan luz solar, y con ello un contacto con el exterior; en gran medida no se aprecia cuando se tiene, pero las quejas y el malestar son considerables cuando en una oficina no se dispone de ventanas al exterior.

Uno de los pocos estudios sistemáticos en oficinas sin ventanas sugirió que los trabajadores querían ventanas para poder contemplar una vista. En un experimento en el que participaban 139 empleadas de oficinas sin ventanas en Seattle, tres cuartas partes dijeron que sus oficinas eran tan buenas o mejores que otras que habían visto. La mayoría encontró adecuada la iluminación (88%), pero, sin embargo, también una amplia mayoría manifestó su deseo de tener ventanas (91%) como medida contra las sensaciones que sentían en algunos momentos en sus oficinas sin ventanas: aislamiento, claustrofobia, depresión, exceso de tensión, y también por las ganas de poder “mirar más allá” y conocer las condiciones climatológicas. La preferencia por las ventanas pareció no estar relacionada con el tamaño o color de la habitación, ni con el nivel de la iluminación. Sin embargo, estas empleadas no opinaron que la falta de ventanas les afectase físicamente.

Otra causa de insatisfacción por la falta de ventanas es la “desigualdad” que provoca entre trabajadores. Aquellos que no disponen de ventanas reaccionan negativamente a situaciones en las que los que sí disfrutaban de ellas no manifiestan queja o desencanto, ya que los primeros piensan que están siendo tratados de un modo injusto frente a los demás por el hecho de que a ellos se les priva de las ventanas. Éstos creen que han de ser compensados frente a esa “desigualdad”.

Resumen

Cuando la luz eléctrica comenzó a ser de fácil acceso a comienzos de siglo, la gran mayoría de las empresas la introdujeron en sus oficinas, y comenzaron a aparecer las oficinas sin ventanas. Fue poco antes de los 50 cuando la luz se implantó definitivamente en las empresas, después de que el aire acondicionado facilitara el diseño amplio de las zonas de trabajo para cualquier época del año. Más tarde se comenzaron a formular estándares en iluminación para los puestos de trabajo. La base de estas normas se encontraba en las investigaciones realizadas en laboratorios. En posteriores estudios se comenzó a relacionar la intensidad de luz con la producción de la empresa, que era pobre en aquellas en las que los trabajadores tenían problemas a la hora de distinguir detalles críticos. En los primeros estudios de laboratorio que se llevaron a cabo se utilizó un acercamiento analítico para mostrar que la dificultad visual de las tareas dependía del tamaño y contraste de los detalles a discriminar.

Uno de los principales descubrimientos fue que la iluminación seguía el principio de *diminishing return* –cada incremento añadido de luz aportaba un menor beneficio en el rendimiento– para tareas simples, es decir, que los beneficios de la iluminación extra eran rápidamente inapreciables.

La investigación también demostró la importancia de la edad: la gente mayor necesitaba

sustancialmente más nivel de iluminación que los jóvenes para conseguir rendimientos similares. Más tarde, estudios en oficinas más actuales, generaron un debate sobre los estándares vigentes. Los investigadores no evaluaron la hipótesis de que el aumento de luz excitaba y podía influir en el rendimiento por otras causas que no tan sólo las de visibilidad de detalles. Los estudios sobre la calidad de la luz sugirieron que el *reflejo* (luz brillante inconfortable de la tarea o alrededores) podía afectar negativamente al rendimiento, pero sin embargo siempre se relacionó más con la insatisfacción. Estudios de luz y satisfacción mostraron la consistencia del principio del *diminishing return* y las quejas que provocaba la existencia del brillo. En algunos casos, tales investigaciones concluyeron la preferencia por entornos de iluminación no uniformes.

Las ventanas aportan luz variada, y los trabajadores de oficina tienden a sobreestimar su contribución. También cabe destacar que poder contemplar una vista exterior genera satisfacción al trabajador.

Consideraciones prácticas

El problema al que se enfrenta el diseñador del ambiente visual de oficinas es muy complejo: proporcionar a cada trabajador la luz suficiente para iluminar los detalles de su tarea, sin crear reflejos o contrastes molestos, al mismo tiempo que procurar un ambiente satisfactorio.

La evidencia indica que los requerimientos de luz dependen de la tarea del trabajador y de su edad. Puede ser tentador tomar la solución de un diseño de iluminación central en la que se proporcione la luz necesaria para que los trabajadores de más edad puedan desarrollar su tarea del modo adecuado. Otra solución simple podría ser, “más luz, mejor”. Desgraciadamente, el hecho de que haya más luz no siempre es mejor, ya que ésta puede provocar brillos, reflejos, y con ellos incomodidad (sin mencionar las facturas). Una alternativa más compleja, no siempre posible, es proporcionar sistemas de iluminación individuales, separados y controlables, para cada puesto de trabajo, permitiendo al trabajador adecuar su ambiente al que él considere ideal para su tarea.

En algunas oficinas modernas, se utilizan los puestos de trabajo modulares (lámparas individuales, lámparas de escritorio...). Si éstas son ajustables pueden tener muchas ventajas:

1. La luz directa hacia la zona de trabajo hace que ésta tenga un mayor nivel de iluminación que los alrededores.
2. Se crea un ambiente luminoso no uniforme, lo que suele ser deseable.
3. Facilita el posicionamiento, lo que minimiza los reflejos.

Las lámparas ajustables pueden permitir la variación y con ellos la adecuación del nivel de iluminación a las necesidades del trabajador. La presencia de este tipo de lámparas suele generar un entorno mucho más confortable y acogedor.

La luz a través de las ventanas es algo deseable para la gran mayoría de trabajadores de oficina, aunque a menudo se sobrevalora y se le da una connotación de escasez de medios o, por el contrario, se la considera símbolo de status.

Aspectos técnicos del confort visual

El objetivo de diseñar ambientes adecuados para la visión no es proporcionar luz, sino permitir que las personas reconozcan sin errores lo que ven, en un tiempo adecuado y sin fatigarse. Un diseño negligente del entorno visual puede conducir a situaciones tales como: incomodidad visual, dolores de cabeza, defectos visuales, errores, accidentes, imposibilidad para ver los detalles, confusión, desorientación, etc.

La iluminación es la cantidad y la calidad de la luz que incide sobre una superficie. Para poder iluminar adecuadamente hay que tener en cuenta la tarea que se va a desarrollar, las particularidades del usuario (defectos visuales, edad) y las características del local.

Si se combinan situaciones adversas, como visión cercana de pequeños detalles y bajo nivel de iluminación, aparece la fatiga visual, seguida de la mental, que provoca una pérdida de interés por la actividad, irritación ocular y otros síntomas que reducen la calidad y productividad del trabajo. Otras situaciones adversas son la visión cercana durante largos períodos de tiempo, como las pantallas de visualización y las actividades que requieren largas lecturas, que agota la capacidad de acomodación del ojo, o las actividades que requieren un cambio constante de enfoque entre objetos cercanos y lejanos, que también fatiga a los músculos ciliares.

El alumbrado bien proyectado de oficinas hace aumentar la eficacia mediante la reducción de errores, haciendo posible una mayor velocidad de trabajo y manteniendo las condiciones satisfactorias para el mismo. Por lo tanto, cada vez que se proyecta o remodela una oficina, se ha de conceder toda la importancia que se merece a las instalaciones de iluminación, buscando que cumplan unos mínimos en cuanto a calidad y cantidad de luz armonizándolo con los aspectos económicos.

El ojo y la visión

Puesto que el propósito del alumbrado consiste en hacer posible la visión, cualquier estudio del mismo tiene forzosamente que empezar con un estudio del ojo y del proceso visual. El conocimiento del ojo y su manera de actuar son imprescindibles para poder diseñar el sistema que proporcione la luz para el desempeño de tareas visuales con un máximo de velocidad, exactitud, facilidad y comodidad y con un mínimo de esfuerzo y fatiga.

El espectro visual humano

Dentro del espectro electromagnético, el ojo humano sólo es capaz de captar una pequeña franja, la comprendida entre los 380 nm y 780 nm aproximadamente, fuera de la cual ya no existe percepción.

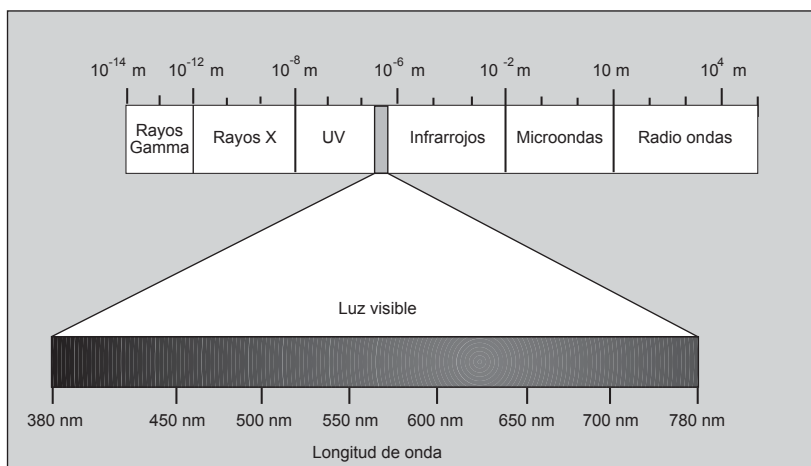


Fig. 4.3 Franja visible del espectro electromagnético

En función de la longitud de onda percibida, veremos uno u otro color; así las frecuencias menores dan lugar a los violetas, y a medida que esta aumenta aparecen azules, verdes, amarillos, anaranjados y rojos en el otro extremo. El color blanco no existe como tal, sino que se trata de la sensación que percibimos al recibir todas las radiaciones dentro de todo el espectro visible.

Las radiaciones no visibles están por debajo de este intervalo. Las que están por debajo del rojo reciben el nombre de infrarrojas, que se pueden detectar por su calor, y las situadas por encima del violeta se denominan ultravioletas.

Anatomía del ojo

En la figura puede observarse el corte transversal del globo ocular, una cápsula casi esférica de tejido conjuntivo, resistente, que en su parte delantera presenta la córnea, que es una lente divergente.

El cristalino es una lente flexible biconvexa (y por lo tanto convergente) que puede modificar su forma para enfocar las imágenes (acomodación) en la retina. Esta modificación la realizan los músculos ciliares.

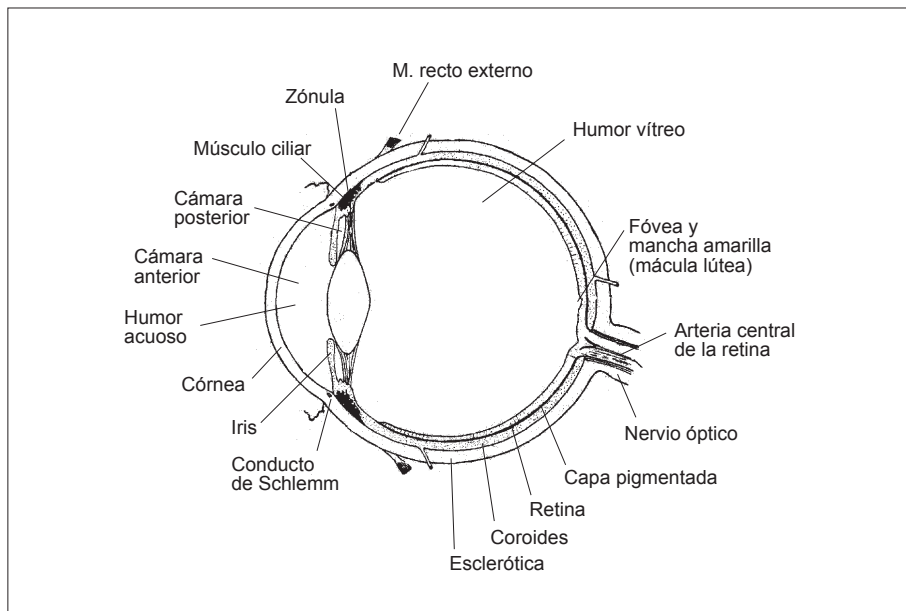


Fig. 4.4 Partes del ojo

El iris es un diafragma que regula la entrada de la luz mediante la variación del diámetro de la pupila. Esta regulación se denomina adaptación.

La retina es la capa interna fotosensible. Contiene una delicada película de fibras nerviosas que divergen del nervio óptico y terminan en unas neuronas con forma de conos y bastones que mediante un proceso fotoquímico transforman los estímulos luminosos en impulsos sensoriales.

Los conos están dedicados a la distinción de los colores, mientras que los bastones sólo perciben la luz sin distinguir los colores, salvo los azules; no obstante su sensibilidad se incrementa notablemente bajo niveles de iluminación débiles, mientras que los conos dejan de funcionar.

Sin embargo, los conos son sensibles a los colores permitiendo la discriminación de los detalles finos. Los conos se encuentran concentrados en la fovea, que es un área de 0,3 mm de diámetro. Es precisamente en la fovea donde el ojo centra la imagen del objeto que debe ser examinado minuciosamente.

Por su parte, los bastones son los responsables de la visión a bajos niveles de iluminación (visión nocturna); están distribuidos por toda la retina, pero fuera de la fovea, y aumentan a medida que nos alejamos de ella. Las regiones periféricas de la retina, donde sólo se encuentran bastoncillos, no favorecen una visión precisa ni de los colores, pero son altamente sensibles al movimiento y a las oscilaciones luminosas.

El nervio óptico está formado por las fibras nerviosas, que conducen las señales recibidas por los conos y los bastones al cerebro.

El humor acuoso y el humor vítreo son los líquidos transparentes que llenan las cámaras anterior y posterior al cristalino respectivamente.

Los párpados, pestañas y vías lagrimales sirven de sistemas de protección y lubricación respectivamente.

Resumiendo, como se muestra en la figura anterior, los rayos luminosos que alcanzan el ojo pasan a través de la córnea, cruzando el humor acuoso, la pupila del iris, el cristalino y el humor vítreo para finalmente alcanzar la retina, donde conos y bastones transforman los estímulos luminosos en impulsos sensoriales dirigidos por el nervio óptico hacia el cerebro.

El campo visual

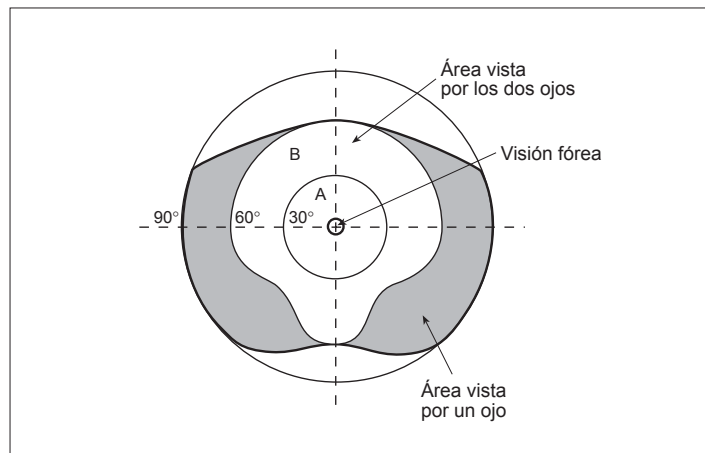


Fig. 4.5 Campo visual

El campo visual puede dividirse en zonas con distinta claridad de visión, en función del ángulo de apertura con relación a la línea de visión:

- *Zona de visibilidad muy precisa*; se corresponde con un ángulo de apertura de 1°.
- *Zona de visibilidad media*, formada por un ángulo de 40°; se ven los movimientos de los objetos, los contrastes fuertes y puede desplazarse la mirada entre objetos de modo fácil.

- *Zona periférica*, comprendida entre los 40 y 70°; sólo percibimos los objetos en movimiento y las luminancias muy contrastadas.

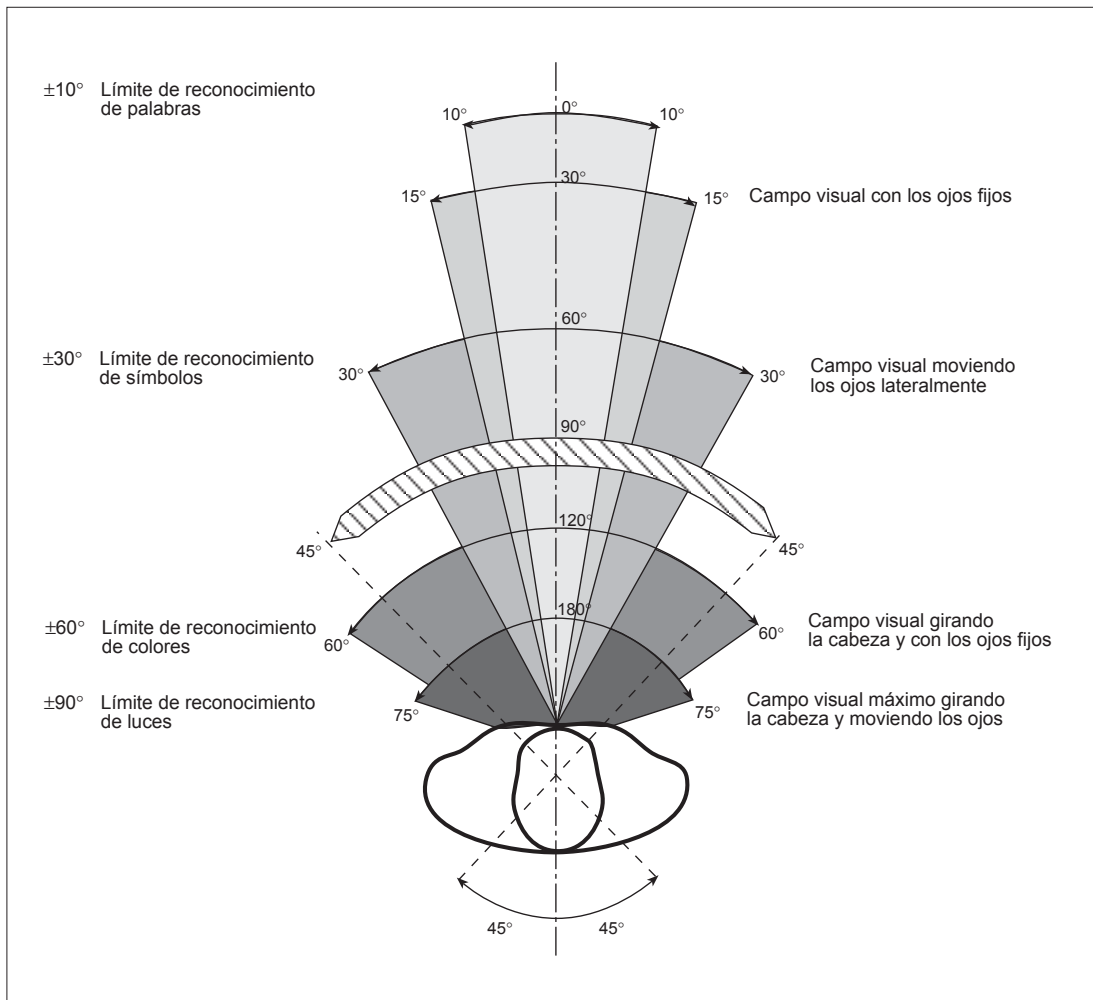


Fig. 4.6 Vista superior del campo visual.

La acomodación es la capacidad del ojo para enfocar los objetos situados a distancias variables, desde el infinito hasta un punto próximo. Para que un objeto se distinga con precisión, es necesario que su imagen se produzca sobre la retina; para conseguirlo los músculos ciliares modifican la convexidad del cristalino. Los objetos lejanos requieren una disminución en la curvatura del cristalino que lo convierta en menos convergente para los objetos próximos la curvatura es la opuesta.

El ojo trabaja mucho más relajado observando objetos relativamente lejanos, los objetos cercanos requieren un mayor esfuerzo de observación. El azul y el verde se consideran colores reposantes porque dan una sensación de lejanía.

La velocidad y precisión en la acomodación aumentan con el nivel de iluminación y con el contraste entre el objeto observado y el fondo.

Con la edad disminuye el poder de acomodación, fundamentalmente por la pérdida de elasticidad del cristalino; esto hace que, el punto próximo esté situado cada vez más lejos y que aumente el tiempo necesario para lograr la acomodación.

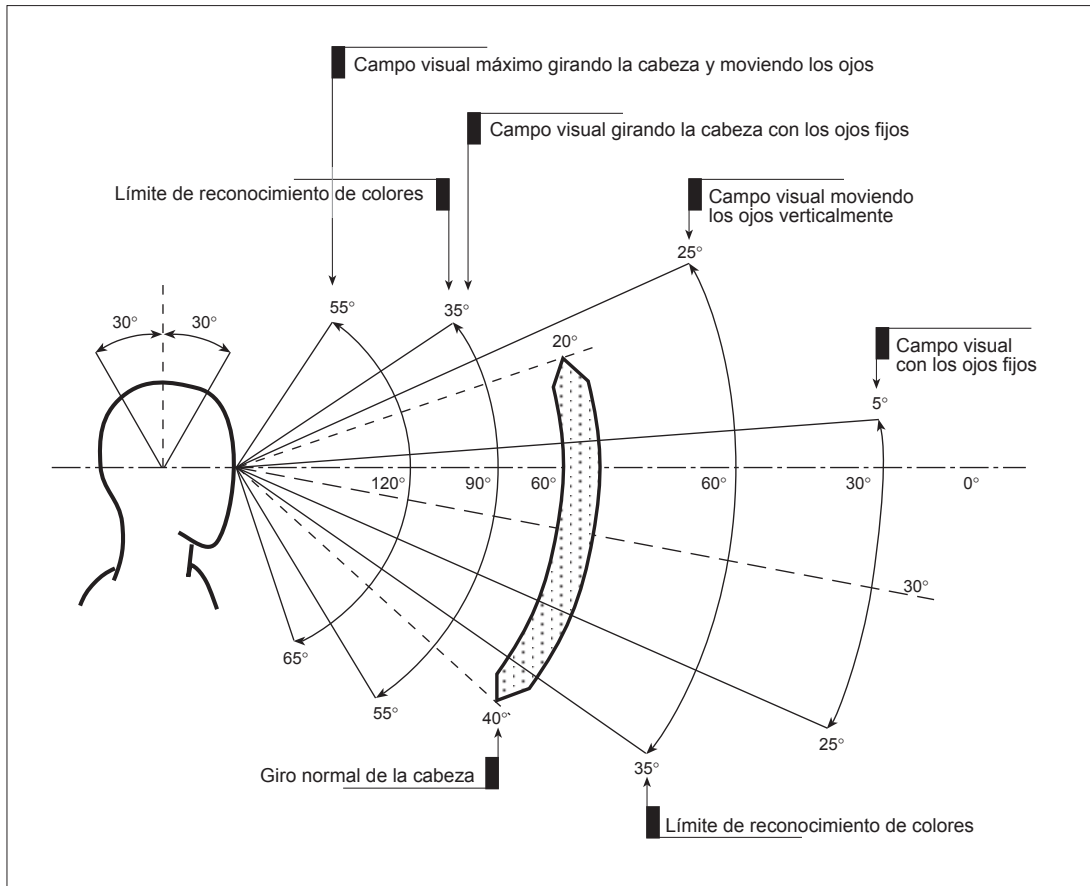


Fig. 4.7 Vista lateral del campo visual.

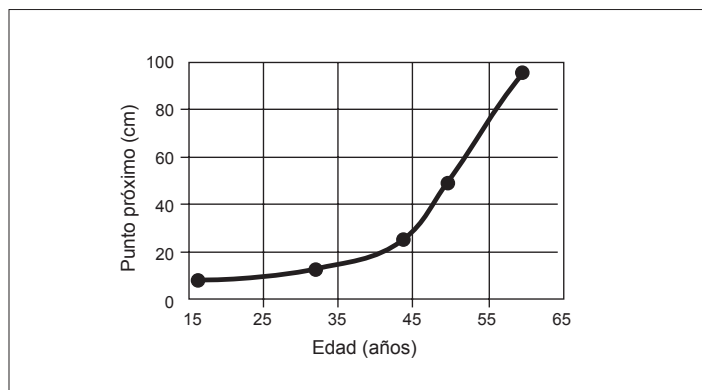


Fig. 4.8 Variación del punto próximo con la edad

La sensibilidad del ojo humano varía según la longitud de onda, tal como se muestra en este gráfico de la figura 4.9.

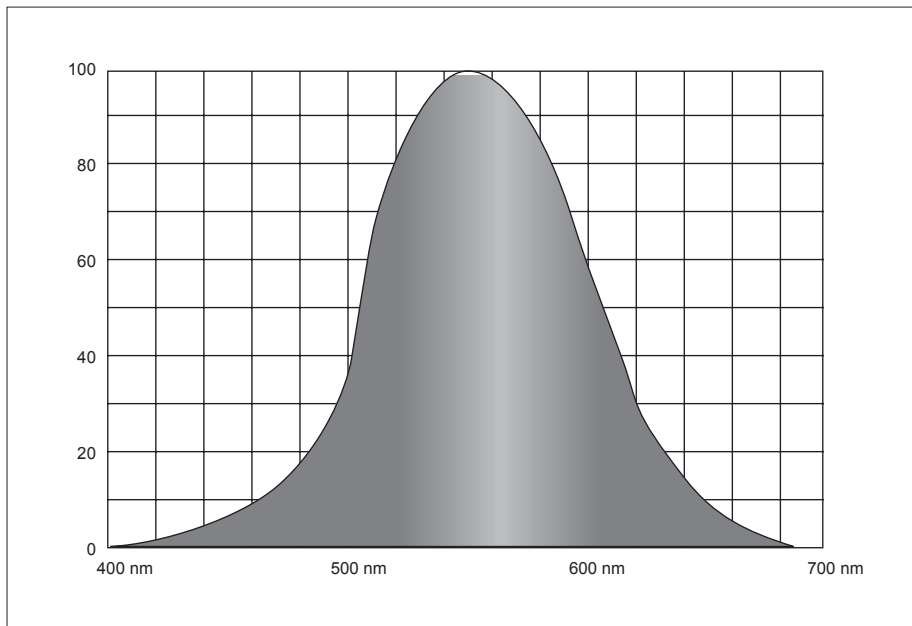


Fig. 4.9 Curva de sensibilidad del ojo

La máxima sensibilidad en un ambiente con buena iluminación se sitúa alrededor de los 555 nm correspondientes a un amarillo verdoso.

Adaptación al nivel de iluminación. El ojo se adapta a los distintos niveles de iluminación a través de dos mecanismos: la modificación del diámetro de la pupila, que permite variar la cantidad de luz que entra en el ojo, y la alteración de la sensibilidad a la luz de conos y bastones gracias a cambios químicos en sus pigmentos (yodopsina y rodopsina respectivamente).

El incremento de la sensibilidad de los conos, cuando disminuye la iluminación, es rápido, pero débil (máximo 70 veces), y a bajos niveles dejan de funcionar, mientras que los bastones, aunque más lentamente, logran multiplicarla por 25.000 veces y son capaces de funcionar a muy bajos niveles.

El mecanismo de adaptación mediante la variación del diámetro de la pupila se va perdiendo desde edades bien tempranas; en la figura 3.10 se puede observar este declive.

El tiempo requerido para el proceso de adaptación depende de las condiciones previas y de la magnitud del cambio. La adaptación a un nivel de iluminación superior es la más rápida, y ordinariamente se logra durante el primer minuto, mientras que la adaptación a la oscuridad avanza muy rápidamente durante los primeros treinta minutos y puede requerir una hora para ser completa.

La agudeza visual es el poder de resolución del ojo, es decir, la aptitud para percibir los detalles más pequeños de los objetos, la posibilidad de ver los puntos muy próximos y de apreciar los contornos y formas. Aumenta con el nivel de iluminación (más exactamente con la luminancia del objeto observado) y con el contraste.















EDAD (años)	DIÁMETRO Y ÁREA DE LA PUPILA		diferencia
	luz día	oscuridad	
20	 4,7 mm (17,4 mm ²)	 8,0 mm (50,3 mm ²)	3,3 mm (190%)
30	 4,3 mm (17,4 mm ²)	 7,0 mm (153,9 mm ²)	2,7 mm (165%)
40	 3,9 mm (17,4 mm ²)	 6,0 mm (113,1 mm ²)	2,1 mm (137%)
50	 3,5 mm (17,4 mm ²)	 5,0 mm (78,5 mm ²)	1,5 mm (104%)
60	 3,1 mm (17,4 mm ²)	 4,1 mm (52,8 mm ²)	1,0 mm (75%)
70	 2,7 mm (17,4 mm ²)	 3,2 mm (32,2 mm ²)	0,5 mm (41%)
80	 2,3 mm (17,4 mm ²)	 2,5 mm (19,6 mm ²)	0,2 mm (18%)

Fig. 4.10 Variación de la capacidad de adaptación de la pupila con la edad.

La velocidad de percepción es el tiempo transcurrido desde que un objeto entra dentro de nuestro campo visual hasta que es percibido por el cerebro. Al igual que la agudeza visual aumenta con el nivel de iluminación y con el contraste.

Es un parámetro importante en la lectura, dado que el ojo se desplaza a sacudidas, registrando una o dos palabras cada vez.

La sensibilidad a los contrastes es la capacidad de percibir las pequeñas diferencias de luminancia; es muy importante para la percepción de las formas, contornos y relieves.

La visión de profundidad es la aptitud visual de apreciar las distancias entre puntos situados en planos diferentes, lograda mediante estos tres mecanismos:

1. La comparación de las dimensiones de los objetos.
2. El paralelaje de movimientos. Moviendo los ojos, los objetos más cercanos se mueven más rápidamente que los alejados.

3. La visión binocular, obtenida gracias a la interpretación por parte del cerebro de las imágenes diferentes en ambos ojos.

Magnitudes y unidades lumínicas

Con el fin de comprender mejor todas aquellas recomendaciones relativas a la iluminación, se definen a continuación los principales términos empleados en luminotecnia.

El flujo luminoso (lumen) es la energía luminosa total emitida por una fuente por unidad de tiempo y dentro del espectro visible humano (380-760 nm). Su unidad de medida es el *lumen*, que es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie de un metro cuadrado dispuesta de forma que cada uno de sus puntos diste un metro de una fuente de luz teórica que emita uniformemente una candela en todas dimensiones (flujo luminoso emitido por una candela en un estereorradián).

La intensidad luminosa (candela) es el flujo luminoso emitido por una fuente en una determinada dirección por unidad de ángulo sólido. Su unidad de medida es la *candela*, que es la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente luminosa que emite una radiación monocromática de frecuencia $540 \cdot 10^{12}$ hercios y cuya intensidad energética en esta dirección es de 1/683 vatios por estereorradián.

Una vela corriente tiene una intensidad luminosa de, aproximadamente, una candela en la dirección horizontal.

El rendimiento fotométrico es el número de lúmenes que produce la lámpara dividido por el número de lúmenes que debiera producir si su espectro fuera monocromático a 550 nm, la frecuencia de máxima sensibilidad del ojo, o lo que es equivalente, por la potencia eléctrica consumida.

Rendimientos típicos de las lámparas:

Lámpara incandescencia:	10 lum/w
Lámpara halógena:	20 lum/w
Lámpara fluorescente:	80 lum/w
Fluorescente compacto	65 lum/w

El nivel de iluminación o iluminancia es la cantidad de flujo luminoso incidente sobre una superficie por unidad de área. Su unidad es el *lux* (lumen/m²).

Situación	LUX
Luz de las estrellas	0,002
Luz de la luna	0,24
Alumbrado calles	6 -18
Luz del día:	
Ventanas orientadas al norte	500-2000
A la sombra en exteriores	1.000-10.000
Directamente bajo a los rayos solares	50.000-100.000

Tabla 4.2 Niveles de iluminación

El ojo humano se adapta a una margen de luminancias que varía entre 2.000 y 10.000 lux durante el día, y entre 50 y 500 lux durante la noche y con luz artificial.

La luminancia o brillo fotométrico es la magnitud que mide el brillo de los objetos iluminados o fuentes de luz tal y como son observados por el ojo. Se trata en realidad de la verdadera medida de la sensación de iluminación de un objeto y se define como la cantidad de intensidad luminosa por unidad de área de superficie aparente de una fuente de luz o de un área iluminada. La unidad de medida es la cd/m² o cd/cm².

En la actualidad se sigue calculando iluminación y no luminancias, debido a la complejidad que ello implica. Ello no obsta para que admitamos que para conocer el nivel de confort visual obtenido por una instalación determinada sea necesario establecer los niveles de luminancia máximos admisibles, ya que los niveles de iluminación dan solo una idea de los resultados que aprecia el ojo humano.

Fuentes	Luminancia cd/cm ²
Sol	150.000
Cielo despejado	0,3-0,5
Cielo cubierto	0,03-0,1
Luna	0,25
Llama de vela	0,7
Filamento de lámpara incandescente	500-1.000
Lámpara de incandescencia clara	100-200
Lámpara de incandescencia mate	5-50
Lámpara incandescente opal	1-5
Lámpara fluorescente 40w/20	0,75
Elementos típicos de una oficina	Luminancia cd/cm ²
Ventana	0,1-0,4
Papel blanco sobre la mesa	0,007-0,008
Superficie de la mesa	0,004-0,006
Carcasa de PDV clara	0,007
Carcasa de PDV oscura	0,0004
Fondo de la pantalla	0,0005-0,0015

Tabla 4.3 Luminancia de algunas fuentes y elementos de oficina

El contraste es la medida de la diferencia entre los niveles de luminosidad entre dos porciones de nuestro campo visual, el objeto visionado y su fondo o zona contigua, definido como:

$$\text{Contraste} = \frac{\text{Luminancia}_{\text{OBJETO}} - \text{Luminancia}_{\text{FONDO}}}{\text{Luminancia}_{\text{FONDO}}}$$

A mayor contraste mejor será la percepción, y mayor será la rapidez para distinguir un objeto.

El índice de rendimiento en color o sensibilidad de color es el índice que califica la aptitud de una fuente luminosa para reproducir fielmente los colores de la superficie que se ilumina.

Cuando vemos los objetos, lo que realmente estamos viendo es la luz que éstos reflejan, de ahí que la luz con la que iluminamos un objeto sea fundamental para la correcta percepción del mismo. Consideramos como ideal la luz del sol, que es una "luz blanca" con todos los colores; si en la mezcla emitida por la fuente varían las proporciones de cada color, obtendremos una mala percepción del color de los objetos observados.

La temperatura del color (Kelvin: K) mide la capacidad de la luz para producir una sensación psicológica de calidez o frialdad. Su valor se define como la temperatura a la que un cuerpo negro emitirá una radiación luminosa que produzca la misma impresión de color en nuestro órgano visual que la lámpara considerada.

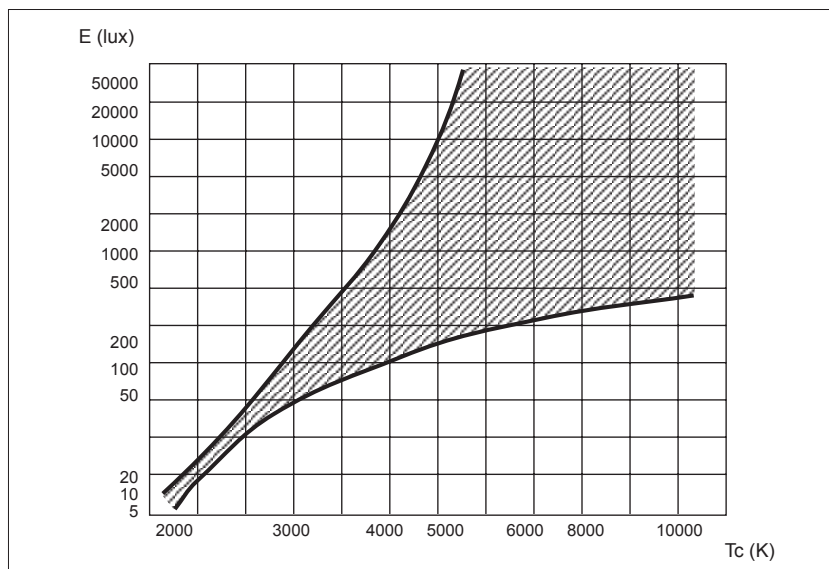


Fig. 4.11 Relación óptima entre temperatura de color y nivel de iluminación.

Fuente luminosa	Temperatura de color K
Cielo azul	10.000-30.000
Cielo nublado	7.000
Luz solar al mediodía	5.250
Lámparas fluorescentes:	
Luz del día	6.500
Blanca fría	4.500
Blanca	3.500
Blanca cálida	3.000
Lámpara incandescente:	
Luz de día' de 500 W	4.000
De servicio general	2.500-3.050
Lámpara fotográfica	3.400

Tabla 4.4 Valores aproximados de las temperaturas de color de diversas fuentes (a mayor temperatura de color más fría es la lámpara)

Sólo es aplicable a aquellas lámparas que tengan una gran semejanza de color con el cuerpo negro, como pueden ser lámparas de incandescencia y fluorescentes, pero no a las de mercurio, sodio y la mayor parte de las fuertemente coloreadas, que no coinciden con la del cuerpo negro a ninguna temperatura.

En la zona de confort existe una relación entre el nivel de iluminación y la temperatura de color.

La superficie aparente es la referida a una dirección, es la proyección de una superficie cualquiera sobre una superficie plana perpendicular a dicha dirección. Para una esfera, la superficie aparente en una dirección cualquiera es igual al área de su círculo máximo.

El nivel de iluminación en un local es la intensidad de iluminación medida en el plano de trabajo. Se entiende como plano de trabajo el plano horizontal que está a la altura promedio de todas las actividades que se realizan en el local.

Coefficiente de reflexión de una superficie es la relación entre el flujo luminoso incidente y el reflejado por la superficie.

Color	Factor de reflexión
Blanco	0,70-0,85
Azul claro	0,40-0,55
Azul oscuro	0,05-0,25
Verde claro	0,45-0,65
Verde oscuro	0,10-0,20
Crema, amarillo claro	0,65-0,70
Rosa	0,45-0,55
Rojo vivo	0,10-0,20
Gris claro	0,40-0,50
Gris oscuro	0,10-0,20

Tabla 4.5 Factores de reflexión de los colores más corrientes

El índice del local es el número que relaciona las dimensiones de un local en orden a su iluminación. Este índice indica la proporción de superficies absorbentes relacionadas con la superficie total del plano de trabajo.

El coeficiente de utilización es el coeficiente mayorativo en el cálculo de la iluminación que relaciona el flujo emitido por las lámparas con el flujo incidente sobre el plano de trabajo. Depende del rendimiento de la luminaria, del índice del local y de los coeficientes de reflexión medios de las superficies del local.

El coeficiente de conservación (depreciación) es el coeficiente mayorativo en el cálculo de la iluminación de un local. Corrige la pérdida de flujo luminoso incidente en el plano de trabajo debido al envejecimiento y acumulación de suciedad en los diferentes elementos del local como luminarias, techos, paredes, etc.

El diagrama polar de intensidad luminosa es el diagrama que indica la intensidad luminosa de una lámpara o armadura completa, según las diferentes direcciones de una sección vertical. Si la armadura

es de revolución, el diagrama completo lo es también, sirviendo entonces para saber la intensidad en una dirección cualquiera.

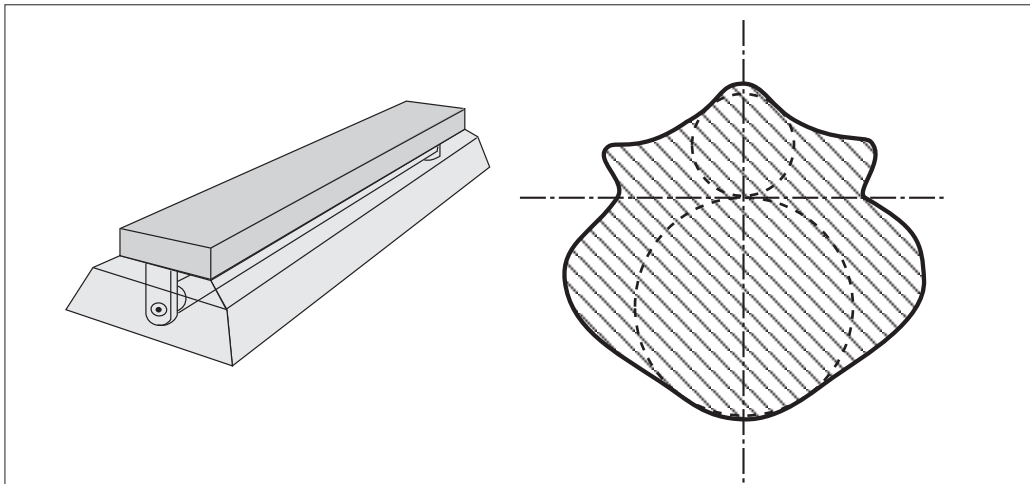


Fig. 4.12 Curvas Isolux

Factores de calidad en la iluminación de interiores

Un entorno visual adecuado no se asegura proporcionando la cantidad de luz adecuada, además debe ir acompañada de una serie de parámetros que aseguren su calidad; es este aspecto el que produce mayor número de problemas siendo el más difícil de resolver adecuadamente.

Entre los factores a considerar para obtener alumbrados de calidad en interiores cabe destacar los que se muestran en la siguiente figura.

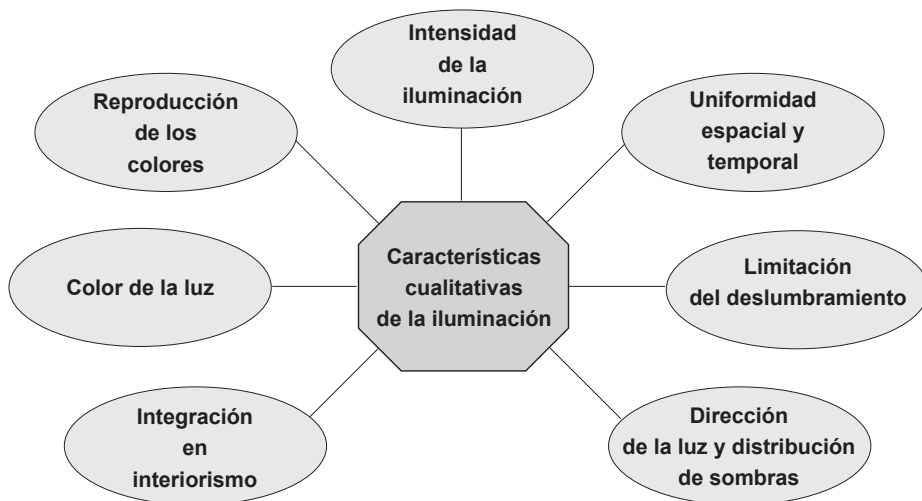


Fig. 4.13 Factores de calidad en la iluminación

Calidad de la luz

La cantidad adecuada de luz no asegura por sí sola una buena iluminación; además se requiere una calidad que generalmente es más difícil de conseguir.

Entre los factores que determinan la calidad de la iluminación cabe destacar los siguientes:

- El nivel de iluminación
- Equilibrios de luminancias
 - Entre partes de la tarea
 - Respecto al entorno
- Los contrastes
 - Relación de contrastes
 - Distribución de contrastes
 - Efectos de contraste de color
- Los reflejos y deslumbramientos
- La uniformidad temporal (debe evitarse el centelleo)

Nivel de iluminación (iluminancia)

El nivel de iluminación adecuado para cada tipo de tarea resulta ser un dato fundamental; no obstante, las recomendaciones recogidas por los diversos organismos y profesionales del área no son coincidentes, aunque sí lo suficientemente aproximados como para servir de orientación.

Esta discrepancia se debe a la dificultad de la evaluación objetiva de las características de cada tipo de trabajo y local, así como a los factores que afectan a la intensidad requerida, entre los que cabe destacar:

1. Detallismo y contraste de los distintos detalles de la tarea que se realiza
2. Distancia entre estos objetos y los ojos del observador
3. El grado de reflexión de los objetos observados, así como del ambiente que los rodea
4. Contraste entre los detalles y los fondos sobre los que destacan
 - a. Límites máximos para evitar los deslumbramientos y reflejos
 - b. Uniformidad requerida
 - c. Condicionantes económicos
 - d. Edad y diferencias individuales

Con la edad, nuestro sistema visual sufre una degeneración que hace necesario un aumento del nivel de iluminación para mantener el mismo rendimiento visual.

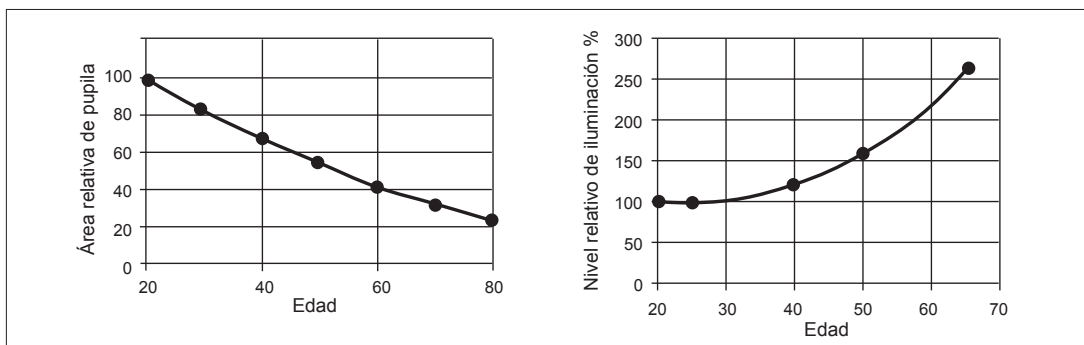


Fig. 4.14 Incremento del nivel de iluminación necesario con la edad

Intervalo	Iluminancia (Lux)	Clase de actividad
A Iluminación general en zonas poco frecuentadas o que tiene necesidades visuales sencillas	20	Zonas públicas con alrededores oscuros
	30	
	50	Únicamente como simple orientación en visitas de corta duración
	75	
	100	Lugares no destinados para trabajo continuo (zonas de almacenaje y entradas)
	150	Tareas con necesidades visuales limitadas (maquinaria pesada, salas de conferencias)
	200	
B Iluminación general para trabajo en interiores	500	Tareas con necesidad visual normal (maquinaria media, oficinas)
	750	
	1000	
	1.500	Tareas con necesidad visual especial (grabado, inspección textil)
	2.000	
C Iluminación adicional en tareas visuales exactas	3.000	Tareas prolongadas que requieren precisión (microelectrónica y relojería)
	5.000	
	7500	Tareas visuales excepcionalmente exactas (montaje microelectrónico)
	10.000	
	15.000	Tareas muy especiales (operaciones quirúrgicas)
	20.000	

Tabla 4.6 Niveles de iluminación recomendados para interiores por la CIE

El nivel de iluminación debe incrementarse en todas aquellas situaciones de trabajo en que la reflectancia de los elementos de trabajo sea baja (menor de 0,2), o donde los contrastes sean pequeños, de forma escalonada. También se debe tener en cuenta la edad de los trabajadores.

Las áreas adyacentes, con funciones diferentes, no deben tener iluminancias cuya proporción de variación exceda 5:1. Por ejemplo, el pasillo de un despacho de 750 lux debe tener por lo menos una iluminación de 150 lux.

Exigencia	Ejemplo de tarea
A Muy simples	Vigilancia de grandes espacios
B Simple	Circulación por vestíbulos
C Muy fácil	Almacenamiento sin clasificar
D Fácil	Lavado automóviles
E Normal	Reparación automóviles
F Difícil	Visualización pantallas normales
G Muy difícil	Visualización pantallas gráficas
H Complicada	Igualación de colores
I Muy complicada	Operaciones quirúrgicas

Tabla 4.7 Tipos de tareas visuales (UNE 72-112-85)

Estas exigencias son para personas de 20 a 30 años con visión normal; para personas con defectos visuales o mayor edad, la misma tarea tiene una exigencia superior.

Recomendaciones

La iluminación requerida depende tanto de la tarea como de la persona que la realiza. Desde el punto de vista de la tarea, hemos de definir las necesidades visuales en función del tamaño de los detalles a distinguir, su contraste, duración, otras tareas del entorno visual, etc. En cuanto a la persona, básicamente hemos de tener en cuenta su experiencia, sus posibles deficiencias visuales y la degeneración de la visión con la edad.

Deslumbramientos

Podemos definir al deslumbramiento como la presencia dentro del campo visual de brillos que producen molestias, interferencias en la visión o fatiga visual.

La identificación de su origen y el conocimiento de los factores que determinan su aparición nos permitirá actuar y reducirlo a niveles aceptables.

A continuación se citan los factores principales que intervienen en este fenómeno:

- *El brillo de la fuente de luz:* Cuanto mayor sea éste, mayor será la molestia; por ejemplo, la utilización de lámparas incandescentes que poseen un elevadísimo brillo suele resultar problemático
- *El tamaño de la fuente de luz:* Cuando hablamos de tamaño nos estamos refiriendo al ángulo subtendido por el ojo, de esta manera eliminamos el factor distancia (una gran superficie vista de lejos es más pequeña). Un área grande de bajo brillo puede ser tan molesta como otra pequeña de mayor brillo.
- *Posición de la fuente:* El deslumbramiento disminuye rápidamente a medida que la fuente se aleja de la línea de visión. Una misma luminaria suspendida en el campo de la visión produce un menor deslumbramiento a medida que se aleja de nuestra línea de visión normal.

A título de ejemplo se exponen a continuación los efectos del deslumbramiento sobre el rendimiento visual según Luckiest y Moss, provocados por una bombilla desnuda de 100 vatios.

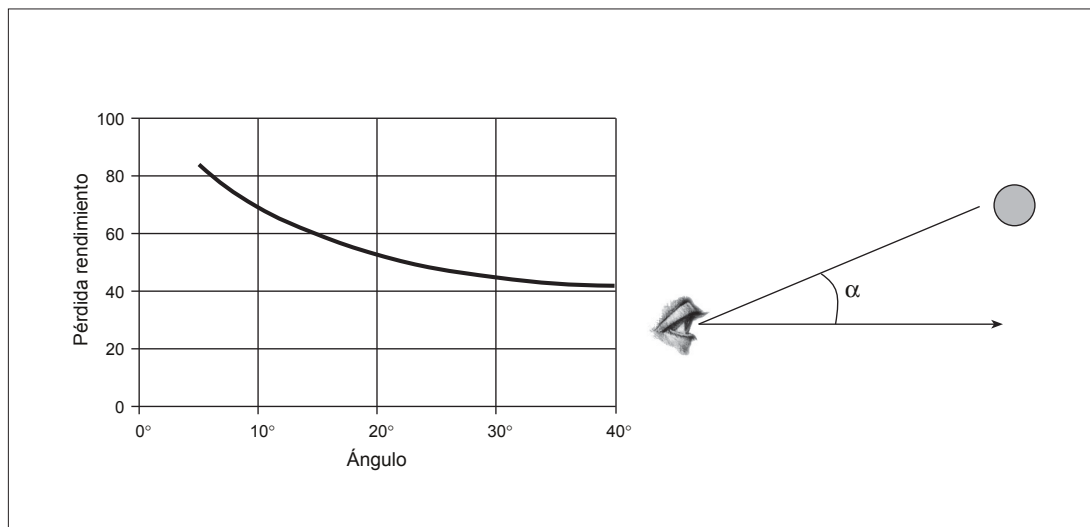


Fig. 4.15 Efectos del deslumbramiento sobre el rendimiento

- *Contraste de brillo*: Cuanto mayor sea el contraste de brillo entre una fuente que deslumbre y sus alrededores, mayor será el efecto del deslumbramiento.
- *Tiempo de exposición*: Como en casi todo, el período de exposición resulta determinante; así pues, una disposición de alumbrado que puede no ser molesta por un corto espacio de tiempo puede convertirse en altamente molesta y fatigosa para una persona que tuviera que trabajar en tales condiciones durante ocho horas diarias.

Control del deslumbramiento

El deslumbramiento se puede producir de forma directa desde los focos luminosos, luminarias y ventanas, o de forma indirecta por reflexión en otras superficies.

A continuación se indican toda una serie de técnicas y recomendaciones a fin de eliminar o reducir a valores aceptables este problema.

Deslumbramiento directo

Se produce cuando partes de una fuente lumínica, que por su naturaleza siempre es de alta luminancia, quedan visibles dentro de nuestro campo visual. La solución a este problema pasa por actuar sobre dicha fuente de manera que se produzcan uno o más de los efectos:

- Reducir el brillo de la fuente, y en general los contrastes con su entorno.
- Apantallarla para que no sea visible.
- Situarla en una posición más alejada de nuestra línea de visión.

El control del deslumbramiento directo requiere básicamente un control de la luminancia de los focos situados en ángulos por debajo de los 45°.

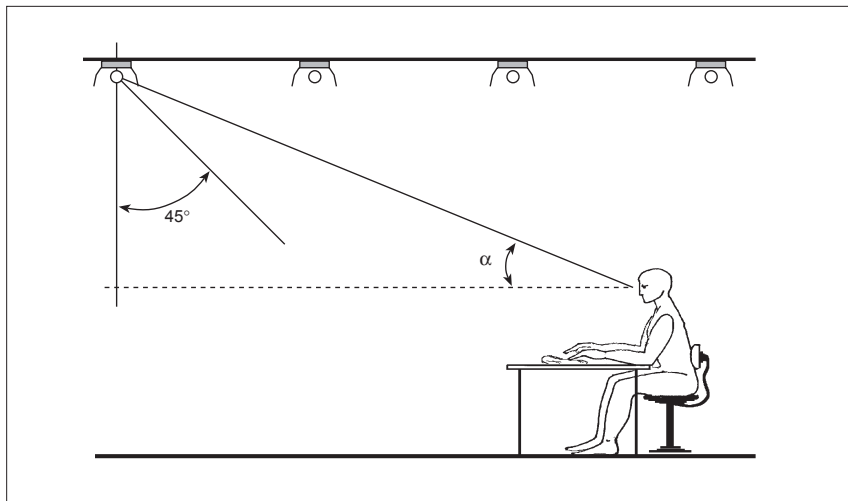


Fig. 4.16 Control del deslumbramiento

Para conseguir este objetivo podemos utilizar dos estrategias:

- Control con materiales translúcidos*: Consiste en controlar la luminancia visible rodeando las lámparas con un material difusor o prismático; la luminancia máxima permisible disminuye con el ángulo alfa, es decir, a medida que nos acercamos a la línea visual.

- b) *Control por apantallamiento:* Este método asegura que por debajo de un determinado ángulo alfa (ángulo de elevación de la fuente de deslumbramiento por encima de la horizontal de visión) la lámpara queda completamente oculta. Este mismo efecto puede lograrse escondiendo las luminarias detrás de vigas u otros elementos de la estructura de la construcción.

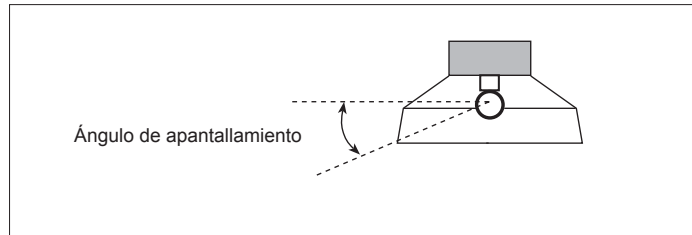


Fig. 4.17 Ángulo de apantallamiento de la luminaria

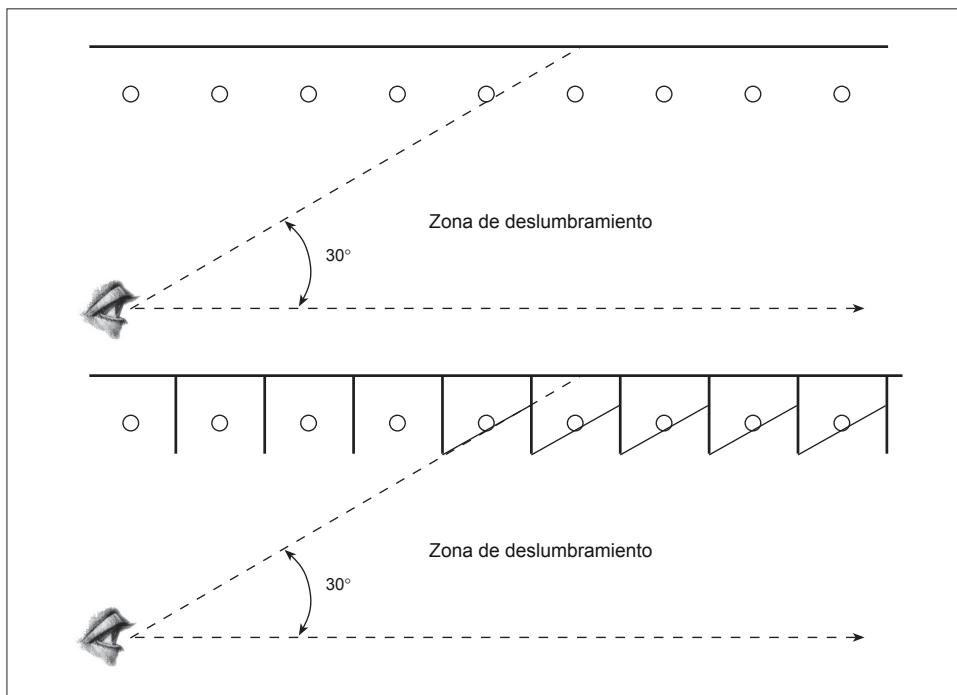


Fig. 4.18 Efecto del ángulo de apantallamiento al evitar el deslumbramiento.

La altura de montaje de las luminarias, las dimensiones del local, el grado de control de deslumbramiento que se desea y, en algunos casos, la orientación de las luminarias influyen notablemente en la selección de los límites apropiados para cada intervalo alfa.

Deslumbramiento indirecto o reflejado

El deslumbramiento indirecto o reflejado es producto de la reflexión sobre los ojos de la luz incidente sobre muebles metálicos, tableros pulimentados de las mesas, índices de celofán de los ficheros, o incluso sobre papel brillante.

Se considera como zona de deslumbramiento indirecto o reflejado la comprendida por ángulos de 30° a 90° .

Al igual que en el caso de deslumbramiento directo, tenemos varias vías de actuación:

- Reducir el factor de reflexión de las superficies reflectantes, para lo cual podemos utilizar acabados mates, cambiar los materiales y colores de muebles y superficies de trabajo.
- Situar las fuentes de luz, la superficie de trabajo y el trabajador, de tal manera que la luz reflejada no incida sobre los ojos.
- Actuar directamente sobre la fuente luminosa, tal como se indicó en el caso de deslumbramiento directo.

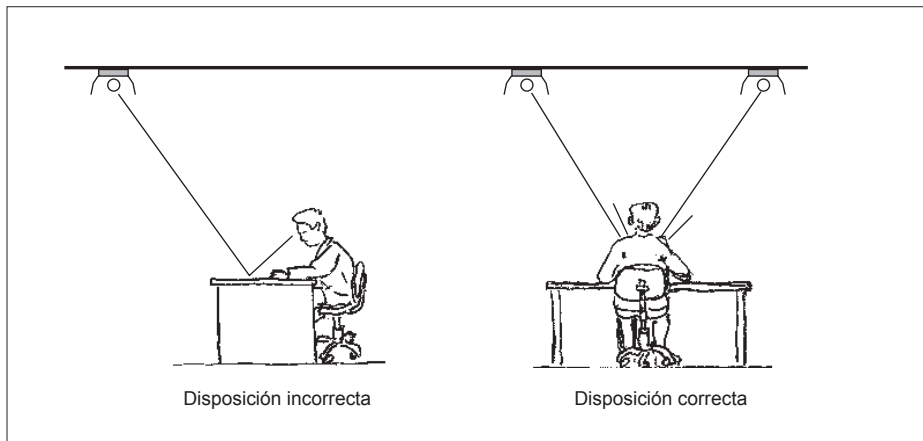


Fig. 4.19 Disposición de las luminarias respecto al puesto de trabajo a efectos de deslumbramiento producido.

Equilibrio de luminancias y contrastes

La excesiva relación de brillos en el campo de visión o contraste de brillos entre superficies adyacentes, incluso sin ser suficientes para producir deslumbramiento, puede ser altamente perjudicial para la calidad del ambiente luminoso.

Desde el punto de vista del usuario, la luminancia es el factor más importante; cuando cambiamos nuestra mirada entre los distintos elementos que conforman nuestro entorno, (documentos, mesa, ordenador, otras zonas de la sala, etc.) el ojo debe adaptarse a las nuevas luminancias, y cuanto mayor sea la diferencia entre las mismas mayor será la sobrecarga a la que esté sometido. Para que el ojo sea capaz de distinguir los detalles de las distintas tareas visuales con rapidez, exactitud y confortabilidad, las diferencias de luminancia dentro del campo visual deberán estar limitadas.

La luminancia en las inmediaciones de la tarea debe ser, dentro de lo posible, inferior a la de la propia tarea, pero sin llegar a relaciones inferiores a $1/3$ de ese valor.

En el resto del entorno se recomienda no superar una relación de luminancias superior a $1/10$ respecto a la de la tarea, aunque puede considerarse aceptable siempre que no se alcance $1/15$.

En el caso de las pantallas de visualización de datos tenemos:

Pantalla - Documento	3:1
Pantalla - Mesa	5:1
Pantalla - Entorno	15:1

Conseguir estas relaciones de luminancia cómodas requiere el estudio de las fuentes de luz y luminarias, características de reflexión de techos, paredes, suelos, muebles y la iluminación sobre ellos.

Los factores de reflexión deben encontrarse comprendidos entre:

Techos	70% - 95%
Paredes	30% - 80%
Muebles, equipos de oficina	25% - 50%
Suelos	20% - 40%

Los acabados no sólo deberán encontrarse entre los valores de reflectancia recomendados, sino que tendrán acabados mates para reducir las reflexiones especulares.

Fuentes luminosas

Lámparas de incandescencia

Se basan en la producción de luz mediante un hilo o filamento calentado al paso de una corriente eléctrica.

Propiedades:

- Rendimiento luminoso: Varía según la potencia entre 10 y 15 lum/watt, y es tal que para una misma potencia el rendimiento decrece al aumentar la tensión.
- Vida media aproximada de 1.000 horas.
- Rendimiento en color relativamente bueno, se aproxima al 100%.
- Funciona con corriente alterna o continua.
- Seguridad y rapidez de encendido.
- Sencillez de montaje y economía en primera instalación.
- Proporciona una luz acogedora.
- Emite mucho calor por vatio consumido.
- Si la ampolla es transparente, posee un elevado brillo que provoca deslumbramiento directo o reflejado.
- Según el tipo de lámpara, poca resistencia al choque y vibraciones.
- Potencias comprendidas entre 15 y 15.000 vatios.

Aplicaciones:

- Iluminación doméstica y decorativa
- Alguna aplicación con iluminación artificial
- En iluminaciones concentradas
- En espacios pequeños y limitados
- Alumbrado de máquinas, señalización de cuadros de distribución, etc.

Tabla 4.8 Características de las lámparas incandescentes

Lámparas halógenas

Son de incandescencia como las anteriores, pero con la particularidad de que se les ha añadido un halógeno; esto les confiere algunas particularidades respecto a las lámparas de incandescencia tradicionales:

- Rendimiento luminoso: 20 lum/wat
- Vida media aproximada de 2000 horas
- Potencias comprendidas entre 50 y 2.000 vatios
- Coste elevado
- Son muy delicadas con la temperatura, se funden si la luminaria no está bien diseñada para permitir evacuar el calor.

Lámparas de descarga

La producción de luz se produce por el paso de una corriente eléctrica a través de un vapor o un gas; son las colisiones entre los electrones y los átomos del gas las responsables de las emisiones de energía luminosa.

Existen diversos tipos de lámparas de descarga, básicamente vapor de sodio, vapor de mercurio y fluorescentes; las únicas utilizadas para la iluminación de oficinas son las fluorescentes, que son una variante de las de vapor de mercurio.

Lámparas fluorescentes

Propiedades:

- Rendimiento luminoso: 60 - 85 lum/watt
- Vida media: 7.500 horas, si está muy afectada por las variaciones de tensión en la red y el número de encendidos
- Índice de rendimiento en color: de buena a muy buena
- Arranque rápido: Desde varios segundos a instantáneo
- Sobretensión de arranque: 1,6 -1,8 veces
- Funciona en todas posiciones
- No suele fabricarse en potencias superiores a 250 watt
- Costo inicial superior al de incandescencia
- Poco eficaz para áreas altas y estrechas
- Proporciona el brillo más bajo (baja luminancia)
- Son muy afectadas por la temperatura, óptima 38-48 °C

Aplicaciones:

- Oficinas y talleres de no mucha altura
- Cuando es necesaria una fuente luminosa alargada
- Para mejorar el rendimiento de los colores.

Tabla 4.9 Características de las lámparas fluorescentes

Dado que funcionan bajo una corriente alterna de 50 Hz, los tubos fluorescentes producen fluctuaciones de luz a una frecuencia de 100 Hz. Esta frecuencia se encuentra por encima de frecuencia crítica de fusión del ojo humano; a pesar de ello, los fluorescentes viejos o defectuosos pueden presentar unas oscilaciones molestas que también pueden detectarse como efecto estroboscópico sobre los objetos en movimiento.

El centelleo resulta muy molesto para vista, siendo una causa de fatiga visual.

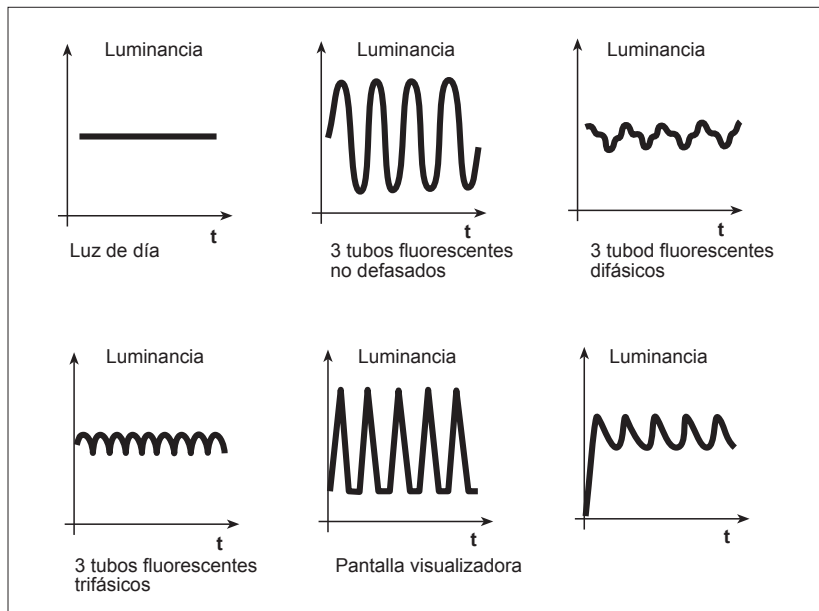


Fig. 4.20 Oscilaciones de luminancia de un tubo fluorescente

Tipo de lámpara	Flujo luminoso (lúmenes)
Vela de cera	10
Bicicleta	18
Incandescencia 40 W	470
Incandescencia 60 W	780
Incandescencia 100 W	1500
Fluorescente TLD 18W	1450
Fluorescente TLD 36W	3450
Fluorescente TLD 58W	5400

Tabla 4.10 Flujo luminoso y rendimiento de algunas lámparas

Tipo de lámpara	Rend. lum/w
Incandescencia estándar	12 - 15
Fluorescente	80 - 90

Tabla 4.11 Rendimiento luminoso de las lámparas

Fuentes luminosas más utilizadas en oficinas

Actualmente las lámparas más utilizadas para la iluminación de oficinas son los tubos fluorescentes de diámetro 26 mm, del tipo TLD, de potencia 36 o 58 W, en tres colores diferentes:

- Color 83 (croma sol, temperatura de color 3000K), hasta un nivel de iluminación de 500 lux.
- Color 84 (croma brillante, temperatura de color 4000K) de 500 a 1000 lux.
- Color 86 (croma día, temperatura de color 6500K), por encima de 1000 lux.

Todos estos tubos fluorescentes poseen un índice de resultado de colores (IRC) de 85.

La aplicación de los colores en áreas de trabajo

En la actualidad la selección de los colores aplicados en los locales de oficinas se realiza atendiendo a criterios puramente estéticos. El objetivo de este capítulo es mostrar que la elección de los colores tiene también otro tipo de implicaciones cuyo conocimiento y comprensión nos permitirá mejorar el ambiente de trabajo.

A pesar de que nuestros conocimientos sobre el color distan mucho de ser una ciencia exacta, es ampliamente conocido y aceptado que el color ejerce una influencia significativa sobre las personas y su percepción del ambiente que les rodea. Podemos afirmar que el color se constituye simultáneamente como un factor funcional y estético al que la gente responde consciente o inconscientemente.

El conocimiento de la interacción existente entre el color, la iluminación y el comportamiento humano, nos permitirá, siempre que seamos capaces de encauzarlo y dirigirlo, crear un ambiente que incida de forma favorable sobre la satisfacción y eficacia en el trabajo de los empleados, y en definitiva en la productividad laboral.

A título de ejemplo se exponen a continuación los resultados obtenidos en un experimento realizado en una oficina norteamericana, consistente en cambiar el color blanco original por otros colores:

- Amarillo: se registró una mayor actividad y eficacia personal.
- Verde: disminuyó la actividad, pero se comprobó que los asuntos se resolvían más directamente, con menos preguntas y consultas al jefe.
- Azul: bajó aún más la actividad y hubo algunas quejas indicando que el local estaba frío.
- Violeta: se produjo apatía y depresión en el personal.
- Naranja: alta actividad y algún empleado señaló que sentía calor.
- Rojo: en el intervalo de las tres primeras semanas se produjeron dos discusiones entre empleados que normalmente se llevaban bastante bien.

Estos hechos y otros más, no siempre comprobables científicamente, señalan la influencia de los colores en la vida psíquica de las personas.

En conclusión, se puede afirmar que todos estos posibles efectos, objetivos y subjetivos, señalan que el empleo de colores bien elegidos es mejor que la ausencia de colores, pero también que su empleo inadecuado es peor que la monotonía o la utilización de un color discreto.

Uso funcional de los colores

Hablamos de un color funcional cuando es un color útil y eficaz que ha sido empleado con un objetivo claro y definido.

En general podemos distinguir cuatro tipos de objetivos fundamentales en la utilización de los colores:

- a) Señalizar con precisión y claridad, en especial lo relativos a seguridad.
- b) Crear un ambiente de confort visual, eligiendo colores más bien claros, y de confort psicológico, eligiendo colores más bien alegres.
- c) Lograr un incremento del rendimiento, a consecuencia de haber reducido el malestar y la fatiga.
- d) Decorar estéticamente los locales.

Ejemplos de utilización funcional de los colores:

- claro para aumentar la claridad de un lugar sombrío
- oscuro para apesantar la impresión de un edificio
- azul para ambientar psicológicamente de frescor
- verde para favorecer la concentración intelectual
- rosa suave, para animar a un enfermo

La selección de los colores funcionales a aplicar para conseguir nuestros objetivos deben tener en cuenta una serie factores adicionales como son:

- *La iluminación:* El tipo de iluminación afecta a la apariencia del color y, recíprocamente, el color de las superficies puede afectar claramente sobre la calidad del sistema de iluminación.
- *El emplazamiento:* El color debe crear una impresión que complemente la actividad desarrollada en un área determinada. El color funcional debe estar en armonía con el entorno
- *La seguridad:* La capacidad de los colores para captar la atención sobre ciertos detalles debe ser utilizada como un sistema de señalización de riesgos. En este sentido existen normas sobre códigos de colores de seguridad.

Indicarán, por ejemplo:

- los dispositivos que requieren ser utilizados con urgencia (contraincendios)
- las características de la corriente eléctrica
- la naturaleza de los gases o fluidos que circulan por las conducciones.

Colores aplicados a la seguridad industrial:

- El rojo, que al indicar la inminencia de accidente implica la prescripción imperativa de prohibido y reclama la obediencia sin discusión.
- El naranja, que implica una seria advertencia de peligro, porque el accidente es probable.
- El verde, que indica la situación de seguridad.

Para destacar más el color de seguridad, se puede combinar con franjas y formas geométricas de otros colores.

Recomendaciones generales

- Utilizar, en general, un color discreto en superficies extensas, dado que un color vivo solicita unilateralmente la vista.
- Equilibrar los contrastes de colores.
- Equilibrar la luminancia de los focos de luz con la reflectancia de los colores, puesto que la misma luminancia provoca distinto brillo de los colores, según sea su reflectancia.
- Utilizar sistemas de colores para identificar y unir zonas de trabajo, que de otra manera perderían su unidad en un conjunto en el que se agrupan varias actividades de producción.
- En los locales de oficinas se aconsejan los colores amarillo, verde, beige, así como sus combinaciones.
- En los locales de reuniones que requieran seriedad y calma, colores combinados de verde con beige o crema.

- Emplear colores de alta reflectancia (capacidad de reflexión) en escaleras y colores acentuados en barandillas y puertas para definir puntos de orientación.
- Emplear colores fuertes y brillantes en zonas de registro de entrada, vestuarios y cafetería. Esto puede proporcionar un ambiente alegre al comienzo y final del día de trabajo en zonas no productivas.
- Usar colores con elevada reflectancia en almacenes, donde frecuentemente la iluminación directa es algo pobre. La codificación mediante colores facilita igualmente la localización de los materiales.
- El color en zonas de producción enfoca la atención en la tarea suministrando contraste y aumento de visibilidad.
- Utilizar espacios de colores cálidos moderadamente para evitar confusión y ansiedad.

Cualidades de los colores

A fin de facilitar el uso adecuado de los colores en cada situación, se indican a continuación una serie de características que, aún siendo discutibles, son compartidas por un gran número de los expertos en la materia, así como usos concretos de cada color.

a) Colores cálidos: rojo, naranja, amarillo

Atraen la atención, excitan, promueven alegría, estimulan la acción. Pueden utilizarse en áreas no productivas, incluyendo entradas, pasillos, comedores, espacios de descanso, vestuarios, etc. Parecen más cercanos, las salas se ven más pequeñas

El rojo es un color excitante y fuerte, símbolo de movimiento y acción, y sugiere tragedia, pasión, violencia y arrebató. En sus matices oscuros indica bajeza y pesadilla, y en los claros sugiere juventud y fuerza. Para Muscher, el rojo produce una sensación de energía, tiende a centrar su atención y aumenta la acometividad.

El naranja es sensual e incitante, sugiriendo juventud, dinamismo y confianza. Sus matices claros expresan vitalidad y lozanía, y los oscuros fealdad, pobreza y tristeza.

El amarillo es un color opulento, símbolo de riqueza y de luz; indica alegría, plenitud, fuerza y vigor. Sus matices claros representan envidia, la enfermedad y la muerte, y sus matices oscuros la miseria y las bajas pasiones.

b) Colores fríos: Azul, turquesa, verde

Fríos, relajantes, tranquilizadores, impulsan la concentración. Se pueden usar en zonas de producción, talleres de mantenimiento, salas de calderas, etc. Parecen más lejanos, las salas se ven más amplias.

El verde es el color de la esperanza y de la vitalidad, y simboliza la vegetación. Los verdes con tendencia al amarillo son ricos y representativos de tranquilidad y felicidad. Sus matices claros sugieren ingenuidad, inocencia y alegría, y sus matices oscuros, plenitud y equilibrio.

El azul sugiere paz, tranquilidad y reposo. Es el color de la intelectualidad y de la espiritualidad, y tiene un efecto reposado, tranquilo y sedante. Los matices claros sugieren pureza, ingenuidad y buena fe; los oscuros, por el contrario, tenebrosidad y misterio.

El violeta es un color muy femenino, sutil, enigmático, simbólico, que expresa el escepticismo y la nostalgia en sus matices claros, y el misterio y la tristeza en todos sus matices oscuros.

c) Colores ligeros: Claros, blanquecinos, pastel

Hacen los objetos más ligeros, las zonas parecen más espaciosas. Frecuentemente levantan la moral. Reflejan más luz que los tonos oscuros. Sirven para la mayor parte de las zonas de producción, especialmente en locales pequeños y almacenes. También en espacios mal iluminados.

d) Colores oscuros: tonos grises, negro

Los objetos parecen más pesados, absorben luz. El espacio parece más pequeño y el entorno más estrecho. Una larga exposición crea monotonía y depresión. No recomendado para amplios espacios por sus características de absorción de luz. Su uso se limitaría a zonas pequeñas donde sería necesario el contraste.

e) Colores brillantes: Amarillo, amarillo verdoso

Cuanto más puros más atraen la mirada. Aumentan el tamaño de los objetos y excitan. Completan los colores básicos de las paredes. Propio de objetos pequeños como puertas, columnas, gráficos, relojes registradores, ficheros, tabloneros de anuncio, cajas de transporte, adornos, etc.

f) Blanco

Color puro, denota limpieza, refleja más luz que cualquier otro color. Aplicable en todos los techos y estructuras elevadas y en habitaciones donde se necesita una máxima reflexión de la luz. Pueden utilizarse también en pequeños objetos para obtener un gran contraste.

Factores de modificación del color aparente

Las sensaciones subjetivas percibidas en los colores interaccionan entre sí, dependiendo de los colores de las otras superficies circundantes. Así bajo las mismas condiciones de iluminación y contemplación, una misma prueba de color puede mostrar diversos resultados en función de los colores limítrofes que la rodean.

Algunos factores de modificación del color aparente son:

- Al juxtaponer un color cálido sobre otro frío, ambos se avivarán.
- Dos colores cálidos contrapuestos se enfrían mutuamente.
- Dos colores fríos juxtapuestos incrementan su frialdad.
- Cualquier color adosado al blanco realza su tonalidad.
- Cualquier color adosado al negro rebaja su tonalidad.
- Juxtaponer un color al gris lo vuelve más brillante.
- Colocar un color oscuro sobre uno claro activa la tonalidad oscura y mitiga la clara.

Preferencias cromáticas y tipos de personalidad

El color está cargado de alusiones psicológicas y morales, razón por la que las teorías de preferencias de colores son dudosas y cambian con los tiempos y culturas.

Relación entre los diferentes tipos de personalidad y las preferencias cromáticas:

- El color blanco es preferido por los extrovertidos, sinceros, confiados e ingenuos.
- El color rojo es preferido por los extrovertidos, impulsivos, enérgicos y exaltados.
- El color naranja es preferido por los extrovertidos, alegres, generosos y optimistas.
- El color verde es preferido por los extrovertidos, sociales, tolerantes y crédulos.
- El color amarillo es preferido por los introvertidos, idealistas, intolerantes y egoístas.

- El color azul es preferido por los introvertidos, tímidos, cultos y exigentes.
- El color violeta es preferido por los introvertidos, reservados, lógicos y aristocráticos.
- El color negro es preferido por los introvertidos, sofisticados, audaces y constantes.

En realidad todas estas relaciones psicológicas no siempre ni en todas partes son las mismas. El significado del color será producto de una cultura y de una época.

Causas físicas de la influencia psíquica o subjetiva de los colores

Parece ser que la influencia psíquica de los colores tiene, por lo menos en parte, causa físicas.

Se ha observado que la tensión de los músculos varía mucho según el individuo esté sometido a luz roja o azul; lo mismo sucede con la velocidad de reacción un 12% más rápida bajo la influencia de la luz roja que de la verde. Según Gerard, en apariencia la luz roja provoca una subida de la tensión sanguínea, de la frecuencia respiratoria y de la frecuencia de pestañeo, mientras que la luz azul reduce la actividad. Llegando a la conclusión que los colores diferentes evocan emociones y provocan grados de actividad diferentes, y que la actividad crece en presencia de incrementos en la longitud de onda y en la intensidad de la luz.

A continuación se relatan las relaciones existentes entre estos cambios físicos y las cualidades subjetivas asociadas a los colores.

a) Cualidad térmica

Los estudios realizados por Bennet y Rey concluyen que el color produce un efecto estrictamente intelectual, la creencia de que un color es más caliente o más frío no afecta a la comodidad térmica real, pese a que un ambiente con frecuencias claras dominantes hacia el extremo rojo de espectro se siente más cálido, mientras que otro con frecuencias azules dominantes se siente más fresco.

Birren constató que los tonos luminosos y cálidos excitan el sistema nervioso, elevando la presión sanguínea y el pulso, y dan la sensación de que la temperatura aumenta, mientras que los colores fríos y oscuros hacen descender la presión sanguínea y el pulso, experimentándose un descenso subjetivo de la temperatura.

Ittem experimentó en recintos de trabajo pintados de azul verdoso y rojo anaranjado que la sensación de frío o calor se diferenciaba entre 3 y 4 °C, aun cuando en ambos casos la temperatura se mantuvo por debajo de los 15 °C.

b) Cualidad cinética

Según Dreyfuss, el rojo y el naranja dan la impresión de avanzar porque sus rayos penetran en el ojo y afectan al cristalino, produciendo presbicia. El verde y azul producen un efecto de miopía, por lo que estos colores tienden a alejarse. Amarillo y violeta son neutros a este efecto, ni avanzan ni retroceden.

En consecuencia, si diferentes superficies de color están a la misma distancia de los ojos, como ocurre en un plano gráfico bidimensional, es necesario el ajuste muscular para enfocar sucesivamente cada una de ellas, ajuste que se registra como sensaciones diferentes y se interpreta considerando situados los respectivos colores en distintos planos espaciales.

Según Birren, el hecho de que los matices cálidos ejerzan atracción, mientras que los matices frescos producen retracción, determina que bajo la influencia de los primeros el tiempo parezca más corto y las horas pasen rápidamente; por el contrario, con los segundos se tiene la impresión de que el tiempo

pasa más lentamente. De aquí que, por ejemplo, en un local donde se ha de realizar un trabajo monótono y con repetición prolongada de los movimientos, sea recomendable el uso de matices cálidos que hagan subestimar el tiempo y contrarresten el aburrimiento.

d) Calidad percutora

Los diferentes colores tienen un poder de impacto visual distinto, de ahí que varíe nuestra apreciación del tamaño en función del color.

El ojo no enfoca por igual todos los colores, mientras los colores cálidos se proyectan tras la retina obligando al cristalino a aumentar su convexidad, por lo que dan sensación de mayor extensión; los colores fríos, por el contrario, son enfocados delante de la retina haciendo que el cristalino aumente su concavidad, por lo cual la superficie parece más pequeña.

El color que produce la sensación de mayor aumento de tamaño aparente es el rojo, seguido por el blanco. En el sentido opuesto, negro, azul y verde, por orden decreciente, producen la mayor sensación de reducción del tamaño aparente.

Los colores cálidos y los tonos claros se consideran como alegres, estimulantes y hasta excitantes; mientras que, por el contrario, los colores fríos y los tonos oscuros resultan tranquilos, sedantes e incluso deprimentes en algunos casos.

Directrices para una buena iluminación

La buena luz es necesaria para crear unas condiciones visuales óptimas. Cuando se diseña una instalación de iluminación, hay una serie de factores que se han de tener en consideración, y que interactúan y determinan la calidad del sistema.

Aquí listaremos esta serie de factores. Es una fuente útil de información a la hora de diseñar soluciones de iluminación donde se encuentren los principales factores que el usuario encuentra necesarios para disfrutar de unas condiciones confortables de trabajo.

Nivel de iluminación adecuado

La actividad del ojo humano depende en gran medida del nivel de iluminación en su campo visual. A medida que éste crece, la motivación y sobre todo el rendimiento aumenta, mientras que la tendencia a cometer errores disminuye notablemente.

Nivel de iluminación o iluminancia (E)

Unidad: lux (lx)

El nivel de iluminación es la medición de flujo luminoso que llega a una superficie, es el cociente entre lúmenes y área; por ejemplo, un flujo luminoso de 1000 lúmenes distribuidos uniformemente sobre una superficie de 5 m² da un nivel de iluminación de 200 lux.

La actividad del ojo humano es altamente dependiente del nivel de iluminancia en el interior de su campo de visión. En general el rendimiento y la motivación mejoran al incrementar la iluminancia, mientras que la frecuencia al cometer errores desciende.

El caso individual del nivel de iluminación requerido dependerá de la tarea que se vaya a desarrollar y la precisión que se solicite. La iluminación adecuada en el puesto de trabajo dependerá de la elección

de luminarias y lámparas, del cálculo correcto de esas luminarias necesarias, de la instalación, y de una eficiente configuración. Los niveles de iluminación requeridos están definidos en las normativas pertinentes.

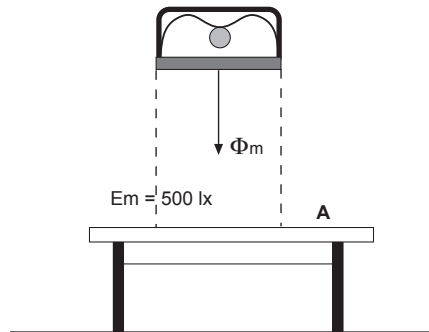


Fig. 4.21

La iluminancia está siempre cuantificada de un modo relativo a la posición del plano que se quiera iluminar. La iluminación horizontal es la expresión del nivel de iluminación sobre un plano de trabajo horizontal, mientras que la iluminación vertical hará referencia a un plano vertical. Existen casos particulares de planos en ángulo, como por ejemplo un plano de dibujo con un ángulo de 70°.

La iluminancia cilíndrica es el valor medio de iluminancia vertical incidente de todas direcciones sobre un punto (en un eje vertical).

Una comparación entre el nivel de iluminación horizontal y cilíndrica proporciona una interesante evaluación sobre la relación entre la luz difusa y la luz directa. Unas buenas condiciones de sombreado, importantes para la visión tridimensional y la orientación, son el producto de un razonable equilibrio entre estas dos formas de iluminancia (entre el 30% y el 70%). La luz directa sola crea severas sombras, mientras que la luz difusa genera un efecto monótono sin apenas sombras (contraste).

Esta es una lista de valores típicos de iluminancia en nuestra vida cotidiana:

Nivel de iluminación horizontal de exteriores

Tipo de Iluminación			
Día de verano soleado	60.000	a	100.000 lx
Día gris verano	3.000	a	20.000 lx
Día gris invierno	0,25	a	3.000 lx
Noche luna llena	0,01	a	0,25 lx
Estrella	0	a	0,01 lx

Nivel de iluminación típico de interiores

Tipo de Iluminación			
Oficina	500	a	1.500 lx
Planta industrial	100	a	500 lx
Sala de estar	100	a	300 lx
Sótano / Bodega	30	a	100 lx

Ambiente luminoso

Ambiente luminoso es el término que se emplea para la iluminación uniforme (uniformidad) del diseño de un interior, con el fin de crear condiciones homogéneas de visión en todo el interior. Generalmente se consigue con una configuración regular de luminarias.

Para muchas aplicaciones, el nivel requerido de iluminancia está definido en las normativas relativas al plano de trabajo.

Distribución acorde de la luminancia

Una distribución equilibrada de la luminancia sobre diferentes superficies hace que un interior sea visualmente interesante. Sin embargo, un contraste inadecuado o descomedido provoca estrés visual y fatiga.

Contraste

Es a través de la percepción de contrastes que el ser humano puede ver el mundo que le rodea. La discriminación entre objetos y superficies es mayor a medida que el contraste aumenta. Si el contraste es débil, la iluminancia ha de aumentarse para asegurar una buena visión.

El contraste (C) es la medida de claridad del objeto situado en relación a su fondo y alrededor. El contraste puede ser calculado a partir de la luminancia del objeto iluminado y la luminancia del fondo:

$$C = (LH - LD) / LH$$

LH: Luminancia del fondo

LD: Luminancia del objeto

- Un contraste equilibrado es necesario para conseguir una interesante y estimulante distribución del brillo, que tiene una gran influencia sobre la impresión que se obtiene de un interior. La relación entre el foco emisor y su entorno inmediato no debe exceder 3:1, con un máximo de 10:1 para el fondo general. Contrastes extremos provocan una áspera impresión y es agotadora, ya que entonces el ojo humano debe ir adaptándose a diferentes niveles de brillo. Por otro lado, la falta de contraste también es insatisfactoria, creando una débil y plana impresión que también es agotadora.
- La pérdida de contraste a consecuencia del reflejo puede ser cuantificado con la ayuda del Factor de Definición de Contraste (Contrast Rendering Factor [CRF]).

Luminancia

Unidad: candela/metro cuadrado (cd/m²)

La luminancia es un parámetro básico de luz radiante o reflejada percibida por el ojo humano. Es una medida de la impresión del brillo de una superficie y se define fotométricamente como el ratio de intensidad luminosa por unidad de área.

La luminancia se determina por el nivel de iluminación de una superficie, la reflectancia de la superficie luminosa, y la dirección de la luz reflejada. El ángulo de visión determina el tamaño del área luminosa visible.

La distribución de la luminancia entre varias superficies en un interior iluminado es un importante criterio para la calidad de la experiencia visual. Una equilibrada y armónica distribución del brillo hace que una habitación sea mucho más placentera y visualmente interesante.

Típicos ejemplos de luminancia:

El sol (dependiendo de su posición)	600.000	1.600.000.000 cd/m ²
Pequeña lámpara incandescente	20.000	50.000 cd/m ²
Lámpara fluorescente compacta	9.000	25.000 cd/m ²
Lámpara fluorescente	4.000	17.000 cd/m ²
Inmediata superficie de trabajo	100	200 cd/m ²
Caracteres de una PVD	20	200 cd/m ²
General interior	10	100 cd/m ²

Brillo

A pesar de que el brillo radiante de un objeto depende principalmente de su luminancia, ésta no puede ser tratada como la medida absoluta para la percepción del brillo. Dando diferentes niveles de brillo del alrededor, superficies de idéntica luminancia pueden ser percibidas con diferentes evaluaciones subjetivas de brillo. La luminancia es un valor físico cuantificable, mientras que el brillo es una expresión de una respuesta subjetiva. Para la visión fotópica (observación en luz clara), el brillo es casi proporcional al logaritmo de la luminancia.

Uniformidad

Para evitar problemas de fatiga y generar un sentimiento de bienestar en un interior es importante crear una distribución de la luminancia lo más uniforme posible. Esto implica una cierta uniformidad de iluminación en el plano de trabajo, expresado como el ratio de nivel de iluminación media y mínima. Para ambientes de interior este ratio debería ser de 1:1.25 (DIN 5035, Part 1).

Control adecuado del deslumbramiento

El reflejo en el interior es una causa poco frecuente de un descenso importante del rendimiento, pero es muy molesto, irritante, y puede causar fatiga y estrés visual.

Deslumbramiento

Reflejo es la palabra dada a la distribución problemática y/o contraste excesivo de la luminancia en el campo de visión que causa problemas para la correcta visión. El reflejo, o deslumbramiento, lo podemos dividir en dos tipos dependiendo de su efecto:

Deslumbramiento fisiológico

Reflejo que causa una pérdida de rendimiento visual (por ejemplo, reducción de la percepción de formas y la capacidad para discriminar a causa del reflejo por los faros de un coche que se aproxima durante la noche).

Deslumbramiento molesto

Reflejo que se percibe exclusivamente como una molestia subjetiva sin causar pérdida de rendimiento visual significativa. Sin embargo, si persiste, tal incomodidad provoca fatiga, lo que disminuye la sensación de bienestar y consecuentemente empeora la capacidad de trabajar.

El reflejo puede ser causado de diferentes maneras:

a) Deslumbramiento directo

Es aquel reflejo originado directamente en la fuente de luz. El grado de reflejo directo depende del tamaño y luminancia de las áreas visibles luminosas de todas las luminarias en el campo de visión y de la luminancia del fondo. El reflejo directo se considera controlado adecuadamente donde la luminancia de las luminarias en el ángulo crítico de emisión de $45^\circ - 85^\circ$ no sobrepasa los valores de las curvas límite de luminancia. B_K es el ángulo crítico de visión.

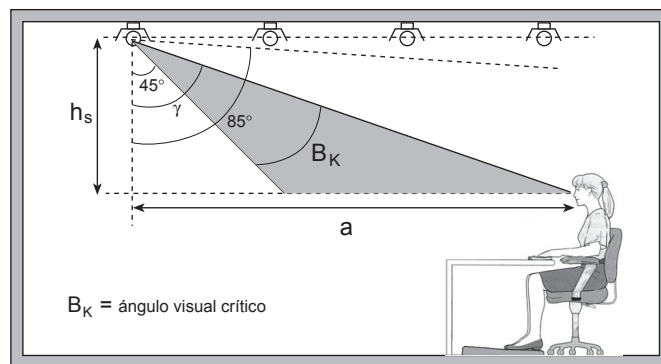


Fig. 4.22 Ángulo visual crítico y deslumbramiento

b) Deslumbramiento indirecto

El reflejo y pérdida de contraste provocados por la reflexión de los objetos luminosos (papel satinado, pantallas ordenador, etc.). En general, tales reflejos conllevan una pérdida de la percepción de contrastes, lo que dificulta el reconocimiento de un carácter en una hoja o en un monitor. El brillo reflejado puede evitarse o reducirse siguiendo los siguientes medios:

- Cuidando la planificación de las posiciones relativas de las luminarias y las estaciones de trabajo.
- Usando luminarias con un adecuado ángulo límite de luminancia para evitar reflejos en la superficie de trabajo u objeto.
- Usando materiales mate, difusores o reductores de reflejos en el área de trabajo.
- Controlando en la medida que sea posible la difusión del color con sistemas de alta proporción de luz indirecta o iluminancia vertical.

Control del reflejo directo

Varios métodos han sido desarrollados en diferentes países para evaluar el riesgo del reflejo (brillo) directo en un sistema de iluminación, por ejemplo *Visual Comfort Probability*, *Glare Index* y *Luminance Limiting Curve System*.

En el intento de conseguir una armonización internacional de los diferentes métodos, la CIE (Commission International de l'Eclairage) ha desarrollado el método UGR (Unified Glare Rating) para ser introducido como parte del proceso de armonización de los Estándares Europeos (CEN). El método DIN está basado en el método Söllner de la curvas límite.

Método UGR

El método UGR (*Unified Glare Rating (UGR)*) ha sido desarrollado por la CIE para armonizar los procesos de clasificación de reflejos que existen por todo el mundo. Este método está basado en una fórmula similar a la que se emplea en el método británico, *British Glare Index*.

No como el método Söllner, que simplemente evalúa el reflejo de una luminaria simple, la fórmula UGR puede ser usada para evaluar las características de brillo/reflejo de todo un sistema de iluminación. La fórmula tiene en cuenta cada luminaria en un interior dado y también la luminancia de fondo (techo, paredes) con referencia a un punto de vista estándar.

Una tabla estándar está disponible listando los valores UGR sin corregir para habitaciones de varias dimensiones y combinaciones de reflectancias. Estos valores tienen que ser corregidos teniendo en cuenta el parámetro del flujo luminoso de las fuentes de luz.

Los resultados finales de UGR tienden a situarse entre 10 (“no reflejo”) y 30 (“reflejo fisiológico pronunciado”).

A mayor calificación de UGR, más probabilidad de reflejo. Pueden alcanzarse resultados completamente diferentes con una situación de las luminarias que se desvíe de la configuración estándar.

Una tabla auxiliar proporciona unos resultados estimados para diferentes puntos de vista.

lx	300	500	1000	UGR _{máx}
			A	1
		A	1	17,5
	A	1	(C)	19
	1	(C)	2	20,5
	(C)	2	3	22
	2	3		23,5
	3		25	

Tabla 4.12 Resultados estimados para diferentes puntos de vista

Los puestos de trabajo equipados con ordenador realizan demandas especiales en el sistema de iluminación de oficinas por lo que se refiere tanto a la distribución de la luminancia en el interior de la habitación como a la necesidad de limitar el reflejo directo e indirecto.

La distribución de luminarias implica factores como la reflectancia, brillo y color de las superficies en la zona de trabajo y en el interior. Los acabados superficiales deben ser adecuadamente seleccionados para así evitar las excesivas diferencias de luminancia y los irritantes reflejos en la superficies coloreadas y con cierto brillo.

Por lo que se refiere al riesgo de reflejo directo proyectado desde las luminarias, se debería tener en mente que la línea de visión trabajando con una PVD es normalmente horizontal, mientras que para el resto de tareas suele ser algo más bajo. Por esta razón, el anti-reflejo de Clase A es requerido para tales estaciones de trabajo según DIN 5035, parte 7.

El reflejo indirecto está provocado por el brillo de los objetos o la presencia de superficies reflectantes, incluyendo pantallas de ordenador. Tales reflejos dependen del ángulo de visión o luz incidente de la posición de la zona de trabajo; las PVD's y luminarias son un factor decisivo para evitar el problema, que a menudo puede ser solventado con un simple cambio de ángulo o de orientación de la pantalla.

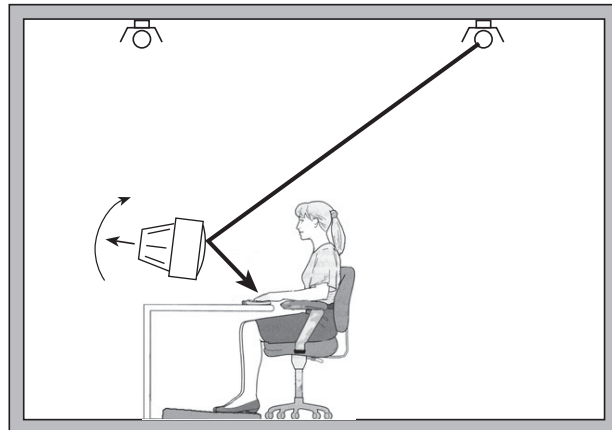


Fig. 4.23 Reflejo en la pantalla

De acuerdo con la DIN 5035, parte 7, la iluminancia media de las superficies que reflejan en una PVD –incluyendo mobiliario y ventanas– no debe ser mayor de 200 cd/m^2 , mientras que la luminancia máxima no debe superar los 400 cd/m^2 . En el caso de que las luminarias reflejen en la PVD, las estipulaciones de la DIN 5035 son como siguen. Más allá del ángulo límite de luminancia, el ángulo en el cual la luminaria comienza a volverse visible para el operador de la PVD, la luminancia media de las superficies luminosas en los planos C0-C180 y C90-C270 no debe exceder las 200 cd/m^2 .

Sin embargo, el uso de luminarias especiales para PVD's con un ángulo límite de luminancia de 50° sólo tiene sentido práctico en el caso de grandes oficinas. En oficinas más pequeñas, la utilización de protectores de pantalla antirreflejantes es una buena solución. Otra posible solución sería la aplicación de luminarias con un ángulo límite de luminancia de 60° .

En las oficinas modernas, los monitores son actualmente visualizados con un ángulo desviado más de 20° de los estándares. Libretas, libros y otros materiales de consulta descansan horizontalmente mientras son utilizados, lo que los hace susceptibles de reflejo desde cualquier dirección. La tecnología de los tubos de los monitores ha hecho también un gran progreso en los últimos años, incluyendo capas antirreflejo y el uso del contraste positivo (letra negra sobre fondo claro), por lo que ahora los problemas que aparecen son considerablemente menos, y de menor “gravidad”. En tales equipos, los tecnológicamente “bien” avanzados, los niveles de luminancia pueden ser mayores, ya que el reflejo es menor.

Buena definición de contraste

El contraste es necesario para que el ojo humano sea capaz de discriminar entre objetos y su fondo. Un sistema de iluminación con una buena definición de contraste no provoca reflejos incluso sobre superficies o documentos brillantes, por lo que el texto es más fácil de leer incluso en un papel satinado.

Factor de definición de contraste

Como ya se ha dicho anteriormente, es el contraste lo que hace que el ser humano sea capaz de ver, ya que es gracias a él que se es capaz de distinguir entre objetos, fondos, superficies, etc.

Factor CRF (Contrasting rendering factor)

La pérdida de contraste provocada por el reflejo puede cuantificarse con la ayuda de este factor (CIE 29/2). Esta es una expresión de relación entre el contraste (C) para una tarea visual estándar en una situación de iluminación dada y el contraste (Cs) para la misma tarea visual bajo condiciones de iluminación estipuladas.

$$CRF = C / C_s$$

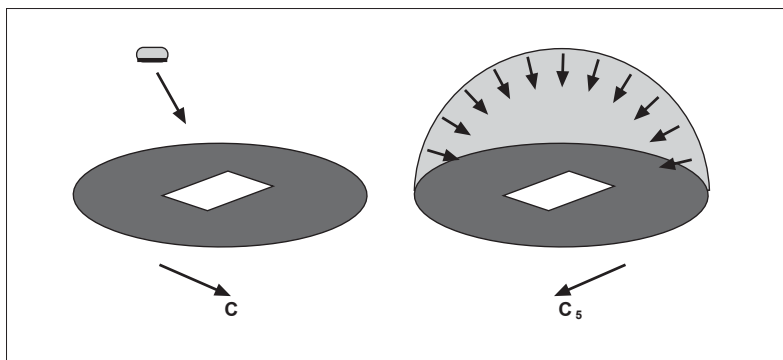


Fig. 4.24 Factor de rectificación de contraste

Análisis general

El proceso relevante en la primera fase de estudio consiste en cuadricular la habitación (0,3 m · 0,3 m) para tener un análisis general. El ángulo de visión se representa por una serie de líneas paralelas, transversales y a 45° con el eje de la habitación.

Análisis detallado

Una vez se han definido las áreas para localizar las estaciones de trabajo, se ven sometidas a un detallado estudio usando la escala (cuadrícula) implantada.

Dirección correcta de la luz incidente

La dirección de la incidencia de la luz es muy importante para la definición del contraste, y determina el ángulo con el que no se perciben reflejos. Al mismo tiempo influye sobre la distribución de la luz y la sombra, lo cual es la clave, por un lado, de la visión tridimensional y, por otro, de la prevención de riesgos de irritación al controlar las sombras.

Condiciones agradables de sombreado

Las sombras refuerzan la visión tridimensional y facilitan la orientación. Unas buenas condiciones de sombreado son la consecuencia de una efectiva combinación entre la luz directa y la reflejada.

Condiciones de sombra

El sombreado (sombra) juega un importante papel en la percepción espacial de las estructuras, en la perspectiva y en la orientación. Unas buenas condiciones de sombreado se crean a través de una adecuada combinación entre la luz directa y la indirecta. Esto asegura una transición gradual de la oscuridad a la claridad. Esa combinación depende en la mayoría de los casos de la tarea visual y actividad desarrollada. Una luz completamente difusa, sin ninguna sombra, causa una pérdida de plasticidad y da una impresión de monotonía. De igual modo, las sombras demasiado “duras” condicionan el rendimiento visual, debido a las pronunciadas diferencias entre la luminancia, y de ese modo limita la asimilación de la información visual. También se da el caso de aquellas áreas significativas del campo visual que no reciben la luz adecuada, con todos los riesgos de seguridad que eso conlleva.

Todavía no se ha diseñado ningún parámetro para evaluar las condiciones de sombra de un modo certero.

En ese caso, las condiciones de sombra pueden ser “evaluadas” por el ratio entre iluminancia cilíndrica e iluminancia horizontal (E_z / E_h).

Los sombreados excesivamente “duros” pueden ser evitados asegurando que el ratio no sea menor que 1:3 a 1,2 m sobre el suelo (DIN 5035, parte 1). Las sombras que son demasiado profundas se pueden suavizar con la apropiada configuración de las luminarias con un ángulo ancho de Curva de Distribución de Intensidad, y usando acabados brillantes para paredes y muebles.

Color adecuado

A lo largo del día la apariencia de la luz natural va cambiando. La luz artificial puede también producirse con diferentes apariencias o colores, y esto tiene una influencia en el estado de ánimo de la gente.

Apariencia del color

La apariencia del color es el término que se emplea para tratar la cromaticidad de un radiador primario, por ejemplo, una fuente de luz (en contraste con el color objetivo de un sólido que proviene de la irradiación). La apariencia del color es un producto de la composición espectral de la luz radiada. La cromaticidad de una fuente de luz se compara con un cuerpo negro, o radiador de Planck, y se expresa en términos de temperatura. La cromaticidad roja está en la parte baja de la escala de temperatura del color, cambiando a blanca y posteriormente a azul a medida que aumenta la temperatura. La temperatura del color se expresa en Kelvin (K).

Tanto en las DIN como en CIE, las fuentes de luz artificial se clasifican según su apariencia de color. Para el ojo humano, todas ellas parecen ser blancas; la diferencia tan sólo puede ser detectada a través de una comparación directa. El rendimiento visual, no está directamente relacionado por las diferencias en la apariencia de color.

Clasificación CIE

Grupo 1	cálido < 3300 K
Grupo 2	intermedio 3300...5300 K
Grupo 3	frío > 5300 K

Temperatura de color

El color de un sólido se define en términos de coordenadas de cromaticidad X, Y y Z de la CIE. El sistema está ilustrado gráficamente en forma de un triángulo de color representando las coordenadas de cromaticidad de todos los colores. El punto acromático se encuentra en el centro del triángulo. La temperatura-color de una fuente de radiación se define como la temperatura (en Kelvin) de un cuerpo negro cuya radiación tiene la misma cromaticidad que tal fuente de radiación. A menudo los valores son sólo temperaturas aproximativas, ya que el cuerpo negro no puede emitir radiación de todas las cromaticidades.

Las fuentes luminosas más comunes (artificiales) suelen tener desde los 3000 K (blanco cálido), pasando por los 4000 K (intermedio), hasta llegar a sobrepasar los 5000 K (luz del día).

Definición natural del color

Sólo los colores espectrales que están contenidos en la luz incidente pueden ser reflejados por un objeto y percibidos por el ojo humano. La definición del color es una medida de la capacidad de la fuente de luz artificial de mostrar los colores naturales de un objeto.

Definición del color

Definición de color es el término usado para describir el grado para el que una superficie de color o un objeto parece verse de un modo “normal” cuando se está bajo luz artificial. Es un importante criterio de calidad. El concepto de definición de color se basa en admitir que un objeto de color parece ser observado de un modo “normal” cuando está iluminado por un radiador calórico o por la luz del día (*High Color Temperature*).

El índice general de definición de color (Ra) expresa la suma de las diferencias medidas por varios tests de color al comparar un iluminante dado con una fuente de luz referencia.

Tipos de definición de color

Los estándares definen seis tipos de definición de color, que pueden relacionarse con el índice general de definición de color como sigue:

Clasificación	Clase definición color	Índice Ra
Muy bueno	1A	$Ra \geq 90$
	1B	$80 \leq Ra < 90$
Bueno	2A	$70 \leq Ra < 80$
	2B	$60 \leq Ra < 70$
No muy bueno	3	$40 \leq Ra < 60$
	4	$20 \leq Ra < 40$

Tabla 4.13

Varios niveles están establecidos en los estándares dependiendo del tipo de interior y de la actividad que en él se desarrolla. En general, la clase 1^a indica la mejor calidad de definición de color posible; por ejemplo, se requieren en tareas de testeo de color, monitoreo, y en áreas críticas de hospitales. Para interiores de oficinas la clase adecuada suficiente sería la 2^a.

La calidad de la definición del color

El factor decisivo en la calidad de la definición del color se encuentra en la elección de las lámparas. Los radiadores calóricos, como las lámparas incandescentes, tienen unas buenas características de calidad y definición de color cuando no se necesita una definición muy precisa, por ejemplo, entre rojos muy pesados, verdes o azules. Mientras que las lámparas fluorescentes varían según la clase de la que se trate. Para definir colores de forma excelente, como es el caso de la fabricación de tinta de imprenta, se utilizan lámparas fluorescentes “luz de día”.

Atmósfera eficiente de iluminación

La luz afecta a nuestro estado de ánimo, sentimiento y bienestar. El resultado es completamente subjetivo, es más o menos una impresión inconsciente de la luz del interior. En los últimos años, se ha prestado una mayor atención a la importancia de una atmósfera positiva de iluminación en el ambiente de trabajo. Además de algunas de las recomendaciones aquí aportadas, la mayoría de las cuales conciernen a datos objetivos y cuantificables, es también de interés destacar aspectos que a priori son menos evaluables pero que tienen una destacable incidencia.

Consumo de energía eficiente

Actualmente un requisito básico para un diseño moderno de un ambiente de iluminación es el correcto y económico uso de la energía. Las posibles soluciones aquí comentadas no tan sólo se relacionan con nuevas instalaciones, sino también con el rediseño y la mejora de las anteriores.

5. Confort sonoro

La exposición al ruido no sólo puede llegar a producir una disminución de la capacidad auditiva de las personas expuestas, sino que además puede provocar alteraciones fisiológicas e incluso psicológicas en órganos y sistemas diferentes al de la audición y, en consecuencia, producir una serie de molestias o perjuicios que generalmente se denominan efectos no auditivos del ruido. Aunque a veces no se conozca con exactitud su relación causa-efecto, conviene que sean considerados como origen de problemas para la salud y el rendimiento en el trabajo y, por lo tanto, deben ser estudiados y regulados a fin de ser eliminados o al menos minimizarlos.

El ruido es un aspecto del entorno ambiental muy estudiado y reconocido como fuente de insatisfacción e impedimento en la realización de la tarea.

La batalla contra el ruido

Los empresarios reconocieron que el ruido era un problema incluso antes de que ellos fueran capaces de combatirlo. Un texto antiguo en Dirección de Oficinas apuntaba que las máquinas ruidosas creaban “una alcantarilla constante sobre la conducta nerviosa” (Galloway, 1919). Las sugerencias para minimizar el ruido incluían la colocación de almohadillas o similares, bajo las máquinas y bajo las cubiertas del suelo.

Sobre los años 30, muchas compañías iniciaron medidas experimentales con el fin de controlar el ruido. Los directivos comenzaron a publicar documentos del incremento de la producción y descenso de errores, absentismo, etc., como consecuencia de la reducción del ruido. Por ejemplo, Aetna Life Insurance Company en 1928 instaló materiales absorbentes de sonido en las oficinas, lo que conllevó un notable descenso del ruido en las mismas, y la eficiencia, un año después, se había visto incrementada en un 98%. Publicaciones optimistas siguieron recomendando otros esfuerzos para reducir el ruido y alentaron el uso de techos acústicos, tapicería, y otras medidas. En los años 40, los techos acústicos eran ya comunes en oficinas y el enmoquetado era también ampliamente utilizado.

No pasaba lo mismo en las factorías, sin embargo muchos ingenieros industriales recomendaron la implantación de tales medidas también en las factorías, ya que las consecuencias serían altamente positivas. Los empleados en factorías llevaban protectores auditivos ya mucho antes de que en 1970 la OSHA implantara una serie de normas al respecto.

El desarrollo de los planes de la oficina abierta en los sesenta y setenta trajo consigo viejos problemas con el ruido en cuanto al alivio en las formas y la descongestión, lo que provocó un avance en la acústica de la oficina. Los techos mejorados tenían a veces paneles acústicos verticales, o piezas suspendidas de materiales absorbentes. En muchas oficinas, los generadores de sonidos electrónicos emitían un siseo constante o zumbido para camuflar otros sonidos. Lo mismo se llevó a cabo con los

sistemas de calefacción cuando éstos estaban en funcionamiento. Los fabricantes de mobiliario de oficina desarrollaron tejidos que los recubrieran, y crearon paneles absorbentes separadores de departamento. La instalación fija ligera superior fue diseñada en pequeños tamaños para minimizar la cantidad de superficie rígida que reflejase el sonido. Los puestos de trabajo que incorporaron tales medidas se supuso que habían silenciado sus ambientes de trabajo contribuyendo al confort y la eficiencia en el trabajo. Desgraciadamente, no todos los puestos de trabajo consiguieron el ideal.

Estudiando el impacto del ruido

Como propósito de investigación, el ruido generalmente se define como un sonido no deseado y/o que afecta a la salud. El ruido crea problemas porque, por un lado,

La perturbación o irritación quizá se origina en la naturaleza peculiar del ruido, tal como el chirriante, rechinar, chillidos de la fricción de metal con metal, de un soporte no engrasado, etc.; o quizá por su repetición, o por sus ecos y reverberación. (Leffingwell, 1925).

Sonidos no esencialmente irritantes pueden llegar a constituir ruido:

El hablar es (o debería ser) un sonido coherente, de igual modo la música, sólo porque tienen sentido, pero que a veces pueden llegar a ser mucho más molestos que aquellos que son incoherentes. Un sonido coherente es probable que involuntariamente llame nuestra atención cuando estamos concentrados, precisamente por tener un sentido y que inconscientemente intentamos seguir y que no conseguimos, lo que todo en conjunto nos llega a incomodar. (Copley, 1920).

Aunque el ruido generalmente ha sido estimado como una fuente de molestia y estrés ambiental, lo que lo hace estresante es asunto de discusión. La visión tradicional es que las características físicas del ruido, especialmente su sonoridad, están relacionadas con la excitación psicológica o estrés. Por otro lado, el ruido puede crear estrés a través de su significado —como una señal de un evento potencial de peligro, o porque dicho ruido en sí provoca miedo (Cohen, 1980). Sin embargo, la mayoría de las investigaciones se han centrado en las características físicas del ruido, particularmente en su sonoridad y regularidad.

La investigación sobre los efectos del ruido data de los comienzos de la psicología experimental. En 1874, el psicólogo alemán Wilhelm Wundt exploró la influencia del ruido en el tiempo de reacción en su laboratorio de Leipzig. Al igual que Wundt, la investigación posterior sobre el ruido se desarrolló en laboratorios, y estuvo enfocada principalmente en los efectos del ruido sobre el rendimiento. El experimento típico era exponer a una serie de personas a sonidos por encima de los 115 dB mientras llevaba a cabo tareas de oficina, mecánicas, de investigación, o bien mentales, durante periodos que iban desde pocos minutos hasta algunas horas. Diversos estudios han evaluado reacciones al ruido en puestos de trabajo, principalmente en oficinas.

En la mayoría de los relatos, los resultados de docenas de estudios de ruido han sido muy complicados, y se llevaron a cabo muchas revisiones, en una de las cuales se calificaron algunas investigaciones como “confusas, contradictorias e inconsistentes” (Grether, 1975). Sin embargo, algunos detalles emergieron con fuerza como ya veremos.

Un tema que acortó el camino de la investigación y los descubrimientos sobre el ruido fue la variabilidad de las respuestas: diferencias entre individuos han sido siempre muy amplias. En un estudio se expuso a voluntarios a ruidos de intensidad variable; preguntados por la calificación de la

molestia, se concluyó que la gente más sensible al ruido mostró mayor enojo que aquellos que lo eran menos y habían sido expuestos al mismo ruido. Grandes diferencias en respuesta al ruido fueron apareciendo, y aparentemente eran independientes de la edad, sexo y educación. Hay evidencia de diferencias entre extrovertidos e introvertidos, y de diferencias asociadas con la ansiedad o sensibilidad al ruido. La gente que más se quejaba tendía a quejarse de otras cosas también.

En resumen, el ruido ha sido visto como una fuente de molestias y estrés, y se ha estudiado en el laboratorio y en los propios puestos de trabajo. Los descubrimientos hechos por las investigaciones realizadas son complicados por la amplia variación de la respuesta individual.

Ruido e insatisfacción

Hay abundante literatura sobre las reacciones al ruido en la oficina. Las evidencias de la investigación incluyen estudios sobre la extremada existencia de ruido en las oficinas, sus causas y su correlación con la insatisfacción con el ambiente y el propio trabajo.

Influencia de la molestia provocada por el ruido. El ruido a menudo ha sido una fuente de quejas en las oficinas. Una encuesta realizada sobre los oficinistas norteamericanos por Lou Harris y Asociados (1978) incluyó una pregunta en la que los participantes elegían entre una lista de diecisiete características de su entorno físico las dos o tres más importantes a la hora de desempeñar sus correspondientes tareas. La más escogida era “la habilidad para concentrarse sin ruido u otras distracciones”. Sin embargo, cuando los participantes evaluaban la adecuación de sus oficinas en esos mismos diecisiete parámetros, la habilidad para concentrarse sin ruido y otras distracciones se veía casi siempre en las últimas posiciones del ranking, entre la decimoquinta y la decimoséptima. El ruido emergió como un problema crítico, y las oficinas de los EEUU fueron consideradas por muchos como muy ruidosas. Análogamente, en una segunda encuesta (Louis Harris y Asociados, 1980) el 84% de los participantes, trabajadores de oficina, dijeron tener ambientes sonoros más o menos “calmados” y disponer de una “buena relación” con la misma, pero sin embargo, el 49% argumentó lo contrario.

Un estudio anterior en oficinas inglesas encontró un resultado similar: de diversos aspectos del entorno físico calificados por más de 2.000 oficinistas, el ruido fue la queja más frecuente, con más del 20% comentando que el ruido “era definitivamente inconfortable”. En otra encuesta británica, el ruido recibió más baja calificación de “aceptabilidad” que ninguna otra característica del entorno físico.

Las oficinas parecen estar inundadas de ruido, pero aquellas que son abiertas son realmente desoladoras. El ruido ha representado un auténtico problema en las encuestas que se han realizado sobre estas últimas. En la tabla 4.1 se presentan los resultados de diez estudios de empleados que se mudaron a las oficinas *Burolandschaft*, u oficinas del plan abierto. El ruido era a menudo una importante fuente de molestias después de cambiarse a tales oficinas, incluso en organizaciones donde ya era un serio problema previamente. De nueve estudios que evaluaron el cambio de oficinas convencionales a las open, cuatro encontraron el ruido como un gran problema después del cambio, otras cuatro no notaron dicho cambio, y tan sólo una concluyó mejoría. Al menos dos de las oficinas donde no se apreció el cambio habían incorporado medidas especiales para combatir el ruido, tal y como había hecho la que argumentó mejoría. Estos aspectos especiales incluían paneles con tejidos de recubrimiento, sonidos de fondo electrónicos, techos acústicos, etc.

Probablemente la mejor explicación del predominio de ruido en las oficinas abiertas es la carencia de paredes que absorban una parte importante del mismo. Con pocas paredes como “muro”, el sonido viaja libremente de una zona de trabajo a la otra, a menos que sea absorbido por tratamientos como los anteriormente comentados.

Estudios	Cambios después de la intervención	Fuentes de ruido
Antes y después del estudio		
Boyce (1974)	No cambia	Teléfono (67%), gente hablando (55%); aire acondicionado (34%); mecanografiando (28%)
Brookes (1972a)	No cambia	Conversaciones (43%)
Hanson (1978)	Incrementa	Auditorio
Riland y Falk (1972)	Reduce	
Sundstrom, Herbert y Brown (1982)	No cambia	
Retrospectivas		
Boje (1969)	Incrementa	Visitantes; conversación; teléfono
Hundert y Greenfield (1969)	Incrementa	Ruido de personas
Kraemer, Sieverts y Partners (1977)	Incrementa	Conversación (46%); Teléfono (40%); mecanografiando (25%)
Nemecek y Grandjean (1973)	(79% molestia)	Conversación (46%); máquinas de oficina (25%); teléfono (19%)
Sloan	No cambia	

Tabla 5.1 (Fuente: *Work Places*, Eric Sundstrom)

En el estudio realizado por Boyce en 1974, los empleados se mudaron de cinco edificios a otro teóricamente mejor y más nuevo, en el cual más de la mitad de ellos se veían “a menudo” afectados por los ruidos, a pesar de su relativamente bajo nivel de sonoridad en el ambiente, 54 dB. De igual modo, el estudio de Kraemer, Sieverts (1977), incluía mediciones de sonido ambiente en diecinueve oficinas, pero no encontraron ninguna relación entre los niveles de sonido y la molestia ocasionada por el ruido. En quince oficinas ellos tomaron más de 8.000 lecturas de sonido ambiente con sonómetros y no supieron relacionar dichas mediciones y la molestia existente entre 519 empleados.

Otros investigadores informan de similar falta de relación entre la intensidad medida en el ambiente de la oficina y la incomodidad del trabajador.

El objetivo de conseguir una medición media del nivel sonoro del ambiente quizá no corresponde con la molestia indicada por el trabajador, ya que la característica crítica del ruido es la intermitencia que se percibe sobre el sonido de fondo. Un estudio más importante de Keighley (1970) incluía múltiples mediciones del nivel sonoro del ambiente, junto con las mediciones de los “picos de nivel” sobre los fondos, en más de cuarenta oficinas. Los resultados no indicaron ninguna relación entre el sonido ambiente y la aceptación del ruido, tal y como ocurrió en otros estudios. Sin embargo, cuando un “índice de picos” fue calculado aparte de la media del nivel de sonido, Keighley encontró una fuerte y relación significativa con la descrita aceptación del ruido (los niveles de aceptación predichos de los índices de sonido mostraron una correlación del 0.91 con los niveles actuales de aceptación).

Así pues, las encuestas a trabajadores identifican al ruido como un problema importante, particularmente en las oficinas abiertas. Estudios de campo muestran alteraciones provocadas por el ruido relacionadas con la intensidad sonora de los sonidos que pueden ser oídos sobre el ambiente de fondo.

La mayoría de fuentes de molestias del ruido en la oficina no son aparentemente las más sonoras. Encuestas a oficinistas incluyendo preguntas sobre las fuentes de molestia concluyen que la principal causa de molestia son las conversaciones que tienen los compañeros, junto con los sonidos generados por el equipamiento de oficina y los producidos por los automóviles que circulan. Tal y como se muestra en la tabla 5.1 la mayoría de estudios sobre oficinas abiertas que indagaron sobre las fuentes de ruido encontraron igualmente en las conversaciones de los compañeros la principal causa de molestia sonora.

Un estudio de Langdon en 1966 sobre oficinas inglesas señaló idéntico resultado, y también que las quejas aumentaban a medida que la cantidad de gente que compartía la sala era mayor. Como vemos en la figura 5.1, casi la mitad de los ocupantes en las habitaciones que contienen a más de ocho personas mantienen quejas sobre el ruido existente.

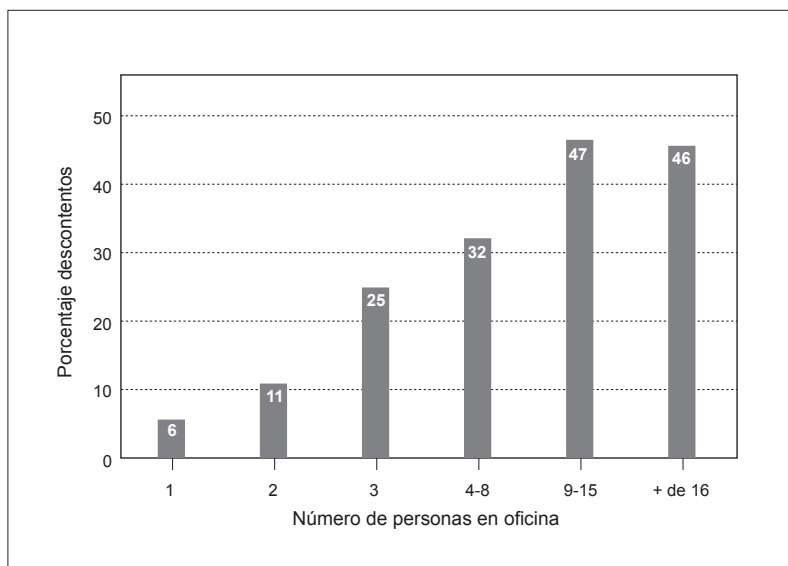


Fig. 5.1 (Fuente: *Work Places*, Eric Sundstrom)

Las fuentes de ruido experimentadas como las más inquietantes son aquellas que tienen algún significado, son lo que podríamos decir ruidos que la mente humana puede interpretar y a los que prestamos atención para descubrir su significado. El ruido provocado por las conversaciones de compañeros nos llama la atención, ya que de ellas podemos concluir cosas interesantes. Las llamadas telefónicas nos distraen, ya que las señales producidas nos exigen atención. Por el contrario, los sonidos de la maquinaria llevan consigo menor importancia y, aunque sean de mayor sonoridad, nos distraen menos por la carencia de significado para nosotros.

Correlación del ruido e insatisfacción. La investigación en oficinas sugiere que el ruido representa una importante fuente de insatisfacción con el entorno físico, y quizá incluso con el trabajo. Las hipótesis han sido directamente encaminadas a dos estudios, y confirmadas en ambas. Nemeck y Grandjean (1973) evaluaron correlaciones de cualidades del entorno físico con las preferencias generales para trabajar en una oficina abierta, las cuales deben ser tomadas como medidas de satisfacción con el entorno físico. Estos investigadores informaron de una significativa correlación inversa entre perturbación por el ruido y preferencia ($r = -0,59$), indicando una fuerte asociación entre ruido e insatisfacción con la oficina.

Un estudio relacionó el ruido de los compañeros de trabajo con la insatisfacción con entorno y trabajo. Ello incluía evaluaciones de ocho tipos de ruido, y de satisfacción con el entorno y satisfacción con el trabajo, en más de 2.000 trabajadores. Como en otra investigación, el ruido era un problema prevalente, con más del 75% de los encuestados comentando que por lo menos “a veces” se veían molestados por la gente que charlaba o por las llamadas telefónicas. Otros tipos de ruido causaban molestia a una parte substancial de participantes. Algunos de ellos completaron el cuestionario antes y después de mudarse a una nueva oficina; fueron divididos en grupos según el tipo de ruido que aumentaba, si se mantenía o disminuía. Aquellos que informaron de un aumento en la molestia de las charlas de la gente que les rodeaba disminuían en su satisfacción con el entorno, mientras que los que experimentaron un descenso en el ruido generado por las charlas de sus compañeros reseñaron un aumento en el confort. Dichos resultados sugirieron una conexión directa entre el ruido generado por los compañeros y la insatisfacción con el entorno de trabajo. Similarmente, el ruido de los teléfonos y mecanógrafos tenía una relación directa con tal insatisfacción, pero no el que provenía de los sistemas de ventilación o el tráfico de vehículos. También se apreció que aquellos que experimentaron un ascenso del ruido de las conversaciones de sus compañeros tras el cambio también experimentaron un descenso en su satisfacción en el puesto de trabajo, tal y como se muestra en la figura 5.2. Tales conclusiones demuestran que las conversaciones de los compañeros son una fuente lo suficientemente fuerte como para provocar una molestias ciertamente apreciables. Similares conclusiones se ven en BOSTI (1981).

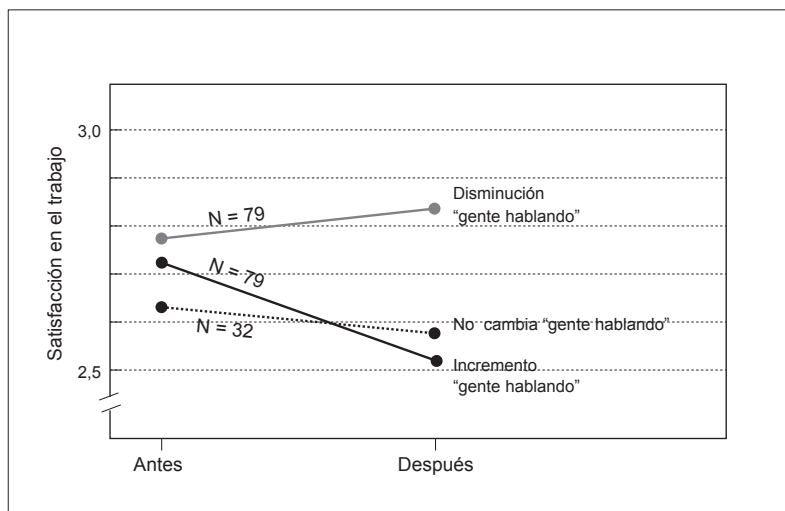


Fig. 5.2 (*Work Places, Eric Sundstrom*)

En resumen, el ruido de las conversaciones cercanas, teléfonos y mecanógrafos ha sido directamente relacionado con la insatisfacción del entorno físico en una oficina.

Ruido y rendimiento

La relación entre ruido y rendimiento representa uno de los campos más estudiados con respecto al entorno físico y psicológico. Sin embargo, la mayoría de los estudios se realizaron en laboratorios.

Ruido predecible

El ruido predecible incluye sonidos continuos, tales como los que provienen de los sistemas de ventilación o motores, y repetitivos o sonidos regulares, tales como los de máquinas de estampación, prensas u otro tipo de instalación. Si tales ruidos afectan al desarrollo de la tarea, las influencias probablemente provienen de uno de estos dos procesos: excitación o enmascaramiento. Si el ruido constante o regular produce excitación, quizá aumente el rendimiento de en las tareas sencillas, pero lo degrada en aquellas de mayor complejidad. Sin embargo, si la gente se acostumbra al ruido regular, el efecto es simplemente temporal. El ruido puede enmascarar u oscurecer sonidos útiles que nos facilitan procesos de realimentación (*feedback*), como el click que acompaña la presión de una tecla, etc. El enmascaramiento de pistas auditivas puede influir muy negativamente en el rendimiento en el caso de que el *feedback* sea indispensable para la velocidad o precisión de nuestra tarea. De acuerdo con un experto, el ruido puede, literalmente, no dejar “oírse a uno mismo”, enmascarando su pensamiento interior. En ese caso, el ruido predecible puede afectar de un modo considerable el rendimiento mental a causa de dicho enmascaramiento.

Estudio	Tarea	Ruido	Duración (min)	Nivel dB en reposo	Nivel dB asociado a efectos en el rendimiento		
					Decremento	Sin efecto	Incremento
Zehnhausen (1974)	Tiempo de reacción	Ruido continuo	300 intentos	Umbral audición	—	+10, +40, sobre el umbral	+70 veces más rápidas
Hack (1965)	Rastreo	Ruido repetitivo	10 (10)	Sin ruido	60 errores más en los primeros 5 minutos	—	—
Eschenbrenner (1966)	Trazado imágenes complejas	Ruido contínuo	20 (20) 3 sesiones	Sin ruido	50, 70, 90 más errores	—	—
	Trazado imágenes complejas	Ruido repetitivo	20 (20) 3 sesiones	Sin ruido	50, 70, 90 más errores	—	—
Theologus (1974)	Tiempo de reacción	Sonido intermitente	30 (30) 2 sesiones	Sin ruido	—	85	—
	Rastreo	Sonido intermitente	30 (30) 2 sesiones	Sin ruido	—	85	—
Poulton y Edwards (1974)	Elección de cinco opciones	Ruido contínuo de baja frecuencia	90 (30) 4 sesiones	80 dB	—	—	102 dBC, menos errores los últimos 5 minutos

Tabla 5.2 (Fuente: *Work Places*, Eric Sundstrom)

El trabajo de oficina comprende probablemente la tarea con menor demanda de esfuerzo en los estudios en laboratorio acerca del ruido. Como se muestra en la tabla 5.2, los efectos negativos del ruido predecible aparecen tan sólo en dos de los once casos estudiados. El descenso en el rendimiento apareció después de un cambio no avisado en la intensidad del sonido en una exposición de treinta y seis minutos al mismo. Tal descubrimiento implicaba un cambio en el ambiente sonoro, y desembocó en una distracción del trabajador. En otros tres estudios, el ruido continuo o repetitivo no tuvo ningún tipo de efecto. Un amplio ancho de banda o “ruido blanco”, tenía efectos beneficiosos en dos estudios en los que las sesiones de trabajo eran breves (dieciseis minutos).

La evidencia sugiere que el ruido predecible sólo afecta al trabajo de oficina cuando comienza, cambia o sirve como señal. Desgraciadamente, todos los estudios se desarrollaron en experimentos de una hora o incluso menos, por lo cual es complicado determinar conclusiones más rotundas.

Tareas mentales

La tabla 5.2 enumera estudios de ruido predecible y tareas mentales. Siete de diez experimentos no encontraron ningún tipo de efecto o consecuencia provocada por el ruido en sesiones de cuatro horas o más. Estos experimentos incorporaron simples tareas que tan sólo eran ligeramente más exigentes que las tareas de oficina. Otro estudió descubrió una mayor velocidad en la tarea aunque una menor precisión, lo que podía ser debido a la excitación repentina a causa de la mayor sonoridad. De todos modos, las conclusiones tampoco fueron excesivamente consistentes, ya que ninguna de las tareas con las que se experimentó era excesivamente exigente.

En las tareas motoras la evidencia de los efectos del ruido predecible incluye al menos dieciseis estudios. Uno de los estudios viene de un programa intensivo de investigación llevado a cabo durante el período de la Segunda Guerra Mundial. Efectos negativos aparecieron en once estudios, y positivos tan sólo en dos. La mayoría de tales estudios se desarrollaron en sesiones de al menos dos horas.

Los efectos adversos se manifestaron generalmente de dos formas: más errores después del arranque del ruido, o mayores errores tras los primeros treinta minutos de exposición en aquellas tareas que eran más exigentes. Una tarea que mostró tal repercusión fue en “elección entre cinco”. En ésta, los participantes miraban una pantalla en la que aparecían cinco luces y tenían que elegir la más brillante o más iluminada, realizando su elección lo más rápido posible. Otras tareas mostraron efectos similares. Un temprano descenso en la precisión podría reflejar una sobreexcitación provocada por la aparición del ruido. Los descensos podrían también reflejar el enmascaramiento de señales auditivas.

La tarea que reflejó un descenso considerable tras una hora de exposición, ruido previsible (115 dB), concernía al uso de un simulador de vuelos que requería correcciones de pendiente y balanceo. Era muy exigente. Posiblemente el ruido provocaba una sobreexcitación. En tareas menos exigentes el ruido no generaba una sobreexcitación como para desestabilizar la ejecución.

Efectos beneficiosos de la alta intensidad sonora, ruido continuo (alrededor de 100 dB), aparecían en la velocidad del proceso de tareas de manipulación. El ruido de baja frecuencia conducía a una mejor precisión en tareas de rastreo (seguimiento). Ambos efectos positivos se veían en tareas de más de treinta minutos. En otros trabajos aparentemente más simples, también se apreciaba un efecto estimulador en las breves exposiciones al ruido.

Podemos concluir que el ruido previsible generalmente nos lleva a un descenso en el rendimiento en las tareas motoras con cierto nivel de exigencia. Sin embargo, tal descenso no ocurre en todas las tareas, y en algunas circunstancias el ruido constante en breves sesiones de trabajo fue relacionado con una mejora de rendimiento.

Tareas intelectuales

Este tipo de tareas exigentes implican “una especial atención a señales concretas que son difíciles de identificar”. La ejecución de la tarea puede sufrir desde la más ligera distracción y puede comenzar a deteriorarse después de menos de una hora estando por debajo de las mejores condiciones.

El ruido alto predecible (100 dB o más) producía descensos en el rendimiento en cuatro estudios que implicaban tareas de vigilancia complicadas. El descenso consistía en una mayor frecuencia de errores de omisión. Las tareas requerían la monitorización de cualquier tipo de señal de veinte fuentes diferentes, tres fuentes de señales de una cada tres segundos, hasta algunas más rápidas, tres por segundo. Otros estudios incluían tareas menos exigentes y no encontraron consecuencias que fueran provocadas por la presencia de un ruido constante. Solo dos experimentos encontraron efectos positivos del ruido continuo en tales tareas, en uno de los cuales el ruido era inherente a la tarea.

El descenso del rendimiento en una vigilancia exigente como consecuencia del ruido continuo es difícil de explicar. La excitación se estima como favorable a la vigilancia, y el ruido continuo está generalmente asociado con la excitación. Así pues, el ruido debería ayudar, no perjudicar, al rendimiento. Sin embargo, en las tareas exigentes, un alto nivel de excitación es contraproducente, ya que con el tiempo ésta degenera en fatiga. Tal excitación pasa a convertirse “en una canal de drenaje” de las capacidades del trabajador, que aparece después de un tiempo de exposición.

Otra explicación de tal descenso en el rendimiento es que el ruido nos lleva a distorsiones de cálculo, quizá como consecuencia de la excitación. En dos estudios de vigilancia, los participantes expresaron más confianza en los cálculos realizados bajo la presencia del ruido. Quizá el ruido lleva a la gente a tomar decisiones de un modo más rápido y torpe o descuidado como consecuencia de un exceso de confianza.

Uno de los pocos ejemplos publicados de un experimento sobre ruido en un establecimiento industrial incluía ruido continuo y una tarea de vigilancia. En una planta inglesa de Kodak Ltd. que producía películas, los investigadores estudiaron a los empleados que hacían funcionar las máquinas perforadoras de carretes. Estos empleados trabajaban en dos compartimentos delimitados, y cada uno servía a unas máquinas que debían enfilar como proyectores; los trabajadores cobraban según la producción. La tarea era sensible a cualquier lapsus temporal de atención por parte del operador; si cometía un error al enfilar el carrete, era probable que éste se rompiese o que otros estropearan la máquina (Broadbent y Little, 1960).

Las mediciones demostraron que el ruido en esos departamentos era cercano a los 98 y 99 dB. Los investigadores persuadieron a la compañía para que se produjese un tratamiento acústico en uno de los dos departamentos, reduciendo el nivel sonoro a 90 dB. Los registros de carretes rotos y averías de máquina fueron tomados durante seis semanas antes y después del tratamiento. Los errores disminuyeron en frecuencia en el departamento tratado en comparación con el que no lo había sido. Los resultados en el trabajo permanecieron más o menos idénticos, aunque al haber un menor número de errores la motivación del trabajador se vio incrementada. Era también concebible que el ruido en aquellos lugares que no había sido tratado llevaba al trabajador a una situación de estrés o fatiga por una continua sobreexcitación. Con la reducción del ruido, probablemente se vieron afectados por el estrés en menor grado. Sin embargo, esta explicación pasó por alto la posibilidad de la adaptación al elevado ruido.

En resumen, podríamos decir que un ruido alto predecible puede llevar a un descenso en el rendimiento en aquellas tareas que requieren de una importante concentración –tareas de vigilancia– pero no en aquellas de una moderada dificultad.

Tareas simultáneas

Estudios que se aplicaron a tareas simultáneas a menudo examinaron la idea de que la excitación del ruido continuo produce “una limitación en la atención” (*narrowing of attention*). Los investigadores razonaron que si el ruido predecible limitaba la atención, el individuo que estaba desempeñando dos tareas simultáneamente aplicaría toda su concentración en una de ellas en detrimento de la otra.

Descubrimientos sobre el ruido predecible. Los estudios realizados descubrieron que el ruido continuo o regular conllevaba un descenso de la precisión o del rendimiento bajo cuatro condiciones:

1. En las tareas de oficina, cuando el ruido era cambiante.
2. En las tareas de alta exigencia motora.
3. En las tareas intelectuales (de especial atención) cuando el ruido estaba por encima de los 100 dB.
4. En tareas simultáneas cuando el ruido superaba los 100 dB.

En contraste, el ruido continuo o regular ocasionalmente lleva a una mejora en la velocidad o en la precisión bajo otras determinadas condiciones:

1. En tareas simples de oficina, cuando el ruido está relacionado con la tarea.
2. En simples tareas mentales, durante una breve sesión de trabajo.
3. En tareas motoras simples, repetitivas.
4. Tareas motoras en las que el ruido es de baja frecuencia.

Ruido impredecible

Cierto es que el ser humano tiene una gran capacidad para adaptarse a los ruidos impredecibles. Un viejo experimento da una ilustración gráfica (J. J. B. Morgan, 1916). Los participantes se sentaron en una mesa en la que había un teclado. Cuando en un display se mostraba una letra del alfabeto, se les pedía mirar en una lista codificada entre 0 y 9 y que presionasen el código correcto (la lista se cambiaba con frecuencia para evitar ser memorizada). El experimento incluía una serie de “molestias”: el sonido de una campanilla, un mecanismo con un gong, un martillo golpeando una caja de resonancia, mecanismos vibratorios, etc., todos ellos situados en diferentes puntos a lo largo de la habitación en la que se encontraban. Además de esto, sonaban gramófonos con dos solistas, con dos selecciones instrumentales, y dos discursos de humor.

A pesar de la cacofonía (de desconocida intensidad), los participantes mostraron tan sólo un momento de lapsus, y fue al comienzo de la aparición de ese repertorio sonoro. Posteriormente trabajaron sin disminuir su rendimiento durante horas. Incluso algunos días después trabajaban más rápido en presencia de ruido.

Así pues, parecía que los esfuerzos del experimento habían contribuido a “matar” una serie de ideas. ¿Cómo eran capaces de mantener esa eficiencia? Una respuesta parcial a esto se detectó en la fuerza con que golpeaban las teclas. Pulsaban las teclas mucho más fuerte mientras trabajaban con ruido. También se apreció en ellos un mayor movimiento de sus labios. Tales datos y la grabación de la respiración sugirieron que los participantes ejecutaban cada paso para sobreponerse a las distracciones provocadas por el ruido (Morgan 1916). Otro experimento mostró resultados similares (J.J.B. Morgan, 1917). Aparentemente conllevaba un considerable esfuerzo sobreponerse a la distracción provocada por un ruido impredecible, aunque se estuviese desempeñando una tarea relativamente simple.

Los ruidos impredecibles distraen la atención, quizá a causa de unos “parpadeos internos”. (Broadbent, 1957). Esto puede llevar a lapsus y errores, especialmente en tareas de dificultad. Muchas de estas distracciones provocan sobrecargas o excesivas demandas en la capacidad del individuo, normalmente desembocan en un bajo rendimiento.

Tareas de oficina

Aparte del descubrimiento de una disminución temporal (momentánea) del rendimiento debida a la repentina aparición-desaparición del ruido (Morgan, 1916), no parece que este tipo de ruido afecte en demasía a las tareas de oficina. Tales descubrimientos de la poca influencia de tales ruidos, se apreciaron en diferentes experimentos como la transcripción de números, chequeo de números, y otros, bajo condiciones de ruido irregular de incluso 100 dB (Glass & Siger, 1972, Wohlwill, Nasar, DeJoy & Foruzani, 1976). En dos casos, los ruidos se asociaron con una mejora del rendimiento durante sesiones breves de trabajo, quizá debido a la excitación temporal (Smith, 1951; McBain, 1961).

Tareas mentales

La mayoría de los estudios sobre el ruido estaban relacionados directamente con tareas mentales, y lo trataban como una fuente de distracción.

A diferencia de los estudios sobre tareas de oficina, la mayoría de los desarrollados sobre tareas mentales encontraron efectos reales sobre el rendimiento. Nueve experimentos encontraron efectos negativos. En una prueba de cálculo mental se pudo apreciar un claro incremento de errores en un intervalo de teinta segundos con “explosiones” de sonidos.

Tales experimentos reflejaban distracción. Otros efectos se vieron en el más lento aprendizaje de nuevo material, especialmente en el comienzo de las sesiones de trabajo (J.J.B. Morgan, 1917) un más lento y menos preciso cálculo (Hramon, 1933).

Algunos estudios no encontraron efectos del ruido, generalmente en tareas que ya estaban bien aprendidas y de carácter eminentemente práctico. En diversos tests de inteligencia no se apreciaron consecuencias.

Por otro lado, tres experimentos encontraron efectos beneficiosos en el rendimiento del test Stroop (consistente en ignorar información irrelevante, la cual se ve ayudada por el estrés y la pérdida de atención—Houston, 1969; O’Malley & Poplawsky; 1971).

En resumen, el ruido impredecible estaba asociado con errores en tareas que implicaban cálculos mentales de rápida memorización. Sin embargo, el ruido intermitente no parece tener ningún efecto sobre tareas bien aprendidas, de retentiva a largo plazo, o eminentemente prácticas.

Tareas motoras

En este caso, los resultados de la mayoría de los experimentos desarrollados concluyeron un efecto negativo del ruido impredecible.

En diez de estos experimentos, el rendimiento de la gente que se vio sometida a su tarea motora bajo condiciones de ruido intermitente descendió notablemente, como por ejemplo en el trabajo con un torno, tareas de rastreo, y similares. Tal descenso del rendimiento se reflejaba en una menor velocidad de trabajo.

En otro estudio se apreció que los errores se concentraban principalmente en los diez segundos siguientes a la “explosión” de ruido (115 dB), como reflejo al sobresalto.

Tareas de vigilancia

De igual modo, los experimentos en este tipo de tareas encontraron efectos negativos del ruido irregular. La excepción se refería a sonidos de baja intensidad (72 dB) y tareas simples como detectar

una sola luz en un monitor. Los resultados fueron ciertamente negativos en el caso de tareas de la detección de señales auditivas, o de la vigilancia de señales en movimiento. Casi siempre los errores se centraban en problemas de omisión. Por ejemplo, Woodhead (1946) solicitó a los participantes a observar un monitor en el que aparecían una serie de cartas que iban cambiando, con diferentes símbolos. La tarea consistía en encontrar una carta “conectora” en otro monitor, que también iba cambiando. Cuando se exponían a impredecibles *booms*, los participantes cometían muchísimos más errores, la mayoría de ellos de omisión. Esto sugiere que el ruido distrae la atención o al menos temporalmente disminuye la capacidad del individuo para procesar información.

Tareas simultáneas

En tres de los seis experimentos incluyendo tareas simultáneas, el ruido impredecible provoca un pobre rendimiento en la tarea secundaria. Otro concluyó que la tarea primaria era la que se veía afectada, mientras que los otros dos, con períodos de mayor exposición, no encontraron efectos, posiblemente debido a la adaptación.

Resumen de los descubrimientos sobre el ruido impredecible

Los estudios realizados encontraron que el ruido irregular podía asociarse con errores o lentas reacciones en cinco condiciones:

1. En tareas de oficina, justo tras la aparición o cambio del ruido.
2. En tareas mentales que incluyesen cálculo mental o memoria rápida.
3. En moderadas o altas tareas motoras.
4. En tareas de vigilancia.
5. En el desempeño de tareas simultáneas no demasiado largas.

Es decir, diremos que el ruido intermitente perjudica a la gran mayoría de las tareas, excepto a aquellas de cierta simplicidad. Una plausible explicación en la mayoría de los casos implica la distracción de la atención.

Ruido y rendimiento en los puestos de trabajo

Si generalizamos los descubrimientos realizados en los estudios en laboratorio, el trabajador expuesto a un alto nivel sonoro obtiene un rendimiento más pobre en sus tareas, las de alta exigencia motora, vigilancia, o en tareas simultáneas. Si tal ruido es impredecible, los efectos adversos se manifiestan principalmente en ciertas tareas mentales, en aquellas que tienen una moderada exigencia motora, en vigilancia, y en tareas simultáneas. En otras palabras, lo que se ha descubierto a través de los experimentos de laboratorio sugiere que tan sólo aquellas tareas de oficina de cierta sencillez se presentan inmunes a la presencia del ruido.

Tres cuestiones en cuanto a la generalización de tales experimentos conciernen a la adaptabilidad: La primera de ellas, ¿puede la gente adaptarse al ruido? La respuesta probablemente es “sí”, al menos bajo algunas condiciones. Por ejemplo, Glass y Singer, (1972) mostraron que las reacciones psicológicas frente a la repetición, intensidad e impredecibilidad de los ruidos, disminuía en cuestión de minutos.

Segunda, ¿conlleva tal adaptación costes sobre los individuos? En principio, la gente debe realizar un esfuerzo extra para concentrarse en su trabajo en condiciones de ruido, tal y como se concluyó en los estudios de Morgan (1916) y Ford (1929). Si es así, la gente debe ser capaz de mantener su rendimiento en condiciones de ruido sin tener que pagar un precio extra. En otras palabras, el ruido probablemente añade dificultad al trabajo.

Tercera, ¿tiene el ruido efectos acumulativos? Existe la evidencia en tales experimentos de que el ruido impredecible, elevado e incontrolado tiene efectos posteriores sobre el rendimiento (Cohen, 1980). Si tales efectos perduran o se disipan con el tiempo es una pregunta sin respuesta.

Al menos una fuente perjudicial para el rendimiento se escapa a la adaptación: el enmascaramiento del ruido. Una tarea puede volverse mucho más difícil y costosa si el *feedback* sonoro que esperamos recibir se ve enmascarado por la existencia de ruido. Quizá el trabajador pueda compensarlo con un sobreesfuerzo visual, pero entonces tal tarea requiere una mayor atención y esfuerzo que no son convenientes.

El enmascaramiento del ruido puede también perjudicar el rendimiento por interferencia de una conversación. Por otro lado, el enmascaramiento del ruido también puede tener alguna ventaja, y es que el ruido de fondo, siempre que no sea perjudicial, puede llegar a desviar la atención de sonidos de conversaciones que no sean de interés para nosotros y que así no nos hagan perder la concentración.

Resumen

Hace tiempo ya que el ruido se reconoció como un problema para el trabajador, ya sea en fábricas o en oficinas. Las medidas tomadas para combatir el ruido en oficinas han incluido el acolchamiento inferior de las máquinas, la colocación de alfombras en el suelo, adecuar los techos, etc. En oficinas abiertas, el ruido fue un problema especial, y fue combatido con techos especiales, divisiones con paneles absorbentes de sonido, y ruido electrónico de fondo.

Estudiar el impacto psicológico del ruido es complicado por dos razones. La primera, el ruido puede molestar no sólo por sus características físicas, sino también por el significado que tenga para el usuario, que es totalmente subjetivo. En segundo lugar, la gente difiere ampliamente en lo que para ellos es ruido y en su reacción frente a él.

La investigación sugiere que el ruido en las oficinas está asociado a la insatisfacción por el ambiente, y en algunos casos con la insatisfacción en el trabajo. En oficinas el ruido representa un problema importante, que afecta a una gran parte de los trabajadores, especialmente en las oficinas abiertas. Son fuentes particulares de molestias de ruido las conversaciones de los compañeros y las constantes llamadas telefónicas. La molestia del ruido en oficinas no se ha asociado de un modo general a su intensidad, pero sí se relaciona estrechamente con aquellos ruidos que sobrepasan de un modo destacado el ambiente de fondo.

Consideraciones prácticas

Como con otras cualidades del entorno ambiental, los consejos prácticos que conciernen al ruido pueden ser reducidas a una cuestión de equilibrio. Si el ruido es demasiado alto, los trabajadores probablemente manifiesten molestia, insatisfacción y quizá malestar con su trabajo. Por otro lado, si el ruido de fondo es demasiado suave, cualquier ruido relativamente audible puede distinguirse por encima de él, incluyendo conversaciones de compañeros (las conversaciones de compañeros es una de las fuentes más importantes de molestia en el trabajo de oficinas). Un moderado ruido de fondo puede llegar a enmascarar gran parte del ruido no deseado. Sin embargo, si el ruido de fondo es demasiado elevado, puede incluso llegar a enmascarar ruidos que sí sean deseados, como *feedbacks* de algunas máquinas, conversaciones de compañeros, etc.

Existen medidas para controlar el ruido. Ruidos concretos no deseados pueden eliminarse en la misma fuente, por ejemplo rediseñando una máquina ruidosa o tapando las superficies ruidosas. Otros ruidos inevitables pueden verse contenidos mediante la colocación de paredes intermedias o paneles

absorbentes. Otros ruidos pueden ser eclipsados por los sistemas de ventilación, cuando éstos estén funcionando, o con música, o por sistemas electrónicos que emiten sonidos que enmascaran tales ruidos no deseados.

Desgraciadamente, la acústica es un tema complicado en el que es fácil cometer errores. Por ejemplo, el efecto de techos absorbentes puede ser eliminado por la pintura, o sustancialmente reducido por la colocación de luminarias de gran tamaño. La cualidad absorbente de determinadas cortinas se pierde al ser abiertas; las ventanas reflejan el sonido hacia el interior.

Reglamento instalaciones calefacción y refrigeración	
OFICINAS	Nivel sonoro máximo (dB)
Sala de Conferencias	40
Despacho	40
Oficinas generales	50
Vestíbulos y pasillos	55

Tabla 5.3 Reglamento instalación

Música

El entorno ambiental de algunas oficinas incluye música, que es un sonido introducido voluntariamente.

La música es probablemente tan antigua como el trabajo, pero su papel dentro del trabajo ha ido cambiando. En tiempos pasados, los trabajadores cantaban mientras trabajaban, marinos, conductores, etc. Durante el siglo pasado, sin embargo, la tradición de cantar mientras se trabajaba se dejó de lado. Mucha gente en las oficinas de hoy en día trabaja bajo las notas de determinadas melodías con el fin de conseguir una atmósfera más relajada y distendida.

En Europa, tiempo atrás, los trabajadores cantaban sus propias canciones mientras desempeñaban su labor, pero la revolución industrial y la incorporación de la maquinaria pesada importaron sus “propios ritmos”.

A finales del siglo XIX y a principios del siglo XX, las fábricas incorporaron música para aumentar la motivación, incluso algunas de ellas incitaban a sus empleados a cantar, lo que fue bastante habitual en fábricas de trabajo. Posteriormente, éstas llegaron a incentivar a coros para que cantasen mientras sus operarios trabajaban.

Poco después de la entrada en el siglo XX, diversos factores hicieron tomar en serio la idea de que la música era muy útil para aumentar la motivación del trabajador y el ritmo de trabajo. En 1911 se llevó a cabo un estudio en el Madison Square Garden con un número de ciclistas, mientras estos entrenaban, había una orquesta que iba tocando, y posteriormente se evaluaron los resultados. Se concluyó que los deportistas iban aproximadamente un 10% más rápido cuando la orquesta tocaba alguna pieza musical. Pronto se reconoció de un modo generalizado que el ritmo de la música estimulaba al trabajador y éste conseguía mejores resultados. La música se convirtió en una útil herramienta para aumentar la productividad, y los resultados de su utilización fueron notables, como por ejemplo en la Minneapolis Post Office.

A pesar de ello, cierto tipo de música resultó ser contraproducente, ya que en muchos casos los operarios llegaron a parar su tarea para seguir con sus aplausos el ritmo de la misma. Se llegó a pensar en el “diseño” de una música especial, con un tempo concreto, para el tipo de trabajo que se desempeñaba. Tal tarea se antojaba difícil, ya que en ciertos lugares el sonido de la maquinaria era tal que eclipsaba la pieza musical.

Fue entonces cuando se abandonó la idea del “ritmo invitador” para una mayor producción, y cuando se percibió el aspecto influyente de la música en el humor del trabajador, ya que ésta alejaba al trabajador de la sensación de monotonía.

Su aparición en la oficina fue un poco más tardía debido a las reticencias de los directivos, ya que se pensaba que la música sería perjudicial para cualquier tipo de tarea mental. Después de los años 40, la música comenzó a ser un “compañero” habitual en muchas oficinas. A finales de los 50, una empresa llamada Muzak se dedicó a crear música para oficinas. Proporcionaba el tempo, ritmo e instrumentación adecuada para que el ritmo de trabajo fuese el adecuado. Se pensaba que lo más correcto era hacer sonar la música durante quince minutos en intervalos de treinta minutos, y se había realizado un estudio de la curva de producción a lo largo de una jornada de trabajo, por lo que la música más “estimulante” aparecía en el momento en el que tal curva de producción se encontraba en el momento menos óptimo. La música era un medio para aumentar la productividad; la idea de un principio se mantenía, aunque hubiesen cambiado algunos aspectos intermedios. Al mismo tiempo, también se mantuvo que la música estimulaba la moral del trabajador.

En los años 70 se produjeron unas primeras críticas a la música, sin embargo entre los empresarios la idea de que la “música reportaba beneficios” se mantenía, y en las diferentes encuestas que a éstos se realizaban, esas conclusiones se extraían, por lo que ellos seguían utilizándola en sus empresas. El uso de la música en las oficinas todavía refleja la creencia de que aporta favorables consecuencias, o como mucho, leves perjuicios.

Investigación de la música en oficinas

La evidencia empírica de los efectos de la música en la oficina es prácticamente inexistente. Muzak y competidores describen algunos estudios, pero estos documentos pseudocientíficos no aportan la suficiente información como para manifestar conclusiones consistentes. Posteriores experimentos tampoco aportaron datos concluyentes, y se tuvo que esperar unos 40 años, hasta mediados de los 60, cuando IBM realizó una investigación al respecto.

Fue en México, en una oficina de procesamiento de datos, con veinte operarios responsables de recibir datos, organizar trabajos, e introducir información a través de máquinas de teclado de IBM, donde se intentó evaluar la influencia de la música en el trabajo de oficina. Se hizo sonar diferente tipo de música, de baile y otras piezas instrumentales, propuestas por un distribuidor comercial. Tal experimento se llevó a cabo durante varios días en sesiones de dos horas. Se tomaron mediciones de veinte días con música y veinte días sin ella. Los resultados revelaron que se introdujo un 4% más de información con un 11% menos de error en los días en los que la música estuvo presente. Sin embargo, tales diferencias no eran estadísticamente significativas (W.A. Smith, 1961).

Otro experimento en el campo de la introducción de información concluyó que la música no tenía ningún efecto por lo que refería a la cantidad de información introducida, mientras que se detectaron mayor cantidad de errores en los momentos posteriores a la aparición de la música. Sin embargo, aún no teniendo ningún efecto, los operarios decían sentirse más eficientes, y cuando menos, pensaban que su trabajo resultaba más agradable (Glandstones, 1969). Así pues, podemos decir, que aunque no se haya podido demostrar una mejora en la producción, tampoco se ha declinado la posibilidad, y cuando menos, los trabajadores encuentran un entorno más confortable cuando la música está presente.

En resumen, para dos tipos de trabajo en oficina –delinear, esbozar y teclear– la satisfacción del empleado parece verse ciertamente incrementada gracias a la presencia de la música. Se puede decir que no hubo incremento de producción, pero tampoco tuvo influencia negativa.

Conclusiones

El papel de la música en el puesto de trabajo ha ido cambiando a lo largo de los años, desde aquellos propios operarios que cantaban mientras trabajaban, pasando por los “coros en vivo”, hasta la música especialmente diseñada para eso. Los directivos siempre han apoyado la idea de que la música puede realzar la moral y evitar la sensación de monotonía.

La investigación del efecto de la música sobre los trabajadores ha sido un tanto infrecuente, y se comenzó a manifestar de un modo importante a finales de los años 40. De una serie de once experimentos, en ocho de ellos se apreciaron ligeros incrementos de producción, aunque nunca resultaron estadísticamente significativos. En otros tres experimentos en los que se introdujo el análisis de las variables de actitud, un 85% de los participantes mostró una predisposición y actitud muy favorable. En pequeñas oficinas, tampoco se encontraron valores significativos en el aumento de la producción, pero la gran mayoría de los trabajadores expresaron su deseo y preferencia a trabajar con música.

Se debe considerar siempre la posibilidad de introducir música en una oficina por diversas razones: estimular la producción a través del estímulo del rendimiento personal, estimular la moral a través del aumento de la satisfacción, o proporcionar un adecuado “ruido” de fondo. La evidencia es escasa, pero puede verse como consistente en la aplicación de música para cualquiera de estos tres aspectos.

La introducción de la música como estimulante parece ser pues, un aspecto positivo, aunque para tareas de cierta complejidad puede ser contraproducente en un período más o menos largo de tiempo. Crea satisfacción en el empleado, y ésta en la gran mayoría de los casos implica un compromiso con la tarea que se desarrolla.

Además, la música, como constante ambiente de fondo, puede también enmascarar otros ruidos perturbadores; sin embargo, es recomendable contar con espacios temporales sin música, dependiendo siempre del trabajo que se realiza.

Los principales motivos para la implantación de la música durante el trabajo son:

- Reducir o compensar la baja estimulación sensorial de las tareas monótonas.
- Enmascarar el ambiente ruidoso; si el nivel de la música se mantiene por debajo de 3-5 dB, respecto al ruido puede ser inteligible sin aumentar la dosis total de ruido soportado.
- Crear barreras de intimidad, produciendo enmascaramiento de conversaciones en ambientes tranquilos.

Los resultados de las experiencias realizadas han dado resultados positivos en la mayor parte de las ocasiones, en cuanto a la satisfacción y el rendimiento.

Los efectos dependerán de tres factores:

- De la personalidad de los trabajadores: edad, sexo y gustos musicales.
- De las condiciones de trabajo: tarea, dimensión del local y su sonoridad.
- De la emisión: programa, duración y momento.

Recomendaciones

La naturaleza de la tarea:

- Las tareas minuciosas y absorbentes admiten períodos breves y músicas neutras.
- Las tareas monótonas y manuales admiten emisiones rítmicas y más largas.
- Las tareas intelectuales se realizan mejor en un ambiente de silencio, dado que la música puede distraer y perturbar la concentración necesaria.

El programa:

- Variado, para que de satisfacción a los diversos gustos de los trabajadores.
- Dulce al oído y fácil de seguir, pero sin que llegue a arrastrar o distraer.
- Rítmico, acoplándose al ritmo de la tarea, ni demasiado lento porque adormila, ni demasiado rápido porque excita, ni demasiado penetrante.
- Debe ser de intensidad regular, sin variaciones bruscas en su intensidad.

La duración:

- Se recomienda que no supere las dos horas durante el día, ni tres durante la noche.

Los momentos de emisión:

- Ésta no tiene por qué ser continua.
- Algunos autores recomiendan la emisión de intermedios musicales cada hora, con duraciones inferiores a los quince minutos, de esta manera se evita su monotonía a la vez que estimulan al trabajador.
- Otros proponen adaptarla a las curvas de fatiga y monotonía, proponiendo:
 - Comenzar cinco minutos antes del inicio del trabajo y durante un periodo de quince minutos; se logra una mayor actividad en el periodo inicial de precalentamiento y se espera una mayor puntualidad. Se deberían utilizar músicas alegres y animosas.
 - A las dos horas y media o tres después del inicio, instante en el que la curva de rendimiento descende debido a la monotonía y a la fatiga, utilizando músicas neutras, serenas y melódicas.
 - Durante los últimos quince minutos de la jornada y en los cinco siguientes, para evitar así que los trabajadores paren antes de la hora, utilizando músicas ligeras y danzantes.

En la implantación de estas medidas debe tenerse en cuenta la opinión de los trabajadores.

En general puede decirse que las oficinas admiten una programación de música de comedia y números clásicos ligeros, mientras que en los talleres van mejor músicas ligeras y rítmicas.

Aspectos técnicos del ambiente sonoro

Se entiende por sonido la vibración mecánica de las moléculas de un gas, de un líquido, o de un sólido –como el agua, paredes, etc.–, que se propaga en forma de ondas y que es percibido por el oído humano; el ruido es todo sonido no deseado, o que produzca daños fisiológicos y/o psicológicos o interferencias en la comunicación.

El sonido se puede caracterizar y definir mediante dos parámetros: presión acústica y frecuencia.

La presión acústica (p) es la raíz cuadrada de la variación periódica de la presión en el medio donde se propaga la onda sonora. La unidad de medida de la presión acústica es el pascal (Pa) ($\text{Pa} = \text{N/m}^2$). También es frecuente la utilización, en lugar de la presión acústica, de la intensidad acústica o sonora (I), cuya unidad de medida es el W/m^2 .

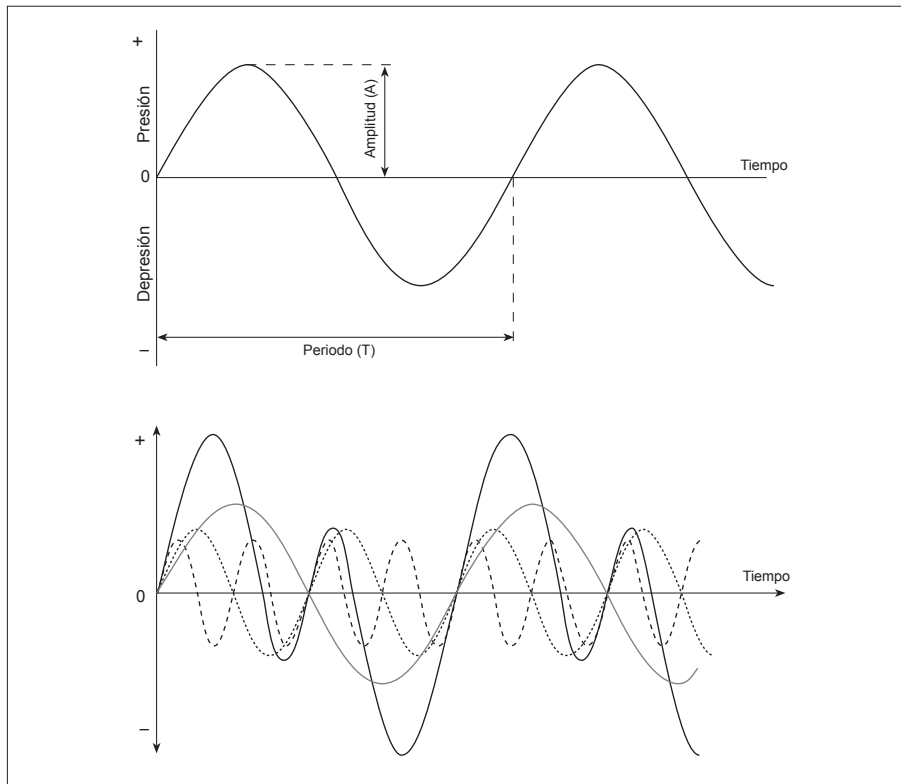


Fig. 5.3 La onda sonora

La frecuencia (f) es el número de ciclos de una onda que se completan en un segundo y su unidad de medida es el hercio (Hz), que equivale a un ciclo por segundo.

El oído percibe las variaciones periódicas de presión acústica en forma de sonido cuando su frecuencia está entre los 16 y 16000 Hz aproximadamente, según la sensibilidad de las personas, y su presión acústica entre 2×10^{-5} Pa y 2×10^4 Pa (en el caso de la intensidad acústica, su escala audible está entre 10^{-12} W/m² y 104 W/m²).

Por otra parte, es conveniente definir la potencia sonora, que es la energía total radiada por una fuente en la unidad de tiempo, y su unidad es el vatio (W).

Como se puede apreciar, la enorme amplitud de los intervalos que determinan la presión acústica y la intensidad acústica es notable y hace poco práctico su uso, por cuanto se ha hecho necesario emplear una unidad de medida que facilite su empleo. Por tal motivo se usa el decibelio (dB), unidad que refleja la presión acústica (y la intensidad acústica), como herramienta matemática que simplifica la escala de los valores de éstas y que a la vez es compatible con la sensibilidad del oído que percibe logarítmicamente el sonido.

De ahí que se defina el nivel de presión acústica L_p , con la siguiente expresión:

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad (\text{db})$$

en la que:

p es la raíz media cuadrática de la variación periódica de la presión del sonido investigado.

p_0 es la presión acústica tomada convencionalmente como patrón del sonido más débil que puede ser percibido por jóvenes normales (2×10^{-5} Pa).

La reverberación es el fenómeno por el cual, en el interior de un recinto cerrado, y debido a las múltiples reflexiones sobre las paredes, persiste un sonido cuando ya ha cesado su fuente emisora.

Se denomina tiempo de reverberación al tiempo necesario para que el nivel sonoro se reduzca en 60 dB desde que la fuente deja de emitir.

Puede estimarse con la fórmula de Sabine:

$$\text{Tiempo de reverberación} = \frac{0,161 \cdot \text{Volumen Sala}}{\sum A_i \cdot \alpha_i}$$

donde:

V es el volumen del local en m^3

$\sum A_i \cdot \alpha_i$ es la absorción del sonido total dentro del local en m^2

A_i es el área de cada superficie dentro del local en m^2

α_i es el coeficiente de absorción de cada superficie

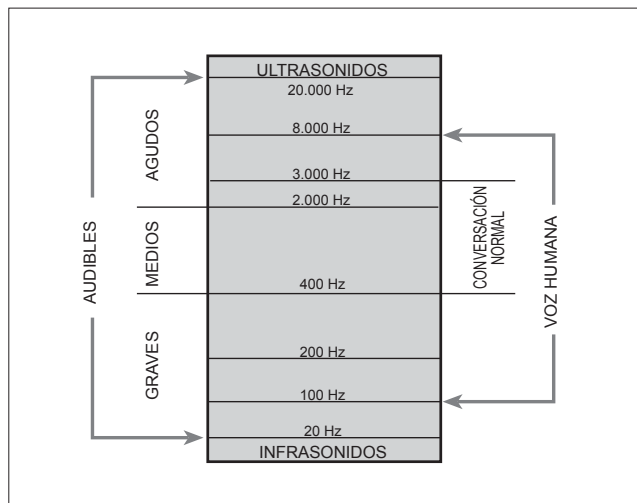


Fig. 5.4 Rango de frecuencias audibles

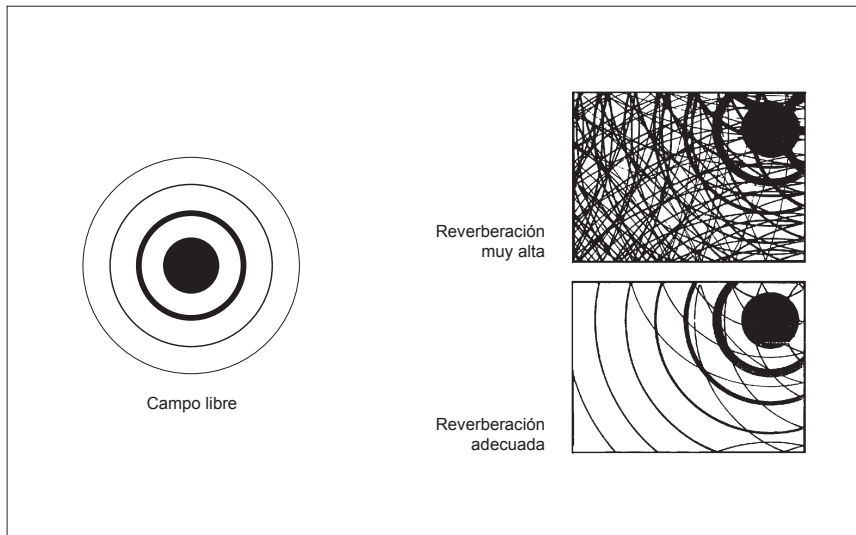


Fig. 5.5 Fenómeno de la reverberación

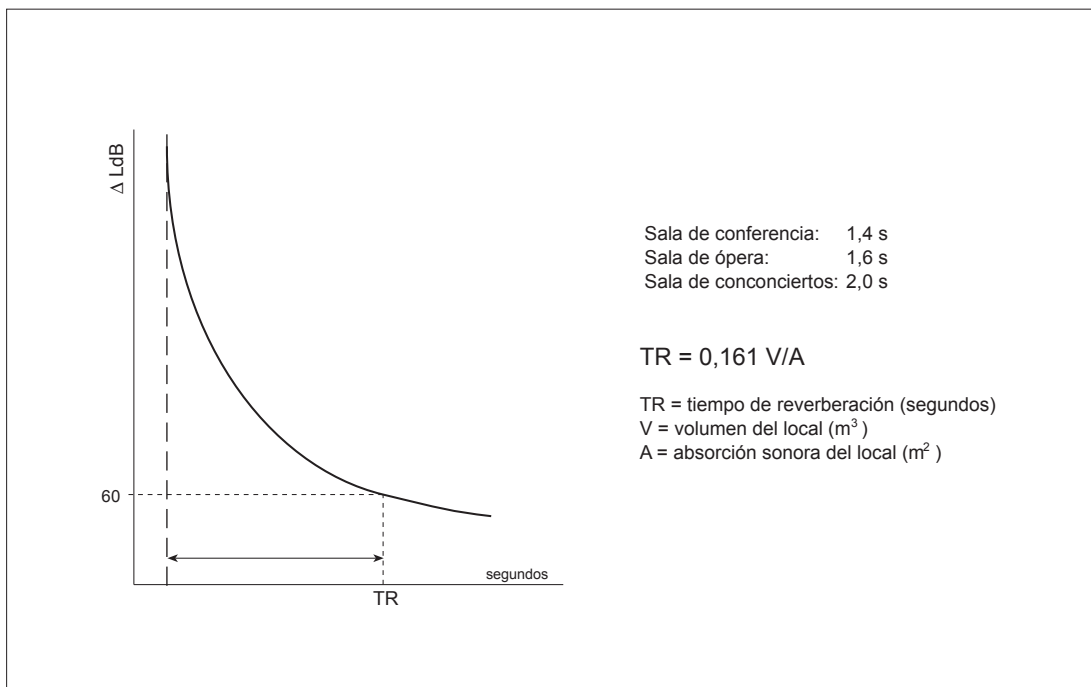


Fig. 5.6 Tiempo de reverberación

Humedad relativa	Temperatura °C	2.000 Hz	4.000 Hz	6.300 Hz	8.000 Hz
30%	15	0,0147	0,0519	0,1144	0,1671
	20	0,0122	0,0411	0,0937	0,1431
	25	0,0111	0,0335	0,0759	0,1178
	30	0,0114	0,0292	0,0633	0,0975
50%	15	0,0096	0,0309	0,0712	0,1102
	20	0,0092	0,0258	0,0577	0,0896
	25	0,0101	0,0234	0,0489	0,0748
	30	0,0119	0,0234	0,0443	0,0655
70%	15	0,0081	0,0231	0,0519	0,0808
	20	0,0088	0,0208	0,0437	0,0671
	25	0,0105	0,0208	0,0396	0,0586
	30	0,0131	0,0231	0,0391	0,0548

Para grandes locales y frecuencias > 500 Hz: $TR = 0,161 \frac{V}{A + \mu V}$

μ : coeficientes de absorción acústica del aire del local

Tabla 5.4 Valores de coeficientes de absorción acústica (Beranek: "Noise and vibration control")

Volumen sala	Tipo de reverberación para sonidos naturales	Tiempo de reverberación para reproducción por altavoz
Menos de 200 m ³	Máximo 1,3 segundos	Máximo 0,8 segundos
De 200 a 600 m ³	Máximo 1,4 segundos	Máximo 0,9 segundos
De 600 a 1.200 m ³	Máximo 1,5 segundos	Máximo 1,0 segundos
De 1.200 a 2.600 m ³	Máximo 1,6 segundos	Máximo 1,1 segundos
De 2.600 a 4.300 m ³	Máximo 1,8 segundos	Máximo 1,2 segundos
De 4.300 a 7.000 m ³	Máximo 1,9 segundos	Máximo 1,4 segundos
De 7.000 a 10.000 m ³	Máximo 2,1 segundos	Máximo 1,6 segundos
De 10.000 a 15.000 m ³	Máximo 2,3 segundos	Máximo 1,9 segundos

Tabla 5.5 Tiempos máximos de reverberación

El oído

Podemos dividir el sistema auditivo en tres niveles:

- *El oído externo*, compuesto por el pabellón auricular u oreja, que recoge las ondas sonoras transmitidas por el aire y las hace converger en el conducto auditivo externo, que actúa como vía de transmisión y caja de resonancia.
- *El oído medio*: se inicia en la membrana del tímpano que recoge las variaciones de presión y las transmite por un sistema de huesecillos (martillo, yunque y estribo), que actúan como una sucesión de palancas y que constituyen un amplificador (de 55 a 60 veces), hasta la ventana oval que comunica con el oído interno. Las presiones entre los oídos medio y externo se estabilizan mediante la trompa de Eustaquio.
- *El oído interno*: con apariencia de caracol, está relleno de un líquido, que es el que transmite finalmente las variaciones a la membrana basal. En esta membrana están las células nerviosas, en número de 20000 y, a semejanza de las cuerdas de un piano, son de distinta longitud, y según las zonas, recogen distintos tonos. Finalmente se encuentra el nervio auditivo u ótico, que transmite esta información al cerebro.

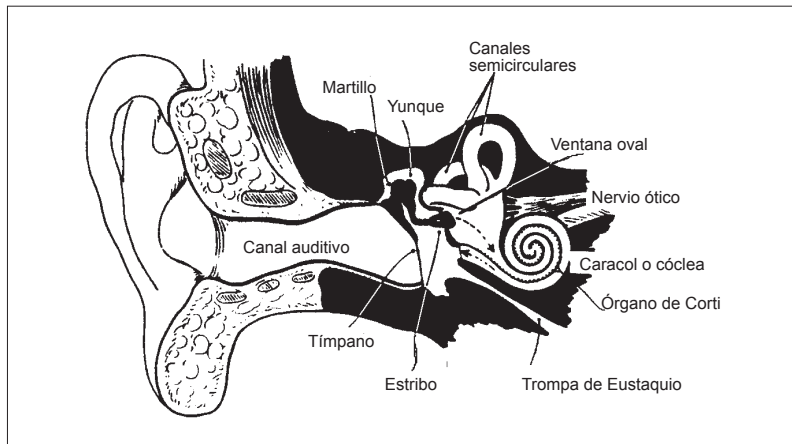


Fig. 5.7 Fisiología del oído

Mecanismo fisiológico de la audición

Las ondas sonoras se recogen a través de la oreja y, atravesando el conducto auditivo, llegan hasta la membrana del tímpano. Éste vibra, transmitiendo esta vibración de forma amplificada a través de la cadena de huesecillos hasta la ventana oval y de ahí al caracol, poniendo así en movimiento el líquido coclear. Las terminaciones sensoriales del caracol se encargan de convertir estas vibraciones en impulsos nerviosos que son canalizados hacia el cerebro por los nervios auditivos.

Los centros superiores del sistema nervioso central tienen la capacidad de provocar desconexiones en el ciclo antes descrito, haciendo que el sistema auditivo actúe como un filtro.

Rangos de audibilidad

El oído humano es sensible a presiones variando de 20 millonésimas de pascal a 200 pascales, para frecuencias comprendidas entre 16 Hz y 20000 Hz. Las presiones superiores a 200 pascales provocan

daños irreversibles en el oído. Según Dreyfuss, un niño puede oír 20.000 Hz, a la edad de 30 años sólo pueden oírse 15.000 Hz, y a los 50, sólo 13.000. Podemos descomponer la banda de frecuencias audibles en tres zonas o regiones, de frecuencias graves, medias y agudas (Figura 5.2).

Unidades de medida

El sistema auditivo humano es extremadamente sensible a la intensidad, pudiendo apreciar variaciones de presión de tan solo 20 millonésimas de pascal, al mismo tiempo que puede soportar presiones externas con variaciones relativas de 1 a 5.000.000. Por ello la utilización del pascal como unidad de medida se revela incómoda. Para establecer comparaciones prácticas, se recurre a una escala logarítmica en la que la unidad es el decibelio (dB), en la que el cero corresponde al umbral de audición.

$$LdB = 10 \log \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^2$$

donde $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ pascales

Presión acústica		Ejemplos
Pa = N/m ²	dB	
0,00002	0	umbral de audición
0,0002	20	Parque natural
0,002	40	Habitación tranquila
0,02	60	Oficina normal
0,2	80	calle con tráfico
2	100	máquina perforadora
20	120	avión a reacción
200	140	umbral del dolor

Tabla 5.6 Ejemplos de niveles de presión acústica

El 0 dB no es un cero absoluto, sino referido a nuestra fisiología. Individuos sensibles podrán escuchar sonidos con dB negativos.

Sensibilidad del oído en función de la frecuencia

El oído humano no es sensible por igual a todas las frecuencias; la mayor sensibilidad se da en la banda de 1000 a 5000 Hz, con un ligero máximo en torno a los 3000 Hz, que es la que corresponde a la conversación normal.

Por tanto, en la sensación sonora interviene además de la intensidad la frecuencia, y variando estos dos factores podemos obtener para diferentes valores la misma sensación.

El *fono* es la unidad que nos proporciona el grado de sensación sonora percibida, un fono es el equivalente a un decibelio de un sonido puro de frecuencia 1000 Hz.

Esta unidad, obtenida para sonidos puros, se ha revelado como insuficiente para la caracterización de los sonidos complejos reales, por lo que actualmente se emplean como unidad de medida el decibelio en escalas ponderadas.

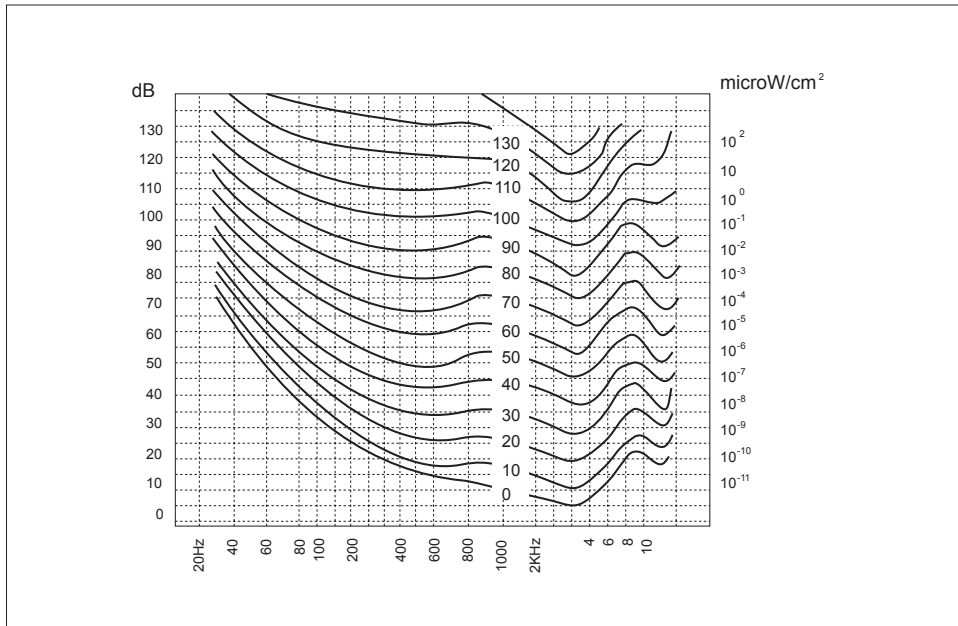


Fig. 5.8 Curvas Isosónicas, señalan sonidos, en frecuencia e intensidad, que producen igual sensación sonora.

Escalas ponderadas

Dada la variación de la sensibilidad del oído con la frecuencia, una medida del nivel de intensidad sonora no es suficiente para caracterizar fisiológicamente el ruido. Es habitual transformar la escala de intensidades en dB mediante un sistema de ponderación, internacionalmente normalizado, que valora la incidencia de las frecuencias de la misma forma que el oído humano, y cuyos valores se denominan decibelios ponderados.

Existen cuatro escalas de decibelios ponderadas para tener en cuenta este fenómeno (aunque la 'D' ha quedado en desuso).

- dB(A) para niveles de presión física débiles, comprendidos entre 25 y 55 dB.
- dB(B) para niveles de presión física medios, comprendidos entre 55 y 85 dB.
- dB(C) para niveles de presión física elevados, por encima de 85 dB.
- dB(D) para los ruidos de aviones en aeropuertos.

Actualmente la ponderación 'A' es la más utilizada, pues la 'B' y 'C' no han proporcionado buenas correlaciones con los test subjetivos, y la 'D' ha quedado en desuso.

F (Hz)	dB(A)	dB(B)	dB(C)	f (Hz)	dB(A)	dB(B)	dB(C)
10	-70,4	-38,2	-14,3	500	-3,2	-0,3	0
12,5	-63,4	-33,2	-11,2	630	-1,9	-0,1	0
16	-56,7	-28,5	-8,5	800	-0,8	0	0
20	-50,5	-24,2	-6,2	1000	0	0	0
25	-44,7	-20,4	-4,4	1250	+0,6	0	0
31,5	-39,4	-17,1	-3,0	1600	+1,0	0	-0,1
40	-34,6	-14,2	-2,0	2000	+1,2	-0,1	-0,2
50	-30,2	-11,6	-1,3	2500	+1,3	-0,2	-0,3
63	-26,2	-9,3	-0,8	3150	+1,2	-0,4	-0,5
80	-22,5	-7,4	-0,5	4000	+1,0	-0,7	-0,8
100	-19,1	-5,6	-0,3	5000	+0,5	-1,2	-1,3
125	-16,1	-4,2	-0,2	6300	-0,1	-1,9	-2,0
160	-13,4	-3,0	-0,1	8000	-1,1	-2,9	-3,0
200	-10,9	-2,0	0	10000	-2,5	-4,3	-4,4
250	-8,6	-1,3	0	12500	-4,3	-6,1	-6,2
315	-6,6	-0,8	0	16000	-6,6	-8,4	-8,5
400	-4,8	-0,5	0	20000	-9,3	-11,1	-11,2

Tabla 5.7 Valores correctores de las escalas ponderadas

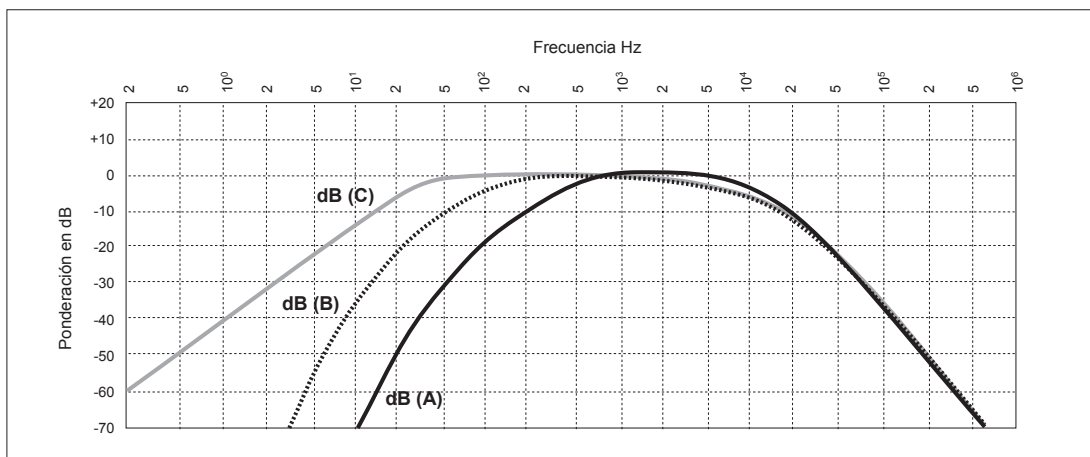


Fig. 5.9 Ponderación de las escalas

El ruido y la salud

Desde una óptica ergonómica los problemas que puede ocasionar la exposición al ruido pueden concretarse en los siguientes aspectos:

- Contribuir a una pérdida de audición.
- Provocar alteraciones fisiológicas en órganos diferentes al de la audición.
- Producir molestias o distracciones a las personas.
- Interferir en la comunicación verbal.

- Alterar el desarrollo de algunas tareas.
- Producir problemas de tipo psicológico.

Efectos auditivos del ruido

La exposición prolongada a niveles elevados de ruido causa frecuentemente lesiones auditivas progresivas que no se manifiestan hasta pasado un cierto tiempo y que pueden llegar a provocar sordera.

El ruido deteriora las células ciliares, lo que produce un empeoramiento paulatino de la capacidad auditiva. La pérdida es más acusada en las frecuencias a las que el oído resulta más sensible, alrededor de los 4000 Hz. Esta frecuencia queda fuera del margen de frecuencias conversacionales, 250 Hz - 2000 Hz, por lo que la persona oye y entiende las conversaciones normalmente, y cree encontrarse sano. Sin embargo, cuando llegan a afectarse las frecuencias conversacionales, el problema se hace irreversible, y nos encontramos ante un trabajador con incapacidad permanente.

El oído puede llegar a ser perjudicado en diferentes circunstancias:

1. Trauma acústico agudo

Se presenta cuando la exposición al ruido es de muy elevada intensidad, a pesar de que su duración sea muy breve (segundos), puede producirse dos tipos de lesiones: la rotura de la membrana timpánica y/o la destrucción de las células ciliadas del órgano de Corti.

2. Hipoacusia crónica inducida por el ruido

Es un deterioro progresivo de las células ciliadas del órgano de Corti, tanto más rápido cuanto más elevados son los niveles de ruido. Constituye un error muy extendido creer que con el tiempo se produce una adaptación al ruido, lo que ocurre realmente es una pérdida de sensibilidad debida al deterioro progresivo de las células ciliadas.

Desde el punto de vista legal, en España, se utiliza el término de sordera para definir la evolución patológica de la hipoacusia producida por el ruido cuando el aumento del umbral auditivo en las frecuencias conversacionales es tan acentuado que no se comprende la palabra hablada.

3. Presbiacusia o sordera debida a la edad

El umbral auditivo se eleva progresivamente con la edad, siendo la pérdida superior en las zonas de altas frecuencias y más pronunciado en las mujeres que en los hombres. Tomando una frecuencia media de 3000 Hz, se pueden observar las pérdidas de audición siguientes: 10 dB a los 50 años, 25 dB a los 60 y 35 dB a los 70.

4. Pérdida temporal de audición o fatiga auditiva

La sordera temporal se caracteriza por un retorno progresivo al nivel normal de audición. Se ha demostrado que existe una estrecha relación entre las sorderas temporales y permanentes. El estudio de la sordera temporal ha permitido establecer un cierto número de principios de aplicación general:

- Hasta 80 o 90 dB, se observa una ligera pérdida de audición del orden de 8 o 10 dB, pero si se amplifica hasta 100 dB la pérdida alcanza de 50 a 60 dB.
- La pérdida temporal del nivel de audición es proporcional a la duración del ruido. Por ejemplo, un ruido de 100 dB durante 10 minutos provoca una disminución de 16 dB, que se incrementa a 32 dB después de 100 minutos.
- La duración de la recuperación es proporcional a la intensidad y la duración que le precede, y entorno a un 10 % más largo.
- Se observan menos sorderas temporales cuando el ruido está entrecortado por periodos de calma.

5. Riesgos de pérdida de audición

Los daños en el aparato auditivo dependen de la cantidad total de energía sonora que se recibe a lo largo de las 24 horas del día, por lo que a lo largo de los años los elevados niveles de ruido producen pérdida de audición permanente.

La ISO TC 43 "Assessment of noise-exposure during work for hearing conversation purposes" a publicado una tabla detallada de los riesgos en relación con la edad, la duración de la exposición, y la intensidad del ruido (expresado en Neq para una semana de 40 horas).

Neq dB(A)	Duración de la exposición en años		
	5	10	20
80	0	0	0
90	4	10	16
100	12	29	42
110	26	55	78

Tabla 5.8 Riesgos en porcentaje de sufrir alteraciones de la audición

Estas cifras muestran claramente que el riesgo de lesiones aumentan a la par que la intensidad sonora y la duración de la exposición. Las intensidades críticas se sitúan un poco por debajo de los 90 dB.

Exposición (horas)	8	6	3	1.5	0.5
Intensidad sonora dB(A)	90	92	97	102	110

Tabla 5.9 Relación entre la exposición y la intensidad sonora necesaria para provocar el mismo riesgo de lesión

Por otra parte, los niveles más altos de ruido a partir de 140 dB pueden producir una sordera irreversible, aunque tengan una duración muy corta (caso de una explosión), por efecto de los posibles daños mecánicos sobre el tímpano o la cadena de huesecillos.

Características más relevantes del ruido respecto al daño ocasionado

No todos los ruidos son igualmente perjudiciales, es importante conocer que:

- Un ruido constituido sobretodo por frecuencias altas es más nocivo que uno de frecuencias bajas.
- Un ruido intermitente es más nocivo que uno continuo.
- A igualdad de nivel suelen ser más molestos los ruidos de banda ancha.
- A igualdad de ruido, los ruidos propios molestan menos que los ajenos.
- A igualdad de sonoridad el nivel de percepción depende de la significación.
- Un ruido aislado muy fuerte, una detonación por ejemplo, puede dañar instantáneamente el oído.

Efectos fisiológicos y psicológicos del ruido

Hasta ahora se han descrito los efectos auditivos del ruido, pero las lesiones auditivas no son los únicos efectos del ruido sobre el organismo. Como sistema de alerta que es, el oído está relacionado con numerosos órganos, especialmente el sistema neurovegetativo, lo que puede desencadenar efectos negativos sobre ellos.

El ruido puede provocar una larga serie de efectos no auditivos, cuya magnitud no es fácil de cuantificar, como tampoco lo es su relación con el nivel de ruido percibido, ahora bien, la mayoría de los estudios y experiencias que se tienen sobre el tema demuestran que sus efectos están íntimamente relacionados con el nivel y la distribución espectral del ruido.

En niveles de presión acústica bajos, entre 30 y 60 dB, se inician las molestias psíquicas de irritabilidad, pérdida de atención y de interés, etc.

A partir de 60 dB y hasta los 90 dB aparecen las reacciones neurovegetativas, como el incremento de la tensión arterial, la vasoconstricción periférica, la aceleración del ritmo cardíaco, el estrechamiento del campo visual, la aparición de la fatiga, y para largos períodos de exposición puede iniciarse la pérdida de la audición por lesiones en el oído interno, etc. A los 120 dB se llega al límite del dolor y a los 160 dB se puede producir la rotura del tímpano.

Independientemente de estas afecciones, se ha establecido que las exposiciones prolongadas en ambientes ruidosos, provoca el debilitamiento de las defensas del organismo frente a diversas dolencias, sobre todo cuando el sujeto posee predisposición a las mismas, úlceras duodenales, neurosis, etcétera.

Aun sin alcanzar los niveles críticos que ponen en peligro al sujeto, el ruido también baja el rendimiento intelectual. Miller (1974) mostró los efectos negativos del ruido en función de la

Sistema	Función	Referencias
Nervioso Central:	Desincronización del EEG. Hyperreflexia	Anticaglia, 1970
Nervioso Autónomo:	Dilatación pupilar Extensión de respuesta galvánica de la piel	Jansen, 1969 Atherley, 1970
Visión:	Estrechamiento del campo Acomodación lenta	Benko, 1962 Anticaglia, 1970
Vestibular:	Nistagmus Equilibrio inestable	Dickson, 1951 Anticaglia, 1970
Cardiovascular:	Hipertensión diastólica pasajera Vasoconstricción periférica Presión arterial inestable Hipotensión	Jansen, 1969 Anticaglia, 1970 Mosshov, 1976 Anticaglia, 1970 Shalatov, 1962 Burgard, 1953
Corteza adrenal:	Campos contradictorios en 17 (cetosteroides urinarios, plamáticos, y recuento de cosinófilos, neutrófilos y linfocitos)	Argüelles, 1962/70 Bugard, 1953 Artherley, 1970
Médula adrenal:	Aumento de adrenalina y noradrenalina en la orina	Argüelles, 1970
Digestivo:	Hiposecreción salival y gástrica. Digestión lenta	Anticaglia, 1970
Respiratorio:	Alteración del ritmo	Anticaglia, 1970 Kryter, 1970

Tabla 5.10 Funciones orgánicas alteradas por estimulación con ruidos

complejidad de la tarea. Así pues, debe prestarse atención a todas las facetas del ruido en relación a los requerimientos de la tarea que implica cualquier tipo de actividad.

Si bien no está totalmente definido cómo afecta el ruido a las diferentes actividades laborales, parece probado para Broadbent y Jerison que el ruido provoca degradación en:

- Tareas de vigilancia
- Tareas mentales complejas
- Tareas que requieren habilidad y destreza
- Tareas que requieren altos niveles perceptivos
- Tareas psicomotrices complejas

Rendimiento

Afortunadamente el ruido en el interior de las oficinas no es lo suficientemente elevado como para producir lesiones sobre nuestro sistema auditivo. No obstante, su presencia provoca una serie de problemas que se traducen en una disminución del rendimiento, la productividad y la satisfacción de los afectados.

Básicamente provoca interferencias negativas en:

- La comunicación verbal
- El desarrollo de tareas con altas exigencias de concentración o caracterizadas por su dificultad y complejidad

Estas molestias dependen lógicamente de un número bastante considerable de factores muy variables, lo que dificulta su evaluación objetiva. Entre los factores estudiados y demostrados que pueden desencadenar estas molestias cabe destacar los siguientes:

- El nivel, carácter temporal y espectral del ruido
- El posible contenido informativo del ruido
- El estado del individuo que percibe el ruido
- La personalidad del sujeto
- Diferentes factores de tipo psicosocial

Además de estos efectos negativos, en ciertas ocasiones puede tener un efecto beneficioso, como en el caso de los hilos musicales.

Ruido y comunicación verbal

El enmascaramiento producido por el aumento del nivel de ruido ambiente debilita nuestra capacidad de distinguir un ruido o sonido particular, pero esta capacidad no depende únicamente de la intensidad del sonido; otras circunstancias como la proximidad entre las frecuencias del ruido y las del sonido a distinguir, así como factores de tipo personal juegan un importante papel.

La inteligibilidad del habla humana

El lenguaje humano comprende frecuencias de 100 a 8000 Hz, siendo en la banda comprendida entre los 400 y los 3000 Hz donde se desarrolla la conversación normal, por lo que, de cara a la inteligibilidad, los ruidos serán menos molestos a medida que su frecuencia se aleje de este intervalo.

La efectividad o calidad de la comunicación hablada presenta múltiples particularidades, y el nivel de ruido equivalente no es una buena medida de esta característica. Debemos considerar también otra serie de parámetros:

Parámetros físicos:

- Nivel de presión sonora, distribución frecuencial y temporal de ruido ambiental
- Condiciones acústicas de la sala
- Distancia entre interlocutor y oyente
- Contacto visual entre comunicantes

Parámetros de tipo personal:

- Conocimiento y familiarización del oyente con el mensaje verbal (tamaño y selección del vocabulario, contexto semántico, etc...)
- Señales verbales efectivas (claridad de la articulación, esfuerzo vocal)
- Características de la audición del oyente (capacidad auditiva, audición direccional)
- Motivaciones del locutor y del oyente (expectativas, fatiga, estrés)

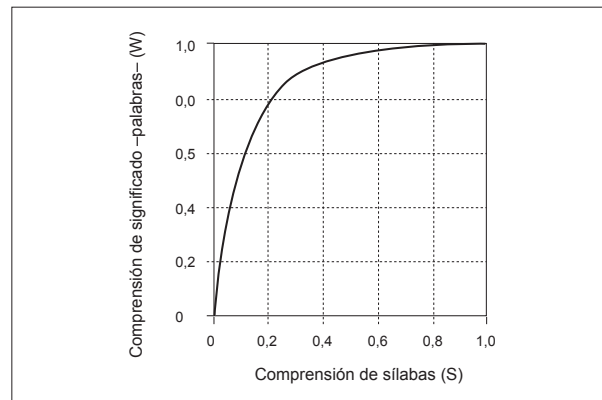


Fig. 5.10 (Fuente: *Work Places*, Eric Sundstrom)

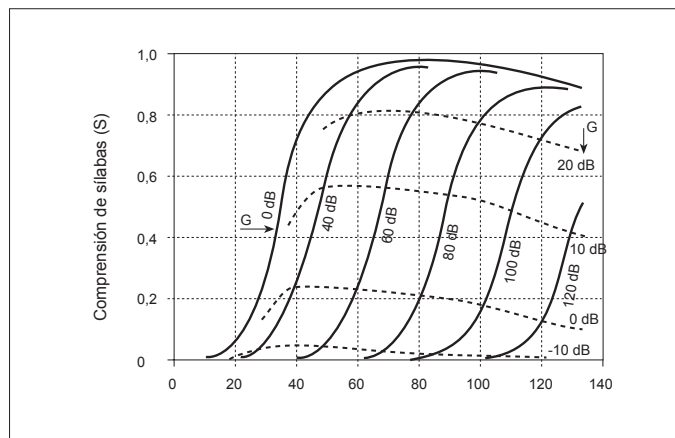


Fig. 5.11 (Fuente *Work Places*, Eric Sundstrom)

Niveles de inteligibilidad

No es necesario comprender todas las sílabas de una frase para comprender el mensaje. El grado de comprensión dependerá entre otros factores de la inteligencia individual, de la familiaridad con el lenguaje escuchado y de la obtención de información simultáneamente a través de otras fuentes como la vista. Por otra parte la comprensión de sílabas depende fundamentalmente de la diferencia entre el nivel del ruido de fondo y el nivel de la voz.

La comprensión de sílabas concretas frente a la de frases enteras viene reflejada en el siguiente gráfico.

Por otra parte, la comprensión de sílabas depende fundamentalmente de la diferencia entre el nivel del ruido de fondo y el nivel de la voz.

Ruido de fondo

Relación entre la comprensión de sílabas, el nivel de la voz y el nivel de ruido de fondo.

La experiencia demuestra que un nivel de comprensión del 93 al 97% de las frases es suficiente en la mayor parte de los casos, tanto en oficinas como en industrias, y por lo tanto la comprensión de la palabra no es clara mientras el nivel de ruido de fondo es menor como mínimo en 10 dB al nivel de la voz.

Para las situaciones en las que el tema de conversación no es familiar, con palabras difíciles, el nivel de comprensión de sílabas debe alcanzar el 80%, lo que implica una diferencia de 20 dB entre la voz y el ruido de fondo.

Los niveles de presión sonora medios dentro de una sala a la distancia de un metro son las siguientes:

- Conversación sosegada 60-65 dB
- Dictado 65-70 dB
- Orador de una conferencia 65-75 dB
- Profesor dando clase 70-80 dB
- Grito 80-85 dB

Esto significa que en conversaciones habituales en el interior de oficinas (65-70 dB a un metro), para que el mensaje sea comprendido claramente sin esfuerzo, el nivel de ruido de fondo no deberá superar 55 o 60 dB. Cuando la comunicación verbal es más difícil de entender porque contiene palabras desconocidas o no familiares, el ruido de fondo no debería superar de 45 o 50 dB.

Nivel de ruido dB(A)	Calidad de la comunicación
> 85	Insatisfactoria
70-85	Difícil
55-70	Ligeramente difícil
< 55	Satisfactoria

Tabla 5.11 Comunicación telefónica en ambientes ruidosos

En las oficinas situadas en la proximidad de vías de gran circulación, el ruido de fondo puede ser de 55 a 60 dB. Si las ventanas están abiertas, el nivel de ruido puede alcanzar 70 a 75 dB. Es por lo tanto aconsejable equipar estas oficinas de un sistema de climatización que permita mantener las ventanas cerradas de forma permanente. En las ciudades es el factor más importante en favor de la instalación de sistemas de climatización dentro de las oficinas.

Criterios de evaluación de la interferencia conversacional

ISO/TR 4870 - SIL (Speech Interference Level)

De los diferentes criterios objetivos que existen en la actualidad para relacionar los efectos del ruido sobre la interferencia conversacional, consideramos como el más práctico tomando como base su rigor técnico, facilidad de comprensión y sencillez de utilización, el método SIL (*Speech Interference Level* o Nivel de Interferencia Conversacional) como se define en la ISO/TR 4870 que relaciona, para distintos tipos de ruido y distancias de comunicación, la inteligibilidad de la palabra.

Este método presenta a su vez la gran ventaja de considerar para su aplicación las distintas situaciones relacionadas con los diferentes parámetros mencionados anteriormente y que influyen en la comunicación hablada:

Condiciones físicas:

- Tiempo de reverberación del local, para la frecuencia de 500 Hz, inferior a 2 segundos.
- La palabra es dirigida directamente al oyente.
- No se considera la posibilidad de lectura de la palabra en los labios.
- Se excluyen sistemas de transmisión electroacústicos.

Condiciones personales:

- Escucha biaural.
- El oyente tiene una capacidad auditiva normal.
- Los comunicantes están familiarizados con el mensaje verbal.
- El locutor tiene una articulación clara.
- El mensaje consta de monosílabos para poder considerar la situación más desfavorable.
- Disminución de la inteligibilidad de la palabra a elevados niveles sonoros.

Se define el índice SIL como la media aritmética de los niveles de presión sonora del ruido ambiente expresado en dB y medidos en la posición del oyente en las cuatro bandas de octava de centros de frecuencia 500, 1000, 2000 y 4000 Hz (frecuencias coincidentes con las frecuencias conversacionales), aunque a veces cuando no resulta posible realizar este análisis frecuencial se puede realizar una aproximación mediante la expresión:

$$LSIL = LN_{A,L} - 8 \text{ dBA}$$

donde

LSIL = Índice SIL en dB.

$LN_{A,L}$ = Nivel de presión sonora ponderado en dBA en la posición del oyente.

Para aplicar este método, se debe considerar el esfuerzo vocal realizado por el interlocutor y que viene definido por el nivel de presión sonora equivalente ponderado A de la palabra a 1 m de distancia de la boca del interlocutor, LSA , 1m. Este esfuerzo está influenciado por el nivel de ruido del ambiente en la posición del locutor de tal forma que existe un incremento automático del nivel de la palabra con el

nivel del ruido ambiente, efecto denominado Lombard, representado en la figura, donde el área rayada muestra la variabilidad de este efecto para distintos locutores.

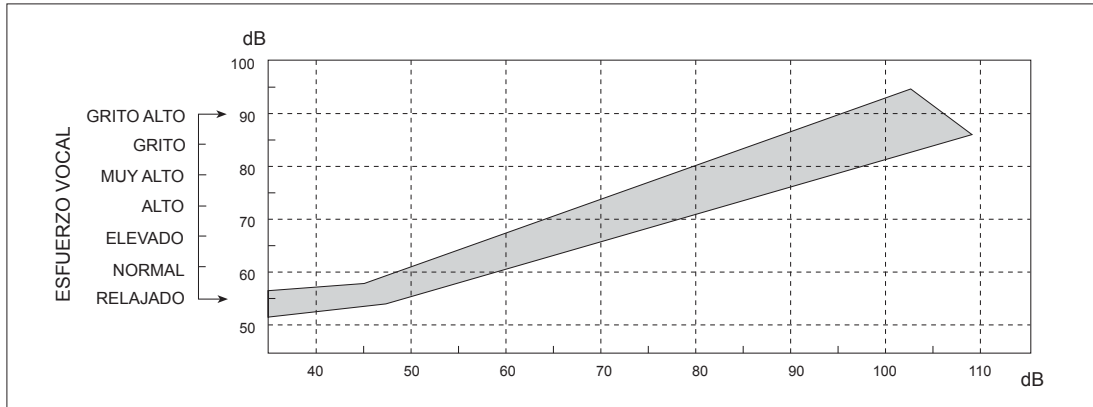


Fig. 5.12 Efecto Lombard (incremento automático del esfuerzo vocal en función del nivel de ruido ambiente)
(Fuente: *Work Places*, Eric Sundstrom)

En la figura 5.12 se aprecia el incremento automático del esfuerzo vocal con el nivel de ruido ambiente, el área rayada muestra la variabilidad de este efecto para distintos interlocutores.

La inteligibilidad de la palabra hablada vendrá dada por la diferencia entre el nivel conversacional (LSA, 1m) y el nivel de índice SIL, ambos en la posición del oyente, considerándose la comunicación satisfactoria si dicha diferencia es mayor o igual a 10 dB en la posición del oyente.

En la figura 5.13 se especifican las máximas distancias para las que la comunicación verbal es considerada como satisfactoria en relación al SIL y el esfuerzo vocal del locutor.

UNE 74-022 - Curvas NR (Noise Rating)

La familia de curvas NR normalizadas por la recomendación ISO-R-1966 y la Norma UNE 74-022 permiten establecer un criterio de tipo técnico para establecer los límites de aceptables de confortabilidad en actividades de interiores, con unos niveles de ruido de fondo más o menos estables.

TIPO DE INTERIOR	MÁRGENES DE CURVAS NR
Estudio de radio, salas de concierto	20
Clases, estudios TV, salas de concierto, despachos silenciosos	25
Salas de conferencias, salas de cine, iglesias, bibliotecas....	30
Despacho clásico	35 - 40
Restaurante	45
Locales de deportes, pull de secretarías, etc.	50

Tabla 5.12 Márgenes de curvas del criterio NR

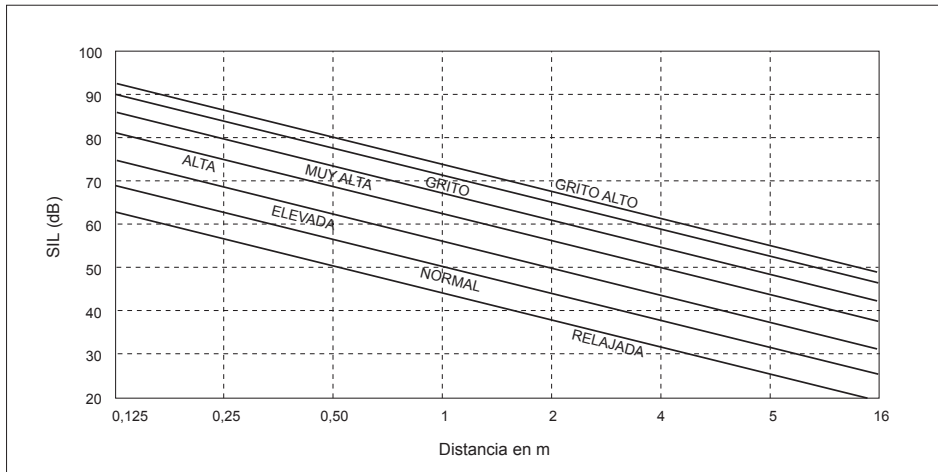


Fig. 5.13 Distancias máximas de comunicación verbal satisfactoria en relación al Nivel Interferencia Conversacional (SIL) y el esfuerzo vocal (Fuente: Eric Sundstrom)

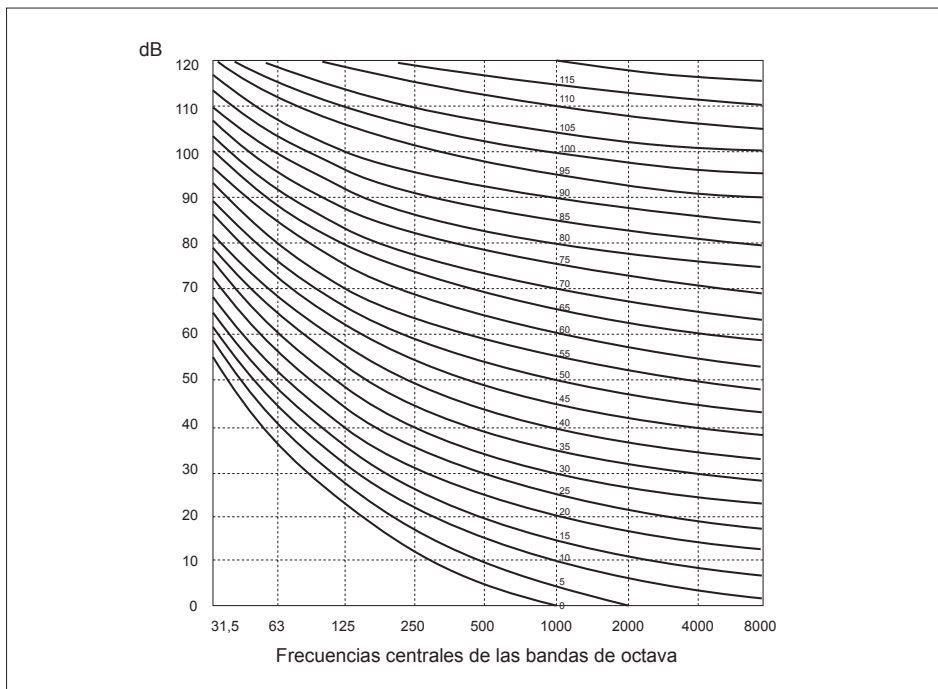


Fig. 5.14 Curvas NR (Curvas Noise Rating) (Fuente: Work Places, Eric Sundstrom)

Efectos del ruido sobre el rendimiento

La experiencia demuestra que el ruido perjudica nuestro nivel de concentración, dificultando la capacidad de pensar. Es por lo tanto razonable suponer que el ruido afecta negativamente al rendimiento. No obstante, es curioso constatar que estas observaciones sólo son confirmadas en parte por los estudios de campo. Las investigaciones dentro de esta área han dado resultados muy contradictorios; el ruido puede disminuir el rendimiento o bien alterarlo. No obstante, hay que resaltar que las investigaciones con resultados negativos para el rendimiento son mucho más numerosas.

En ciertas circunstancias apropiadas, el ruido puede estimular. Puede permitir mejorar el rendimiento en el caso de un trabajo aburrido y pesado, o bien, al contrario, cuando muchos elementos distraerentes están presentes, un solo ruido dominante puede concentrar la atención dispersa.

El ruido es percibido como un elemento perturbador, sobre todo cuando se trata de actividades que exigen una gran concentración:

- Los ruidos intermitentes o no familiares, sobre todo si son intempestivos, son más molestos que los ruidos continuos y familiares.
- Las altas frecuencias son más molestas que las bajas frecuencias.
- El ruido es especialmente molesto en los casos en que el trabajo exige una atención sostenida.
- El ruido es más molesto durante los períodos de aprendizaje que después, cuando el trabajo se vuelve más automático.
- Los ruidos con un cierto contenido informativo son más molestos que aquellos sin significado.

Propagación y control del ruido

El control de ruido es aquella técnica que tiene por objetivo obtener un aceptable ambiente de ruido para el receptor, concordando con aspectos operacionales y económicos.

El control del ruido no es lo mismo que la reducción del ruido. Aunque en la mayoría de las ocasiones, el control del ruido pasa por la reducción de éste, puede llegar a darse el caso de que una actuación de control de ruido desemboque en un incremento del ruido existente. Podría ser el caso del despacho de un directivo que está separado de la sala de espera por un tabique delgado, produciéndose un aislamiento tan pequeño que desde ésta pueden escucharse las conversaciones privadas. Una solución podría ser situar un potente aislamiento sonoro en el tabique, pero otra posibilidad sería incrementar el nivel de ruido en la sala introduciendo otras fuentes sonoras, como por ejemplo un hilo musical.

Control de ruido

En la defensa contra el ruido hemos de considerar tres aspectos:

- a) Reducir el ruido en su fuente.
- b) Procurar que los ruidos producidos no nos lleguen, mediante el aislamiento de la fuente sonora.
- c) Acondicionar el local, evitando las reverberaciones y resonancias excesivas.

La forma más evidente de protegernos del ruido consiste en alejarnos de la fuente sonora; cada vez que aumentamos al doble la distancia a la fuente sonora, el nivel sonoro disminuye en 6 dB. Así en las salas de diseño y todo local donde se efectúe un trabajo mental estarán situadas lo más lejos posible del ruido de la calle.

Protección contra las fuentes de ruido exteriores

Las causas más importantes del ruido exterior son la circulación, las industrias, la construcción y los vecinos. La única protección posible frente a este ruido es el aislamiento acústico, procurando que el ruido no nos llegue mediante la interposición de obstáculos reflectantes y/o absorbentes.

Para conseguir un adecuado aislamiento en un local determinado con respecto a los sonidos producidos en el exterior, y que pueden resultar molestos, lo más importante es el estudio de la capacidad de aislamiento y amortiguación del sonido de las paredes, techos y suelos que constituyen el local, así como los casos especiales representados por puertas, ventanas, huecos dedicados a paso de conducciones y uniones de unos elementos con otros.

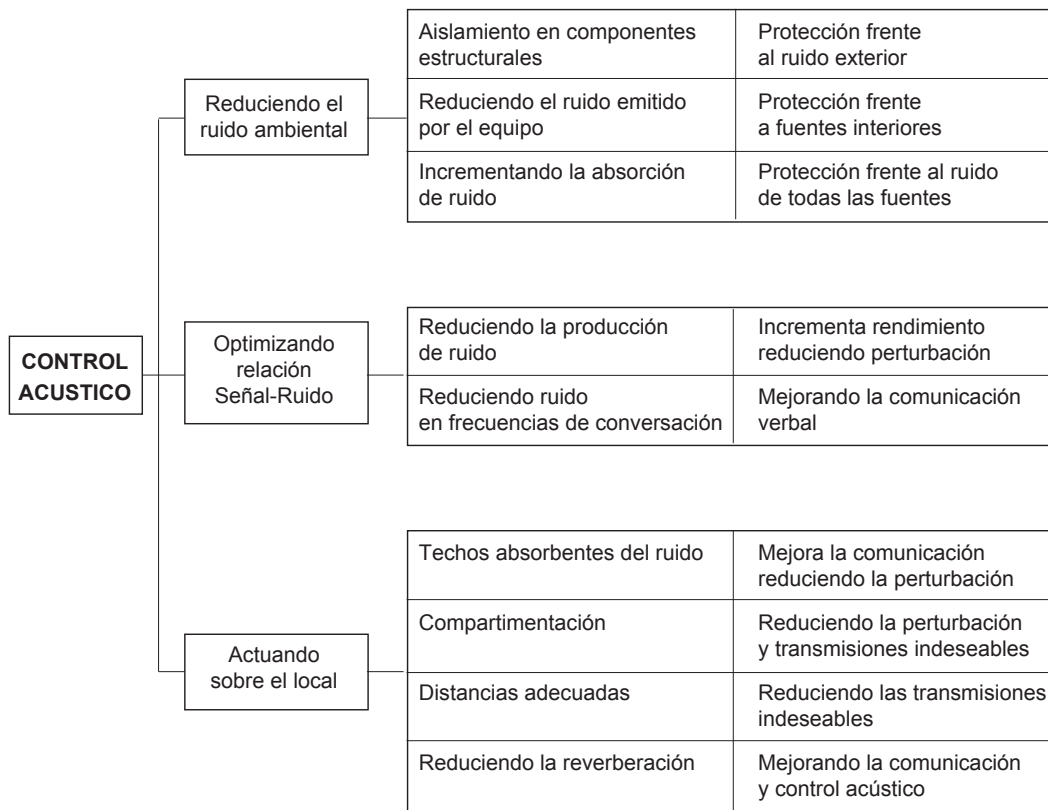


Tabla 5.13 Organización de las medidas necesarias de control acústico

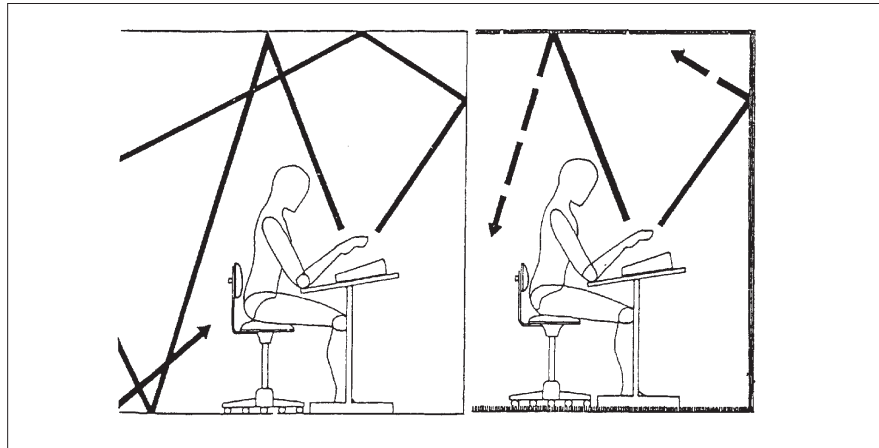


Fig. 5.15 Acondicionamiento acústico por absorción

Paredes simples con enlucido de 1.5 cm por ambas caras:	
Tabique de rasilla	25 dB(A)
Tabique de hueco sencillo	32 dB(A)
Tabicón de doble hueco	38 dB(A)
Tabicón de bloques de hormigón poroso de 20 cm	43 dB(A)
Tabicón de ladrillo macizo de 1/2 pie	47 dB(A)
Tabicón de ladrillo macizo de 1 pie	51 dB(A)
Paredes compuestas con enlucido de 1.5 cm en ambas caras:	
Muro de hueco doble- Mat.absorbente y hueco sencillo	53 dB(A)
Muro de 1/2 pie - Material absorbente y hueco doble	63 dB(A)
Muro de 1 pie de ladrillo macizo – Ídem	68 dB(A)
El aislamiento de los forjados (suelos y techos)	30-50 dB

Tabla 5.14 Valores de aislamiento acústico de paredes

Cuando el local tiene algún punto débil, como ventanas y puertas, el aislamiento global en la práctica se reduce al del punto de fuga, siendo estos elementos los que nos determinan el aislamiento total.

	hasta
Puerta simple con umbral sin obturación especial	20 dB
Puerta pesada con umbral y buena obturación	30 dB
Puerta doble con umbral sin obturación especial, hojas de maniobra independiente	30 dB
Puerta pesada doble con umbral y obturación	40 dB
Ventana simple sin obturación especial	15 dB
Ventana simple con obturación especial	25 dB
Ventana doble de caja sin obturación especial	25 dB
Ventana doble de caja con buena obturación	30 dB

Tabla 5.15 Aislamiento acústico de puertas y ventanas según DIN 4109

Vibraciones

Aunque en las oficinas sea un problema muy poco habitual, hay que tener en cuenta que en muchas ocasiones están situadas en el interior o proximidades de naves industriales, que pueden ser transmitidas al interior. Otra posible fuente de vibraciones son los equipos de calefacción, aire acondicionado etc.

La percepción de las vibraciones es causa de molestias, falta de confortabilidad y concentración para el desarrollo de algunas tareas, por todo lo cual conviene minimizarlas.

Para su evaluación se pueden utilizar los criterios establecidos en la norma ISO 2631 relativa a las afecciones producidas por las vibraciones transmitidas a través del cuerpo completo en el rango de 1 a 80 Hz, que para nuestro caso deberían encontrarse por debajo del límite de percepción, establecido en un nivel de aceleración de la vibración de 0,01 m/s².

Normas

- **Real Decreto 1316/1989**

El objeto de este Real Decreto es la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo, y particularmente los riesgos para el aparato auditivo. Y es consecuencia directa de la transposición de la Directiva 86/188/CEE relativa a la “Protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo”.

ISO TC 43 1971

Assessment of noise-exposure during work for hearing conversation purposes

- **Real Decreto 488/1997**

El objeto de este Real Decreto es presentar las disposiciones mínimas de seguridad relativas al trabajo que incluye pantallas de visualización, entre las que incluye las referentes al confort sonoro.

- **UNE 74022-91**

ISO-R-1966 Familias de curvas NR (Noise Rating)

- **UNE 74023-91**

ISO 1999:90 “Estimación de las pérdidas auditivas inducidas por el ruido”

- **UNE 74024-91**

ISO 2204 “Guía para la medida del ruido y su evaluación de los efectos sobre el hombre”

6. Confort térmico

A comienzos del siglo XIX era común creer que la falta de confort en las exposiciones al calor era debido a un "mal aire". Durante algún tiempo se pensó que el dióxido de carbono era el culpable, ya que un científico francés encontró inusuales concentraciones de este gas en locales de trabajo. Pero en 1862 apareció una nueva hipótesis: sustancias orgánicas tóxicas exhaladas por los pulmones y por la piel provocaban enfermedades. La anthroptoxin theory generó un intenso interés en los efectos de la ventilación, temperatura del aire y humedad.

La ventilación se hizo altamente crítica en las factorías durante el siglo XIX. Hasta entonces, la mayoría de los edificios eran estrechos y llenos de ventanas, por lo que los trabajadores nunca estaban lejos de las fuentes de aire fresco. Cuando la forma de las fábricas cambió, las ventanas no pudieron proveer de la adecuada ventilación a los trabajadores. Además de esto, nuevos procesos industriales trajeron más humo, polvo, elevando temperaturas, contaminando el aire, etc.

La evolución rápida de las tecnologías trajo una solución para los problemas emergentes: el extractor eléctrico. Tan pronto como se hizo habitual, los directivos de las fábricas se hicieron sensibles a sus beneficios.

Desgraciadamente, muchas factorías todavía disponían de una pobrísima ventilación, lo que representó una de las más importantes quejas a comienzos de siglo. Como respuesta a las presiones de las organizaciones de trabajadores, muchas empresas incorporaron sistemas de ventilación mecánica y los empresarios comprobaron que el hecho de mejorar la ventilación repercutía en mayores beneficios, e incluso algunos de ellos llegaron a concluir que ello les suponía un aumento del 10% en la producción.

Poco después de entrar en el siglo XIX, las luchas de los obreros ayudó en gran medida a este despertar, y se logró la financiación pública de las investigaciones en Estados Unidos y en Gran Bretaña; en 1913 la Comisión en Ventilación del Estado de New York comenzó un programa de experimentos científicos en diversas disciplinas, y la Comisión publicó sus resultados diez años después, concluyendo, entre otras cosas, que incluso las pequeñas desviaciones del rango de confort, de 20° a 24°, podían incapacitar para el trabajo físico.

En 1913 la Casa Británica de los Comunes mantuvo algunos juicios públicos sobre ventilación, que desembocó en la formación de la Industrial Fatigue Research Board. El primer informe de la misma contenía los resultados de estudios sobre la producción de platos de hojalata, y rechazaba las altas temperaturas. Un estudio posterior encontró que el calor estaba asociado con el descenso de la producción. Tal evidencia ayudó a convencer a los propietarios del valor que tenía una adecuada ventilación.

Los años 30 vieron la introducción del aire acondicionado refrigerado, que permitió a muchos edificios mantenerse confortables en temperatura y humedad en cualquier estación del año. El aire

acondicionado aumentó los sistemas de ventilación en algunas industrias, tales como las de bienes de consumo y dulces. En las empresas en la que el aire acondicionado tenía una recompensa menos relevante, fue implantado de un modo más progresivo.

El acondicionador de aire refrigerado tuvo un potente impacto en las oficinas. Como ya se ha dicho, hasta los años 30 la mayoría de oficinas estaban en estrechos edificios en los que los trabajadores siempre estaban cerca de ventanas que les facilitaban luz y aire. La luz eléctrica sólo resolvió la mitad del problema –los espacios interiores podían ser iluminados, pero estaban calientes y mal ventilados en los meses de verano. El aire acondicionado resolvía el último problema técnico de los altos edificios sin ventanas. Así pues, este tipo de edificio ya se hizo factible; consistía en varios pisos de amplias plantas, con temperatura y ventilación regulada por un dispositivo mecánico central.

El edificio en bloque de oficinas presenta serios problemas para mantener ambientes térmicos confortables. Con grandes ventanas, los edificios pueden ganar o perder calor mucho más rápido en su parte periférica que en la central. Como resultado, las temperaturas pueden variar considerablemente en el interior de un edificio, dependiendo del lugar. De alguna manera, los avances tecnológicos han complicado los problemas de mantener confortables temperaturas o ventilación. Cuando los edificios eran calentados por radiadores y enfriados por la apertura de ventanas, los empleados eran capaces de controlar sus propias condiciones ambientales. Con el sistema HVAC central, los controles están totalmente centralizados.

La investigación científica sobre las influencias psicológicas de la calidad del aire en el trabajo parecen ser prácticamente inexistentes. El tema principal es la polución del aire, o algún gas, polvo, bruma, vapor, o presencia de fibras además de sus constituyentes naturales (oxígeno, nitrógeno, vapor de agua, dióxido de carbono). Ciertos contaminantes del aire tienen efectos sobre la salud que están bien documentados.

Aunque los efectos psicológicos son muy poco conocidos, la polución del aire es aparentemente un problema muy significativo en fábricas y oficinas.

En 1977, Quality of Employment Survey, tomando una muestra de trabajadores en EE.UU., planteó que una tercera parte de las personas que trabajaban en oficinas lo hacían en condiciones desagradables de trabajo. Más del 6% de las quejas señalaban una pobre ventilación o a vapores nocivos específicos. En la misma encuesta se incluía una pregunta sobre la exposición a riesgos para la salud: un 40% de los encuestados contestaron que estaban expuestos a los riesgos de la polución del aire. El estudio BOSTI sobre trabajadores de oficina informó de que aproximadamente una cuarta parte comentaba que sus oficinas estaban “llenas de humo o con extraños olores” al menos “a veces” (1981).

La polución del aire en la oficina tiene efecto potencial de crear insatisfacción. BOSTI (1981) publicó que la gente cuyas oficinas adquirirían humo o se volvían olorosas, después de cambiar de oficina experimentaban una caída en la satisfacción con su entorno físico, en contraste con la respuesta de aquellos que no habían experimentado con las oficinas de pobre calidad de aire.

Un tipo de polución en el aire que crea especiales problemas es el humo del tabaco. Muchos no fumadores encuentran el humo como un agente agresivo. Un estudio incluso encontró que el humo del tabaco llevaba a los no fumadores a comportamientos agresivos con aquellos que sí lo son (Jones & Bogat, 1978). Louis Harris y Asociados (1980) encontraron que el humo del tabaco provocaba problemas a un alto porcentaje de los trabajadores de oficina. Una tercera parte dijo ser fumadora. De la mayoría no fumadora, el 25%, dijo que cuando sus compañeros fumaban cerca les molestaba en gran medida. Aproximadamente la mitad de los encuestados opinaban que el fumar debería ser prohibido en determinadas áreas. Sin embargo, el 94% de los ejecutivos que fueron preguntados

dijeron que el fumar no estaba limitado en sus compañías. Una minoría de trabajadores (fumadores) parece no reprimirse en contaminar la atmósfera de sus compañeros, por ello crean incomodidades para muchos. No es nada sorprendente que en la actualidad se hayan tomado medidas tan severas contra el tabaco en los Estados Unidos.

La polución del aire, o la percepción de que existe, puede crear estrés entre los empleados que creen que ésta puede ser nociva para su salud. El estrés puede ser particularmente elevado en aquellos que no tienen control sobre la polución. Sin embargo, la adaptación disminuye el impacto estresante del aire contaminado tras una exposición continua, aunque podríamos llamar a esta "adaptación" adicción adquirida involuntariamente.

Algunos estudios han mostrado que ciertos agentes contaminadores del aire, como el monóxido de carbono, pueden afectar muy negativamente en el rendimiento de las tareas.

Resumiendo, la evidencia sugiere que la polución del aire presenta un problema general, especialmente en oficinas, pero su impacto psicológico ha sido poco estudiado. La contaminación del aire conlleva insatisfacción y disgusto, y puede crear estrés si se ve como un peligro. Algunos tipos de contaminación afectan a algunos tipos de tareas. El humo del tabaco es una fuente de contaminación.

A medida que las condiciones se desvían del rango de confort, los trabajadores experimentan insatisfacción durante un período de tiempo antes de verse afectado el rendimiento en su tarea. Los problemas de confort son complicados por las consistentes y sustanciales diferencias entre las

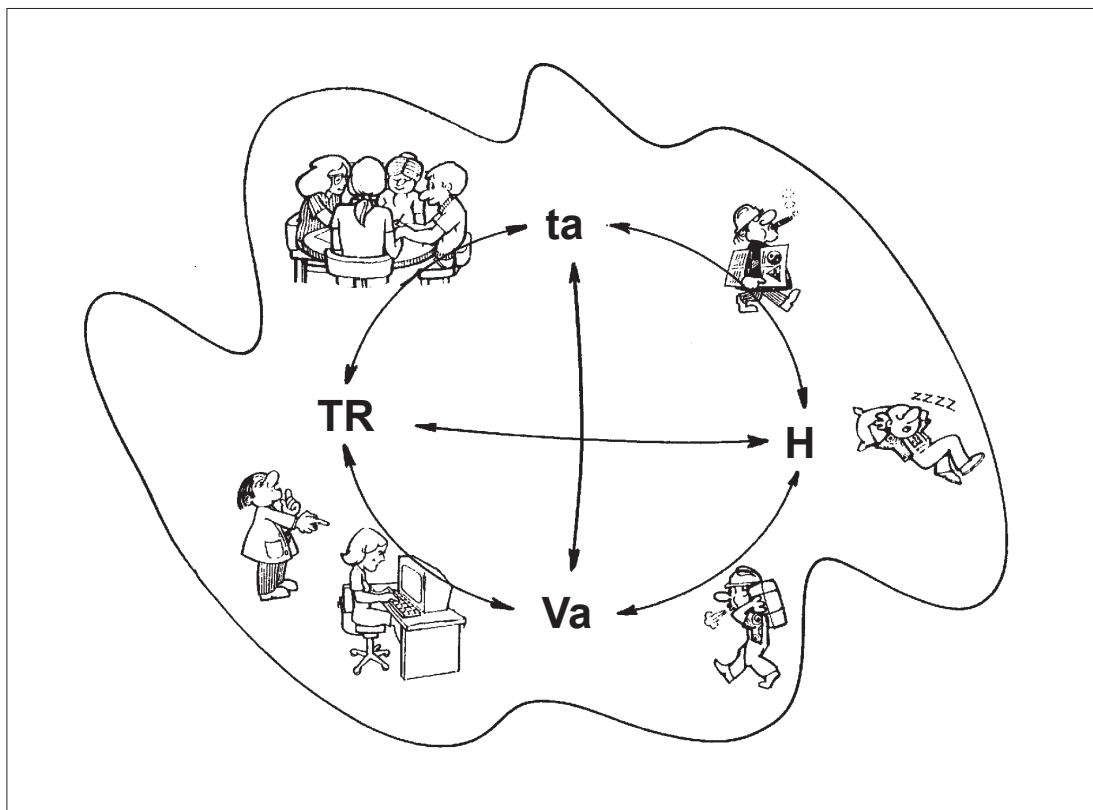


Fig. 6.1 Factores de ambiente térmico

opiniones de individuos por lo que se refiere a condiciones climáticas. De hecho, es prácticamente imposible que en una oficina o fábrica no se manifieste ninguna queja en cuanto al ambiente térmico.

Aunque en el trabajo administrativo ni la actividad desarrollada, ni las condiciones ambientales por lo general son lo suficientemente penosas (salvo situaciones muy puntuales) como para desequilibrar el sistema termorregulador u ocasionar daños para la salud, esto no impide que los trabajadores manifiesten a menudo su disconformidad con el ambiente térmico.

Aquellos empleados a los que se les ven desatendidas sus quejas pasan a sufrir una insatisfacción no sólo con el entorno físico, sino también con la empresa responsable que parece insensible a sus necesidades. Así pues, el entorno físico puede desembocar en un grave problema si no se le presta la atención adecuada.

Un ambiente térmico confortable en la oficina es esencial para sentirse bien y para obtener el máximo de eficacia. Así, la sobrecarga calórica provoca un estado de cansancio y de somnolencia, una disminución del rendimiento y una gran predisposición a cometer errores, sobretodo después de las comidas. A la inversa, un ambiente demasiado frío hace que se desarrolle un estado de agitación que entraña una reducción de las capacidades de vigilancia y concentración en los casos de trabajo mental.

Sobrecarga térmica y tensión térmica

Cuando el ambiente térmico provoca tensiones en el organismo al obligar a éste a activar mecanismos de defensa naturales para mantener su temperatura interna dentro de su intervalo normal, constituye una sobrecarga. Las sobrecargas térmicas (por calor o por frío) provocan en el hombre las tensiones térmicas (por calor o por frío).

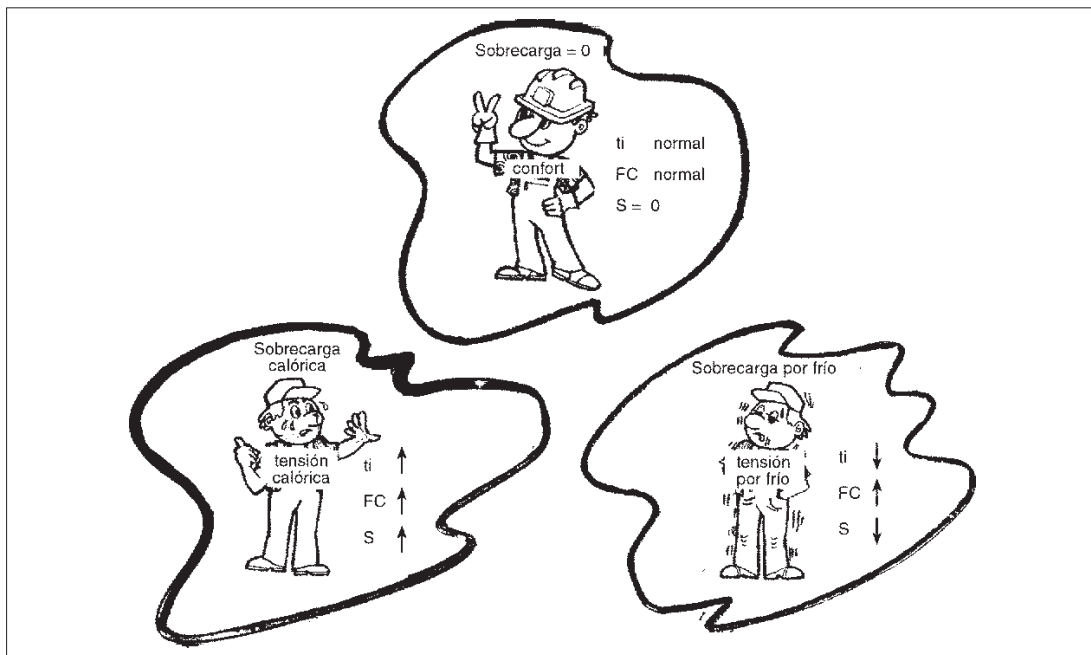


Fig. 6.2 Sobrecarga térmica y tensión térmica

La sobrecarga calórica (Heat Stress) es la causa que provoca en el individuo el efecto psicofisiológico denominado tensión calórica (Heat Strain); mientras que la sobrecarga por frío (Cold Stress) es la causa que provoca el efecto psicofisiológico denominado tensión por frío (Cold Strain).

A efectos prácticos, se considera que el ambiente térmico puede ser de cuatro tipos:

- 1) de bienestar o confort;
- 2) permisible;
- 3) crítico por calor
- 4) crítico por frío.

Las condiciones de bienestar o confort son las óptimas; el sujeto se encuentra satisfecho y su temperatura interna se mantiene dentro de los límites fisiológicos normales sin tener que efectuar para ello ajustes de adaptación a un medio más o menos hostil.

Las condiciones permisibles, aunque el organismo logra el balance o equilibrio térmico, obligan a efectuar determinados ajustes fisiológicos para conservar su temperatura interna dentro de sus límites normales, provocando esto una tensión térmica más o menos severa, según la sobrecarga térmica existente, la ropa, la actividad y sus características personales. Estos ajustes, aún alcanzando el balance térmico, al menos provocarán molestias psicológicas, aunque teóricamente, defenderán a las personas de la agresión ambiental y no existirán daños fisiológicos.

En las condiciones críticas, ya sea por frío o por calor, no se alcanza el balance térmico entre el ambiente y la persona. En ambiente crítico por frío la temperatura corporal bajará continuamente hasta provocar la muerte si el sujeto permanece expuesto al mismo, mientras que en el ambiente crítico por calor la temperatura corporal se elevará continuamente con el mismo resultado fatal, si el individuo permanece expuesto el tiempo suficiente.

En el gráfico que se muestra en la figura siguiente aparece la curva aproximada que relaciona la sobrecarga térmica con la tensión térmica en un hipotético sujeto.

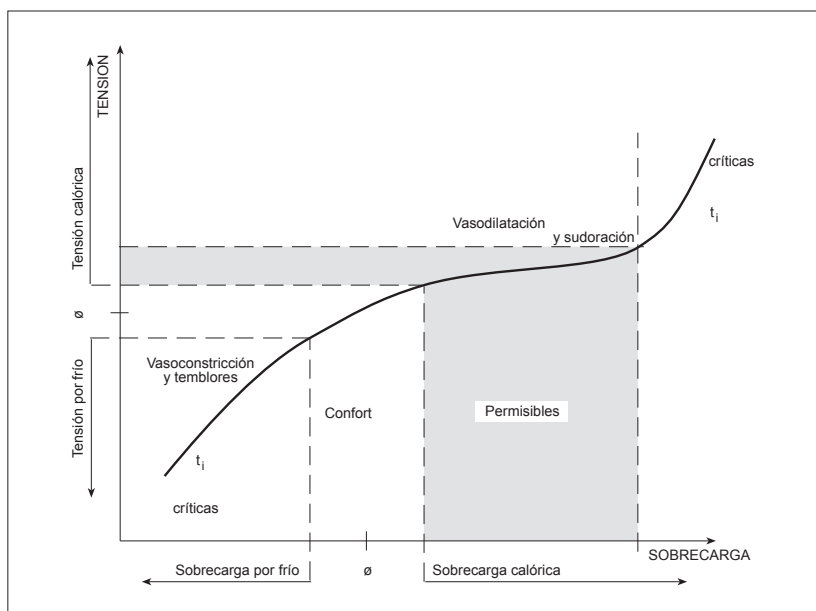


Fig. 6.3 Curva de sobrecarga confort-tensión, aproximada, de un sujeto

Curva sobrecarga-confort-tensión aproximada de un hipotético sujeto

Sin embargo, todos los individuos no reaccionan igual frente a la misma sobrecarga térmica y lo que para unos puede constituir un ambiente severo, para otros pudiera no serlo tanto, tal como se observa en el gráfico siguiente.

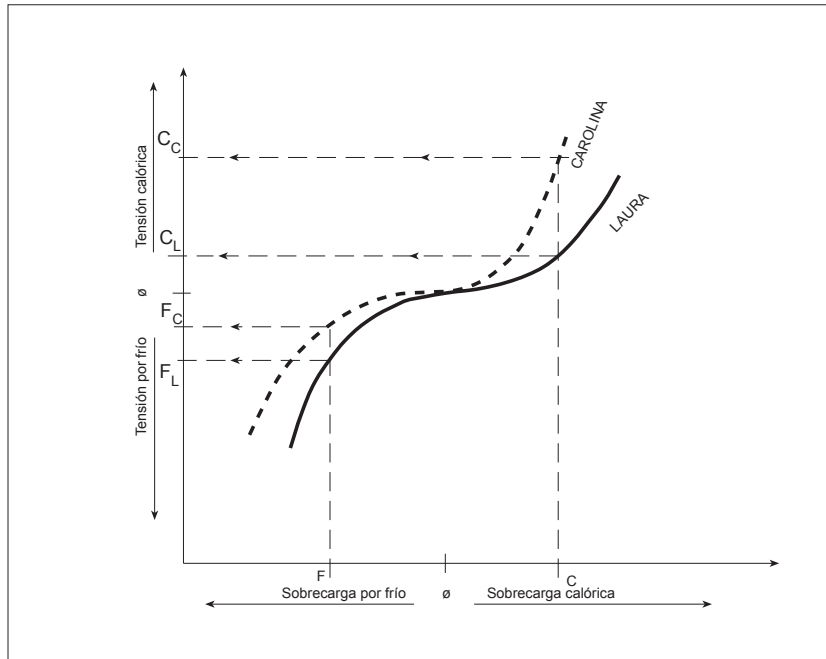


Fig. 6.4 Gráfico con las curvas de sobrecargas y tensiones calóricas y por frío de Laura y Carolina

Gráfico con las curvas de sobrecargas y tensiones calóricas y por frío de Laura y Carolina

Obsérvese que ante una sobrecarga calórica C Laura reacciona con una tensión calórica C_L y Carolina con una tensión calórica C_C mucho mayor que la de Laura (para C: C_C >> C_L); mientras que ante la sobrecarga por frío F, Carolina enfrenta mejor la situación pues responde con una tensión por frío F_C y Laura peor, con una tensión por frío F_L (para F: F_C << F_L).

En el caso de las oficinas, difícilmente se alcanzan situaciones críticas y en caso de ocurrir esto, se hace tan imposible continuar la labor mental que el individuo se ve obligado a abandonarla. La exposición a ambientes calurosos severos e incluso poco severos, desde el punto de vista conductual y especialmente en trabajos de oficina, provoca la pérdida de motivación por la actividad, disminución de la concentración y de la atención, con el incremento de los errores y disminución de la calidad del trabajo y del rendimiento, que puede, según algunos autores, decaer hasta en un 40%, mientras que la exposición excesiva a ambientes fríos puede provocar malestar general, torpeza manual, elevación del umbral táctil y en consecuencia, errores, etc.

Sin embargo, los trabajadores instaladores y de mantenimiento que deben realizar labores mentales y físicas en oficinas (instalaciones de luminarias, ventilación, instalaciones de líneas de ordenadores, etc), incrementan su tensión térmica debido a su mayor metabolismo del trabajo y en consecuencia son más afectados.

Los mecanismos fisiológicos de la termorregulación son eficientes, y en los casos en que las condiciones microclimáticas y la actividad metabólica no permitan un confortable balance térmico entre el cuerpo y el entorno, se puede desarrollar una tensión más o menos importante según la situación, con el fin de tratar de alcanzar un equilibrio térmico aceptable, aunque creando incomodidades, fatiga, disminución de la capacidad física y de la capacidad mental. De no lograrse tampoco este balance térmico aceptable o permisible porque los mecanismos fisiológicos resultaran insuficientes para resolver el conflicto, la salud de la persona quedaría afectada al incrementarse o disminuir la temperatura corporal fuera de los límites del intervalo considerado normal.

El mantenimiento de la temperatura corporal dentro de los citados límites es el resultado del equilibrio entre ganancias y pérdidas de calor del cuerpo situado dentro de un microclima determinado: si las ganancias superan a las pérdidas, el calor se acumulará en el organismo y la temperatura de éste tenderá a elevarse constantemente hasta alcanzar valores críticos que, de no variar la situación, pueden poner en peligro la vida. Si a la inversa, las pérdidas superan a las ganancias, el organismo irá perdiendo calor y su temperatura disminuirá hasta valores críticos que pueden dar al traste con la supervivencia.

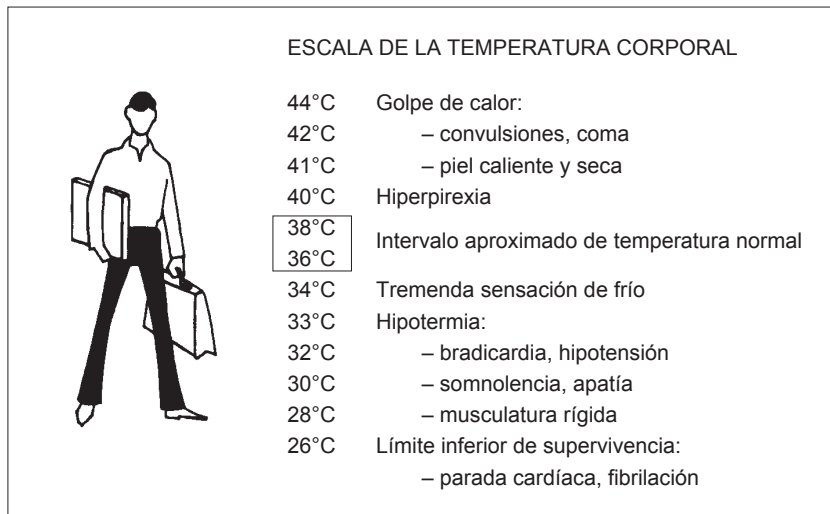


Fig. 6.5 Intervalo de temperaturas del cuerpo humano con límites superior e inferior de supervivencia

Intervalo de temperaturas del cuerpo humano con límites superior e inferior de supervivencia

Independientemente de que las labores con importante carga mental (cálculos, análisis, procesamiento de información, etc) deben ser efectuadas en condiciones de confort (térmico, acústico, visual, etc), la permanencia de la persona en condiciones de confort térmico de forma permanente durante las veinticuatro horas del día, es perjudicial para su salud. El organismo necesita estar entrenado y utilizar sus mecanismos de adaptación dentro de límites razonables, de lo contrario, al perderlos por falta de uso, quedaría indefenso ante posibles situaciones inesperadas, además de perder la posibilidad de continuar desarrollándose como ser vivo.

La sudoración, por ejemplo, es necesaria no sólo para lograr el balance térmico, sino como un mecanismo eliminador de residuos metabólicos y un acondicionador de la piel. Como el deportista desarrolla su cuerpo entrenándose hasta el estrés, el intelectual desarrolla sus capacidades mentales ejercitando su profesión también hasta el estrés, porque las tensiones son imprescindibles para el

desarrollo. Además, la sensación de bienestar no es patrimonio exclusivo de las condiciones de confort térmico; cuando un deportista se está entrenando o está en competición, a pesar de que su temperatura interna se eleva y su organismo está sometido a tensión calórica, siente determinada satisfacción y hasta euforia, de las que no son ajenas las endorfinas que segrega su organismo: es el caso de la “enigmática sonrisa” de los corredores de largas distancias.

Mecanismos fisiológicos de la termorregulación

El centro encargado de regular las temperaturas en todas las partes del cuerpo radica en el hipotálamo, el cual se informa de la situación térmica en cualquier parte del organismo mediante los sensores que a manera de corresponsales están distribuidos por todo el organismo enviando sus “informes” al centro termorregulador a través del sistema nervioso periférico aferente. A su vez, el centro emite sus órdenes reguladoras a través del sistema eferente.

Sobrecarga calórica

En condiciones de sobrecarga calórica el centro termorregulador ordena al sistema cardiovascular incrementar el flujo sanguíneo cargado del exceso de calor interno hacia los vasos capilares de la piel. De esta forma la piel aumenta su temperatura facilitando la evacuación de calor hacia el entorno por convección y por radiación.

Si las pérdidas de calor por convección y radiación no resultasen suficientes para evitar el incremento de la temperatura corporal, el Centro ordena a las glándulas sudoríparas el iniciar la segregación de sudor, con el objetivo de que su evaporación provoque la evacuación del calor excesivo de la piel entregado por la sangre que fluye por los capilares cargada del calor interno excedente. La sudoración de por sí no garantiza la evacuación del calor de la piel, sino que es la evaporación del sudor, la cual no depende del individuo, sino de la humedad contenida en el aire circundante, de la calidad y cantidad de la ropa y de la velocidad relativa del aire respecto a la persona.

La excesiva sudoración en ambientes calurosos durante largos períodos de tiempo puede resultar perjudicial, ya que implica una pérdida de agua y de sales, como el cloruro de sodio, que de no ser repuestas provocará importantes daños en el organismo. Si por otra parte el ambiente es muy húmedo y el sudor no se evapora o se evapora poco, la piel mojada frena la sudoración que puede llegar a ser inútil y un elemento adicional de malestar por su goteo, por el desgaste, etcétera. Pero aun en un ambiente que facilite la evaporación del sudor, si la piel está mojada el rendimiento evaporativo sólo será del 50%, mientras que si está seca será del 100%.

Se puede considerar 390 W/m^2 un límite fisiológico máximo aceptable de ritmo de sudoración (S_{max}) sostenido durante ocho horas de exposición para sujetos normales (Olesen, 1985), lo que representa, aproximadamente, 1 litro de agua por hora para una persona con una superficie corporal de $1,8 \text{ m}^2$. En caso de evaporarse este litro de sudor sobre la piel haría perder al cuerpo unos 2428,46 kJ.

La temperatura corporal y la frecuencia cardíaca se incrementan, acarreado malestares, desinterés por la actividad y sed. Cuando las pérdidas de agua alcanzan entre los 2 y los 4 litros, la capacidad de trabajo físico disminuye notablemente y se producen serias afectaciones fisiológicas. Strydom (1976) señala que la vitamina C estimula la sudoración y recomienda su utilización para estimular el proceso de aclimatación, considerando que su carencia retarda ese proceso y su presencia lo acelera. Strydom et. al. (1976) indican que el consumo de 250 mg de vitamina C al día permite reducir el tiempo de aclimatación promedio de 8,7 días a 5,2 días. Tampoco puede olvidarse que las cremas y lociones pueden actuar negativamente impidiendo o disminuyendo la evaporación del sudor.

De los diferentes componentes del sudor, el sodio es el más importante, cuya carencia puede ocasionar mayores perturbaciones. Una insuficiencia de cloruro de sodio, o una ingestión excesiva de agua, conduce a estados de excitación. En los ambientes de calor intenso, tomar grandes cantidades de agua de una sola vez, puede provocar estados de excitación con accesos de cólera. Se origina además un ensanchamiento de los vasos de la piel y una intensa hipersensibilidad subjetiva al calor aún permaneciendo normal la temperatura del cuerpo, y la frecuencia cardíaca se eleva excesivamente sin que existan condiciones exteriores que lo justifiquen.

De todo lo anterior se desprende la necesidad de acceder, sin restricciones, al agua potable y fresca cuando se está expuesto a ambientes calurosos y tener presente que la sed no es siempre un estímulo suficiente para la reposición de las cantidades hídricas perdidas, sobre todo cuando se alcanzan edades por encima de los cuarenta años, por lo que se requiere disciplinar al individuo en la ingesta frecuente de cantidades racionales de agua, no abundantes de una sola vez (100 - 200 cc).

Sobrecarga por frío

En condiciones de sobrecarga por frío el centro termorregulador ordena disminuir el flujo sanguíneo de la piel, que puede llegar hasta casi cero, lo que provoca el enfriamiento de la piel, evitando así pérdidas de calor y propiciando la conservación necesaria del calor interno. Si a pesar de ello el cuerpo continua perdiendo calor, se inician los temblores (tiriteo), que no son otra cosa que un ejercicio físico involuntario para generar calor mediante el incremento de la actividad metabólica (por tal motivo, los temblores pueden ser sustituidos por un ejercicio físico volitivo), se incrementa la producción de calor interno por la excitación simpática dirigida a la secreción de adrenalina y noradrenalina que permite la oxidación de los alimentos sobrantes sin sintetizar ATP y produciendo así sólo calor, y se inicia la secreción de tiroxina.

Sin embargo, si a pesar de esto el cuerpo continúa perdiendo calor y su temperatura llega a ser inferior a los 34,5 °C, el hipotálamo pierde parte de su capacidad de control de la temperatura corporal; si alcanza valores inferiores a los 29,5 °C, lo pierde totalmente, cesando los mecanismos de adaptación: las células van disminuyendo su producción de calor y cesan los útiles temblores (tiriteo). No obstante el organismo aún intenta salvar la situación cuando su temperatura desciende hasta casi la congelación enviando sangre caliente hacia la piel. La piloerección, mecanismo muy útil en muchos animales, carece de efectividad en el ser humano.

Factores que influyen en el estrés térmico

No resulta sencillo determinar los efectos de la exposición al calor o al frío, pues algunos factores son difíciles de identificar y evaluar. Al efectuar experimentos con grupos de personas expuestas a condiciones de sobrecargas térmicas, sucede que las reacciones resultan muy variadas y en muchos casos completamente diferentes. Esto puede ser, simplemente, consecuencia de las diferencias fisiológicas entre sujetos (aclimatación, edad, aptitud física, sexo, constitución corporal, etcétera). Pero también pueden intervenir otros factores personales más sutiles, como es el estado físico de las personas, que puede variar en unas horas por múltiples causas. En pruebas efectuadas con grupos de personas sometidas a diferentes condiciones térmicas, se ha encontrado que la misma persona y bajo idénticas condiciones de vestimenta y actividad, ante un ambiente térmico que el día o días anteriores le pareció confortable, ahora lo halló ligeramente frío o ligeramente caluroso.

Experimentos efectuados (Fanger, P. O., Hojbjerg, J. & Thomsen, J.O.B., 1973) con dieciseis sujetos durante un ambiente simulado de ocho horas de trabajo de una actividad sedentaria, con una vestimenta de 0,6 clo, velocidad relativa del aire menor de 0,1 m/s, humedad relativa del 50% y

temperatura radiante media igual a la temperatura del aire, muestran que la temperatura ambiental preferida oscila ligeramente siguiendo el ritmo circadiano de la temperatura interna del cuerpo, con tendencia a preferir temperaturas algo superiores (de casi 1,5 °C) entre las 12 y las 13 horas, en relación con las 9 y 10 horas.

Por otro lado, según investigaciones realizadas por la Universidad de Kansas no existen diferencias entre las condiciones de confort preferidas entre el invierno y el verano.

Sexo

Por lo general las mujeres muestran mayores dificultades para soportar la sobrecarga calórica que los hombres, sobre todo cuando están embarazadas. La menor capacidad cardiovascular de la mujer hace que se aclimate peor. Su temperatura de la piel, la capacidad evaporativa y su metabolismo son ligeramente inferiores a las de los hombres.

Respecto a la temperatura de confort preferida, experimentos realizados con 520 mujeres y la misma cantidad de hombres muestran diferencias mínimas: Nervins da como valores de referencia 25,8 °C para las mujeres y 25,4 °C para los hombres, mientras que Fanger & Langkilde dan 25,1 °C para las mujeres y 25,0 °C para los hombres. Según B.W. Olesen, estas pequeñas diferencias pueden deberse a que las mujeres utilizan ropas más ligeras.

Constitución corporal

Las personas corpulentas están en desventaja en ambientes cálidos pero en ventaja en los ambientes fríos, frente a las personas menos corpulentas. Esto se debe a que la producción de calor de un cuerpo es proporcional a su volumen (W/m^3), mientras que la disipación es proporcional a su superficie (W/m^2), por lo que, a medida que aumenta el tamaño corporal la relación superficie-volumen se hace cada vez menor, dado que la superficie crece con el cuadrado de sus medidas y el volumen crece al cubo. Sin embargo, un trabajador corpulento está en ventaja cuando está expuesto a grandes cambios de temperatura para temperaturas extremas que actúen sólo durante un tiempo relativamente corto, por el efecto amortiguador del cuerpo, que es mayor cuanto menor sea la relación S/V .

Edad

Con la edad los mecanismos termorreguladores del organismo se hacen menos eficientes. La frecuencia cardíaca máxima y la capacidad de trabajo físico disminuyen, y la producción de calor metabólico correspondiente a una determinada cantidad de trabajo aumenta poco o nada con la edad.

En ambientes muy calurosos, las personas de más edad tropiezan con más dificultades que las jóvenes para disipar la carga calorífica, al parecer, debido a un retraso en la respuesta de sudoración, que se muestra lenta, y a una disminución de la capacidad de disipar calor, dando como resultado un almacenamiento superior de calor durante la actividad y un aumento del tiempo necesario para la recuperación.

Respecto a preferencias de la temperatura ambiental, según Collins & Hoinville (1972), no existen diferencias notables entre jóvenes y viejos. Seguramente el metabolismo menor en las personas de más edad compensa la menor pérdida de calor por evaporación.

La ropa

Otro factor muy importante es la ropa, que modifica la interrelación entre el organismo y el medio al formar una frontera de transición entre ambos que amortigua o incrementa (según el caso) los efectos del ambiente térmico sobre la persona.

La importancia de la vestimenta es conocida por el hombre ancestralmente, y antes de convertirse en un accesorio de elegancia y distinción, en anzuelo sexual, atributo de jerarquía y poder, moda y negocio de pasarela, fue un mecanismo de protección frente al ambiente térmico.

La ropa ejerce un apantallamiento protector ante el calor radiante del sol o de un horno; y en caso de frío limita el contacto de la piel con el aire frío, formando un colchón de aire caliente (calentado por el cuerpo) entre el aire frío y la piel y limita la velocidad del aire frío sobre la piel.

Pero, por otro lado, en ambientes calurosos la ropa dificulta la evaporación del sudor, cuya necesidad depende del tipo de calor: en caso del calor seco de los desiertos, la ropa constituye, además de una pantalla protectora contra la radiación calórica, una necesidad imprescindible para evitar la deshidratación del cuerpo por una excesiva evaporación del sudor, ya que el aire seco, ávido de agua, absorbe el sudor del hombre en grandes cantidades y muy rápidamente. Esto explica la voluminosa vestimenta que utilizan los hombres del desierto.

Sin embargo, en el caso del calor húmedo, como es el calor tropical, donde el aire tiene una importante carga de humedad que dificulta la evaporación, la ropa la frena aún más, al contrario del calor del desierto, donde es importante cubrirse lo más posible. En el trópico el vestido debe ser ligero o ninguno, como se estilaba.

Etnia

Las diferencias étnicas frente al calor son sumamente sutiles y no se ha podido comprobar que el color de la piel tenga efectos importantes en la absorción de las radiaciones infrarrojas. Por otra parte, cuando sujetos nórdicos, por ejemplo, se exponen por primera vez a los climas calurosos del trópico, sus organismos sufren notablemente, hasta que se aclimatan, por lo que seguramente las diferencias se deban más a problemas de aclimatación.

En el caso de las etnias de pieles oscuras que teóricamente deben absorber más las radiaciones infrarrojas, al parecer esto está contrarrestado por una preparación mayor frente a los climas calurosos exteriores lograda por la evolución y, por otro lado, sus pieles también están más preparadas para enfrentar mejor las radiaciones ultravioletas del sol que, como las radiaciones visibles, sobre todo las azules y violetas, son portadoras de tanto o más calor que las infrarrojas, por estar la temperatura superficial del sol alrededor de los 6200-6500 K, esto se explica por el desplazamiento que sufren los valores máximos de las curvas de energía radiante, según la Ley de Wein.

Por cierto, en el caso de las oficinas la Ley de Wein es un fenómeno a considerar, pues si bien es cierto que los vidrios de las ventanas impiden o limitan la entrada de los rayos ultravioletas del sol, no impiden el paso de la luz solar que calienta el local (superficies y aire) notablemente. Una oficina con aire acondicionado y con ventanas con vidrios crea un ambiente “raro” para nuestro organismo. Suponga que la temperatura del aire es 18 °C, pero la temperatura radiante media provocada por la luz del sol en la piel es 40 °C; ¿qué hace el hipotálamo? Aquí aparecen las dificultades para la salud. Lo más seguro es apantallar por fuera de la ventana mejor que por dentro.

Indicadores fisiológicos de la tensión calórica

Los indicadores fisiológicos de la tensión calórica generalmente más utilizados son:

1. la frecuencia cardíaca (Fc)
2. la temperatura interna (ti)
3. la pérdida de peso por sudoración (S)

El gráfico que se muestra a continuación permite observar el comportamiento de estos tres parámetros en el caso específico de un sujeto.

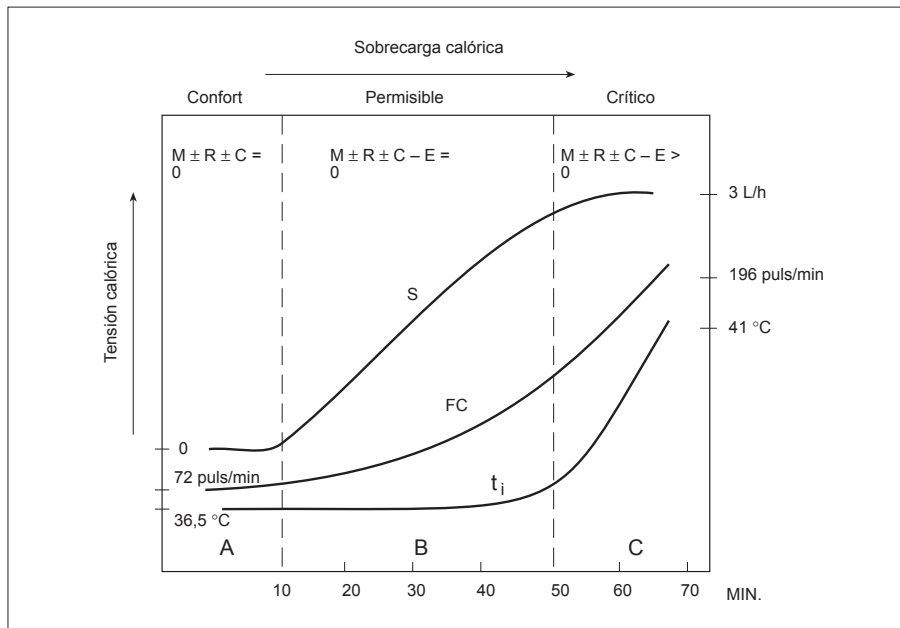


Fig. 6.6 Comportamiento de los indicadores fisiológicos de la tensión calórica mediante un ejemplo (adaptado de WHO 1969)

Comportamiento de los indicadores fisiológicos de la tensión calórica mediante un ejemplo

- I. Manolo es un hombre joven y aclimatado que está realizando una actividad física ligera-moderada en un ambiente de confort térmico. No necesita sudar para mantener su balance térmico ($S = 0$), su frecuencia cardíaca (Fc) se mantiene estable con 72 puls/min y su temperatura interna (t_i) es de 36,5 °C.
- II. A los 10 minutos se manifiesta una sobrecarga calórica intensa al incrementarse su actividad física, o al pasar a un ambiente caluroso o ambas cosas a la vez, y su organismo reacciona con una tensión calórica proporcional a la nueva situación: se inicia una sudoración intensa y la frecuencia cardíaca comienza a elevarse rápidamente, aunque la temperatura interna de Manolo sólo aumenta muy ligeramente, porque ahora fluye más sangre cargada de calor hacia la piel para disiparlo por radiación y por convección, y su sudoración creciente se evapora aliviando la situación de tensión. No obstante, a los 45 minutos el ritmo de sudoración comienza a estabilizarse, debido a que se acerca a su límite fisiológico máximo, provocando esto un incremento más acentuado de la frecuencia cardíaca y otro incremento más acentuado aún de la temperatura interna.
- III. A los 50 minutos su ritmo de sudoración casi se ha estabilizado, por lo que su frecuencia cardíaca se incrementa aún más y su temperatura interna da un salto muy acentuado. A los 55 minutos la sudoración ya se ha estabilizado en 3 litros/hora, la frecuencia cardíaca ha superado las 196 puls/min y la temperatura interna ya alcanza los 41 °C: la situación es crítica y si no se detiene la actividad y la exposición al calor los daños en Manolo serán irreversibles.

La frecuencia cardíaca puede considerarse como un indicador sencillo de la carga que impone al sistema circulatorio la acumulación de calor, incluso para tensiones térmicas ligeras y moderadas. Este indicador permite evaluar la tensión calórica que provoca la sobrecarga calórica en las personas en su entorno habitual de actividades, midiendo la frecuencia cardíaca con las mismas actividades, pero bajo condiciones de confort térmico, y comparando los resultados con la frecuencia cardíaca bajo las condiciones habituales de sobrecarga calórica.

Sin embargo, hay que tener en cuenta, a la hora de decidir su utilización como indicador, que la frecuencia cardíaca también se incrementa con el trabajo, la postura, los estados emocionales, incluso los provocados por el propio acto de medición, estados patológicos, y sutiles acontecimientos inesperados durante las mediciones.

La medición de la frecuencia cardíaca es relativamente simple y se puede efectuar durante la actividad del individuo sin alterar significativamente su trabajo. Para ello se puede disponer de electrocardiógrafos, cardiotacómetros o simples pulsómetros, e incluso, a falta de estos instrumentos, deteniendo por breve tiempo la actividad del individuo puede medirse el pulso por simple palpación y un cronómetro, lo mismo presionando ligeramente con los dedos índice y corazón la arteria carótida situada debajo de la mandíbula, que presionando en la muñeca del sujeto, siempre que la medición se efectúe inmediatamente después de detenida la actividad. Se recomienda medir con el cronómetro el tiempo para treinta pulsaciones y a partir de este valor calcular las pulsaciones por minuto, ya que, de tomar más tiempo, las pulsaciones habrán descendido significativamente y el resultado no será lo suficientemente exacto.

Fuentes de calor en las oficinas

En verano hay que limitar el paso de la luz solar por las ventanas mediante cortinas o pantallas exteriores; deben utilizarse lámparas fluorescentes y no incandescentes ni de halógeno, pues las fluorescentes son más eficientes y emiten menos radiación infrarroja.

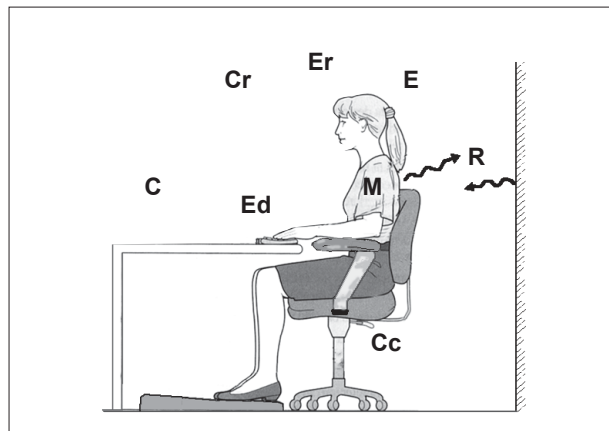


Fig. 6.7 Intercambios de calor persona-ambiente

Debe tenerse en cuenta que los ordenadores, impresoras, fotocopiadoras, etc., son fuentes de radiación infrarroja que calienta el aire y las superficies del local, y que las personas son grandes fuentes de calor radiante; una persona adulta realizando una actividad en una oficina genera entre 115 y 235 W de calor, según la actividad sea sentada o de pie, o inclinada, o manipulando documentos en un archivo, etc. Por lo tanto, una oficina con diez personas generarán entre 1150 W y 2350 W de calor.

Si esa oficina con diez trabajadores posee treinta lámparas fluorescentes de 60 W cada una, diez ordenadores, tres impresoras, una fotocopidora, etc., dentro del local se generarán no menos de 4000 W, sin contar la luz solar que pueda filtrarse por las ventanas y la radiación de las paredes, suelo y techo.

Magnitudes, unidades e instrumentos de medición

En el estudio de la interacción entre el hombre y el ambiente térmico dentro del sistema persona-máquina, es indispensable analizar los parámetros térmicos propios del cuerpo humano (temperaturas del cuerpo, metabolismo, etc.), los factores que integran el ambiente térmico (temperatura del aire, temperatura radiante, humedad y velocidad del aire), y otros factores, como la ropa, que, de una forma u otra, intervienen en dicho intercambio.

Por ello se hace necesario establecer inicialmente las denominaciones que habrán de emplearse, las magnitudes, las unidades de medida y los instrumentos y métodos de medición. En el anexo correspondiente se pueden encontrar las equivalencias entre las unidades del Sistema Internacional –que se utilizan en este libro– y otras de uso frecuente.

De los factores humanos:

Temperaturas, todas en grados celsius (°C)

- interna (ti) o corporal (tc)
- esofágica (t_{esof})
- rectal (tr)
- sublingual, oral o bucal (t_{buc})
- timpánica (t_{imp})
- de la piel o cutánea (tp)

calor metabólico (M), en joules (J), o en met (58,15 W/m²)

fuerza (F), en newton (N)

trabajo (W), joules (J) = en newton (N) x metro (m)

nivel de actividad, potencia (P), watt (W) = J/s, o en met (58,15 W/m²).

aislamiento térmico de la ropa, I_{clo} (1 clo = 0,155 °C m² /W)

De los factores del ambiente térmico:

Temperaturas, todas en grados celsius, (°C)

- del aire (ta) o seca (ts) o de bulbo seco (tbs)
- húmeda (th) o de bulbo húmedo (tbh)
- de globo (tg)
- radiante media (TRM)
- del aire natural (t_{n}) o ambiental (t_{amb})
- de bulbo húmedo natural (t_{bh_n})
- temperatura operativa (to)

Humedad del aire

- humedad relativa (HR) %
- presión parcial del vapor de agua (pa) kPa y hPa, según el caso

Velocidad del aire, en m/s

- velocidad del aire (V_a)
- velocidad relativa del aire (V_r)

Instrumentos de medida de las temperaturas

Las temperaturas se miden con termómetros, clínicos para las personas y psicrométricos para el ambiente, que pueden ser de diferentes tipos: líquidos, de resistencia, termoelectrónicos y termistores.

En los termómetros líquidos la sustancia termoscópica utilizada es un líquido cuya dilatación debe ser lo más regular posible y las temperaturas que reflejen sus cambios de estado deben encontrarse muy alejadas entre sí. Su utilización es muy sencilla, pero tienen el inconveniente de su fragilidad y su elevada constante de tiempo (entre 200-800 segundos). El líquido más satisfactorio es el mercurio, que además no moja al vidrio y permanece líquido y limpio desde los $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta los $350\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Los termómetros de resistencia se basan en un metal puro cuya resistencia eléctrica aumenta aproximadamente 0.4% por grado centígrado de incremento de temperatura. Como la medida de resistencia eléctrica se basa en general en una comparación con otras resistencias, es preciso mantener la de referencia a una temperatura fija y constante durante la medida. Las resistencias utilizadas suelen ser de hierro-níquel, o de platino, dependiendo de la zona de temperaturas en que se va a trabajar. Estos instrumentos permiten realizar medidas a distancia y su respuesta es lineal, aunque presentan altas constantes de tiempo (del orden de 7 minutos).

Los termómetros termoelectrónicos se basan en la fuerza electromotriz que se produce cuando se sueldan dos hilos de metales distintos formando un circuito cerrado, siempre que las dos soldaduras estén a distintas temperaturas. La fuerza electromotriz para un par de metales dados depende de la diferencia de temperatura entre sus soldaduras. Aunque son instrumentos caros y su sensibilidad es baja, se utilizan en estudios fisiológicos, pues su constante de tiempo es baja (30 y 50 segundos) y permiten hacer medidas remotas en varios puntos simultáneamente.

Los termistores son semiconductores, en los que se produce un cambio sustancial en su resistencia como respuesta a un pequeño cambio de temperatura. Son instrumentos de uso sencillo que presentan una sensibilidad elevada y una constante de tiempo despreciable. Sus posibilidades para aplicaciones especiales, son enormes. Entre los inconvenientes hay que destacar su elevado precio y que su respuesta no es lineal, lo que obliga a constantes calibraciones.

Mediciones de temperaturas fisiológicas

Para las mediciones de las temperaturas fisiológicas se utilizan distintos tipos de instrumentos: termómetros de mercurio, sensores (termistores, termopares, etc.), termografía y radiometría infrarroja (Clark & Edholm, 1985), medidores de flujo de calor y termómetros infrarrojos, etcétera que se sitúan en los puntos específicos en los que se quiere conocer la temperatura (recto, esófago, piel, etc.).

Durante trabajos de campo e incluso investigaciones, se utiliza la temperatura oral, que se mide con termómetros de mercurio, termistores o termopares, que se sitúan debajo de la lengua muy cerca de la arteria lingual. Varios minutos antes de las mediciones el sujeto no podrá ingerir alimentos ni bebidas y durante las mismas no podrá respirar por la boca ni hablar. Además, se recomienda la utilización de algún dispositivo en la boca que impida la rotura del termómetro. Para las lecturas se tendrán en cuenta las condiciones ambientales como la temperatura del aire y las radiaciones de calor, que pueden actuar sobre el termómetro después de extraído de la boca durante la lectura si no se toman medidas protectoras.

Mediciones de temperaturas psicrométricas

Los instrumentos que se utilizan para las mediciones de temperaturas del ambiente poseen características propias, según los parámetros relacionados según los métodos y los índices que se utilicen. Las temperaturas básicas necesarias (que ya han sido mencionadas anteriormente) son: temperatura del aire (t_a), temperatura de bulbo húmedo (t_{bh}), temperatura del aire natural (t_{a_n}), temperatura de bulbo húmedo natural (t_{bh_n}), temperatura radiante media (TRM) y temperatura de globo (t_g).

Mediciones de la temperatura del aire (t_a), temperatura de bulbo húmedo (t_{bh}) y de la humedad relativa (HR)

Para la medición de las temperaturas del aire (t_a) y de bulbo húmedo (t_{bh}) se utiliza el psicrómetro de aspas o de aspiración, que está constituido por dos termómetros psicrométricos iguales (salvo en un pequeño pero importante aditamento en uno de los bulbos), generalmente de mercurio, situados en paralelo dentro de un dispositivo que produce convección forzada por aspiración de aire alrededor de los bulbos con una velocidad de 2,5 - 3 m/s, mediante un ventilador aspirador, que puede ser de cuerda o eléctrico, situado en la parte superior del aparato. Los bulbos de ambos termómetros están protegidos de las radiaciones de calor mediante dos cilindros altamente reflectantes, generalmente de acero níquel. En la figura 5.8 se puede observar un dibujo que representa al psicrómetro.

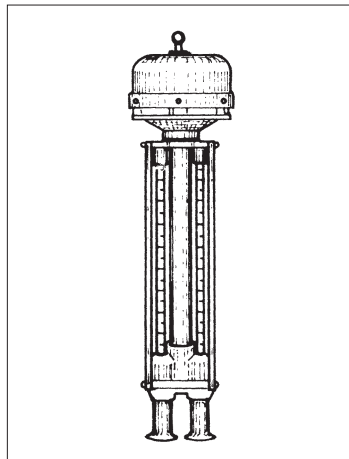


Fig. 6.8 Psicrómetro de aspiración

Uno de los termómetros indica la temperatura del aire (t_a), también llamada temperatura seca (t_s) o de bulbo seco (t_{bs}), en oposición a la temperatura húmeda (t_h) o de bulbo húmedo (t_{bh}) indicada por el segundo termómetro, llamado termómetro de bulbo húmedo, porque su bulbo está recubierto por una tela o muselina de algodón, a modo de funda, recubriendo con buen contacto el bulbo y al menos hasta una altura del tubo del termómetro igual a la longitud del bulbo que, durante las mediciones, debe permanecer empapada en agua destilada. El resultado es un enfriamiento del bulbo del termómetro que será mayor cuanto más seco esté el aire. El bulbo húmedo deberá estar empapado de agua al menos entre 10 y 15 minutos antes de ser expuesto para la medición, y la lectura de ambos termómetros debe ser simultánea y sólo cuando las columnas de mercurio estén completamente estabilizadas. Es recomendable utilizar agua destilada para humedecer la tela, dado que la presión del vapor de agua de soluciones salinas es más baja que la del agua pura. Cuando la temperatura húmeda sea muy inferior a la temperatura seca (lo cual ocurre cuando la humedad es muy baja), debe utilizarse el agua a una temperatura aproximadamente igual a la temperatura húmeda.

Con las temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo es posible conocer la humedad relativa (en %) y la presión parcial del vapor de agua en milímetros de mercurio (mmHg) o en hectopascales (hPa). La carta psicrométrica que se muestra a continuación es una buena herramienta para ello.

El conocimiento de t_a y t_h permite conocer, mediante una carta psicrométrica la humedad del aire, bien expresada como humedad relativa (HR) en porcentaje, como en presión parcial de vapor de agua (pa) en hectopascales.

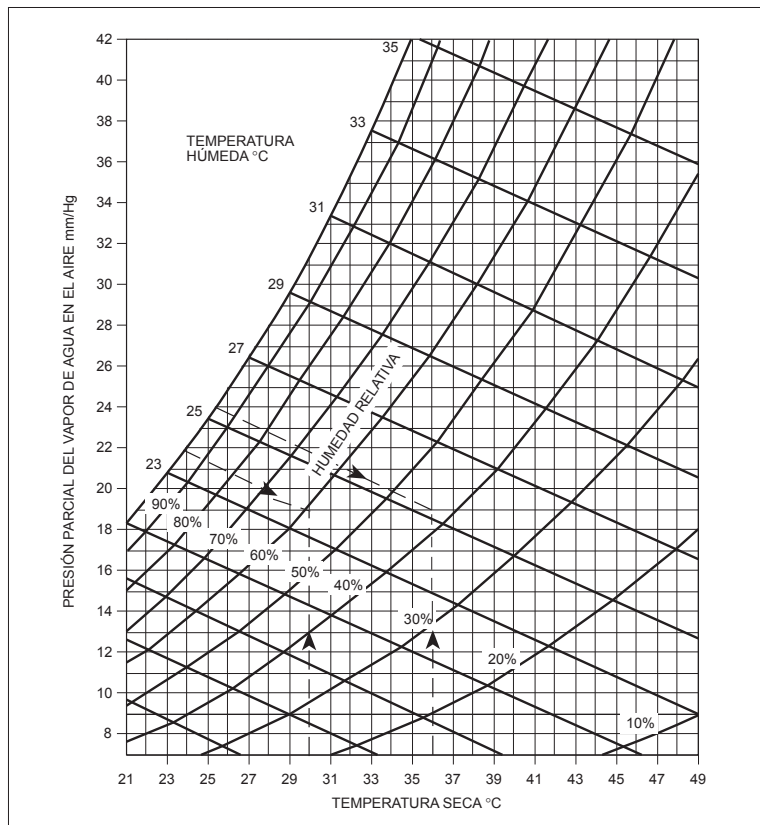


Fig. 6.9 Carta psicrométrica con un ejemplo de aplicación.

La humedad del aire también se puede medir mediante un higrómetro, que puede ser de condensación, de variación de la conductividad eléctrica y de absorción, o se puede calcular mediante determinadas ecuaciones teniendo las temperaturas húmeda y seca del aire.

Medición de la temperatura del aire natural (t_{a_n}) y de la temperatura de bulbo húmedo natural (t_{bh_n})

Si extraemos del psicrómetro los termómetros que miden las temperaturas del aire (t_a) y húmeda (t_{bh}), y los utilizamos exponiéndolos libremente al ambiente, pero evitando que las radiaciones de calor incidan sobre ellos sin obstruir su contacto con el viento, estaremos midiendo temperaturas diferentes a las obtenidas con el psicrómetro. Estas temperaturas reciben el nombre de temperatura del aire natural (t_{a_n}) y temperatura de bulbo húmedo natural (t_{bh_n}), que se utilizan en la determinación del

índice WBGT. En el caso del termómetro de bulbo húmedo también debe cuidarse que la muselina siempre esté mojada con agua destilada y con esos fines deben tomarse las mismas precauciones indicadas para ello anteriormente para la medición de la t_{bh}.

Medición de la temperatura de globo (tg) y cálculo de la temperatura radiante media (TRM)

La radiación calórica puede ser directamente determinada si se conocen las dimensiones, características térmicas (temperatura, coeficiente de emisión) y la posición relativa del hombre respecto a las fuentes de calor radiante. Pero en la práctica esto no es necesario, salvo en casos muy particulares, y en su lugar se utiliza el concepto de temperatura radiante media, que es la temperatura uniforme de una esfera negra mate, de gran diámetro, que da lugar a los mismos intercambios por radiación con el cuerpo humano, que el medio considerado.

Así pues, la temperatura radiante media permite la determinación indirecta de los intercambios por radiación entre el hombre y el medio. Por otra parte, la temperatura equivalente de radiación sólo podrá ser determinada por medio de dispositivos que permitan integrar en un valor medio la radiación generalmente heterogénea procedente de todas las superficies del local. Uno de estos instrumentos es el termómetro de globo que mide la temperatura de globo (tg), a partir de la cual puede calcularse la TRM.

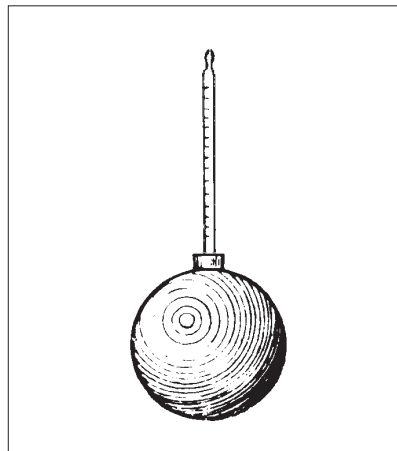


Fig. 6.10 Termómetro de globo.

El termómetro de globo consiste en una esfera, generalmente de 15 cm de diámetro, de un material buen conductor del calor, preferiblemente cobre, de espesor fino (0,05 a 0,2 mm), que debe estar pintada de negro mate, en cuyo centro se coloca un captador de temperatura tal como el bulbo de un termómetro de mercurio, un termopar o una sonda de resistencia. En la figura 6.10 se muestra un termómetro de globo.

El globo se calienta por la radiación procedente de las diferentes fuentes de calor del local, incluyendo las personas, pero, por otra parte, intercambia calor por convección con el aire, por lo que se enfría por las pérdidas de calor por convección cuando el aire posee una temperatura inferior a la del globo, y se calienta por convección cuando el aire está a una temperatura mayor.

Precisamente, cuando existen equipos, luminarias y/o muchas personas dentro de un recinto, la radiación representa uno de los principales factores de carga térmica de un ambiente, y una

determinación incorrecta de la temperatura media de radiación puede conducir a errores importantes del balance térmico. En caso de radiación homogénea, basta situar el globo en el lugar que normalmente ocupa el trabajador durante su tarea y a la altura del pecho, pero si la radiación es heterogénea, la radiación a considerar en el balance térmico es la media ponderada de las radiaciones recibidas en las diferentes partes del cuerpo. En consecuencia, es conveniente medir la temperatura de globo a diferentes niveles y ponderar las cuartas potencias de las temperaturas equivalentes de radiación correspondientes por los porcentajes de superficies de cuerpo situadas al mismo nivel que el globo tal como se muestra en la ecuación que aparece más abajo. Los porcentajes para las superficies de las diferentes partes del cuerpo respecto a la superficie corporal total pueden considerarse como sigue: cabeza (7%); brazos y manos (19%); tronco (35%); y muslos, piernas y pies (39%).

Así pues, como ya se ha dicho, en la práctica, puede medirse la temperatura a tres niveles y calcular las tres temperaturas medias de radiación correspondientes: TRM_1 , TRM_2 , TRM_3 , donde la temperatura media de radiación a considerar es:

$$TRM^4 = k_c TRM_c^4 + k_t TRM_t^4 + k_p TRM_p^4$$

siendo k_i el porcentaje de superficie corporal correspondiente a la medida del termómetro de globo al nivel i .

$k_c = 0,1$ (Para el globo situado al nivel de la cabeza)

$k_t = 0,5$ (Para el globo situado al nivel del tronco)

$k_p = 0,4$ (Para el globo situado al nivel de las rodillas)

La respuesta del termómetro de globo es bastante lenta, particularmente cuando se utiliza como elemento sensible un termómetro de vidrio de mercurio, por lo que, en el mejor de los casos, debe esperarse no menos de 15 minutos de exposición en el lugar antes de efectuar la lectura y, más aún, es recomendable asegurarse bien de que el termómetro ya se ha estabilizado, lo que se puede hacer efectuando dos lecturas consecutivas.

Por todo lo anterior, el termómetro de globo no debe ser utilizado para determinar las temperaturas de radiación en ambientes con frecuentes variaciones de la velocidad del viento.

Para el cálculo de la TRM se puede partir de las siguientes ecuaciones:

- Para la convección natural ($V_a < 0,15$ m/s), la TRM en °C, viene dada por:

$$TRM = [(t_g + 273)^4 + (0,25 \cdot 10^8)/\epsilon (|t_g - t_a|/D)^{0,25} (t_g - t_a)]^{0,25} - 273$$

donde ϵ es el coeficiente de emisividad del globo negro, y D es su diámetro del globo, en metros.

- Para un globo estándar de $D = 0,15$ m y $\epsilon = 0,95$:

$$TRM = [(t_g + 273)^4 + 0,42 \cdot 10^8 (t_g - t_a)^{0,25} (t_g - t_a)]^{0,25} - 273$$

- Para convección forzada ($V_a > 0,15$ m/s), la TMR en °C, viene dada por:

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

- Para un globo estándar de $D = 0,15$ m y $\epsilon = 0,95$:

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

La temperatura operativa (t_o) se utiliza ocasionalmente por diferentes autores, y se define como la temperatura uniforme en un recinto negro radiante en el que un ocupante tendría que intercambiar la misma cantidad de calor por radiación y por convección que en un ambiente real no uniforme (ISO 7730-1984-E).

En la mayoría de los casos prácticos, cuando la velocidad relativa del aire es menor de 0,2 m/s, o cuando la diferencia entre TRM y t_a es menor de 4 °C, la temperatura operativa puede determinarse como el promedio de la temperatura del aire y la temperatura radiante media, pero si se quiere mayor precisión, se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$t_o = A t_a + (1 - A) TRM$$

donde A depende de la velocidad relativa del aire:

A = 0,5 para $V_a < 0,2$ m/s

A = 0,6 para $0,2 < V_a < 0,6$ m/s

A = 0,7 para $0,6 < V_a < 1,0$ m/s

Medición de la velocidad del aire (V_a)

La velocidad del aire es un factor determinante en el intercambio de calor entre el hombre y el aire, y en la evaporación del sudor. El movimiento del aire es perceptible a partir de los 0,25 m/s. En la tabla 5.1 se ofrece una clasificación estimada según la velocidad del aire.

Tipo de movimiento	Velocidad del aire (m/s)
Movimiento imperceptible	$v_a < 0,25$
Ligera brisa	$0,25 < v_a < 0,50$
Brisa (sacude cabello o vestido)	$0,50 < v_a < 1,50$

Tabla 6.1 Clasificación estimada de la velocidad del aire

En determinadas circunstancias resulta difícil y compleja su medición, cuando existen rápidas fluctuaciones de su intensidad y dirección, y su turbulencia, provocada por un pequeño movimiento de su masa, es tan efectiva en la transferencia de calor como el desplazamiento lineal. Para la medición de la velocidad del aire se utilizan instrumentos tales como el anemómetro de aspas, el termoanemómetro y el catatermómetro, que se explican a continuación.

El anemómetro de aspas

Los anemómetros de paletas o de copas son instrumentos mecánicos direccionales dotados de aspas de diferentes tipos (paletas y copas), que resultan muy útiles cuando la velocidad del viento alcanza valores perceptibles, pero dentro de oficinas su utilización resulta imposible debido a la baja velocidad del viento

El termoanemómetro

El termoanemómetro se basa en el mismo principio que el catatermómetro, pero no es necesario medir el tiempo transcurrido para la pérdida de una cantidad dada de calor; el termoanemómetro mide la pérdida de calor por unidad de tiempo. Para calentarse utiliza un elemento eléctrico que después pierde calor fundamentalmente por convección. Conocidos los datos de calefacción del aparato, las temperaturas del elemento y del aire, se calcula el coeficiente de convección de calor por convección y con éste la velocidad del aire. El instrumento dispone, por lo tanto, de dos elementos de medida: uno para la temperatura del elemento y otro para la temperatura del aire. En la figura 5.11 se muestra un termoanemómetro.

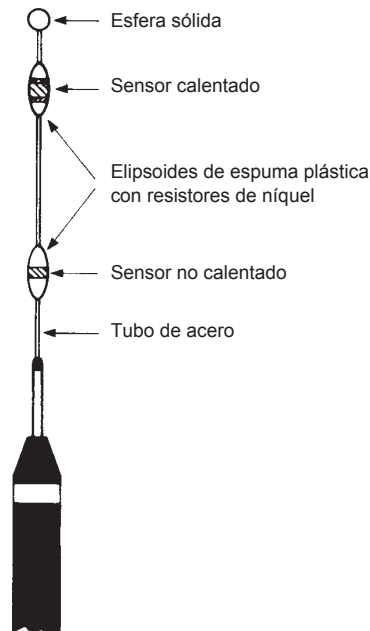


Fig. 6.11 Termoanemómetro B & K tipo MM0038

El calor metabólico

Recordemos que el metabolismo es la suma de todas las reacciones químicas que se producen en el organismo gracias a la combustión de los alimentos con el oxígeno y que prácticamente toda esta energía metabólica se convierte en calor dentro del cuerpo.

Como ya se ha visto, en el caso de adultos en edad laboral son aceptables los valores del metabolismo basal siguientes: en la mujer es aproximadamente de $40,6 \text{ W/m}^2$ y en el hombre de $42,9 \text{ W/m}^2$, y a partir de estos valores el metabolismo se puede incrementar, mediante la actividad física, hasta 20 veces. Ya hemos visto cómo esto se revierte en una notable generación de calor que puede alcanzar valores de hasta 1500 W , que es generar 1500 julios por cada segundo de vida. Para que se comprenda mejor esta cifra podemos pensar en el calor que genera una plancha eléctrica doméstica (1500 W - 2000 W). Del exceso de calor el organismo debe irse desprendiendo a un ritmo determinado por la generación, fundamentalmente mediante la radiación, la convección y la evaporación del sudor.

La superficie corporal se puede determinar a partir del peso y la estatura, mediante tablas, nomogramas o ecuaciones como la de Dubois y Dubois (1915):

$$S.C. = 0,202 \cdot PC^{0,425} \cdot H^{0,725}$$

donde:

S.C.: superficie corporal, en m²
 PC: peso, en kg
 H: altura, en m

Sin embargo, sin afectar la precisión necesaria y suficiente en la mayoría de los trabajos, habitualmente se utiliza el valor de 1,8 m², que es el de una persona de 70 kg de peso y 1,73 m de estatura.

Otra unidad es el met, que equivale a 58,15 W/m² (50 kcal/m²/hr), valor que corresponde a la producción metabólica de una persona sentada sin hacer nada. En la tabla siguiente se muestran las equivalencias con los valores en W/m², en met, en kcal/m²h y kcal/h. según la ISO 7243.

Norma ISO 7243			
W/m ²	met.	Kcal/(m ² h)	Kcal/h
58,15	1	50	90
69,6	1,2	60	110
81,2	1,4	70	125
92,8	1,6	80	145

Tabla 6.2 Equivalencias con los valores en W/m², en met, en kcal/m²h y kcal/h. ISO 7243

El gasto energético de las actividades se puede determinar mediante diversos métodos. La calorimetría directa lo hace midiendo todo el calor que genera una persona realizando dentro de un calorímetro la actividad que se quiere medir. Mediante la calorimetría indirecta se puede determinar el gasto energético de la actividad mediante el consumo de oxígeno de la persona realizando dicha actividad, o mediante la frecuencia cardíaca, o mediante el consumo de alimentos, aunque esta última opción es larga, tediosa e imprecisa.

Estimación del gasto energético mediante tablas

Es la mejor forma de estimación del gasto energético en el caso de tareas sedentarias y pueden resultar de mucha utilidad cuando son interpretadas por ergónomos con experiencia. Dichas tablas se verán posteriormente.

Propiedades térmicas del vestido

La unidad del aislamiento térmico de la ropa (I_{clo}) en el sistema internacional es el m² °C/W, pero una unidad más práctica y usual es el clo (1 clo = 0,155 m² °C/W, que se define como el aislamiento necesario para mantener confortable, a una persona que desarrolle una actividad sedentaria (menos de 60 W/m²) a una temperatura de 21 °C.

En la tabla 6.3 se expresa la valoración del vestuario e acuerdo con la norma ISO 7730-1984:

Tipo de vestido	Icl (clo)	Icl (m ² °C/W)
Desnudo	0	0
En pantalones cortos	0,1	0,016
Vestimenta tropical en exteriores: camisa abierta con mangas cortas, pantalones cortos, calcetines finos y sandalias	0,3	0,047
Ropa ligera de verano: camisa ligera de mangas cortas, pantalones largos, calcetines finos y zapatos	0,5	0,078
Ropa de trabajo: camiseta, camisa con mangas largas, pantalones de vestir, calcetines y zapatos	0,8	0,124
Ropa de invierno y de trabajo en interiores: camiseta, camisa manga larga, calcetines de lana y zapatos	1,0	0,155
Vestimenta completa y de trabajo en interiores: camiseta y camisa de manga larga, chaleco, corbata, americana, pantalones de lana, calcetines de lana y zapatos	1,5	0,233

Tabla 6.3 Valoración de la vestimenta según la ISO 7730-1984

Balance térmico

La Ecuación General de Balance Térmico viene dada por la siguiente expresión

$$M \pm W \pm R \pm C - E \pm C_{\text{res}} - E_{\text{res}} - E_d \pm C_{\text{cond}} = C_{\text{cond.clo}} = A$$

siendo (todas en W/m²)

M: energía calórica producida por el organismo

W: trabajo mecánico desarrollado

R: intercambio de calor por radiación

C: intercambio de calor por convección

E: pérdida de calor por evaporación del sudor

C_{res}: intercambio de calor por convección respiratoria

E_{res}: pérdida de calor por evaporación respiratoria

E_d: pérdida de calor por difusión del vapor

C_{cond}: intercambio de calor por conducción

A: ganancia o pérdida de calor por el cuerpo

De la expresión anterior se pueden coleccionar diferentes situaciones que generan cuatro estados:

- 1) A = 0, sin necesidad de sudar, significa balance en condiciones de confort térmico.
- 2) A = 0, sudando, significa balance en condiciones permisibles.
- 3) A > 0, sudando, significa desbalance por condiciones críticas por calor.
- 4) A < 0, significa desbalance por condiciones críticas por frío.

En la práctica generalmente se pueden despreciar los intercambios por respiración y por conducción y, salvo determinadas situaciones, también el trabajo externo, considerando que en la mayor parte de las actividades (y en oficinas, prácticamente todas) su valor es bajo o cero. De manera que la ecuación práctica de balance térmico quedaría:

$$M \pm R \pm C - E = A$$

donde A sería el saldo final, es decir, el calor acumulado (si $A > 0$), o perdido (si $A < 0$), en el organismo como consecuencia de un desbalance; y si $A = 0$, significa que existe balance térmico. Por lo tanto, la ecuación de balance térmico puede adoptar una de estas cuatro formas, según la situación:

- 1) $M \pm R \pm C = 0$, ($E = 0$) significa balance en condiciones de confort térmico.
- 2) $M \pm R \pm C - E = 0$, significa balance en condiciones permisibles.
- 3) $M \pm R \pm C - E > 0$, significa desbalance por condiciones críticas por calor.
- 4) $M \pm R \pm C < 0$, significa desbalance por condiciones críticas por frío.

En la figura 5.12 se esquematiza la entrega de calor de la piel según la humedad, mediante R, C y E.

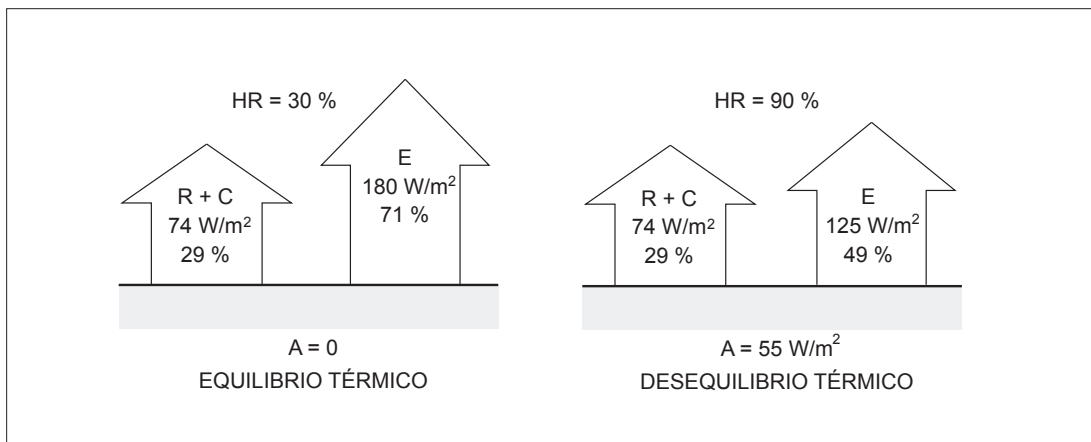


Fig. 6.12 Entrega de calor de la piel según la humedad.

Determinación de los factores de la ecuación de balance térmico simplificada

Como se ha visto anteriormente, el calor producido por el cuerpo se puede calcular mediante diversos métodos que pueden ser consultados en parte en el libro de estos autores, *Ergonomía 2: Confort y estrés térmico*, y en la bibliografía. La estimación del calor puede hacerse mediante tablas. Estas tablas pueden presentarse según la intensidad del trabajo, tal como se muestra en la tabla 5.4 de la norma ISO 7243:

Intensidad	Metabolismo (W/m ²)
Descanso	$M < 65$
Ligero	$65 < M < 130$
Moderado	$130 < M < 200$
Pesado	$200 < M < 260$
Muy pesado	$260 < M$

Tabla 6.4 Estimación del metabolismo según la intensidad del trabajo (norma ISO 7243).

Según las posturas y los movimientos, como es el caso de las tablas de G.Lehmann:

La carga térmica metabólica se calcula como la suma de tres términos, A, B y C cuyos valores se indican a continuación:

A.- Posición y movimiento del cuerpo		Kcal/min
Sentado		0,3
De pie		0,6
Andando en terreno llano		2,0 - 3,0
Andando en pendiente		añadir 0,8 por m de desnivel
B.- Tipos de trabajo		
	Valores medios Kcal/min	Valores límites Kcal/min
Manual ligero	0,4	0,2 - 1,2
Manual pesado	0,9	
Con un brazo: ligero	1,0	0,7 - 2,5
Con un brazo: pesado	1,8	
Con ambos brazos: ligero	1,5	1,0 - 3,5
Con ambos brazos: pesado	2,5	
Con el cuerpo: ligero	3,5	
Con el cuerpo: moderado	5,0	
Con el cuerpo: pesado	7,0	2,5 - 15
Con el cuerpo: muy pesado	9,0	
C.- Metabolismo basal		
Corresponde al calor liberado por el organismo en estado de reposo físico y mental: a efectos prácticos se adopta siempre el valor de 1 Kcal/min.		

*Tabla 6.5 Estimación del metabolismo según las posturas y los movimientos (G.Lehmann)
El metabolismo del trabajo se obtiene sumando las tablas A y B.*

O también por posturas y movimientos, según la norma ISO 8996, 1990:

Posición del cuerpo	Metabolismo (W/m ²)
Sentado	10
Arrodillado	20
Agachado	20
De pie	25
De pie inclinado	30

*Tabla 6.6 Estimación del metabolismo por componentes
en función de la postura (norma ISO 8996, 1990).*

Tipo de trabajo	Metabolismo (W/m^2)	
	Valor medio	Intervalo
Trabajo con las manos		
ligero	15	< 20
medio	30	20 - 30
intenso	40	> 35
Trabajo con un brazo		
ligero	35	< 45
medio	55	45 - 65
intenso	75	> 65
Trabajo con dos brazos		
ligero	65	< 75
medio	85	75 - 95
intenso	105	> 95
Trabajo con el tronco		
ligero	125	< 155
medio	190	155 - 230
intenso	280	230 - 330
muy intenso	390	> 330

Tabla 6.7 Estimación del metabolismo por componentes debido al tipo de trabajo (norma ISO 8996, 1990).

Tipo de trabajo	Metabolismo en función de la velocidad (W/m^2) / (ms^{-1})
Velocidad de desplazamiento en función de la distancia	
Caminar 2 a 5 km/h	110
Caminar en subida 2 a 5 km/h	
Pendiente 5°	210
Pendiente 10°	360
Caminar en bajada 5 km/h	
Pendiente 5°	60
Pendiente 10°	50
Caminar a 4 km/h con una carga en la espalda	
Carga de 10 kg	125
Carga de 30 kg	185
Carga de 50 kg	285
Velocidad de desplazamiento en función de la altura	
Subir una escalera	1725
Bajar una escalera	480
Subir una escalera de mano inclinada	
Sin carga	1660
Con una carga de 10 kg	1870
Con una carga de 50 kg	3320
Subir una escalera de mano vertical	
Sin carga	2030
Con una carga de 10 kg	2335
Con una carga de 50 kg	4750

Tabla 6.8 Estimación del metabolismo por componentes debido al movimiento (norma ISO 8996, 1990).

Por otra parte, existen gran cantidad de tablas que ofrecen el gasto energético por actividades.

Trabajo externo (W)

El hombre es una máquina de bajo rendimiento. Su eficiencia es inferior al 20 %. Por lo tanto, si necesitamos 10 W/m² para realizar un trabajo determinado, el metabolismo ha de ser capaz de dar como mínimo 50 W/m², los 40 W/m² extra deben ser eliminados, normalmente, por un incremento de la sudoración con el fin de mantener la temperatura interna en su valor apropiado. En caso de actividades físicas muy dinámicas y severas en ocasiones es prudente tener en cuenta el trabajo externo, pero en general es posible pasar por alto la cantidad de energía que se convierte en trabajo externo y no en calor dentro del organismo.

Cálculo de R, C y E

Para el cálculo de R, C y E, en sus formas más simples, se pueden utilizar las siguientes ecuaciones, cuando la ropa es de verano (0,5 a 0,6 clo)

$$R = 4,4 (\text{TRM} - 35) \text{ W/m}^2$$

Para el cálculo de TRM se pueden utilizar las expresiones ofrecidas anteriormente en el tema de magnitudes, unidades e instrumentos de medición.

$$C = 4,6 V^{0,6} (t_a - 35) \text{ W/m}^2$$

$$E_{\text{max}} = 7 V^{0,6} (56 - p_a) \text{ W/m}^2 \leq 390 \text{ W/m}^2$$

(significa que, aunque por las condiciones psicrométricas se pudiera evaporar más cantidad de sudor, las personas por limitaciones fisiológicas no podemos sudar más).

De manera que si el valor es mayor que 390 W/m², se acepta sólo éste. Para cálculos más precisos es necesario acudir a ecuaciones algo más complejas.

El confort térmico

El confort térmico es el estado de satisfacción con las características térmicas del ambiente, cuya condición básica, generalmente, es que se cumpla la ecuación del balance sin necesidad de sudar. Para una persona determinada que realice un nivel de actividad M, con un vestido y un entorno dado, el balance térmico se alcanzará con una combinación específica de temperatura media de la piel y pérdida de sudor.

Pero la ecuación del balance térmico es insuficiente para determinar por sí sola el estado de confort térmico, ya que existe un amplio margen de variabilidad para las condiciones ambientales; con el fin de que se cumpla la ecuación del balance, sólo existe una pequeña franja en la que se obtendrá un estado de confort.

Por convenio los diferentes autores que han tratado el tema aceptan que para cada persona y actividad existe un rango de valores de temperatura de la piel (t_p) y de pérdidas de sudor por evaporación (E), que darán lugar a la sensación de confort.

$$\begin{aligned} a < t_p < b \\ c < E < d \end{aligned}$$

Mediante regresión lineal se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$t_p = 35,7 - 0,0275 (M - W), \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$E = 0,42 (M - W - 58,15), \text{ W/m}^2$$

La temperatura media de la piel decrece en las actividades intensas mientras se incrementan las pérdidas por sudor.

Como ejemplo podríamos citar que para una persona sentada en reposo y tranquila ($M = 58 \text{ W/m}^2$) en un estado normal de confort térmico ($E=0$), la temperatura media de la piel podría situarse en $34 \text{ } ^\circ\text{C}$. De todas formas, cabe recordar que seguirá existiendo pérdida de calor por difusión de vapor de agua, a través de la piel y por la respiración.

Volviendo a la ecuación del balance que viene dada por la expresión:

$$M \pm W - E - E_d \pm C_{res} - E_{res} = \pm C_{cond.clo} = \pm R \pm C$$

De la ecuación anterior se deduce:

$$M \pm W - E - E_d \pm C_{res} - E_{res} = \pm R \pm C$$

con:

$$E = 0,42 (M - W - 58,15)$$

$$E_d = 3,05 \cdot 10^{-3} (256 t_p - 3373 - Pa)$$

$$C_{res} = 0,0014 M (34 - t_a)$$

$$E_{res} = 1,72 \cdot 10^{-5} M (5867 - Pa)$$

$$R = 3,95 \cdot 10^{-8} f_{clo} [(t_{clo} + 273)^4 - (TRM + 273)^4]$$

$$C = f_{clo} h_c (t_{clo} - t_a)$$

Sustituyendo e introduciendo la t_p de la condición de confort anterior:

$$t_p = 35,7 - 0,0275 (M - W)$$

se obtiene la ecuación del confort:

$$\begin{aligned} (M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} [5766 - 7,04 (M - W) - Pa] - 0,42 (M - W - 58,15) - \\ - 1,72 \cdot 10^{-5} M (5867 - Pa) - 0,0014 M (34 - t_a) = \\ = 3,95 \cdot 10^{-8} f_{clo} [(t_{clo} + 273)^4 - (TRM + 273)^4] + f_{clo} h_c (t_{clo} - t_a) \end{aligned}$$

siendo

$$t_{clo} = 35,7 \cdot 0,0275 (M - W) - 0,155 I_{clo} \{ (M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} [5766 - 7,04 (M - W) - Pa] - \\ - 0,42 [(M - W) - 58,15] - 1,72 \cdot 10^{-5} M (5867 - Pa) - 0,0014 M (34 - t_a) \}$$

si $hc = 2,38 (t_{clo} - t_a)^{0,25} > 12,1 v_a^{0,5}$, entonces:

$$hc = 2,38(t_{clo} - t_a)^{0,5}$$

si $hc = 2,38 (t_{clo} - t_a)^{0,25} < 12,1 v_a^{0,5}$, entonces:

$$hc = 12,1 v_a^{0,5}$$

donde: $Var = Va + 0,0052 (M - 58)$

La ecuación del confort establece las anteriores relaciones entre la actividad, las características del vestido y las cuatro variables del ambiente (temperatura del aire, temperatura radiante media, velocidad del aire y humedad) que darán lugar a la sensación de confort térmico.

Diferencias individuales

Como hemos visto, la ecuación de confort no garantiza el bienestar de todas y cada una de las personas presentes en una situación laboral. Lo que nos proporciona es una combinación de valores para las variables de confort térmico bajo las cuales obtendremos la sensación de confort para el mayor porcentaje de personas presentes.

Experiencias realizadas por Fanger con una población de 1300 personas demuestran que el mejor resultado posible comporta la insatisfacción del 5% de los sujetos del grupo. Cualquier desviación sobre los valores dados por la ecuación del confort lleva necesariamente a un aumento del número de insatisfechos.

Criterios de valoración del confort térmico

La valoración del confort térmico reviste cada día mayor relevancia, cada vez es más importante el porcentaje de personas que desarrollan su actividad en oficinas, hospitales, tiendas, etc... en los cuales las agresiones térmicas sólo se dan de forma excepcional. En estas actividades, en cambio, son frecuentes los problemas asociados a la falta de confort térmico, por lo que es necesario disponer de un criterio de valoración para este tipo de situaciones.

En general, podemos afirmar que para el confort el método más adecuado es el de Fanger (IVM), para el estrés por calor es el de la sudoración requerida (SWreq) y para estrés por frío es el del aislamiento de vestido requerido (IREQ).

Los criterios de aplicación aquí expuestos pueden considerarse un complemento a los ya existentes que han sido comentados anteriormente.

Método de Fanger

- Aplicable para la valoración del confort térmico o bien para ambientes térmicos que no disten excesivamente del confort (valores de IVM entre 2 y -2).
- Para valores de IVM cercanos a ± 3 , se recomienda aplicar cualquiera de los otros métodos.
- Es necesario que los seis parámetros básicos estén dentro de los siguientes márgenes:

Actividad metabólica	[46 - 232]	W/m ²
Aislamiento térmico de la ropa	[0 - 2]	clo
Temperatura del aire	[10 - 30]	°C
Temperatura radiante media	[10 - 40]	°C
Velocidad del aire	[0 - 1]	m/s
Presión del vapor de agua	[0 - 2700]	Pa

Método del índice de sobrecarga calórica (ISC)

- Aplicable para valorar el confort y el estrés térmico por calor.
- No es aconsejable para ambientes muy secos (humedades relativas inferiores al 30 %), dado que no considera la excesiva pérdida de agua por sudoración.
- No aconsejable para aislamientos térmicos de la ropa muy diferentes de 0,6 clo o de 0 clo.

Método del índice de temperatura de globo y de bulbo húmedo (WBGT)

- Aplicable para valorar el estrés térmico por calor en exposiciones continuas.
- Aplicable para una primera valoración del estrés térmico ambiental, si bien debe complementarse con cualquiera de los otros tres métodos.
- No aconsejable para ambientes muy secos (humedades relativas inferiores al 30 %), dado que no considera la excesiva pérdida de agua por sudoración.
- No aconsejable para situaciones de estrés próximas al confort.

Método del índice de sudoración requerida (SW_{req})

- Aplicable para la valoración del estrés térmico por exposición al calor sin las limitaciones de los índices ISC y WBGT.

Método del índice del aislamiento del vestido requerido (IREQ)

- Aplicable para la valoración del estrés térmico por exposición al frío sin las limitaciones del WCI.

Método del índice de viento frío (WCI)

- Aplicable para la valoración del estrés térmico por frío en aquellas partes del cuerpo humano no protegidas por el vestido.

METODOS	APLICACIÓN
Fanger	<ul style="list-style-type: none"> – Correcto para valores de IVM entre ± 2 – Para valores cercanos a ± 3, se recomienda aplicar cualquiera de los otros tres métodos
ISC	<ul style="list-style-type: none"> – Humedad relativa superior al 30% – Aislamiento térmico de la ropa cercano a 0,6 clo, o bien a 0 clo
WBGT	<ul style="list-style-type: none"> – Primera aproximación al problema – Debe complementarse con otros métodos
SWreq	<ul style="list-style-type: none"> – Siempre (con estrés térmico por calor)
IREQ	<ul style="list-style-type: none"> – Siempre (por estrés térmico por frío)
WCI	<ul style="list-style-type: none"> – Para las partes de piel no protegidas por el vestido.

Tabla 6.9 Tabla para la selección de métodos

Cuando se analiza un ambiente térmico determinado es con el objetivo de efectuar un diagnóstico para detectar si existen condiciones críticas o fuera de la zona de confort y, a partir de ese diagnóstico, determinar los factores que provocan dichas condiciones para poder actuar sobre los mismos.

Como se ha dicho, no existe un índice que resulte concluyente para todos los casos. Ya sea por un índice u otro, el diagnóstico puede ser claro y determinante, o puede ser ambiguo, en cuya situación es necesario confirmar, mediante el uso de otro índice, los resultados.

Cuando se posee la experiencia necesaria, el estudio de los valores de los parámetros medidos puede ofrecer la solución adecuada, pero hasta los ergónomos con mucha pericia les resulta fácil caer en importantes errores de apreciación e incluso conceptuales.

Un método analítico de utilidad es el empleo de la ecuación de balance térmico, la cual es un buen reflejo de las condiciones ambientales de un lugar y sus componentes pueden indicar el camino para las soluciones necesarias.

El método más elaborado de los hasta ahora desarrollados es el de Fanger, que supuso un avance sustancial en la valoración del confort térmico, pues incluye todas las variables que influyen en los intercambios térmicos persona-ambiente: nivel de actividad, características del vestido, temperatura seca o del aire, humedad relativa, temperatura radiante media y velocidad del aire.

Recomendaciones para el confort térmico en trabajos sedentarios

A continuación aparecen enumeradas las variables básicas y los intervalos de confianza que le atribuyen distintos autores, y organizaciones, así como un somero comentario sobre las divergencias encontradas entre las diferentes fuentes consultadas.

METODOS	APLICACIÓN	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Fanger	Confort	Muy completo Práctico	Población no muy representativa
ISC	Estrés por calor y/o disconfort	Práctico	No considera pérdidas por sudoración No considera variaciones en el vestido
WBGT	Estrés por calor	Muy práctico	Incompleto
SWreq	Estrés por calor y/o disconfort	Muy completo	Cálculo complicado
IREQ	Estrés por frío y/o disconfort	Muy completo	Cálculo complicado
WCI	Estrés por frío	Práctico	Incompleto. Considera únicamente partes de piel no protegidas por el vestido

Tabla 6.10 Tabla de recomendaciones

Temperatura del aire

El reglamento sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (real decreto 486/1997) establece en su anexo III los siguientes valores:

Temperatura	De 17 a 27 °C para trabajos sedentarios De 14 a 25 °C para trabajos ligeros
Humedad	Del 30 % al 70 % Del 50 % al 70 % si hay riesgos por electricidad estática
Velocidad del aire	0,25 m/s para trabajos en ambientes no calurosos 0,50 m/s para trabajos sedentarios en ambientes calurosos 0,75 m/s para trabajos no sedentarios en ambientes calurosos
Renovación mínima de aire limpio	30 m ³ por hora y trabajador en trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados 50 m ³ por hora y trabajador en los casos restantes

Tabla 6.11 Resumen del reglamento sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (real decreto 486/1997)

Los valores de estos intervalos están por debajo de las recomendaciones dadas por las curvas de confort de Fanger, además no se diferencia entre la temperatura óptima de invierno y la de verano.

Es muy importante, para conseguir el bienestar térmico en países cuya latitud genera estaciones marcadas, indicar dos intervalos de temperatura de confort, uno para invierno y otro para verano, y controlar la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior del edificio.

El intervalo de temperatura confortable propuesto por la Eastman Kodak Company (1983) es el comprendido entre 19 y 26°C. Asimismo, la diferencia de temperatura tolerable entre pies y cabeza sin provocar malestar es de unos 3 °C. Grandjean (1985) establece unos márgenes entre 20 y 24°C y una HR entre 30 y 60%.

Estación	Temp. mínima	Temp. máxima
Invierno	19 °C	20 °C
Verano	21 °C	26 °C

Tabla 6.12 Intervalo óptimo de temperaturas en actividades sedentarias (Eastman Kodak Company)

Estación	Temp. mínima	Temp. máxima	HR	V _{ar}
Invierno	20 °C	21 °C	> 30 %	< 0,2 m/s
Verano	20 °C	24 °C	40-60 %	0,2 m/s

Tabla 6.13 Intervalo óptimo de temperaturas en actividades sedentarias (Grandjean)

Fuentes de calor radiante

En caso de existir fuentes de calor radiante inevitables, o imprescindibles para calentarse en invierno, el flujo radiante debe ser uniforme en todas direcciones, y no ser excesivo sobre la cabeza.

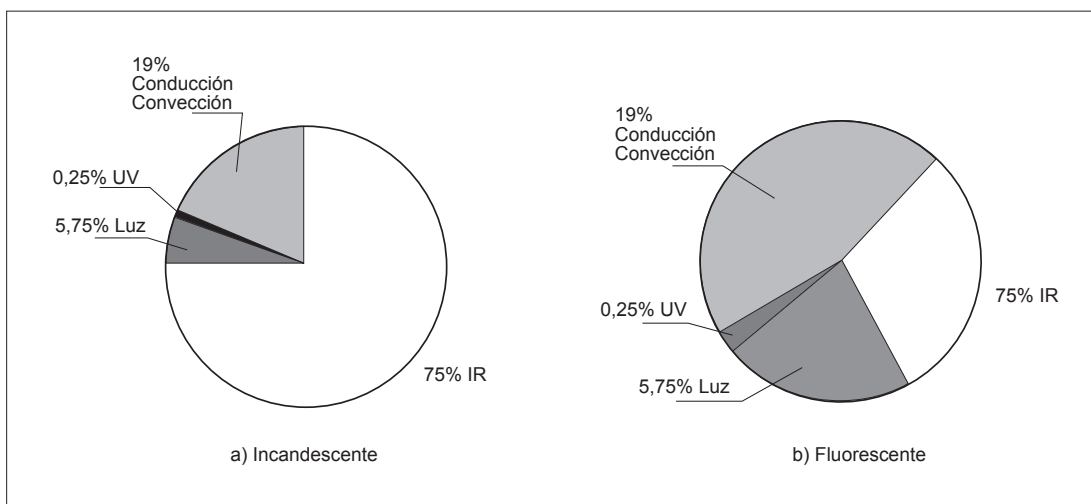


Tabla 6.14 Consumo de lámparas a) incandescentes (100w), b) fluorescente (80w daylight) según Henderson & Marsden.

Para amortiguar las fuentes de calor radiante de un foco externo, se recomienda el uso de material aislante en la construcción de paredes y techos, aislar con corcho o madera las áreas de alrededor de las ventanas y el uso de alfombras y cortinas. En caso de fuentes radiantes interiores se pueden utilizar, pantallas y ropas especiales.

Los aportes térmicos debidos a la iluminación artificial constituyen una de las fuentes de calor más importantes, ya que, por ejemplo, en la iluminación por incandescencia el 75% de la energía se disipa por radiación infrarroja, y en la fluorescencia más del 30%.

Humedad relativa

La humedad nos indica la cantidad de vapor de agua existente en el aire que es capaz, al calentarse, de absorber mayor cantidad de agua en forma de vapor.

La humedad relativa es la relación, expresada en tanto por ciento, entre la presión parcial del vapor de agua en el aire y la presión de saturación del vapor de agua a una temperatura dada.

$$HR = (P_a/P_{s,ta}) \times 100$$

siendo

P_a : presión parcial de vapor de agua en el aire

$P_{s,ta}$: presión de vapor de agua saturado a la temperatura t_a

Este valor $P_{s,ta}$ es la máxima presión parcial de vapor de agua posible a la temperatura t_a .

$$P_{s,ta} = 0,615 \exp [17,27 \cdot t_a / (t_a + 273)]$$

La humedad relativa debe estar, según la mayoría de los autores, entre el 40 y el 60 %, ya que si sobrepasamos el 70% crearemos ambientes bochornosos (clima invernadero), mientras que humedades inferiores al 30% pueden provocar problemas de alteraciones en vías mucosas y respiratorias.

Velocidad del aire

La velocidad del aire influye en la sensación subjetiva de confort, ya que una mayor velocidad de aire fresco permite incrementar la pérdida de calor por convección y evaporación. No obstante, si la temperatura del aire está por encima de la temperatura de la piel habrá ganancia de calor por convección.

Para trabajos de oficina se recomiendan valores entre 0,15 y 0,25 m/s.

Las velocidades menores de 0,1 m/s producen sensación de molestia por estabilidad aérea, y las superiores a 0,5 m/s empiezan a ser perceptibles y desagradables para las personas que realizan un trabajo sedentario.

De todas formas la norma ISO 7726, que fija la precisión de la medida de la velocidad del aire en el 5%, establece una gama de confort entre 0,05 y 1 m/s.

Curvas de confort

Las curvas de confort muestran las condiciones de temperatura y humedad más adecuadas para el trabajo.

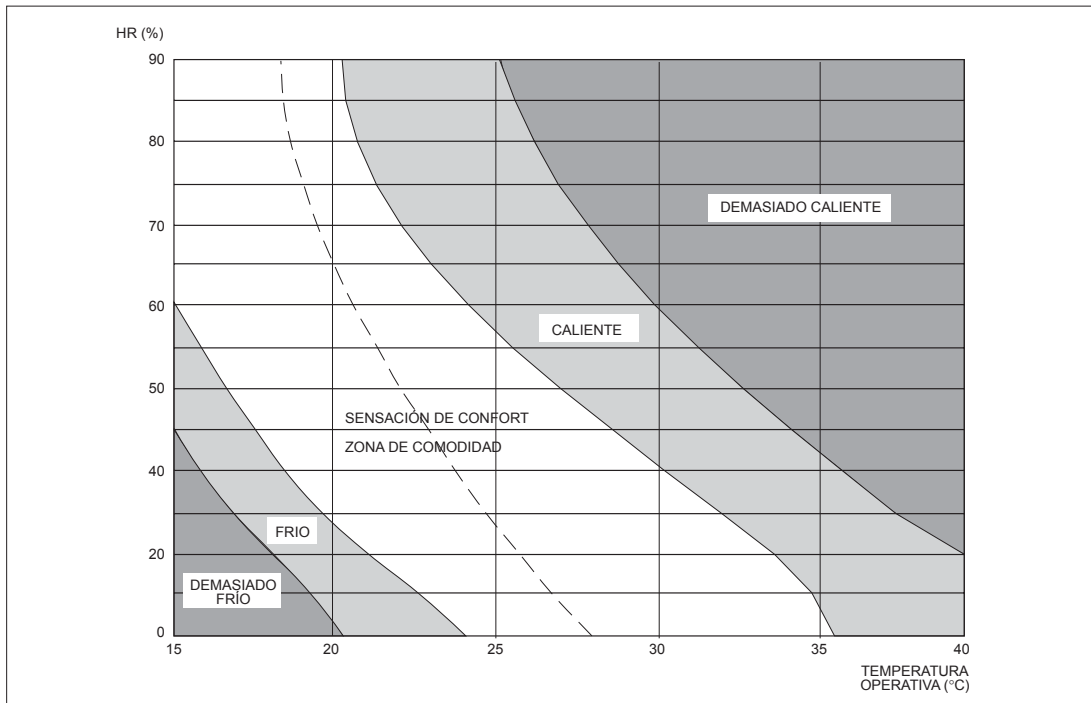


Fig. 6.13 Curvas de confort (P.O. Fanger)

Índice Valoración Medio (IVM) de Fanger

Fanger define tres condiciones para que una persona se encuentre en confort térmico:

- 1) que se cumpla el equilibrio térmico,
- 2) que la tasa de sudoración esté dentro de los límites de confort,
- 3) que la temperatura media de la piel esté dentro de los límites de confort.

Y basa su índice en la valoración subjetiva obtenida por experimentación de un grupo de 1300 personas. Por ello se introduce la valoración del grado de incomodidad, mediante un índice (P.O. Fanger "Thermal Comfort", 1973) que valora el voto medio previsto VMP (o IVM, Índice de Valoración Medio) conforme a la siguiente escala:

- 3 muy frío
- 2 frío
- 1 ligeramente frío
- 0 confort (neutro)
- +1 ligeramente caluroso
- +2 caluroso
- +3 muy caluroso

Los parámetros que analiza Fanger son: el nivel de actividad, las características de la ropa, la temperatura seca, la temperatura radiante media, la humedad relativa y la velocidad del aire.

El IVM puede hallarse mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{IVM} = & (0,303 e^{-0,036M} + 0,028) \{ (M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} [5733 - 6,99 (M - W) - P_{va}] - 0,42 (M - W) - \\ & - 58,15) - 1,7 \cdot 10^{-5} M (5867 - P_{va}) - 0,0014 M (34 - t_a) - \\ & - 3,96 \cdot 10^{-8} f_{clo} [(t_{clo} + 273)^4 - (TRM + 273)^4] - f_{clo} h_c (t_{clo} - t_a) \} \end{aligned}$$

donde:

$$t_{clo} = 35,7 - 0,028 (M - W) - 0,155 I_{clo}$$

$$[3,96 \cdot 10^{-8} f_{clo} \{ (t_{clo} + 273)^4 - (TRM + 273)^4 \} + f_{clo} h_c (t_{clo} - t_a)]$$

$$h_c = 2,38 (t_{clo} - t_a)^{0,25} \quad \text{para } 2,38 (t_{clo} - t_a)^{0,25} > 12,1 v_{ar}^{0,5}$$

$$h_c = 12,1 v_{ar}^{0,5} \quad \text{para } 2,38 (t_{clo} - t_a)^{0,25} < 12,1 v_{ar}^{0,5}$$

$$f_{clo} = 1,00 + 0,2 I_{clo} \quad \text{para } I_{clo} < 0,5 \text{ clo}$$

$$f_{clo} = 1,05 + 0,1 I_{clo} \quad \text{para } I_{clo} > 0,5 \text{ clo}$$

siendo:

IVM: Índice de valoración medio

M: metabolismo, (W/m²)

W: trabajo externo, nulo para la mayoría de los casos

I_{clo}: resistencia térmica del vestido (clo)

f_{clo}: relación entre el área del cuerpo vestido y el área del cuerpo desnudo

t_a: temperatura del aire, (°C)

TRM: temperatura radiante media, °C

v_a: velocidad relativa del aire, (m/s)

P_{va}: presión parcial del vapor de agua, Pa

h_c: coeficiente de convección, W/(m²K)

t_{clo}: temperatura de la superficie del vestido, °C

Aparte de la expresión anterior, el valor de IVM puede hallarse de forma mucho más sencilla mediante las tablas que se pueden encontrar al final, conociendo el nivel de actividad, el tipo de vestido, la temperatura seca y la velocidad del aire, para las cuales:

1. la humedad relativa es del 50%, y
2. la temperatura radiante media y la temperatura seca son iguales.

En caso de que la humedad relativa no sea del 50% y/o la temperatura radiante media sea mayor que la temperatura del aire, debemos aplicar los factores de corrección f_h y f_r respectivamente.

Al valor resultante de estas situaciones se le denomina IVM, índice de valoración medio, (*Predicted Mean Vote*) que, llevado a la curva PPI-IVM que se muestra más adelante, nos permite conocer el porcentaje de personas insatisfechos PPI para esa situación.

Nivel de actividad

Para obtener el nivel de actividad desarrollado, Fanger establece una clasificación atendiendo al consumo energético:

	Valor mínimo (W/m ²)	Valor máximo (W/m ²)
Nivel sedentario	58	87
Nivel medio	87	145
Nivel alto	145	232

Corrección del IVM

Cuando no se cumple que la humedad relativa sea del 50% y/o que la (TRM) sea igual a la (t_a), debemos corregir el IVM en función de la siguiente expresión:

$$IVM_{\text{final}} = IVM + fh (HR - 50) + fr (TRM - t_a)$$

donde:

- t_a : Temperatura seca del aire (°C)
- TRM: Temperatura Radiante Media (°C)
- HR: Humedad Relativa (%)
- fh: Factor de corrección de IVM en función de la humedad
- fr: Factor de corrección de IVM en función de TRM

Estos factores de corrección pueden conocerse mediante las curvas o mediante las tablas que aparecen más abajo.

Cálculo de la Temperatura Radiante Media (TRM)

Para calcular la Temperatura Radiante Media (TRM) se utilizan las siguiente expresiones, según la velocidad del aire:

Para convección natural ($v_a < 0,15$ m/s):

$$TRM = [(t_g + 273)^4 + (0,25 \cdot 10^8) / \epsilon (It_g - t_a/d)^{0,25} (t_g - t_a)]^{0,25} - 273$$

Para convección forzada ($v_a > 0,15$ m/s)

$$TRM = [(t_g + 273)^4 + (1,1 \cdot 10^8 v_a^{0,6}) / (\epsilon d^{0,4}) (t_g - t_a)]^{0,25} - 273$$

donde:

- t_g : temperatura de globo, °C
- v_a : velocidad relativa del aire, m/s
- d: diámetro del globo, m
- t_a : temperatura seca del aire, °C
- ϵ : coeficiente de emisividad

Tablas para determinar el IVM de Fanger

Nivel de actividad: 58 W/m² (1 met)

Vestido		Temperatura seca °C	Velocidad relativa (m/s)									
clo	m ² °C/W		<0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50	
0	0	26	-1,62	-1,62	-1,96	-2,34						
		27	-1	-1	-1,36	-1,69						
		28	-0,39	-0,42	-0,76	-1,05						
		29	0,21	0,13	-0,15	-0,39						
		30	0,8	0,68	0,45	0,26						
		31	1,39	1,25	1,08	0,94						
		32	1,96	1,83	1,71	1,61						
		33	2,5	2,41	2,34	2,29						
0,25	0,039	24	-1,52	-1,52	-1,8	-2,06	-2,47					
		25	-1,05	-1,05	-1,33	-1,57	-1,94	-2,24	-2,48			
		26	-0,58	-0,61	-0,87	-1,08	-1,41	-1,67	-1,89	-2,66		
		27	-0,12	-0,17	-0,4	-0,58	-0,87	-1,1	-1,29	-1,97	-2,41	
		28	0,34	0,27	0,07	-0,09	-0,34	-0,53	-0,7	-1,28	-1,66	
		29	0,8	0,71	0,54	0,41	0,2	0,04	-0,1	-0,58	-0,9	
		30	1,25	1,15	1,02	0,91	0,74	0,61	0,5	0,11	-0,14	
		31	1,71	1,61	1,51	1,43	1,3	1,2	1,12	0,83	0,63	
0,50	0,078	23	-1,1	-1,1	-1,33	-1,51	-1,78	-1,99	-2,16			
		24	-0,72	-0,74	-0,95	-1,11	-1,36	-1,55	-1,7	-2,22		
		25	-0,34	-0,38	-0,56	-0,71	-0,94	-1,11	-1,25	-1,71	-1,99	
		26	0,04	-0,01	-0,18	-0,31	-0,51	-0,66	-0,79	-1,19	-1,44	
		27	0,42	0,35	0,2	0,09	-0,08	-0,22	-0,33	-0,68	-0,9	
		28	0,8	0,72	0,59	0,49	0,34	0,23	0,14	-0,17	-0,36	
		29	1,17	1,08	0,98	0,9	0,77	0,68	0,6	0,34	0,19	
		30	1,54	1,45	1,37	1,3	1,2	1,13	1,06	0,86	0,73	
0,75	0,116	21	-1,11	-1,11	-1,3	-1,44	-1,66	-1,82	-1,95	-2,36	-2,6	
		22	-0,79	-0,81	-0,98	-1,11	-1,31	-1,46	-1,58	-1,95	-2,17	
		23	-0,47	-0,5	-0,66	-0,78	-0,96	-1,09	-1,2	-1,55	-1,75	
		24	-0,15	-0,19	-0,33	-0,44	-0,61	-0,73	-0,83	-1,14	-1,33	
		25	0,17	0,12	-0,01	-0,11	-0,26	-0,37	-0,46	-0,74	-0,9	
		26	0,49	0,43	0,31	0,23	0,09	0	-0,08	-0,33	-0,48	
		27	0,81	0,74	0,64	0,56	0,45	0,36	0,29	0,08	-0,05	
		28	1,12	1,05	0,96	0,9	0,8	0,73	0,67	0,48	0,37	
1,00	0,155	20	-0,85	-0,87	-1,02	-1,13	-1,29	-1,41	-1,51	-1,81	-1,98	
		21	-0,57	-0,6	-0,74	-0,84	-0,99	-1,11	-1,19	-1,47	-1,63	
		22	-0,3	-0,33	-0,46	-0,55	-0,69	-0,8	-0,88	-1,13	-1,28	
		23	0,02	-0,07	-0,18	-0,27	-0,39	-0,49	-0,56	-0,79	-0,93	
		24	0,26	0,2	0,1	0,02	-0,09	-0,18	-0,25	-0,46	-0,58	
		25	0,53	0,48	0,38	0,31	0,21	0,13	0,07	-0,12	-0,23	
		26	0,81	0,75	0,66	0,6	0,51	0,44	0,39	0,22	0,13	
		27	1,08	1,02	0,95	0,89	0,81	0,75	0,71	0,56	0,48	
1,25	0,194	16	-1,37	-1,37	-1,51	-1,62	-1,78	-1,89	-1,98	-2,26	-2,41	
		18	-0,89	-0,91	-1,04	-1,14	-1,28	-1,38	-1,46	-1,7	-1,84	
		20	-0,42	-0,46	-0,57	-0,65	-0,77	-0,86	-0,93	-1,14	-1,26	
		22	0,07	0,02	-0,07	-0,14	-0,25	-0,32	-0,38	-0,56	-0,66	
		24	0,56	0,5	0,43	0,37	0,28	0,22	0,17	0,02	-0,06	
		26	1,04	0,99	0,93	0,88	0,81	0,76	0,72	0,61	0,54	
		28	1,53	1,48	1,43	1,4	1,34	1,31	1,28	1,19	1,14	
		30	2,01	1,97	1,93	1,91	1,88	1,85	1,83	1,77	1,74	
1,50	0,233	14	-1,36	-1,36	-1,49	-1,58	-1,72	-1,82	-1,89	-2,12	-2,25	
		16	-0,94	-0,95	-1,07	-1,15	-1,27	-1,36	-1,43	-1,63	-1,75	
		18	-0,52	-0,54	-0,64	-0,72	-0,82	-0,9	-0,96	-1,14	-1,24	
		20	-0,09	-0,13	-0,22	-0,28	-0,37	-0,44	-0,49	-0,65	-0,74	
		22	0,35	0,3	0,23	0,18	0,1	0,04	0	-0,14	-0,21	
		24	0,79	0,74	0,68	0,63	0,57	0,52	0,49	0,37	0,31	
		26	1,23	1,18	1,13	1,09	1,04	1,01	0,98	0,89	0,84	
		28	1,67	1,62	1,58	1,56	1,52	1,49	1,47	1,4	1,37	

Tabla 6.15 Índice de valoración medio (IVM)

Nivel de actividad: 69,6 W/m² (1,2 met)

Vestido		Temperatura seca °C	Velocidad relativa (m/s)									
clo	m ² °C/W		<0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50	
0	0	25	-1,33	-1,33	-1,59	-1,92						
		26	-0,83	-0,83	-1,11	-1,4						
		27	-0,33	-0,33	-0,63	-0,88						
		28	0,15	0,12	-0,14	-0,36						
		29	0,63	0,56	0,35	0,17						
		30	1,1	1,01	0,84	0,69						
		31	1,57	1,47	1,34	1,24						
		32	2,03	1,93	1,85	1,78						
0,25	0,039	23	-1,18	-1,18	-1,39	-1,61	-1,97	-2,25				
		24	-0,79	-0,79	-1,02	-1,22	-1,54	-1,8	-2,01			
		25	-0,42	-0,42	-0,64	-0,83	-1,11	-1,34	-1,54	-2,21		
		26	-0,04	-0,07	-0,27	-0,43	-0,68	-0,89	-1,06	-1,65	-2,04	
		27	0,33	0,29	0,11	-0,03	-0,25	-0,43	-0,58	-1,09	-1,43	
		28	0,71	0,64	0,49	0,37	0,18	0,03	-0,1	-0,54	-0,82	
		29	1,07	0,99	0,87	0,77	0,61	0,49	0,39	0,02	-0,22	
		30	1,43	1,35	1,25	1,17	1,05	0,95	0,87	0,58	0,39	
0,50	0,078	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	
		32	2,25	2,2	2,17	2,15	2,11	2,09	2,07	1,99	1,95	
0,75	0,116	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	
		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	
1,00	0,155	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	
1,25	0,194	14	-1,12	-1,12	-1,24	-1,34	-1,48	-1,58	-1,66	-1,9	-2,04	
		16	-0,74	-0,75	-0,86	-0,95	-1,07	-1,16	-1,23	-1,45	-1,57	
		18	-0,36	-0,38	-0,48	-0,55	-0,66	-0,74	-0,81	-1	-1,11	
		20	0,02	-0,01	-0,1	-0,16	-0,26	-0,33	-0,38	-0,55	-0,64	
		22	0,42	0,38	0,31	0,25	0,17	0,11	0,07	-0,08	-0,16	
		24	0,81	0,77	0,71	0,66	0,6	0,55	0,51	0,39	0,33	
		26	1,21	1,16	1,11	1,08	1,03	0,99	0,96	0,87	0,82	
		28	1,6	1,56	1,52	1,5	1,46	1,43	1,41	1,34	1,3	
1,50	0,233	12	-1,09	-1,09	-1,19	-1,27	-1,39	-1,48	-1,55	-1,75	-1,86	
		14	-0,75	-0,75	-0,85	-0,93	-1,03	-1,11	-1,17	-1,35	-1,45	
		16	-0,41	-0,42	-0,51	-0,58	-0,67	-0,74	-0,79	-0,96	-1,05	
		18	-0,06	-0,09	-0,17	-0,22	-0,31	-0,37	-0,42	-0,56	-0,64	
		20	0,28	0,25	0,18	0,13	0,05	0	-0,04	-0,16	-0,24	
		22	0,63	0,6	0,54	0,5	0,44	0,39	0,36	0,25	0,19	
		24	0,99	0,95	0,91	0,87	0,82	0,78	0,76	0,67	0,62	
		26	1,35	1,31	1,27	1,24	1,2	1,18	1,15	1,08	1,05	

Tabla 6.16 Índice de valoración medio (IVM)

Nivel de actividad: 81,2 W/m² (1,4 met)

Vestido		Temperatura seca °C	Velocidad relativa (m/s)								
clo	m ² °C/W		<0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50
0	0	24	-1,14	-1,14	-1,35	-1,65					
		25	-0,72	-0,72	-0,95	-1,21					
		26	-0,3	-0,3	0,54	-0,78					
		27	0,11	0,11	-0,14	-0,34					
		28	0,52	0,48	0,27	0,1					
		29	0,92	0,85	0,69	0,54					
		30	1,31	1,23	1,1	0,99					
0,25	0,039	31	1,71	1,62	1,52	1,45					
		22	-0,95	-0,95	-1,12	-1,33	-1,64	-1,9	-2,11		
		23	-0,63	-0,63	-0,81	-0,99	-1,28	-1,51	-1,71	-2,38	
		24	-0,31	-0,31	-0,5	-0,66	-0,92	-1,13	-1,31	-1,91	-2,31
		25	0,01	0	-0,18	-0,33	-0,56	-0,75	-0,9	-1,45	-1,8
		26	0,33	0,3	0,14	0,01	-0,2	-0,36	-0,5	-0,98	-1,29
		27	0,64	0,59	0,45	0,34	0,16	0,02	-0,1	-0,51	-0,78
0,50	0,078	28	0,95	0,89	0,77	0,68	0,53	0,41	0,31	-0,04	-0,27
		29	1,26	1,19	1,09	1,02	0,89	0,8	0,72	0,43	0,24
		18	-1,36	-1,36	-1,49	-1,66	-1,93	-2,12	-2,29		
		20	-0,85	-0,85	-1	-1,14	-1,37	-1,54	-1,68	-2,15	-2,43
		22	-0,33	-0,33	-0,48	-0,61	-0,8	-0,95	-1,06	-1,46	-1,7
		24	0,19	0,17	0,04	-0,07	-0,22	-0,34	-0,44	-0,76	-0,96
		26	0,71	0,66	0,56	0,48	0,35	0,26	0,18	-0,07	-0,23
0,75	0,116	28	1,22	1,16	1,09	1,03	0,94	0,87	0,81	0,63	0,51
		30	1,72	1,66	1,62	1,58	1,52	1,48	1,44	1,33	1,25
		32	2,23	2,19	2,17	2,16	2,13	2,11	2,1	2,05	2,02
		16	-1,17	-1,17	-1,29	-1,42	-1,62	-1,77	-1,88	-2,26	-2,48
		18	-0,75	-0,75	-0,87	-0,99	-1,16	-1,29	-1,39	-1,72	-1,92
		20	-0,33	-0,33	-0,45	-0,55	-0,7	-0,82	-0,91	-1,19	-1,36
		22	0,11	0,09	-0,02	-0,1	-0,23	-0,32	-0,4	-0,64	-0,78
1,00	0,155	24	0,55	0,51	0,42	0,35	0,25	0,17	0,11	-0,09	-0,2
		26	0,98	0,94	0,87	0,81	0,73	0,67	0,62	0,47	0,37
		28	1,41	1,36	1,31	1,27	1,21	1,17	1,13	1,02	0,95
		30	1,84	1,79	1,76	1,73	1,7	1,67	1,65	1,58	1,53
		14	-1,05	-1,05	-1,16	-1,26	-1,42	-1,53	-1,62	-1,91	-2,07
		16	-0,69	-0,69	-0,8	-0,89	-1,03	-1,13	-1,21	-1,46	-1,61
		18	-0,32	-0,32	-0,43	-0,52	-0,64	-0,73	-0,8	-1,02	-1,15
1,25	0,194	20	0,04	0,03	-0,07	-0,14	-0,25	-0,32	-0,38	-0,58	-0,69
		22	0,42	0,39	0,31	0,25	0,16	0,1	0,05	-0,12	-0,21
		24	0,8	0,76	0,7	0,65	0,57	0,52	0,48	0,35	0,27
		26	1,18	1,13	1,08	1,04	0,99	0,95	0,91	0,81	0,75
		28	1,55	1,51	1,47	1,44	1,4	1,37	1,35	1,27	1,23
		12	-0,97	-0,97	-1,06	-1,15	-1,28	-1,37	-1,45	-1,67	-1,8
		14	-0,65	-0,65	-0,75	-0,82	-0,94	-1,02	-1,09	-1,29	-1,4
1,50	0,233	16	-0,33	-0,33	-0,43	-0,5	-0,6	-0,67	-0,73	-0,91	-1,01
		18	-0,01	-0,02	-0,1	-0,17	-0,26	-0,32	-0,37	-0,53	-0,52
		20	0,32	0,29	0,22	0,17	0,09	0,03	-0,01	-0,15	-0,22
		22	0,65	0,62	0,56	0,52	0,45	0,4	0,36	0,25	0,18
		24	0,99	0,95	0,9	0,87	0,81	0,77	0,74	0,65	0,59
		26	1,32	1,28	1,25	1,22	1,18	1,14	1,12	1,05	1
		10	-0,91	-0,91	-1	-1,08	-1,18	-1,26	-1,32	-1,51	-1,61
12	-0,63	-0,63	-0,71	-0,78	-0,88	-0,95	-1,01	-1,17	-1,27		
14	-0,34	-0,34	-0,43	-0,49	-0,58	-0,64	-0,69	-0,84	-0,92		
16	-0,05	-0,06	-0,14	-0,19	-0,27	-0,33	-0,37	-0,5	-0,58		
18	0,24	0,22	0,15	0,11	0,04	-0,01	-0,05	-0,17	-0,23		
20	0,53	0,5	0,45	0,4	0,34	0,3	0,27	0,17	0,11		
22	0,83	0,8	0,75	0,72	0,67	0,63	0,6	0,52	0,47		
24	1,13	1,1	1,06	1,03	0,99	0,96	0,94	0,87	0,83		

Tabla 6.17 Índice de valoración medio (IVM)

Nivel de actividad: 92,8 W/m² (1,6 met)

Vestido		Temperatura seca °C	Velocidad relativa (m/s)									
clo	m ² °C/W		<0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50	
0	0	23	-1,12	-1,12	-1,29	-1,57						
		24	-0,74	-0,74	-0,93	-1,18						
		25	-0,36	-0,36	-0,57	-0,79						
		26	0,01	0,01	-0,2	-0,4						
		27	0,38	0,37	0,17	0						
		28	0,75	0,7	0,53	0,39						
		29	1,11	1,04	0,9	0,79						
		30	1,46	1,38	1,27	1,19						
0,25	0,039	16	-2,29	-2,29	-2,36	-2,62						
		18	-1,72	-1,72	-1,83	-2,06	-2,42					
		20	-1,15	-1,15	-1,29	-1,49	-1,8	-2,05	-2,26			
		22	-0,58	-0,58	-0,73	-0,9	-1,17	-1,38	-1,55	-2,17	-2,58	
		24	-0,01	-0,01	-0,17	-0,31	-0,53	-0,7	-0,84	-1,35	-1,68	
		26	0,56	0,53	0,39	0,29	0,12	-0,02	-0,13	-0,52	-0,78	
		28	1,12	1,06	0,96	0,89	0,77	0,67	0,59	0,31	0,12	
		30	1,66	1,6	1,54	1,49	1,42	1,36	1,31	1,14	1,02	
0,50	0,078	14	-1,85	-1,85	-1,94	-2,12	-2,4					
		16	-1,4	-1,4	-1,5	-1,67	-1,92	-2,11	-2,26			
		18	-0,95	-0,95	-1,07	-1,21	-1,43	-1,59	-1,73	-2,18	-2,46	
		20	-0,49	-0,49	-0,62	-0,75	-0,94	-1,08	-1,2	-1,59	-1,82	
		22	-0,03	-0,03	-0,16	-0,27	-0,43	-0,55	-0,65	-0,98	-1,18	
		24	0,43	0,41	0,3	0,21	0,08	-0,02	-0,1	-0,37	-0,53	
		26	0,89	0,85	0,76	0,7	0,6	0,52	0,46	0,25	0,12	
		28	1,34	1,29	1,23	1,18	1,11	1,06	1,01	0,86	0,77	
0,75	0,116	14	-1,16	-1,16	-1,26	-1,38	-1,57	-1,71	-1,82	-2,17	-2,38	
		16	-0,79	-0,79	-0,89	-1	-1,17	-1,29	-1,39	-1,7	-1,88	
		18	-0,41	-0,41	-0,52	-0,62	-0,76	-0,87	-0,96	-1,23	-1,39	
		20	-0,04	-0,04	-0,15	-0,23	-0,36	-0,45	-0,52	-0,76	-0,9	
		22	0,35	0,33	0,24	0,17	0,07	-0,01	-0,07	-0,27	-0,39	
		24	0,74	0,71	0,63	0,58	0,49	0,43	0,38	0,21	0,12	
		26	1,12	1,08	1,03	0,98	0,92	0,87	0,83	0,7	0,62	
		28	1,51	1,46	1,42	1,39	1,34	1,31	1,28	1,19	1,14	
1,00	0,155	12	-1,01	-1,01	-1,1	-1,19	-1,34	-1,45	-1,53	-1,79	-1,94	
		14	0,68	-0,68	-0,78	-0,87	-1	-1,09	-1,17	-1,4	-1,54	
		16	0,36	-0,36	-0,46	-0,53	-0,65	-0,74	-0,8	-1,01	-1,13	
		18	0,04	-0,04	-0,13	-0,2	-0,3	-0,38	-0,44	-0,62	-0,73	
		20	0,28	0,27	0,19	0,13	0,04	-0,02	-0,07	-0,23	-0,32	
		22	0,62	0,59	0,53	0,48	0,41	0,35	0,31	0,17	0,1	
		24	0,96	0,92	0,87	0,83	0,77	0,73	0,69	0,58	0,52	
		26	1,29	1,25	1,21	1,18	1,14	1,1	1,07	0,99	0,94	
1,25	0,194	10	-0,9	-0,9	-0,98	-1,06	-1,18	-1,27	-1,33	-1,54	-1,66	
		12	-0,62	-0,62	-0,7	-0,77	-0,88	-0,96	-1,02	-1,21	-1,31	
		14	-0,33	-0,33	-0,42	-0,48	-0,58	-0,65	-0,7	-0,87	-0,97	
		16	-0,05	-0,05	-0,13	-0,19	-0,28	-0,34	-0,39	-0,54	-0,62	
		18	0,24	0,22	0,15	0,1	0,03	-0,03	-0,07	-0,2	-0,28	
		20	0,52	0,5	0,44	0,4	0,33	0,29	0,25	0,14	0,07	
		22	0,82	0,79	0,74	0,71	0,65	0,61	0,58	0,49	0,43	
		24	1,12	1,09	1,05	1,02	0,97	0,94	0,92	0,84	0,79	
1,50	0,233	8	-0,82	-0,82	-0,89	-0,96	-1,06	-1,13	-1,19	-1,36	-1,45	
		10	-0,57	-0,57	-0,65	-0,71	-0,8	-0,86	-0,92	-1,07	-1,16	
		12	-0,32	-0,32	-0,39	-0,45	-0,53	-0,59	-0,64	-0,78	-0,85	
		14	-0,06	-0,07	-0,14	-0,19	-0,26	-0,31	-0,36	-0,48	-0,55	
		16	0,19	0,18	0,12	0,07	0,01	-0,04	-0,07	-0,19	-0,25	
		18	0,45	0,43	0,38	0,34	0,28	0,24	0,21	0,11	0,05	
		20	0,71	0,68	0,64	0,6	0,55	0,52	0,49	0,41	0,36	
		22	0,97	0,95	0,91	0,88	0,84	0,81	0,79	0,72	0,68	

Tabla 6.18 Índice de valoración medio (IVM)

Nivel de actividad: 104,4 W/m² (1,8 met)

Vestido		Temperatura seca °C	Velocidad relativa (m/s)								
clo	m ² °C/W		<0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50
0	0	22	-1,05	-1,05	-1,19	-1,46					
		23	-0,7	-0,7	-0,86	-1,11					
		24	-0,36	-0,36	-0,53	-0,75					
		25	-0,01	-0,01	-0,2	-0,4					
		26	0,32	0,32	0,13	-0,04					
		27	0,66	0,63	0,46	0,32					
		28	0,99	0,94	0,8	0,68					
		29	1,31	1,25	1,13	1,04					
		0,25	0,039	16	-1,79	-1,79	-1,86	-2,09	-2,46		
18	-1,28			-1,28	-1,38	-1,58	-1,9	-2,16	-2,37		
20	-0,76			-0,76	-0,89	-1,06	-1,34	-1,56	-1,75	-2,39	-2,89
22	-0,24			-0,24	-0,38	-0,53	-0,76	-0,95	-1,1	-1,65	-2,01
24	0,28			0,28	0,13	0,01	-0,18	-0,33	-0,46	-0,9	-1,19
26	0,79			0,76	0,64	0,55	0,4	0,29	0,19	-0,15	-0,38
28	1,29			1,24	1,16	1,1	0,99	0,91	0,84	0,6	0,44
30	1,79			1,73	1,68	1,65	1,59	1,54	1,5	1,36	1,27
0,50	0,078	14	-1,42	-1,42	-1,5	-1,66	-1,91	-2,1	-2,25		
		16	-1,01	-1,01	-1,1	-1,25	-1,47	-1,64	-1,77	-2,23	-2,51
		18	-0,59	-0,59	-0,7	-0,83	-1,02	-1,17	-1,29	-1,69	-1,94
		20	-0,18	-0,18	-0,3	-0,41	-0,58	-0,71	-0,81	-1,15	-1,36
		22	0,24	0,23	0,12	0,02	-0,12	-0,22	-0,31	-0,6	-0,78
		24	0,66	0,63	0,54	0,46	0,35	0,26	0,19	-0,04	-0,19
		26	1,07	1,03	0,96	0,9	0,82	0,75	0,69	0,51	0,4
		28	1,48	1,44	1,39	1,35	1,29	1,24	1,2	1,07	1
0,75	0,116	12	-1,15	-1,15	-1,23	-1,35	-1,53	-1,67	-1,78	-2,13	-2,33
		14	-0,81	-0,81	-0,89	-1	-1,17	-1,29	-1,39	-1,7	-1,89
		16	-0,46	-0,46	-0,56	-0,66	-0,8	-0,91	-1	-1,28	-1,44
		18	-0,12	-0,12	-0,22	-0,31	-0,43	-0,53	-0,61	-0,85	-0,99
		20	0,22	0,21	0,12	0,04	-0,07	-0,15	-0,21	-0,42	-0,55
		22	0,57	0,55	0,47	0,41	0,32	0,25	0,2	0,02	-0,09
		24	0,92	0,89	0,83	0,78	0,71	0,65	0,6	0,46	0,38
		26	1,28	1,24	1,19	1,15	1,09	1,05	1,02	0,91	0,84
1,00	0,155	10	-0,97	-0,97	-1,04	-1,14	-1,28	-1,39	-1,47	-1,73	-1,88
		12	-0,68	-0,68	-0,76	-0,84	-0,97	-1,07	-1,14	-1,38	-1,51
		14	-0,38	-0,38	-0,46	-0,54	-0,66	-0,74	-0,81	-1,02	-1,14
		16	-0,09	-0,09	-0,17	-0,24	-0,35	-0,42	-0,48	-0,67	-0,78
		18	0,21	0,2	0,12	0,06	-0,03	-0,1	-0,15	-0,31	-0,41
		20	0,5	0,48	0,42	0,36	0,29	0,23	0,18	0,04	-0,04
		22	0,81	0,78	0,73	0,68	0,62	0,57	0,53	0,41	0,35
		24	1,11	1,08	1,04	1	0,95	0,91	0,88	0,78	0,73
1,25	0,194	8	-0,84	-0,84	-0,91	-0,99	-1,1	-1,19	-1,25	-1,46	-1,57
		10	-0,59	-0,59	-0,66	-0,73	-0,84	-0,91	-0,97	-1,16	-1,26
		12	-0,33	-0,33	-0,4	-0,47	-0,56	-0,63	-0,69	-0,86	-0,95
		14	-0,07	-0,07	-0,14	-0,2	-0,29	-0,35	-0,4	-0,55	-0,63
		16	0,19	0,18	0,12	0,06	-0,01	-0,07	-0,11	-0,24	0,32
		18	0,45	0,44	0,38	0,33	0,26	0,22	0,18	0,06	0
		20	0,71	0,69	0,64	0,6	0,54	0,5	0,47	0,37	0,31
		22	0,98	0,96	0,91	0,88	0,83	0,8	0,77	0,69	0,64
1,50	0,233	-2	-1,63	-1,63	-1,68	-1,77	-1,9	-2	-2,07	-2,29	-2,41
		2	-1,19	-1,19	-1,25	-1,33	-1,44	-1,52	-1,58	-1,78	-1,88
		6	-0,74	-0,74	-0,8	-0,87	-0,97	-1,04	-1,09	-1,26	-1,35
		10	-0,29	-0,29	-0,36	-0,42	-0,5	-0,56	-0,6	-0,74	-0,82
		14	0,17	0,17	0,11	0,06	-0,01	-0,05	-0,09	-0,2	-0,26
		18	0,64	0,62	0,57	0,54	0,49	0,45	0,42	0,34	0,29
		22	1,12	1,09	1,06	1,03	1	0,97	0,95	0,89	0,85
		26	1,61	1,58	1,56	1,55	1,52	1,51	1,5	1,46	1,44

Tabla 6.19 Índice de valoración medio (IVM)

Nivel de actividad: 116 W/m² (2 met)

Vestido		Temperatura seca °C	Velocidad relativa (m/s)									
clo	m ² °C/W		<0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50	
0	0	18		-2	-2,02	-2,35						
		20		-1,35	-1,43	-1,72						
		22		-0,69	-0,82	-1,06						
		24		-0,04	-0,21	-0,41						
		26		0,59	0,41	0,26						
		28		1,16	1,03	0,93						
		30		1,73	1,66	1,6						
0,25	0,039	32		2,33	2,32	2,31						
		16		-1,41	-1,48	-1,69	-2,02	-2,29	-2,51			
		18		-0,93	-1,03	-1,21	-1,5	-1,74	-1,93	-2,61		
		20		-0,45	-0,57	-0,73	-0,98	-1,18	-1,35	-1,93	-2,32	
		22		0,04	-0,09	-0,23	-0,44	-0,61	-0,75	-1,24	-1,56	
		24		0,52	0,38	0,28	0,1	-0,03	-0,14	-0,54	-0,8	
		26		0,97	0,86	0,78	0,65	0,55	0,46	0,16	-0,04	
0,50	0,078	28		1,42	1,35	1,29	1,2	1,13	1,07	0,86	0,72	
		30		1,88	1,84	1,81	1,76	1,72	1,68	1,57	1,49	
		14		-1,08	-1,16	-1,31	-1,53	-1,71	-1,85	-2,32		
		16		-0,69	-0,79	-0,92	-1,12	-1,27	-1,4	-1,82	-2,07	
		18		-0,31	-0,41	-0,53	-0,7	-0,84	-0,95	-1,31	-1,54	
		20		0,07	-0,04	-0,14	-0,29	-0,4	-0,5	-0,81	-1	
		22		0,46	0,35	0,27	0,15	0,05	-0,03	-0,29	-0,45	
0,75	0,116	24		0,83	0,75	0,68	0,58	0,5	0,44	0,23	0,1	
		26		1,21	1,15	1,1	1,02	0,96	0,91	0,75	0,65	
		28		1,59	1,55	1,51	1,46	1,42	1,38	1,27	1,21	
		10		-1,16	-1,23	-1,35	-1,54	-1,67	-1,78	-2,14	-2,34	
		12		-0,84	-0,92	-1,03	-1,2	-1,32	-1,42	-1,74	-1,93	
		14		-0,52	-0,6	-0,7	-0,85	-0,97	-1,06	-1,34	-1,51	
		16		-0,2	-0,29	-0,38	-0,51	-0,61	-0,69	-0,95	-1,1	
1,00	0,155	18		0,12	0,03	-0,05	-0,17	-0,26	-0,32	-0,55	-0,68	
		20		0,43	0,34	0,28	0,18	0,1	0,04	-0,15	-0,26	
		22		0,75	0,68	0,62	0,54	0,48	0,43	0,27	0,17	
		24		1,07	1,01	0,97	0,9	0,85	0,81	0,68	0,61	
		8		-0,95	-1,02	-1,11	-1,26	-1,36	-1,45	-1,71	-1,86	
		10		-0,68	-0,75	-0,84	-0,97	-1,07	-1,15	-1,38	-1,52	
		12		-0,41	-0,48	-0,56	-0,68	-0,77	-0,84	-1,05	-1,18	
1,25	0,194	14		-0,13	-0,21	-0,28	-0,39	-0,47	-0,53	-0,72	-0,83	
		16		0,14	0,06	0	-0,1	-0,16	-0,22	-0,39	-0,49	
		18		0,41	0,34	0,28	0,2	0,14	0,09	-0,06	-0,14	
		20		0,68	0,61	0,57	0,5	0,44	0,4	0,28	0,2	
		22		0,96	0,91	0,87	0,81	0,76	0,73	0,62	0,56	
		-2		-1,74	-1,77	-1,88	-2,04	-2,15	-2,24	-2,51	-2,66	
		2		-1,27	-1,32	-1,42	-1,55	-1,65	-1,73	-1,97	-2,1	
1,50	0,233	6		-0,8	-0,86	-0,94	-1,06	-1,14	-1,21	-1,41	-1,53	
		10		-0,33	-0,4	-0,47	-0,56	-0,64	-0,69	-0,86	-0,96	
		14		0,15	0,08	0,03	-0,05	-0,11	-0,15	-0,29	-0,37	
		18		0,63	0,57	0,53	0,47	0,42	0,39	0,28	0,22	
		22		1,11	1,08	1,05	1	0,97	0,95	0,87	0,83	
		26		1,62	1,6	1,58	1,55	1,53	1,52	1,47	1,45	
		-4		-1,52	-1,56	-1,65	-1,78	-1,87	-1,95	-2,16	-2,28	
0		-1,11	-1,16	-1,24	-1,35	-1,44	-1,5	-1,69	-1,79			
4		-0,69	-0,75	-0,82	-0,92	-0,99	-1,04	-1,2	-1,29			
8		-0,27	-0,33	-0,39	-0,47	-0,53	-0,58	-0,72	-0,79			
12		0,15	0,09	0,05	-0,02	-0,07	-0,11	-0,22	-0,29			
16		0,58	0,53	0,49	0,44	0,4	0,37	0,28	0,23			
20		1,01	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,79	0,75			
24		1,47	1,44	1,43	1,4	1,38	1,36	1,32	1,29			

Tabla 6.20 Índice de valoración medio (IVM)

Nivel de actividad: 139,2 W/m² (2,4 met)

Vestido		Temperatura seca °C	Velocidad relativa (m/s)								
clo	m ² °C/W		<0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50
0	0	16			-1,88	-2,22					
		18			-1,34	-1,63					
		20			-0,79	-1,05					
		22			-0,23	-0,44					
		24			0,34	0,17					
		26			0,91	0,78					
		28			1,49	1,4					
0,25	0,039	30			2,07	2,03					
		14			-1,31	-1,52	-1,85	-2,12	-2,34		
		16			-0,89	-1,08	-0,14	-1,61	-1,81	-2,49	
		18			-0,47	-0,63	-0,89	-1,1	-1,27	-1,87	-2,26
		20			-0,05	-0,19	-0,41	-0,58	-0,73	-1,24	-1,58
		22			0,39	0,28	0,09	-0,05	-0,17	-0,6	-0,88
		24			0,84	0,74	0,6	0,48	0,39	0,05	-0,17
0,50	0,078	26			1,28	1,22	1,11	1,02	0,95	0,7	0,53
		28			1,73	1,69	1,62	1,56	1,51	1,35	1,24
		12			-0,97	-1,11	-1,34	-1,51	-1,65	-2,12	-2,4
		14			-0,62	-0,76	-0,96	-1,11	-1,24	-1,65	-1,91
		16			-0,28	-0,4	-0,58	-0,71	-0,82	-1,19	-1,42
		18			0,07	-0,03	-0,19	-0,31	-0,41	-0,73	-0,92
		20			0,42	0,33	0,2	0,1	0,01	-0,26	-0,43
0,75	0,116	22			0,78	0,71	0,6	0,52	0,45	0,22	0,08
		24			1,15	1,09	1	0,94	0,88	0,7	0,59
		26			1,52	1,47	1,41	1,36	1,32	1,19	1,11
		10			-0,71	-0,82	-0,99	-1,11	-1,21	-1,53	-1,71
		12			-0,42	-0,52	-0,67	-0,79	-0,88	-1,16	-1,33
		14			-0,13	-0,22	-0,36	-0,46	-0,54	-0,79	-0,94
		16			0,16	0,08	-0,04	-0,13	-0,2	-0,42	-0,56
1,00	0,155	18			0,45	0,38	0,28	0,2	0,14	-0,05	-0,17
		20			0,75	0,69	0,6	0,54	0,49	0,32	0,22
		22			1,06	1,01	0,94	0,88	0,84	0,7	0,62
		24			1,37	1,33	1,27	1,23	1,2	1,09	1,02
		6			-0,78	-0,87	-1,01	-1,12	-1,2	-1,45	-1,6
		8			-0,54	-0,62	-0,75	-0,85	-0,92	-1,15	-1,29
		10			-0,29	-0,37	-0,49	-0,57	-0,64	-0,86	-0,98
1,25	0,194	12			-0,04	-0,11	-0,22	-0,29	-0,36	-0,55	-0,66
		14			0,21	0,15	0,06	-0,01	-0,07	-0,24	-0,34
		16			0,47	0,41	0,33	0,27	0,22	0,07	-0,02
		18			0,73	0,68	0,6	0,55	0,51	0,38	0,3
		20			0,98	0,94	0,88	0,84	0,8	0,69	0,62
		-4			-1,46	-1,56	-1,72	-1,83	-1,91	-2,17	-2,32
		0			-1,05	-1,14	-1,27	-1,37	-1,44	-1,67	-1,8
1,50	0,233	4			-0,62	-0,7	-0,81	-0,9	-0,96	-1,16	1,27
		8			-0,19	-0,26	-0,35	-0,42	-0,48	-0,64	-0,74
		12			0,25	0,2	0,12	0,06	0,02	-0,12	-0,2
		16			0,7	0,66	0,6	0,55	0,52	0,41	0,35
		20			1,16	1,13	1,08	1,05	1,02	0,94	0,9
		24			1,65	1,63	1,6	1,57	1,56	1,51	1,48
		-8			-1,44	-1,53	-0,17	-1,76	-1,83	-2,05	-2,17
1,50	0,233	-4			-1,07	-1,15	-1,27	-1,35	-1,42	-1,61	-1,72
		0			-0,7	-0,77	-0,87	-0,94	-1	-1,17	-1,27
		4			-0,31	-0,37	-0,46	-0,53	-0,57	-0,72	-0,8
		8			0,07	0,02	-0,05	-0,1	-0,14	-0,27	-0,34
		12			0,47	0,43	0,37	0,33	0,29	0,19	0,14
		16			0,88	0,85	0,8	0,77	0,74	0,66	0,62
		20			1,29	1,27	1,24	1,21	1,19	1,13	1,1

Tabla 6.21 Índice de valoración medio (IVM)

Nivel de actividad: 174 W/m² (3 met)

Vestido		Temperatura seca °C	Velocidad relativa (m/s)								
clo	m ² °C/W		<0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50
0	0	14				-1,92	-2,49				
		16				-1,36	-1,87				
		18				-0,8	-1,24				
		20				-0,24	-0,61				
		22				0,34	0,04				
		24				0,93	0,7				
		26				1,52	1,36				
		28				2,12	2,02				
0,25	0,039	12				-1,19	-1,53	-1,8	-2,02		
		14				-0,77	-1,07	-1,31	-1,51	-2,21	
		16				-0,35	-0,61	-0,82	-1	-1,61	-2,02
		18				0,08	-0,15	-0,33	-0,48	-1,01	-1,36
		20				0,51	0,32	0,17	0,04	-0,41	-0,71
		22				0,96	0,8	0,68	0,57	0,21	-0,03
		24				1,41	1,29	1,19	1,11	0,83	0,64
26				1,87	1,78	1,71	1,65	1,45	1,32		
0,50	0,078	10				-0,78	-1	-1,18	-1,32	-1,79	-2,07
		12				-0,43	-0,64	-0,79	-0,92	-1,34	-1,6
		14				-0,09	-0,27	-0,41	-0,52	-0,9	-1,13
		16				0,26	0,1	-0,02	0,12	0,45	0,65
		18				0,61	0,47	0,37	0,28	0	0,18
		20				0,96	0,85	0,76	0,68	0,45	0,3
		22				1,33	1,24	1,16	1,1	0,91	0,79
24				1,7	1,63	1,57	1,53	1,38	1,28		
0,75	0,116	6				-0,75	-0,93	-1,07	-1,18	-1,52	-1,72
		8				-0,47	-0,64	-0,76	-0,86	-1,18	-0,14
		10				-0,19	-0,34	-0,45	-0,54	-0,83	-1
		12				0,1	-0,03	-0,14	-0,22	-0,48	-0,63
		14				0,39	0,27	0,18	0,11	0,12	0,26
		16				0,69	0,58	0,5	0,44	0,24	0,12
		18				0,98	0,89	0,82	0,77	0,59	0,49
		20				1,28	1,2	1,14	1,1	0,95	0,87
1,00	0,155	6				-1,68	-1,88	-2,03	-2,14	-2,5	-2,7
		2				-1,22	-1,39	-1,52	-1,62	-1,94	-2,12
		6				-0,74	-0,9	-1,01	-1,1	-1,37	-1,53
		6				-0,26	-0,39	-0,49	-0,56	-0,8	-0,93
		10				0,22	0,12	0,04	0,02	0,22	-0,33
		14				0,73	0,64	0,58	0,53	0,38	0,29
		18				1,24	1,18	1,13	1,09	0,97	0,91
22				1,77	1,73	1,69	1,67	1,59	1,54		
1,25	0,194	-8				-1,36	-1,52	-1,64	-1,73	-2	-2,15
		-4				-0,95	-1,1	-1,2	-1,28	-1,52	-1,65
		0				-0,54	-0,66	-0,75	-0,82	-1,03	-1,15
		4				0,12	-0,22	-0,3	-0,36	-0,54	-0,64
		8				0,31	0,22	0,16	0,11	-0,04	-0,13
		12				0,75	0,68	0,63	0,59	0,47	0,4
		16				1,2	1,15	1,11	1,08	0,98	0,93
		20				1,66	1,62	1,59	1,57	1,5	1,46
1,50	0,233	-10				1,13	-1,26	-1,35	-1,42	-1,64	-1,76
		-6				0,76	-0,87	-0,96	-1,02	-1,21	-1,32
		-2				-0,39	-0,49	-0,56	-0,62	-0,79	-0,88
		2				-0,01	0,1	-0,16	-0,21	-0,36	-0,44
		6				0,38	0,3	0,25	0,21	0,08	0,01
		10				0,76	0,7	0,66	0,62	0,52	0,46
		14				1,17	1,12	1,09	1,06	0,98	0,93
18				1,58	1,54	1,52	1,5	1,44	1,4		

Tabla 6.22 Índice de valoración medio (IVM)

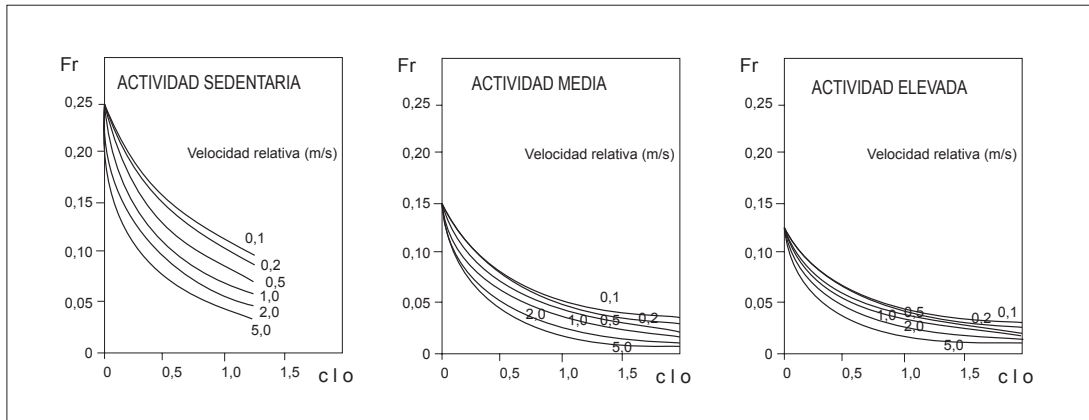


Fig. 6.14 Factores de corrección (f_r) en función de la temperatura radiante media.

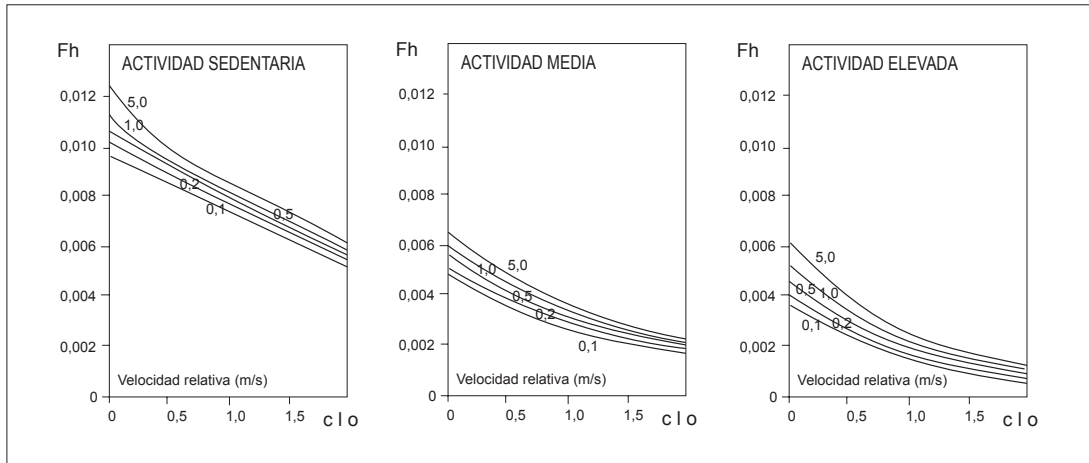


Fig. 6.15 Factores de corrección (f_h) en función de la humedad.

V_a (m/s)	0 clo	0,25 clo	0,50 clo	0,75 clo	1,00 clo	1,25 clo	1,50 clo
0,05	0,0103	0,0096	0,0088	0,0082	0,0076	0,0068	0,0062
0,10	0,0103	0,0096	0,0088	0,0082	0,0076	0,0068	0,0062
0,15	0,0104	0,0098	0,0090	0,0084	0,0078	0,0070	0,0066
0,20	0,0108	0,0100	0,0092	0,0084	0,0079	0,0072	0,0067
0,30	0,0110	0,0102	0,0093	0,0086	0,0080	0,0074	0,0068
0,40	0,0112	0,0104	0,0094	0,0088	0,0081	0,0076	0,0069
0,50	0,0114	0,0106	0,0096	0,0090	0,0082	0,0078	0,0070
1,00	0,0120	0,0108	0,0100	0,0093	0,0086	0,0080	0,0072
1,50	0,0130	0,0109	0,0110	0,0094	0,0087	0,0081	0,0073

Fig. 6.16 Factor de corrección f_h del índice de valoración medio, en función de la humedad, para actividades sedentarias (P.O. Fanger)

V_a (m/s)	0 clo	0,25 clo	0,50 clo	0,75 clo	1,00 clo	1,25 clo	1,50 clo
0,05	0,0050	0,0042	0,0038	0,0032	0,0030	0,0024	0,0020
0,10	0,0050	0,0042	0,0038	0,0032	0,0030	0,0024	0,0020
0,15	0,0052	0,0044	0,0040	0,0034	0,0031	0,0024	0,0021
0,20	0,0053	0,0046	0,0042	0,0036	0,0032	0,0025	0,0023
0,30	0,0055	0,0048	0,0043	0,0037	0,0033	0,0026	0,0023
0,40	0,0058	0,0050	0,0043	0,0038	0,0033	0,0027	0,0023
0,50	0,0060	0,0052	0,0044	0,0040	0,0034	0,0028	0,0024
1,00	0,0063	0,0053	0,0046	0,0041	0,0036	0,0032	0,0026
1,50	0,0065	0,0054	0,0047	0,0042	0,0037	0,0032	0,0026

Fig. 6.17 Factor de corrección f_h del índice de valoración medio, en función de la humedad, para actividades medias (P.O. Fanger)

V_a (m/s)	0 clo	0,25 clo	0,50 clo	0,75 clo	1,00 clo	1,25 clo	1,50 clo
0,05	0,0040	0,0032	0,0026	0,0021	0,0018	0,0014	0,0012
0,10	0,0040	0,0032	0,0026	0,0021	0,0018	0,0014	0,0012
0,15	0,0040	0,0033	0,0027	0,0022	0,0018	0,0014	0,0012
0,20	0,0041	0,0034	0,0028	0,0023	0,0018	0,0014	0,0012
0,30	0,0043	0,0036	0,0030	0,0024	0,0019	0,0015	0,0013
0,40	0,0047	0,0037	0,0031	0,0025	0,0019	0,0015	0,0013
0,50	0,0048	0,0039	0,0033	0,0026	0,0020	0,0016	0,0014
1,00	0,0054	0,0044	0,0036	0,0028	0,0024	0,0020	0,0016
1,50	0,0055	0,0045	0,0037	0,0029	0,0025	0,0020	0,0016

Fig. 6.18 Factor de corrección f_h del índice de valoración medio, en función de la humedad, para actividades altas (P.O. Fanger)

V_a (m/s)	0 clo	0,25 clo	0,50 clo	0,75 clo	1,00 clo	1,25 clo	1,50 clo
0,05	0,2600	0,2000	0,1600	0,1320	0,1100	0,1000	0,0900
0,10	0,2600	0,2000	0,1600	0,1320	0,1100	0,1000	0,0900
0,15	0,2600	0,1950	0,1550	0,1300	0,1075	0,0950	0,0850
0,20	0,2600	0,1920	0,1510	0,1200	0,1050	0,0900	0,0800
0,30	0,2600	0,1850	0,1450	0,1150	0,1000	0,0830	0,0730
0,40	0,2600	0,1850	0,1400	0,1100	0,0950	0,0770	0,0670
0,50	0,2600	0,1850	0,1300	0,1050	0,0900	0,0700	0,0600
1,00	0,2600	0,1600	0,1200	0,0900	0,0700	0,0600	0,0500
1,50	0,2600	0,1550	0,1100	0,0800	0,0650	0,0500	0,0480

Fig. 6.19 Factor de corrección f_r del índice de valoración medio, en función de la TRM, para actividades sedentarias (P.O. Fanger)

V_a (m/s)	0 clo	0,25 clo	0,50 clo	0,75 clo	1,00 clo	1,25 clo	1,50 clo
0,05	0,1500	0,1050	0,0850	0,0700	0,0600	0,0500	0,0500
0,10	0,1500	0,1050	0,0850	0,0700	0,0600	0,0500	0,0500
0,15	0,1500	0,1000	0,0800	0,0700	0,0550	0,0450	0,0500
0,20	0,1500	0,1000	0,0800	0,0680	0,0550	0,0450	0,0400
0,30	0,1500	0,0950	0,0800	0,0630	0,0500	0,0430	0,0360
0,40	0,1500	0,0900	0,0750	0,0590	0,0450	0,0400	0,0330
0,50	0,1500	0,0900	0,0750	0,0550	0,0400	0,0380	0,0300
1,00	0,1500	0,0850	0,0650	0,0500	0,0370	0,0300	0,0250
1,50	0,1500	0,0850	0,0600	0,0450	0,0350	0,0280	0,0230

Fig. 6.20 Factor de corrección f_r del índice de valoración medio, en función de la TRM, para actividades medias (P.O. Fanger)

V_a (m/s)	0 clo	0,25 clo	0,50 clo	0,75 clo	1,00 clo	1,25 clo	1,50 clo
0,05	0,1200	0,0900	0,0700	0,0450	0,0350	0,0300	0,0300
0,10	0,1200	0,0900	0,0700	0,0600	0,0450	0,0350	0,0300
0,15	0,1200	0,0900	0,0700	0,0600	0,0450	0,0350	0,0300
0,20	0,1200	0,0900	0,0700	0,0550	0,0400	0,0350	0,0300
0,30	0,1200	0,0860	0,0660	0,0500	0,0380	0,0330	0,0280
0,40	0,1200	0,0830	0,0630	0,0450	0,0360	0,0310	0,0260
0,50	0,1200	0,0800	0,0600	0,0400	0,0350	0,0300	0,0250
1,00	0,1200	0,0750	0,0550	0,0400	0,0300	0,0250	0,0200
1,50	0,1250	0,0750	0,0500	0,0350	0,0250	0,0200	0,0200

Fig. 6.21 Factor de corrección f_r del índice de valoración medio, en función de la TRM, para actividades altas (P.O. Fanger)

Porcentaje de Personas Insatisfechas (PPI)

Conociendo el IVM_{final} resultante, podemos calcular el porcentaje de personas insatisfechas PPI mediante el gráfico siguiente

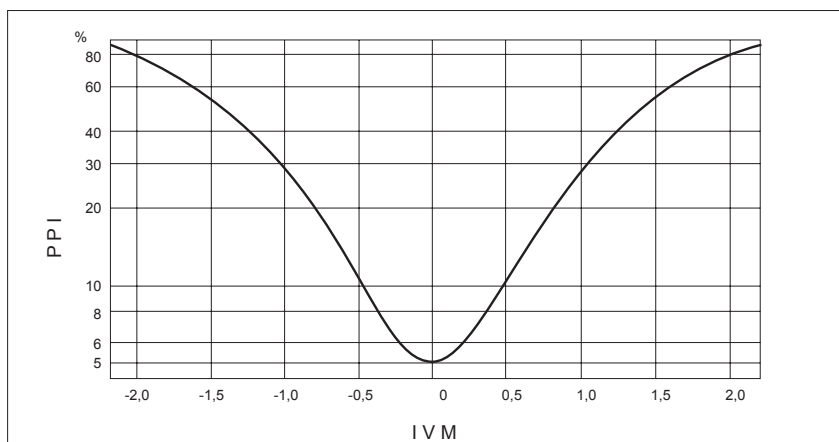


Fig. 6.22 Gráfico para el cálculo del Porcentaje de Personas Insatisfechas (PPI)

O también, por la siguiente expresión:

$$PPI = 100 - 95 \exp(-0,03353 \text{IVM}^4 - 0,2179 \text{IVM}^2)$$

Observando dicho gráfico, podemos ver que incluso cuando la situación del IVM es cero, es decir, para condiciones térmicas óptimas, el grado de insatisfechos será del 5%.

Se recomienda que no se sobrepase el 10% de insatisfechos, o lo que es lo mismo, que no se exceda el valor ($\pm 0,5$). A partir de este valor debemos intervenir en las variables termohigrométricas para ajustar los valores de tal forma que se adecue a los rangos sugeridos por Fanger.

Aplicabilidad del método de Fanger

Es recomendable su aplicación para valores de IVM entre ± 2 . Y únicamente cuando los seis parámetros principales se encuentran dentro de los siguientes intervalos, ya que si se sobrepasan se puede dar por hecho que estamos en una situación de falta de confort:

Actividad metabólica	[58 - 232]	W/m ²
Aislamiento térmico de la ropa	[0 - 2]	clo
Temperatura del aire	[10 - 30]	°C
Temperatura radiante media	[10 - 40]	°C
Velocidad del aire	[0 - 1]	m/s
Presión parcial del vapor de agua	[0 - 2700]	Pa

Cuando en la aplicación de Fanger (ISO 7730) no se sobrepase el 10% de insatisfechos, o lo que es lo mismo, que los valores estén entre $\pm 0,5$, se considera una situación correcta; a partir de esos valores es conveniente la intervención.

De todas formas, cabe recordar que en trabajos sedentarios las situaciones de bienestar térmico se pueden deteriorar debido a la asimetría de radiación, o a corrientes de aire, por todo ello recordamos en la siguiente tabla los límites de confort para ese tipo de tareas:

Diferencia de temperatura del aire entre los pies y la cabeza, máximo: 3 °C

Velocidad del aire: entre 0,1-0,15 m/s en invierno y 0,15 - 0,25 m/s en verano.

Humedad Relativa: entre 40 - 70 %

Asimetría máxima del calor radiante entre paredes verticales: 10 °C

Asimetría máxima del calor radiante entre techos y suelo: 5 °C.

7. La interfase por ordenador y la ergonomía

Un aspecto muy interesante para nosotros será cómo utiliza el usuario su ordenador como herramienta de trabajo con el fin de simplificar y dar soporte a la tarea que ha de desempeñar.

Hay muchas maneras por las cuales el usuario puede comunicarse con el sistema. En un extremo está la introducción de lotes de archivos, en la que el usuario proporciona toda la información al ordenador de una sola vez y posteriormente le deja desempeñar el trabajo. En el otro extremo tenemos una intensa interfase. Aquí el usuario está continuamente proporcionando información al ordenador y recibiendo el feedback correspondiente. Este es el tipo de interfase al que nosotros tratamos en este capítulo con más profundidad.

Así pues, pasaremos a considerar la comunicación entre usuario y sistema: la interfase.

Miraremos una serie de modelos de interfase que nos capacitarán para identificar y evaluar componentes de interfase, ya sean físicas, sociales u organizacionales. Intentaremos hacer un escrutinio de diferentes estilos de interfase con el fin de saber si son efectivos o no para el usuario.

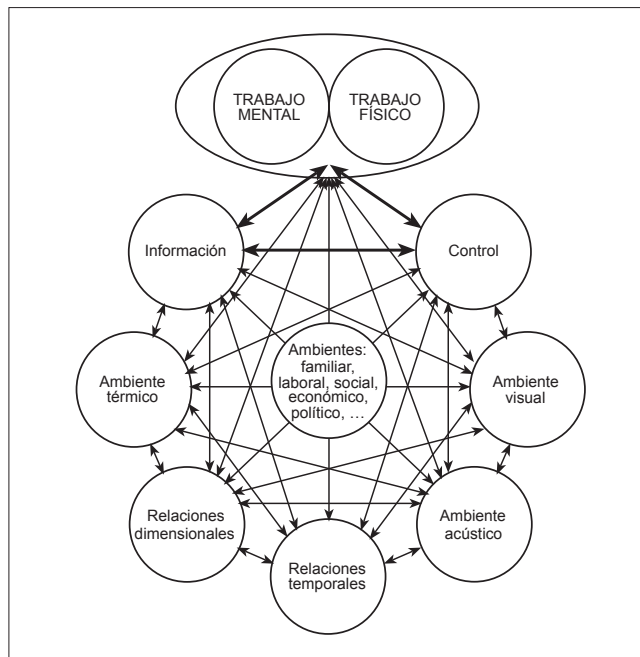


Fig. 7.1 Modelo de interacción

Modelos de interfase

La interfase envuelve al menos dos participantes: el usuario y el sistema. Ambos son complejos, como ya se ha visto, y es muy diferente la comunicación de uno a otro y la visión del dominio de cada uno de ellos. La interfase debe ser, consiguientemente, un “traductor fidedigno” entre ser satisfactoria. Esta “traducción” puede fallar en muchos puntos por diversas razones. El uso de modelos puede ayudarnos a entender perfectamente lo que está sucediendo en la interfase e identificar con más o menos certeza la fuente de nuestras dificultades. Ellos también nos proporcionarán un marco en el que comparar diferentes estilos de interfase y considerar los problemas.

Comenzaremos por considerar los modelos de interfase más influyentes, *Norman's execution-evaluation cycle*, y posteriormente otro que amplía las ideas de éste. Ambos modelos describen la interfase en términos de los objetivos y acciones del usuario. Discutiremos brevemente la terminología empleada y las suposiciones inherentes a los modelos, antes de describir los modelos propiamente.

El término interfase

La palabra interfase proviene del inglés y tiene un sentido tanto material (conexión, adaptador que facilite el contacto entre un aparato y otro), como conceptual (intercambio, interacción). En castellano sólo existe interfaz: zona de comunicación o acción de un sistema sobre otro. Parece obvio que el término castellano sirve para las dos acepciones inglesas, pero los autores queremos distinguir interfase (conceptual) e interfaz (material), a pesar de introducir un neologismo.

El propósito de un sistema interactivo es ayudar al usuario a cumplir sus *objetivos* en algún *dominio* de aplicación. Un dominio define un área de habilidad y conocimiento en alguna actividad del “mundo real”. Algunos ejemplos de dominios pueden ser: el diseño gráfico, la redacción de un presentación multimedia o el control de procesos de una empresa.

Un dominio consiste en conceptos que ponen de relieve sus aspectos importantes. En un dominio de diseño gráfico, algunos de los conceptos importantes son las formas geométricas, el dibujo de una superficie o los utensilios de dibujo. Las *tareas* son operaciones para manipular los conceptos de un dominio. Un objetivo es el *output* deseado de una operación realizada. Por ejemplo, una tarea dentro del dominio del diseño gráfico es la construcción de una forma geométrica específica con atributos particulares en la superficie. Un objetivo relacionado sería generar un triángulo sólido rojo centrado en un determinado punto.

Por otro lado, se considera una intención, una acción específica necesaria para conseguir un objetivo.

El *análisis de la tarea* incluye la identificación del problema espacial por parte del usuario de un sistema interactivo en términos de dominio, objetivos, intenciones y tareas. Podemos usar nuestro conocimiento sobre tareas y objetivos para asesorar al sistema interactivo que se diseña para dar soporte.

Se asume que el sistema es cualquier tipo de aplicación computerizada, pero podemos decir que dichos modelos pueden ser aplicados de manera similar a cualquier aplicación que no sea de entorno informático.

El ciclo ejecución-evaluación

El modelo de Norman es quizá el más influyente en Interfase Persona Ordenador (IPO), posiblemente debido a su proximidad a un conocimiento intuitivo de lo que es la relación persona-ordenador. El usuario formula un plan de acción, el cual es posteriormente ejecutado en la interfase del ordenador.

Cuando el plan, o una parte del plan, ha sido ejecutado, los usuarios observan la interfase para evaluar los resultados de la ejecución del plan, y determinar acciones posteriores.

El ciclo interactivo puede ser dividido en dos fases mayores: ejecución y evaluación. A su vez se pueden dividir en subgrupos, siete en total. Estos grupos en el modelo de Norman son:

- Establecimiento del objetivo
- Formación de intenciones
- Especificación de la secuencia de acciones
- Ejecución de la acción
- Percepción del estado del sistema
- Interpretación del estado del sistema
- Evaluación del estado del sistema con respecto a los objetivos e intenciones

Fig. 7.2 Grupos de Norman

Cada uno de estos puntos es, claro está, una actividad del usuario. En primer lugar, el usuario se confecciona un objetivo. Esta es la noción del usuario de lo que necesita hacerse y se enmarca en términos de dominio, en la tarea de lenguaje. Es susceptible de ser impreciso y por ello es necesario trasladarlo a intenciones más específicas y a acciones actuales que nos harán llegar al objetivo; antes puede ser ejecutado por el usuario. El usuario percibe el nuevo estado del sistema, después de la ejecución de la secuencia de acciones, y lo interpreta según las expectativas. Si el estado del sistema alcanza los objetivos del usuario, entonces el ordenador ha hecho lo que él quería y la interfase ha sido satisfactoria; de otro modo, el usuario debe formular un nuevo objetivo y repetir el ciclo.

Norman usa este modelo de interfase para demostrar por qué algunas interfaces causan problemas a sus usuarios. Él describe esto en términos de *gulfs of execution* y de *gulfs of evaluation*. Como hemos comentado anteriormente, el usuario y el sistema no usan los mismos términos para describir los dominios y objetivos –recordar que Norman llama al lenguaje del sistema, *core language* y al lenguaje del usuario *task language*. La sima de ejecución es la diferencia entre la formulación de las acciones por parte del usuario para alcanzar el objetivo y las acciones permitidas por el sistema. Si las acciones permitidas por el sistema corresponden con las intencionadas por parte del usuario, la interfase será eficaz. La interfase debe, consiguientemente, intentar reducir estas diferencias.

La sima de evaluación es la distancia entre la presentación física del estado del sistema y lo que se esperaba por parte del usuario. Si el usuario puede evaluar fácilmente la presentación en términos de su objetivo, la sima de evaluación es pequeña. A mayor esfuerzo por parte del usuario para interpretar la presentación, menos eficaz es la interfase.

El modelo de Norman es un medio muy útil para comprender la interfase de un modo claro e intuitivo. Hace que otros trabajos más detallados, empíricos y analíticos puedan ser introducidos en un marco común. Sin embargo, tan sólo considera al sistema como una interfase. Se concentra por completo en la visión que el usuario tiene de la interfase.

La estructura de la interfase

La base de la interfase intenta acercarse a una descripción más realista, incluyendo el sistema explícitamente y rompiendo en cuatro componentes principales, tal y como se muestra en la

figura 7.3. Los nodos representan los cuatro componentes principales, Sistema, Usuario, Entrada y Salida. Cada componente tiene su propio lenguaje. Además del *User's task language* y el *System's core language*, que ya hemos comentado, hay lenguajes de igual modo para los componentes Entrada y Salida, para representarlos por separado, aunque con posibles solapaciones.

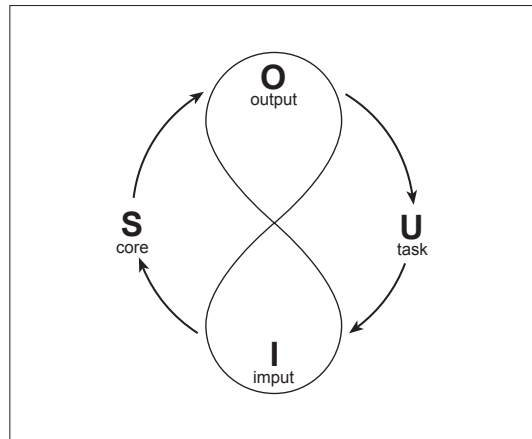


Fig. 7.3 Entorno general de la interfase

Como la interfase se asienta entre el usuario y el sistema, hay cuatro pasos en el ciclo interactivo, cada uno de ellos correspondiente a la traducción de un componente a otro tal y como vemos en la figura 2.4. El usuario comienza el ciclo interactivo con la formulación de un objetivo y la tarea para conseguirlo. La única manera por la que el usuario puede manipular la máquina es a través de la Entrada, con lo cual la entrada debe ser articulada dentro del lenguaje entrada. Dicho lenguaje se traduce a lenguaje core como operaciones para que el sistema pueda trabajarlas. Así pues, el sistema transforma las operaciones entrada, con lo que la fase de ejecución del ciclo está completa y pasamos a la fase de evaluación. El sistema ahora está en un nuevo estado, que debe ser comunicado al usuario. Los actuales valores de los atributos del sistema se presentan como conceptos o características del salida. Es entonces el momento en que el usuario observa el salida y evalúa el objetivo original, terminando así la fase de evaluación y con ello el ciclo interactivo. Hay cuatro importantes transformaciones implicadas en la interfase: articulación, ejecución, presentación y observación.

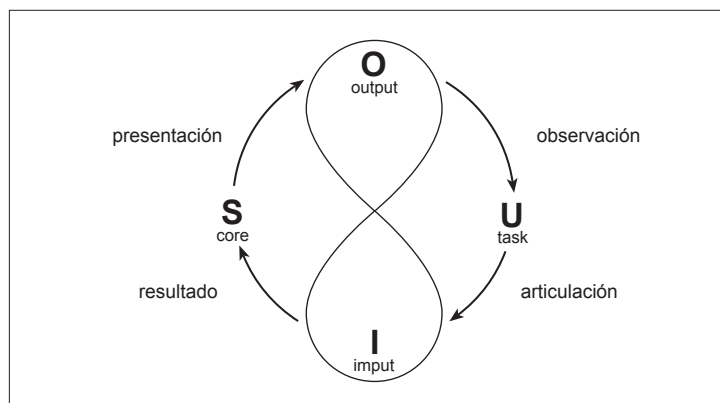


Fig. 7.4 Transmisión entre componentes

La formulación del usuario de la tarea deseada para conseguir los objetivos tiene que ser *articulada* en lenguaje entrada. Las tareas son respuestas del usuario y deben ser traducidas a estímulos por la entrada. Tal y como hemos dicho anteriormente, esta articulación es juzgada en términos de alcance de la tarea a introducir y la relativa facilidad con la que la traducción puede cumplirse. La tarea se redacta en ciertos términos de atributos psicológicos que ponen de relieve los diferentes rasgos importantes del dominio del usuario. Si estos atributos psicológicos se ven bien reflejados en el lenguaje de entrada, la articulación de la tarea será mucho más sencilla. Un ejemplo de “presentación”, y que es común en nuestra vida cotidiana, tal y como señala Norman, es lo que ocurre en una gran habitación con iluminación controlada por una serie de interruptores. En muchas ocasiones es preferible controlar las luces de tal modo que sólo una sección de la sala esté iluminada. Es entonces cuando nos encontramos con la dificultad de saber qué interruptor controla cada una de las diferentes luces de la sala.

El desconcertante resultado de repetidos experimentos con los interruptores para conseguir el efecto deseado puede acabar en la dificultad de articular un objetivo tal como “iluminar las luces frontales” en el lenguaje entrada, que consiste en una línea de interruptores que debe estar o no orientada de una manera lo suficientemente intuitiva como para ser usada.

A la inversa, un ejemplo de una buena “presentación” está en los sistemas de realidad virtual, donde los nuevos dispositivos de entrada tales como *datagloves*, son engranados con el fin de facilitar la articulación haciendo que la noción psicológica de gesticular y actuar sea útil en la interfase. La manipulación directa de interfaces, como las encontradas habitualmente por un operario de Macintosh, hace que la manipulación de algunos comandos sea más fácil. Por otro lado, algunas tareas, tal como la repetitiva de renombrar un archivo o la puesta en marcha de un programa cuyo icono no está visible no son tan fáciles de articular con tal interfase.

En el paso siguiente, las respuestas del entrada son convertidas en estímulo por el sistema. El interés de evaluar dicha traducción es para ver si dicho entrada traducido puede llegar a tantos estados del sistema como sea posible usando el estímulo del sistema directamente. Por ejemplo, las unidades de control remoto para algún compact disc no permiten al usuario desconectar el aparato desde el mando a distancia. La facilidad con la cual esta traducción del entrada al sistema tiene lugar es de menor importancia, ya que no supone un “desembolso” para el usuario. Sin embargo, puede haber un gran esfuerzo por parte del diseñador y programador. En este caso, la facilidad de la traducción se ve en términos de costes de implementación.

Una vez el estado de la transmisión ha ocurrido dentro del sistema, la fase de la ejecución de la interfase se completa y la fase de evaluación comienza. El nuevo estado del sistema debe ser comunicado al usuario, y esto comienza por la traducción de las respuestas del sistema a estímulos para el salida. La presentación de dicha traducción debe preservar los atributos relevantes del dominio en la limitada expresividad del dispositivo salida. La habilidad para capturar los conceptos de dominio del sistema dentro del salida es una cuestión de expresividad en esta traducción.

Por ejemplo, mientras se está escribiendo un papel con cualquier procesador de texto, es necesario a veces ver el contexto cercano sobre la hoja en la que se escribe y el formato en el que podemos presentarlo sobre la pantalla, ya que todo tiene sus limitaciones.

En último término, el usuario debe interpretar el salida para evaluar lo que ha ocurrido. La respuesta del salida debe ser traducida a estímulo para el usuario, lo cual detonará la evaluación. A modo de ejemplo, podemos comentar que no es fácil decir con precisión la hora de un reloj analógico que no está marcado, es decir, con las horas delimitadas, especialmente si no está bien orientado. Es difícil en un comando de interfase determinar el resultado de copiar y mover archivos en un sistema de jerarquía de archivos. Mecanografiar un documento usando uno de los habituales procesadores disponibles hoy

en día es prácticamente imposible sin alguna previa visión que permita un rápido *feedback* para evaluar el progreso.

Evaluando la interfase total

La base de la interfase se presenta como un medio para juzgar de modo global la usabilidad de todo el sistema interactivo. En realidad, todos los análisis sugeridos por el sistema dependen de la tarea actual a la que el usuario se ha comprometido. Esto no es sorprendente, puesto que sólo es un intento de realizar una tarea particular dentro de algún dominio que somos capaces de determinar, si las herramientas que empleamos son las adecuadas. Por ejemplo, diferentes editores de texto son mejores en cosas diferentes. Para una particular tarea de edición, uno puede elegir el más preparado para la interfase relativa a dicha tarea. El mejor editor, si estamos obligados a elegir sólo uno, es el que se adecua mejor a las tareas que se han de desempeñar con mayor frecuencia.

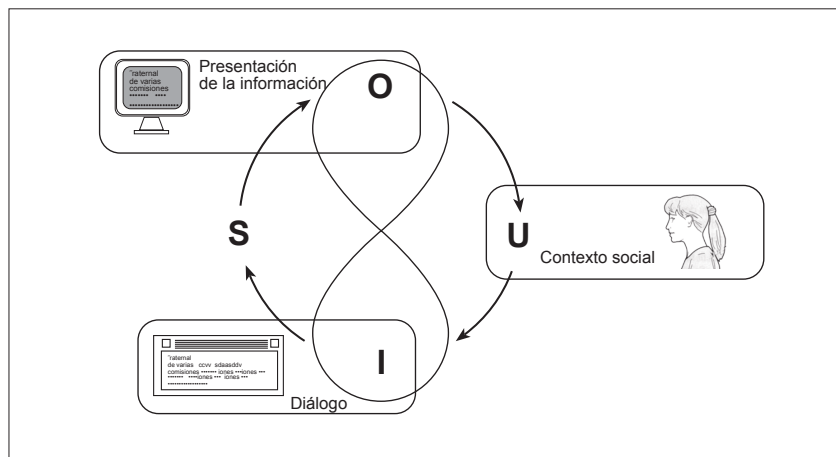


Fig. 7.5 Entorno interfase persona-ordenador (HCI)

La persona en la interfase

La interfase humana con el mundo exterior ocurre a través de la recepción y emisión de la información, entradas y salidas. En la interfase con el ordenador el usuario recibe información de ella, lo que es una salida para el ordenador, y responde proveyendo de una entrada a la misma, es decir la salida del usuario se convierte en una entrada para el ordenador y viceversa. Por ello, el uso de los términos *salida* y *entrada* pueden llevar a confusión, así pues, es algo que deberá aclararse.

La recepción en el hombre ocurre fundamentalmente por medio de sus sentidos y la emisión a través del control motor del ejecutor. Hay, claro está, cinco sentidos principales: vista, oído, tacto, gusto y olfato. De éstos, los tres primeros son los más importantes en lo que se refiere al HCI (*Human Computer Interface*).

Olfato y gusto generalmente no tienen un papel relevante en HCI, y no se tiene claro si de ellos se podrá sacar provecho en el futuro para los sistemas informáticos, aunque tendrán un papel importante en sistemas más especializados (olores para dar señales de mal funcionamiento, por ejemplo). Sin embargo, la visión, el oído y el tacto son los principales.

De igual modo, hay un número de ejecutores, incluyendo extremidades, dedos, ojos, cabeza y sistema vocal. En la interfase con el ordenador, los dedos tienen un papel principal, ya sea a través del teclado o bien del ratón, con poco uso, hasta el momento, del habla, el ojo y la posición de la cabeza.

Imaginemos el uso de un ordenador personal (PC) con un ratón y un teclado. Las aplicaciones que se usan tienen una interfase gráfica, con menús, iconos y ventanas. Si se interacciona con este sistema, en primer lugar se recibe información visualmente, la cual aparece en la pantalla. Sin embargo, también se puede recibir información de modo auditivo, por ejemplo con un beep en el caso de que se cometa un error. El tacto también toma parte, puesto que se ha de sentir la presión realizada sobre el teclado o la dirección a la que se ha de orientar el ratón, lo cual proporciona un feedback vital sobre lo que uno ha hecho. Uno mismo envía información al ordenador, principalmente a través de la mano, ya sea utilizando el teclado o el ratón. Vista y oído no juegan un papel directo a la hora de enviar información en este caso, aunque son útiles en el momento de recibir información de una tercera fuente (por ejemplo, un libro, o palabras de otra persona), que luego es transmitida al ordenador.

Visión

La visión humana es una actividad altamente compleja con un rango de limitaciones físicas y perceptivas, aun así es la fuente principal de captación de información en término medio para la mayoría de las personas. A grandes rasgos podemos dividir la percepción visual en dos etapas: la recepción física de los estímulos del mundo exterior y el procesamiento e interpretación de los mismos. Por un lado, las propiedades físicas del ojo y del sistema visual nos dicen que hay ciertas cosas que no pueden ser vistas por el ser humano; por otro lado, la capacidad interpretativa del procesamiento visual permite imágenes que pueden ser construidas a partir de una información en cierto modo incompleta. Es necesario comprender ambas etapas y las influencias que ellas originan, ya que afectarán al modo en el que se diseñaran los sistemas informáticos. Comenzaremos centrándonos en el ojo como receptor físico, y entonces pasaremos a introducirnos en el proceso básico que envuelve la visión.

El ojo humano

La visión comienza con la luz. El ojo es un mecanismo para recibir luz y transformarla en energía eléctrica. La luz se refleja en los objetos y su imagen es invertida en la parte posterior del ojo. Los receptores en el ojo la transforman en señal eléctrica que pasa posteriormente al cerebro.

El ojo tiene un importante número de componentes (figura 7.6) en los cuales nos vamos a detener. La *córnea* y el *crystalino* en la parte delantera del ojo dirigen la luz hacia la parte posterior del ojo, la *retina*. La retina es sensible a la luz y tiene dos tipos de fotorreceptores **bastones y conos** (ver Confort Visual).

Los *bastones* son muy sensibles a la luz y por ello nos permiten ver incluso a un bajo nivel de iluminación. Sin embargo, ellos son incapaces de apreciar los detalles y están sujetos a una saturación de luz. Esta es la razón por la cual padecemos ese estado de ceguera temporal cuando movemos nuestra visión de una zona oscura a otra que está más iluminada: los bastones han estado activos y consecuentemente se ven saturados por la luz repentina. Los *conos* tampoco operan al verse reprimidos por los bastones. Así pues, permanecemos momentáneamente sin poder ver del todo. Hay aproximadamente 120 millones de bastones por cada ojo y están principalmente situados en los bordes de la retina. Así pues, dominan la visión periférica.

Los conos son el segundo tipo de receptor óptico que hay en el ojo. Ellos son menos sensibles a la luz que los anteriores y por ello pueden tolerar mayor cantidad de luz. Dentro de ellos hay tres tipos, cada

uno de ellos con una sensibilidad diferente dependiendo de la longitud de onda de la luz. Ello nos permite la visión en color. El ojo tiene aproximadamente 6 millones de conos, principalmente concentrados en la *fovea*, una pequeña zona de la retina en la cual se fijan las imágenes.

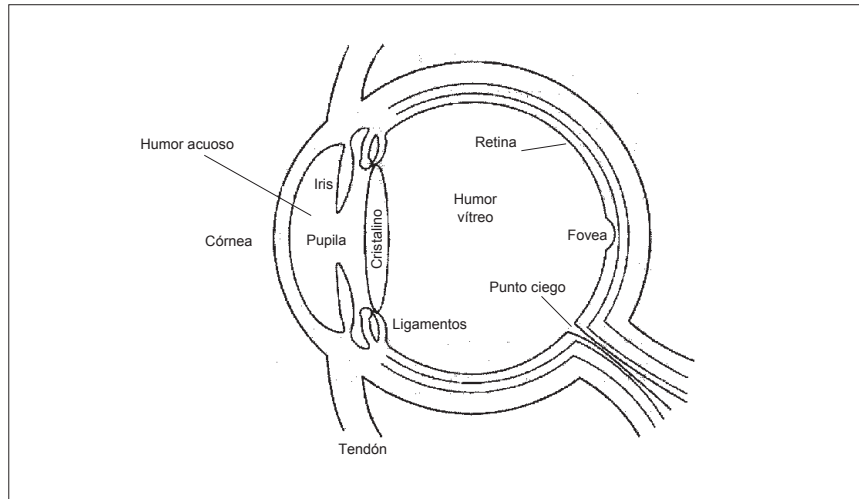


Fig. 7.6 El ojo humano

A pesar de que la retina está principalmente cubierta con fotorreceptores, hay un *punto ciego* por donde el nervio óptico entra en el ojo. El punto ciego no tiene ni conos, ni bastones; sin embargo nuestro sistema visual lo compensa de tal modo que en circunstancias normales no nos percatamos de ello.

La retina también tiene unas células nerviosas especializadas que se llaman ganglios celulares. Hay dos tipos: X-células, las cuales se concentran en la fovea y son responsables de la rápida detección del modelo; e Y-células, las cuales están más ampliamente distribuidas en la retina y son responsables de la detección rápida del movimiento. La distribución de estas células significa que, mientras que quizá no somos capaces de detectar cambios en el modelo en la visión periférica, podemos percibir el movimiento.

Percepción visual

Comprender la construcción básica del ojo lleva de algún modo a la explicación de los mecanismos físicos de la visión, pero la percepción visual es algo más que esto. La información recibida por el aparato visual debe ser filtrada y pasada al procesamiento de elementos, los cuales nos permitirán reconocer escenas coherentes, averiguar las distancias relativas, los diferentes colores, etc. Consideraremos algunas de las capacidades y limitaciones del proceso visual más tarde, pero veamos de un modo más detallado cómo percibimos el tamaño y la profundidad, brillo y color, cada una de estas variables es crucial a la hora del diseño eficaz de interfaces visuales.

La percepción del tamaño y de la profundidad

Imaginemos que estamos en lo alto de una montaña. Al lado, en la cima, podemos ver un refugio, un perro y un pequeño árbol. En la ladera hay una masía y un coche aparcado. Alguien está caminando por el sendero hacia la masía. Abajo, en el valle, hay un pequeño pueblo.

TAMAÑO Y DISTANCIA

Fig. 7.7 Tamaño y distancia

Percepción de la profundidad

Incluso al describir esta escena, las nociones del tamaño y de la distancia predominan. Nuestro sistema visual es fácilmente capaz de interpretar las imágenes que recibe. Nosotros podemos distinguir objetos similares independientemente de que ellos se nos aparezcan con unos tamaños totalmente diferentes. De hecho, nosotros podemos utilizar esta información para juzgar las distancias.

¿Así pues, cómo percibe el ojo el tamaño, la profundidad y la distancia relativa? Para comprender esto debemos considerar cómo aparece la imagen en la retina. Tal y como dijimos anteriormente, la luz reflejada en el objeto forma una imagen invertida en la retina. El tamaño de dicha imagen está especificado como *ángulo visual*. La figura siguiente representa cómo se calcula dicho ángulo visual.

Si tuviéramos que dibujar una línea desde la parte más alta del objeto hasta un punto central del ojo, y una segunda línea desde el punto inferior del objeto hasta el mismo punto central del ojo, el ángulo visual del objeto sería el ángulo formado por dichas dos líneas. El ángulo visual se ve afectado por el tamaño del objeto y por la distancia a la que se encuentra. Consiguientemente, si dos objetos están a la misma distancia, el más grande tendrá un ángulo visual mayor.

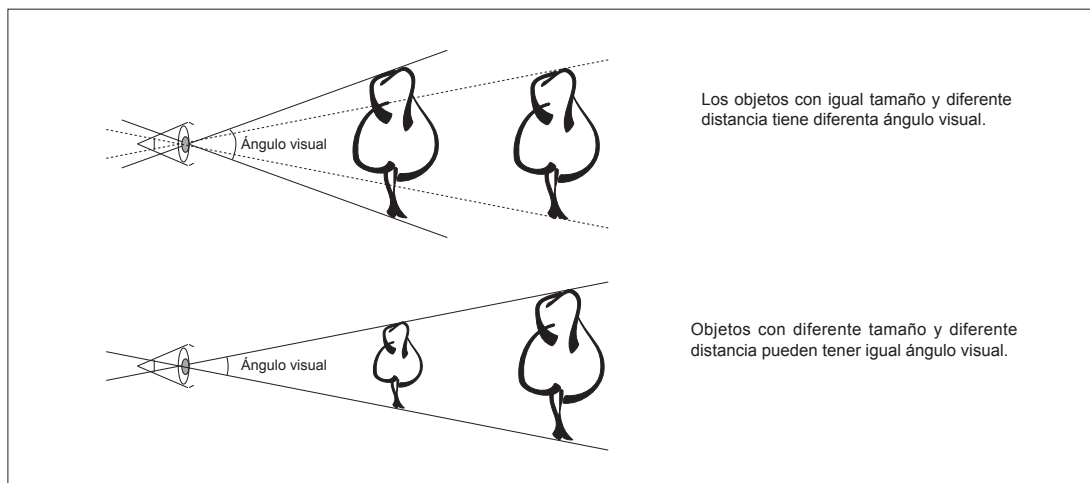


Fig. 7.8 El ángulo visual.

De igual modo, si dos objetos son del mismo tamaño y están situados a diferentes distancias del ojo, el más lejano tendrá un ángulo visual menor. El ángulo visual nos indica cuánto campo de visión nos ocupa el objeto en cuestión. Dicha medición suele venir dada en grados, o bien, en minutos de arco.

Entonces, ¿cómo afecta el ángulo visual de un objeto en la percepción de su tamaño? Lo primero es que, si el ángulo visual de un objeto es demasiado pequeño seríamos incapaces de percibir dicho

objeto. La *agudeza visual* es la habilidad que tiene una persona para percibir detalles finos. Se han establecido un número de mediciones para el test de agudeza visual, muchas de las cuales están incluidas en test visuales estándares. Por ejemplo, una persona con una visión normal puede detectar una simple línea si ésta tiene un ángulo visual de 0,5 segundos de arco. El espacio entre líneas puede ser detectado entre 30 segundos y 1 minuto de arco visual. Éstos representan los límites de la agudeza visual humana.

Sin embargo, asumiendo que nosotros podemos percibir el objeto, ¿afecta el ángulo visual a la percepción de su tamaño? Dado que el ángulo visual de un objeto se va reduciendo a medida que éste se va alejando, quizá esperamos que este objeto lo vamos a percibir como más pequeño. De hecho, la percepción del tamaño de un objeto permanece constante incluso si su ángulo visual cambia. Así pues, la altura de un camión se percibe constante a pesar de que éste se aleje. Esta es la *ley del tamaño constante*, que sugiere que nuestra percepción del tamaño se basa en otros factores y no en el ángulo visual.

Uno de esos factores es nuestra percepción de la profundidad. Si volvemos a la escena de la cima de la montaña, hay un número de indicios que podemos usar para determinar las posiciones relativas y distancias de los objetos que vemos. Si los objetos se solapan, el que se ve parcialmente cubierto es percibido como si estuviese en el fondo, consecuentemente más lejos. De igual modo, el tamaño y la altura del objeto en nuestro campo de visión nos proporciona una serie de pistas con respecto a su distancia. Una tercera pista es la familiaridad, es decir, hay objetos de los que más o menos ya podemos intuir su tamaño, de modo que podemos juzgar su distancia acorde a ello.

Percepción del brillo

Un segundo aspecto de la percepción visual es la percepción del *brillo*. De hecho es una reacción subjetiva a los niveles de la luz. Se ve afectado por la *luminiscencia*, que no es más que la cantidad de luz emitida por el objeto. Por otro lado, ésta depende de la cantidad de luz que incida sobre dicho objeto y las características reflexivas del mismo. Es una característica física que puede ser medida usando un fotómetro. El *contraste* está relacionado con la luminiscencia (o luminancia): es función de la luminancia de un objeto y de la de su trasfondo.

Aunque el brillo es una respuesta subjetiva, puede ser descrita en términos de cantidad de luminancia que proporciona una diferencia apreciable en luminosidad. Sin embargo, el sistema visual de por sí también compensa esos cambios de brillo.

La agudeza visual aumenta a medida que la luminancia lo hace. Este es un argumento por el que se usan pantallas de alta luminancia. Por otro lado, a mayor luminancia, el *flicker* o parpadeo también es mayor. El ojo percibe una luz encendiéndose y apagándose de un modo extremadamente rápido y constante. Sin embargo, si la velocidad de dicha intermitencia es menor a 50 Hz, entonces la luz es percibida como un parpadeo. En altas luminancias, dicho parpadeo puede ser percibido incluso por encima de esos 50 Hz. El flicker es más apreciable en la visión periférica; ello implica que a mayor amplitud de pantalla, mayor será la facilidad para apreciar dicho parpadeo.

Percepción del color

Un tercer factor que tenemos que considerar es la percepción del color. El color normalmente es estimado como la combinación de tres componentes: *tono*, *intensidad* y *saturación*. El tono se determina por la longitud de onda del espectro de la luz. Los azules tienen baja longitud de onda, los verdes media, y los rojos más alta. Aproximadamente pueden ser percibidos 150 diferentes tonos por una persona media. La intensidad es el brillo del color, y la saturación es la cantidad de “blancura” en dicho color. A través de la variación de estos dos podemos percibir hasta siete millones de colores

diferentes. Sin embargo, el número de colores que puede ser identificado por un individuo sin estar “entrenado” es bastante menor (del orden de 10).

El ojo percibe color porque los conos son sensibles a la luz de diferentes longitud de onda. Hay tres tipos diferentes de conos, cada uno de los cuales es sensible a diferentes colores (azul, verde y rojo). Donde mejor se aprecia la visión del color es en la fovea, mientras que es peor en la periferia, lugar en el cual predominan los bastones. Cabe mencionar también que tan sólo entre el 3 y 4% de la fovea está ocupada por conos, los cuales son sensibles a la luz azul. Por lo tanto, la agudeza respecto al color azul es menor.

Finalmente, deberíamos recordar que alrededor del 8% de los hombres y el 1% de las mujeres sufren de ceguera respecto al color, es decir, lo que conocemos más comúnmente como la incapacidad de distinguir entre el rojo y el verde.

Las capacidades y limitaciones del proceso visual

Considerando el modo a través del que percibimos las imágenes, ya se han encontrado algunas de las habilidades y limitaciones del sistema del procesamiento visual. Sin embargo, nos hemos concentrado fundamentalmente en la percepción a bajo nivel. Dicho proceso visual incluye la transformación e interpretación de una imagen completa, desde que la luz es “arrojada” sobre la retina. Tal y como hemos dicho anteriormente, nuestras suposiciones afectan al modo en que una imagen es percibida. Por ejemplo, si nosotros sabemos que un objeto tiene un tamaño en particular, nosotros podemos percibir dicho tamaño con facilidad, independientemente de lo lejos que esté.

El proceso visual compensa el movimiento de la imagen en la retina, que se produce cuando nos movemos alrededor, de modo que el objeto que vemos se mueve. Aunque la imagen en la retina se mueve, la imagen que percibimos es estable. De igual modo, el brillo y el color de las imágenes que percibimos son estables, a pesar de los cambios de luminancia.

Esta habilidad de interpretar y “explotar” nuestras suposiciones, puede ser usada a la hora de resolver imágenes que nos presenten ambigüedades, por ejemplo, podemos considerar los casos siguientes



Fig. 7.9. Asimilación humana por contexto.

Sin embargo, también podemos ser “víctimas” de efectos ópticos. Por ejemplo, consideremos la figura 2.5, ¿qué línea es más larga? Mucha gente, al presentársele dicha cuestión afirmaría que la línea superior es más larga que la inferior. Sin embargo, las dos líneas son exactamente iguales. Esto se debe a una falsa aplicación de la ley de la constancia de tamaño: la línea superior aparece como un eje cóncavo, mientras que la inferior se nos aparece como un eje convexo. El anterior, consiguientemente, parece más lejano que éste último y está escalado como para aparecer más grande. Algo similar se aprecia en la figura 2.6, la ilusión de Ponzo. En este caso la línea superior parece más grande, debido al efecto de la distancia, a pesar de que ambas líneas son exactamente iguales. Estas ilusiones nos demuestran que nuestra percepción del tamaño no es absolutamente fidedigna.

Aquí se muestran unos ejemplos:

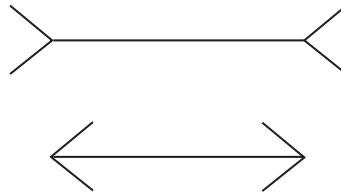


Fig. 7.10 La ilusión de Muller-Lyer

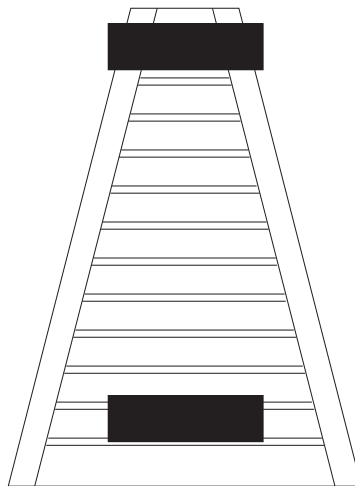


Fig. 7.11 La ilusión de Ponzo

Leyendo

Nos hemos concentrado de un modo importante en la percepción de las imágenes en general. Sin embargo, la percepción y el sistema de procesamiento de textos es un caso especial entre aquellos que hay que considerar en el contexto del diseño de la interfase. Consiguientemente, finalizaremos esta sección hablando de la lectura. En primer lugar, se percibe el modelo de palabra sobre el papel, luego es decodificado con una referencia hacia una representación interna del lenguaje. Los pasos finales del procesamiento del lenguaje incluyen un análisis sintáctico y semántico y desemboca en una serie de frases.

Nosotros nos implicaremos en los dos primeros pasos de este proceso y en cómo influyen en el diseño de una interfase. Mientras se está leyendo, el ojo realiza una serie de movimientos (de avance, indecisos) que son conocidos como microsaltos oculares, seguidos de una posterior fijación. La percepción en sí se producen el período de la fijación, que ocupa el 94% del tiempo transcurrido. El ojo se mueve hacia atrás y hacia adelante sobre el texto, lo que se conoce como *regresiones*. En el caso de que el texto sea complejo, se realizan más regresiones.

Una persona adulta lee alrededor de 200-250 palabras por minuto. Es improbable que todas esas palabras hayan sido “escaneadas” correctamente, pero es que muchas de ellas pueden ser reconocidas incluso como simples caracteres. Muchas otras son incluso reconocidas por su forma, lo que implica que el hecho de variar dicha forma va en detrimento de una lectura rápida y precisa, como puede ser el caso de cambiar letras mayúsculas por minúsculas.

La velocidad a la que un texto puede ser leído es la medida de su legibilidad. Hay experimentos que nos han demostrado que fuentes estándar de tamaños de 9 a 12 puntos son igualmente legibles, dando el espacio proporcional entre líneas. De igual modo, en el caso de la longitud de las líneas, aquellas que están entre 58 y 132 mm son del mismo modo legibles. Sin embargo, se tiene la evidencia de que leer en la pantalla de un ordenador es más lento que hacerlo sobre un libro. Se piensa que es debido a una serie de factores como la longitud de líneas, menos palabras por página, la orientación y la familiaridad del medio. Dichos factores pueden ser reducidos con un cuidadoso diseño de la interfase.

Un último apunte sobre el uso del contraste en una pantalla: un contraste negativo (caracteres oscuros sobre una pantalla clara) proporciona una mayor luminancia, y consiguientemente aumenta la agudeza con respecto a un contraste positivo. Ello, a su vez, aumenta la legibilidad. Sin embargo, también es más propenso al parpadeo. La experiencia dice que aún así el contraste negativo es el preferido.

El oído

El sentido del oído está visto como un secundario de la vista, pero es bueno saber que tendemos a infravalorar la cantidad de información que recibimos a través de nuestros oídos. Cierre sus ojos por un momento y escuche. ¿Qué sonidos puede oír? ¿De dónde vienen? Sentado en mi mesa puedo oír el paso de los coches, la maquinaria trabajando en un lugar cercano, el zumbido de un cebador del fluorescente, etc. De los sonidos percibidos puedo adivinar de dónde vienen, estimar la distancia a la que se encuentra el emisor, e incluso en el caso del automóvil puedo saber la dirección en la que va. (Ver Confort Sonoro)

El sistema auditivo tiene una tremenda capacidad para transportar información de nuestro alrededor, ¿pero cómo funciona?

El oído humano

Al igual que la visión comienza con la luz, la audición comienza con vibraciones en el aire u ondas sonoras. El oído recibe dichas vibraciones y las transmite, a través de diferentes pasos, hasta hacerlas llegar a los nervios auditivos. El oído comprende tres secciones, comúnmente conocidas como *oído externo, medio e interno*.

El oído externo es la parte visible del oído. Tiene dos partes: el *pabellón* y el *canal auditivo*, a lo largo del cual las ondas llegan hasta el oído medio. El oído externo tiene dos propósitos. El primero, proteger al oído medio de cualquier daño. El canal auditivo contiene cera que previene de la suciedad e incluso de que diminutos insectos sean capaces de llegar al oído medio. Ello también mantiene al oído medio a temperatura constante. En segundo lugar, el pabellón y el canal auditivo sirven para amplificar algunos sonidos.

El oído medio es una pequeña cavidad conectada al oído externo mediante la *membrana timpánica*, o tambor del oído, y al oído interno a través de la *cóclea* o caracol óseo. Entre la cavidad están los huesos más pequeños del cuerpo humano. Las ondas sonoras pasan a través del canal auditivo y hacen vibrar el tambor, el cual traslada dichas vibraciones a esos diminutos huesos, que a su vez hacen lo propio hasta hacer llegar el sonido a la cóclea, y así al oído interno. Dicho “relevo” es necesario,

porque así como el oído externo y medio está “lleno” de aire, el oído interno contiene un líquido más denso, que conocemos como líquido cocleano. Si pasara directamente del aire a dicho líquido, la transmisión de las ondas sonoras sería pobre. Por ello, transmitiéndolo a través de los huesecillos, las ondas sonoras son concentradas y amplificadas, con lo que llegan con una mayor claridad.

En la cóclea, hay unas muy delicadas células llamadas cilios, las cuales viran como consecuencia de las vibraciones en el líquido cocleano y generan una transmisión química que causa impulsos en el nervio auditivo.

Procesando el sonido

Tal y como hemos visto, el sonido no es más que cambios o vibraciones en la presión del aire. Hay un número de características que pueden diferenciarse. El *tono* es la frecuencia del sonido. Una baja frecuencia produce un tono bajo; una alta frecuencia, un tono alto. La *sonoridad* es proporcional a la amplitud del sonido, la frecuencia permanece constante. El *timbre* se relaciona con el tipo de sonido: los sonidos quizá tengan el mismo tono y sonoridad, pero son producidos por un diferente instrumento y por ello varía el timbre. También podemos diferenciar la localización del sonido, desde el momento que los oídos perciben sonido ligeramente diferentes, debido a la diferencia entre el tiempo en el que el sonido llega a nuestros oídos y la reducción en intensidad causada por las ondas sonoras reflejadas desde la cabeza.

El oído humano puede percibir frecuencias entre 20 Hz y 15 KHz (o incluso hasta 20 KHz). Se puede distinguir cambios frecuenciales de hasta 1.5 Hz a bajas frecuencias, mientras que es más complicado a frecuencias mayores. Diferentes frecuencias dan inicio a la actividad en las neuronas en diferentes partes del sistema auditivo, y causa diferentes rangos de excitación de los impulsos nerviosos.

El sistema auditivo realiza algún tipo de filtro en los sonidos recibidos, permitiéndonos ignorar el ruido de fondo y concentrarnos tan sólo en la información importante. Nosotros somos selectivos en nuestra audición, tal y como ilustra el “efecto fiesta”, que nos dice que somos capaces de percibir nuestro nombre incluso estando entre multitud de gente y en una habitación ruidosa. Sin embargo, si los sonidos son demasiado fuertes, o de frecuencias similares, somos incapaces de distinguir ningún sonido.

Tal y como hemos visto, el sonido puede dar a conocer una gran cantidad de información. Es raramente usado en el diseño de interfaces, generalmente siendo limitado a mensajes de aviso. Sin embargo, el oído puede diferenciar de un modo sutil cambios sonoros y puede reconocer sonidos familiares sin prestar demasiada atención a la fuente emisora; esto nos sugiere que el sonido puede ser usado de un modo más importante en el diseño de interfaces, para dar a conocer, por ejemplo, información sobre el estado del sistema.

El tacto

El tercer y último de los sentidos que nosotros consideraremos en esta obra es el tacto o percepción háptica. Aunque este sentido esta visto como menos importante que la vista o el oído, imagínese una vida sin él. El tacto nos proporciona una información vital sobre nuestro alrededor. Nos dice si algo está caliente o frío, y puede actuar consecuentemente como un método de alarma. También nos proporciona un *feedback* a la hora de querer coger un objeto.

Por ejemplo, consideremos el hecho de coger un bolígrafo. Si tan sólo pudiésemos ver el bolígrafo y no sentir cuando nuestra mano entra en contacto con él o sentir su forma, la velocidad y precisión de la acción se vería reducida. Esta es la experiencia de los usuarios de ciertos juegos de realidad virtual:

ellos pueden ver el ordenador generando objetos que necesitan manipular, pero no tienen ninguna sensación física de contacto con ellos.

El tacto es consiguientemente un importante medio de feedback (retroalimentación), y no va a ser menos cuando estamos trabajando con ordenadores. Sentir las teclas cuando las apretamos es una parte muy importante en el acto de presionarlas. Por otro lado, debemos ser conscientes de que, aunque para una persona normal la percepción táctil es una fuente secundaria de información, para aquellas que tienen otros sentidos afectados, puede ser de vital importancia. Para muchos usuarios, interfaces como el braille pueden ser la fuente primaria de información en la interfase. Así pues, no debemos subestimar su importancia de este sentido.

El mecanismo de funcionamiento del tacto difiere del de la vista y del oído en que no está localizado en ningún lugar en concreto. Los estímulos se reciben a través de la piel. La piel contiene tres tipos de sensores receptores: *termorreceptores* que responden al frío y al calor, *nocirreceptores* que responden a intensa presión, calor y dolor, y *mecanorreceptores* que responden a la presión. Es este último el que más nos importa en cuanto a la interfase persona-ordenador.

Hay dos clases de mecanorreceptores, los cuales responden a diferentes tipos de presión. Los *mecanorreceptores de adaptación rápida* responden a una inmediata presión. Dichos receptores también reaccionan de un modo más rápido a medida que la presión aumenta. Sin embargo, paran de responder si la presión aplicada continúa. Los *mecanorreceptores de adaptación lenta* responden a la presión aplicada de un modo continuo.

Aunque prácticamente todo el cuerpo contiene dichos receptores, algunas zonas tienen mayor sensibilidad o agudeza que otras. Es posible medir la agudeza de diferentes áreas del cuerpo usando el *test de los dos puntos umbrales*. Un compás y separamos sus patas unos 12 mm aproximadamente. Tocamos ambos puntos con el pulgar y comprobamos si podemos sentir ambos. Si no se puede, movemos los puntos un poco más. Cuando se puedan sentir ambos puntos, se mide la distancia entre ellos. A mayor distancia, menor sensibilidad. Se puede repetir dicho test con diferentes partes del cuerpo. Deberíamos descubrir que la medición del antebrazo es unas diez veces mayor que la de los dedos o pulgar, ya que evidentemente los dedos tienen mucha más sensibilidad.

Un segundo aspecto de la percepción táctil es la *kinestesis*: el conocimiento de la posición de nuestro cuerpo y de nuestras extremidades. Esto se debe a los receptores que tenemos en las articulaciones. Una vez más tenemos tres tipos: los de adaptación rápida, que responden cuando una extremidad se mueve hacia una dirección en particular; los de adaptación lenta, los que responden tanto al movimiento como a la posición estática; y receptores de posición, que sólo responden cuando las extremidades se encuentran en una posición estática. Esta percepción afecta a ambos, a la comodidad y al funcionamiento. Por ejemplo, para un mecanógrafo, el conocer la posición relativa de los dedos mediante una pequeña protuberancia en una tecla y tener una retroalimentación del teclado es de suma importancia para mejorar su precisión y su rapidez.

El movimiento

Antes de dejar este apartado, en el que nos referimos a los canales humanos de entrada y salida de información, hemos de considerar el control motor y en qué manera nuestros movimientos afectan la interfase con el ordenador. Una simple acción como pulsar una tecla en respuesta a una pregunta envuelve un número de pasos dentro del proceso de respuesta. El estímulo (la pregunta) es recibido a través de los sensores y transmitido al cerebro. La pregunta se procesa y una respuesta comienza a generarse. Entonces el cerebro da señales a los músculos apropiados para responder. Cada uno de estos pasos lleva un tiempo, que podemos dividir en tiempo de reacción y tiempo de movimiento.

El tiempo de movimiento depende obviamente de las características físicas del sujeto: la edad y habilidad, por ejemplo. De todos modos, el tiempo de reacción no debe ser subestimado. Esto depende del sentido a través del cual el estímulo es recibido. Una persona puede reaccionar a una señal auditiva en aproximadamente 150 ms a una señal visual en 200 ms y al dolor en 700 ms. Sin embargo, una señal combinada obtendrá una respuesta mucho más rápida. Factores como la habilidad o la práctica pueden reducir el tiempo de reacción, y la fatiga puede aumentarlo.

Una segunda medición de la capacidad motora es la precisión. Una cuestión que nos deberíamos preguntar es si la velocidad de reacción induce a una menor precisión. Esto depende de la actividad y del sujeto. En algunos casos, el hecho de que se requiera un mayor tiempo de reacción reduce la precisión. Esta es la premisa en la que se fundamentan muchos videojuegos, en los que los usuarios menos hábiles fracasan en niveles en que se demanda una respuesta más rápida. Sin embargo, para los operadores especialistas no es el caso necesario. Estudios de los operadores de teclados han mostrado que, aunque los operarios más rápidos llegaban a ser dos veces más rápidos que los demás, los más lentos llegan a equivocarse diez veces menos que los primeros.

Velocidad y precisión de movimiento son consideraciones importantes en el diseño de los sistemas interactivos, principalmente en términos en lo que se refiere al tiempo necesario para moverse hacia un particular objetivo de la pantalla. El objetivo debe ser la tecla, un acceso del menú, o bien un icono, por ejemplo. El tiempo empleado para accionar un objetivo es función del tamaño del mismo y de la distancia que hayamos de movernos para accionarlo. Es lo que se conoce como *fit's law*. En ella hay muchas variaciones, pero siempre con forma muy similar, en las que únicamente cambian las constantes. Una fórmula común para ella es:

$$\text{Tiempo de movimiento} = a + b \log_2 (\text{distancia/tamaño} + 1)$$

donde *a* y *b* son constantes demostradas empíricamente.

Esto afecta al tipo de objetivo que queremos diseñar. Desde que los usuarios encontraron difícil manipular objetos pequeños, los objetivos han ido intentando hacerse mayores en medida de lo posible y, por otro lado, la distancia de movimiento la más pequeña posible. Esto ha llevado a la sugerencia de que los menús sean lo más gráficos posible, con listados, etc. Sin embargo, si las listas son usadas, las opciones más usadas por el usuario deben estar situadas lo más cerca posible de él, con el fin de ganar tiempo y precisión.

Resumen

El ser humano es un procesador de información nato, recibe entradas del exterior, los almacena, los manipula, selecciona la información y reacciona frente a ella. La información se recibe a través de los sentidos, particularmente en el caso del ordenador, a través de la vista, oído y tacto. Se almacena en la memoria, ya sea de un modo temporal o durante un largo periodo de tiempo.

Esta información se usa para razonar y resolver problemas. El hecho de presentarse situaciones recurrentes que acaban siendo familiares, permite a los usuarios adquirir unas ciertas habilidades de dominios concretos, lo que por otro lado puede conducir a errores en caso de que el contexto cambie.

La percepción y conocimiento humano son complejos y sofisticados, pero presentan unas claras limitaciones. Comprender el conocimiento humano y sus limitaciones como procesador de información puede ayudar a diseñar sistemas interactivos más eficientes.

El ordenador

Para entender cómo interactúan los humanos con las computadoras, necesitamos tener un conocimiento de las dos partes de dicha interfase. Anteriormente hemos explorado aspectos de las capacidades humanas y el comportamiento de aquellas de las cuales necesitamos ser conscientes en el contexto de la interfase persona-ordenador; ahora consideraremos el ordenador y sus canales de entrada-salida, e investigaremos la tecnología en la naturaleza de la interfase y en el estilo de la interface.

El ordenador puede ser definido como el *participante en la interfase que ejecuta un programa*.

Esta definición general puede ser aplicada a un amplio número de artefactos con los cuales la persona interactúa. Una simple luz encendida puede ser vista como un ordenador ejecutando un programa muy simple: “enciende la luz al ser presionada, apaga la luz al dejar de presionar”. Se puede aprender mucho si estudiamos ejemplos tan sencillos como éste. Otro ejemplo en un camino similar es un coche, en el que el programa es mucho más complejo. Nuestra interfase con el vehículo, de igual modo, es mucho más compleja, y se han de desarrollar complejos enfoques para entenderlo como un sistema. Sin embargo, nosotros intentaremos concentrarnos en el caso de persona-ordenador.

Cuando interactuamos con ordenadores, ¿qué intentamos conseguir? Cabe considerar lo que ocurre cuando se interacciona con otros - nosotros nos pasamos información y la recibimos -. A menudo la información que nosotros recibimos es en respuesta a aquella que hemos emitido previamente, y posteriormente respondemos a ella. La interfase es, así pues, un proceso en el que se transfiere información. Relacionando esto al caso de los ordenadores, los mismos principios lo mantienen: la interfase es un proceso de transferencia de información del ordenador al usuario y viceversa.

Aquí nos concentraremos en la transferencia de información ordenador-usuario y su camino de vuelta, y para ello empezaremos considerando el típico interfaz y útiles que son empleados en dicho proceso, teclado y ratón, mostrando que el diseño siempre se ciñe a la tecnología utilizada. Teniendo en cuenta que los útiles empleados condicionan el estilo de la interfase, observaremos los efectos que éstos provocan, sus puntos fuertes y sus puntos débiles y cómo éstos podrían alterar el interfaz y la interfase. Como consecuencia de ello nos acercaremos a los útiles que no son de un uso tan común, y miraremos cómo afectan a futuras interfaz.

En este apartado se considerará el ordenador en sí mismo, su procesador y sus elementos de memoria, percibiendo cómo la tecnología conduce y potencia el interfaz. Los detalles de cómo el ordenador procesa son absolutamente irrelevantes para el usuario. Sin embargo, el diseñador de la interfaz necesita conocer las limitaciones de almacenaje y la potencia del ordenador. Los diseñadores de *software* suelen tener máquinas de alta capacidad en las cuales desarrollan nuevas aplicaciones, y es fácil de olvidar la configuración más típica.

Un típico sistema de ordenador

Considerar un sistema de típico de ordenador, es lo que se muestra en la figura 7.12. Tenemos la “caja” del ordenador, un teclado, un ratón y una pantalla de color. Si examinamos la interfase, podemos observar cómo se relacionan las diferentes características con cada uno de los elementos que toman parte.

Los detalles propios de la interfase serán discutidos más adelante, contemplaremos tan sólo las operaciones que nos permite hacer, y los elementos que son requeridos para llevarlos a cabo. La diversidad de útiles refleja el hecho de que hay diferentes tipos de datos que pueden ser introducidos y

obtenidos del sistema, y hay también mucha variedad de usuarios, cada uno con sus particulares requerimientos

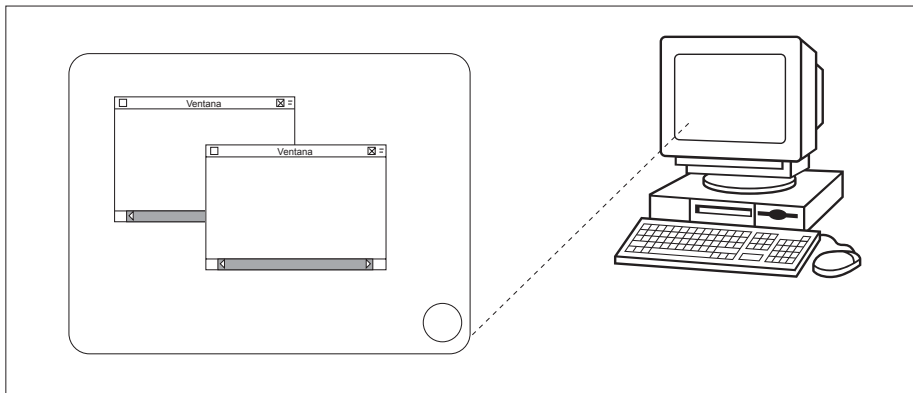


Fig. 7.12 Presentación general

Información y la entrada interactiva

La entrada de datos puede ser realizada de dos modos: introducción de datos y uso interactivo. La introducción de datos se usa cuando hay una gran cantidad de información que introducir en el sistema, en un formato bien definido, de modo que al usuario le sea fácil y rápido la introducción de la misma.

Un uso interactivo incluye una introducción de datos por un usuario que suele estar sentado frente a la pantalla y va respondiendo a los requerimientos preestablecidos de la máquina. Comúnmente, el ordenador es usado como una herramienta para manipular y recibir información, no se almacena más información, pero ésta se introduce en forma de comandos para conseguir que el ordenador lleve a cabo un trabajo específico.

El campo de la interfase persona-ordenador ha crecido de igual modo que el uso interactivo de las máquinas. La introducción de paquetes de información, es una pequeña interfase con la máquina, el usuario simplemente debe vaciar una serie de tarjetas de información sobre un lector y volver unas horas después. Sin embargo, principalmente analizaremos el campo en el que la interfase es más real. Los útiles de entrada interactiva pueden dividirse en dos amplias categorías: aquellos que permiten la entrada de texto, y aquellos que propiamente son para señalar, seleccionar elementos concretos en la pantalla, movimiento, etc.

La primera categoría consiste en útiles como el teclado y los sistemas de reconocimiento de la voz, mientras que el segundo grupo comprende aquellas herramientas como el ratón, joysticks y pantallas táctiles. Trataremos cada uno de ellos por separado.

Entrada de texto

Las diferentes regiones rectangulares en nuestro arquetipo de pantalla, conocidas como ventanas (modos de interfase), nos permiten introducir texto, lo cual se realiza en nuestro sistema por medio del teclado y otra serie de alternativas que pasamos a comentar brevemente, ya que se les dedica atención especial en el capítulo de mobiliario de oficinas.

El teclado

El teclado es una de los elementos más comunes para la introducción de datos. Es usado tanto para el texto como para los comandos. La gran mayoría de teclados tienen un panel estándar, y son conocidos por las primeras seis letras de la fila superior de las teclas alfabéticas, QWERTY. Hay diseños alternativos, los cuales tienen algunas ventajas con respecto al panel QWERTY, pero aún así no han podido con la inercia con la que este tipo de teclado cuenta. Ahora discutiremos cada uno de estos tipos de teclados.

El teclado QWERTY

El panel de dígitos y caracteres en un QWERTY es fijo, pero las teclas no alfanuméricas varían entre modelos. Por ejemplo, existen diferencias entre los teclados británicos y los americanos. El panel estándar está sujeto a algunas variaciones en los paréntesis, barra inversa y teclas de este tipo.



Fig. 7.13 Teclado QWERTY estándar

Si embargo, la configuración QWERTY no es la óptima para escribir. La razón por la que dicho teclado está más o menos de moda, la podemos remontar a los días de los mecanógrafos mecánicos. Golpear una tecla implicaba activar un “brazo” hacia el carro de papel, imprimir dicha letra en la cabecera de la cinta y consiguientemente sobre el papel.

Si dos “brazos” volaban hacia el papel en una sucesión rápida desde casi el mismo ángulo, éstos a menudo se atascaban: la solución a esto fue disponer las teclas de modo que las combinaciones más comunes de letras consecutivas (en inglés) fueran colocadas en extremos opuestos del teclado, con el fin de que los brazos se fueran activando desde lados alternativos.

Una anécdota dice que el teclado es así porque un vendedor tenía que ser capaz de escribir rápidamente la palabra typewriter para impresionar a sus potenciales clientes: todas las letras están en la fila superior, y sacar veloz el papel para mostrárselo al impresionado comprador.

La máquina eléctrica y ahora el ordenador, no están sometidos a dichas condiciones, pero el teclado QWERTY sigue dominando por una concepción cultural. Es fundamentalmente una razón social; la inmensa mayoría de los mecanógrafos entrenados estarían poco dispuestos a tener que reaprender, y además la dirección no estaría dispuesta a aceptar una disminución de producción hasta que se obtuviese de nuevo dicha habilidad con el nuevo teclado. Hay también una gran inversión en estos teclados, los cuales tendrían que ser reemplazados a un alto coste, o bien ser sustituidos por fases, lo que implicaría disponer de personal que fuese competente con ambos teclados.

Cómo trabaja un teclado

Los teclados corrientes trabajan a través de una presión que provoca una posterior conexión, haciendo que se envíe el código de un carácter al ordenador. La conexión es normalmente mediante alambre, pero también existen los sistemas inalámbricos. Un aspecto importante para los usuarios con respecto al teclado, es el *feeling* con las teclas. Algunos de ellos requieren una extremada presión para que las

teclas actúen, mientras que otros son incluso demasiado ligeros. La distancia que la tecla en sí recorra también afecta a la naturaleza táctil del teclado. Los que suelen usarse en ordenadores, tienen lo que llamaremos un recorrido medio, donde las teclas realizan un pequeño desplazamiento antes de activar la conexión.

Algunos teclados incluso son de botones sensibles, es decir, aquellos que requieren tan sólo de un ligero contacto y prácticamente no se desplazan; suelen aparecer como una hoja de plástico con los botones impresos sobre ellos. Tales teclados se encuentran a menudo en tiendas de consumo, cajeros de bancos, etc. si bien no son QWERTY, pero sí específicos para la función. Estando completamente sellado, tiene la ventaja de ser fácil de limpiar y resistente a la suciedad que le rodea, pero no tiene un buen *feeling* y no es excesivamente popular. La retroalimentación (feedback) es importante incluso a este nivel de interfase persona-ordenador.

El incremento de problemas por esfuerzos de microtraumatismos repetitivos (MTR) en los usuarios, y el incremento de las responsabilidades de las empresas en dichas circunstancias, hará que se produzca alguna innovación en su diseño en el futuro. El MTR en las manos y dedos es causado porque los tendones que controlan el movimiento de los dedos se inflaman como consecuencia de un sobreuso y de la realización de movimientos no naturales de un modo repetitivo y con gran cadencia.

La importancia del MTR ha llevado al diseño de varios teclados partidos donde las teclas están anguladas hacia la derecha o la izquierda o incluso separadas totalmente unas en la izquierda y otras en la derecha. Se usa fundamentalmente un panel de teclado estándar, pero simplemente dividido en diferentes partes. En un principio era fabricado por una serie de compañías especiales, pero ahora ya son comunes y se encuentran en el mercado como un elemento periférico de gran consumo.

El teclado alfabético

Una de las distribuciones de teclado más obvias es el teclado alfabético, en el cual las letras están organizadas alfabéticamente a lo largo del teclado. Se esperaba que este teclado proporcionara una mayor velocidad de trabajo a los usuarios no entrenados, pero no es el caso. Este tipo de teclado ha encontrado un mercado en las máquinas electrónicas de bolsillo; la razón no es fácil de encontrar ya que a priori no disponen de ninguna clara ventaja, aunque bien podría ser que la apariencia proporcione una mayor “simpleza” de uso que el teclado QWERTY.

El teclado DVORAK

El teclado DVORAK usa un panel similar al sistema QWERTY, pero asigna las letras a diferentes teclas. Basado en un análisis de mecanografía, el teclado se diseña con el fin de que el usuario consiga una mayor velocidad. Está polarizado hacia los diestros, ya que en un 56% las teclas son pulsadas con la mano derecha. El panel de las teclas intenta asegurar que la mayoría de las pulsaciones se alterne entre las manos, por esta razón es por la que se incrementa la velocidad de trabajo. Se intenta pues que el usuario realice el máximo de pulsaciones sin tener que realizar un excesivo desplazamiento, con lo cual se reduce fatiga y el tiempo de trabajo. Otro objetivo de dicho teclado es minimizar las pulsaciones a realizar con los dedos más débiles. Muchos de estos objetivos están en conflicto, y el teclado DVORAK representa una posible solución. Los experimentos han demostrado que hay una mejora de la velocidad entre un 10 y un 15%, asociado con la reducción de la fatiga debido a la mayor calidad ergonómica del diseño del panel.

Otros aspectos del diseño del teclado han sido reformados además del panel de las teclas. Un gran número de teclados supuestamente ergonómicos han ido apareciendo en el mercado, en los cuales la inclinación normal de la base ha sido alterada. Moderados diseños curvan el plano de las teclas ligeramente haciéndolo cóncavo, mientras que los más extremistas separan el teclado en parte izquierda y derecha y curvan posteriormente cada una de ambas mitades. A menudo en estos teclados, las teclas en sí también son movidas con el fin de poder ser alcanzadas con mayor facilidad, es decir,

minimizar el movimiento entre ellas. Con tales diseños, se supone que ayudan al comfort y reducen el MTR a base de minimizar el esfuerzo, pero no han tenido un impacto demasiado amplio en las ventas.

Los teclados Chord

Los teclados Chord son significativamente diferentes. En sus diseños, pocas teclas, quizá cuatro o cinco tan sólo. Las letras son producidas al presionar una o más teclas a la vez.

Estos teclados tienen un número de ventajas, a menudo reflejadas en sistema de el ordenador en la cual son empleados. Son extremadamente compactos, y muchos de ellos encuentran un lugar en los portátiles y las máquinas electrónicas de organización en los mercados, pues si es más pequeño también más fácil es de transportar. Simplemente, la reducción de la teclas de un teclado convencional y la distancia entre las mismas aumenta la dificultad de uso. El tiempo de aprendizaje de dicho panel se supone breve, pero sin embargo la resistencia social todavía es amplia. Además otra de sus ventajas es que es un elemento que puede ser utilizado cuando tan sólo una mano puede ser usada, o bien en condiciones restringidas y limitadas. El mayor problema con ellos es la nuteraleza cansina de su uso, en dichas condiciones es imposible que las manos humanas presionen repetitivamente dichas teclas sin fatigarse. La siguiente figura muestra una comparativa de la velocidad con respecto al uso de uno u otro teclado.

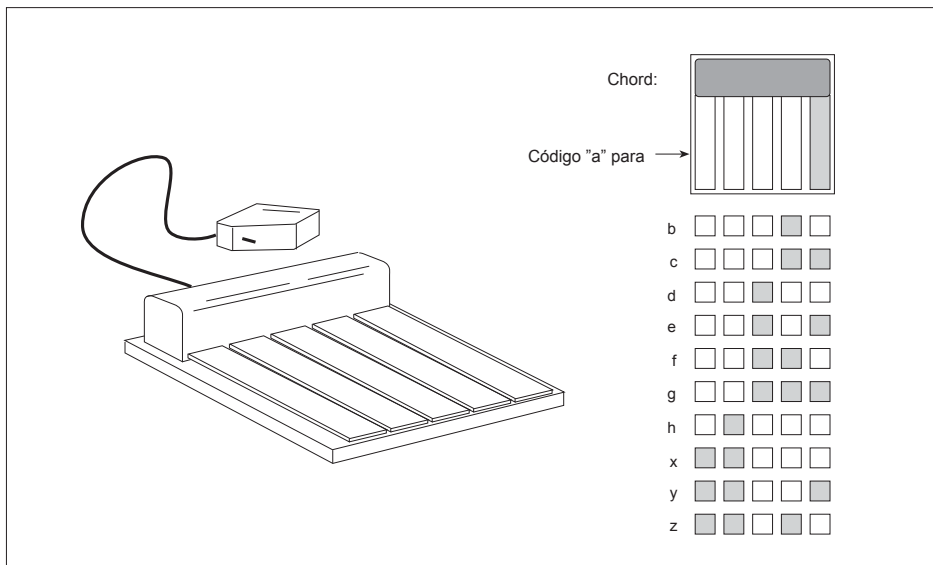


Fig. 7.14 Uno de los primeros teclados Chord (Teclado, izquierda, y su código de letras)

La escritura a mano

El escribir a mano es una actividad común y muy familiar, y es por ello también un método muy atractivo para la introducción de datos. Si fuéramos capaces de escribir como cuando usamos papel, y que el ordenador usase un formato de conversión, veríamos que se trata de un simple e intuitivo modo de interfase con el ordenador. Sin embargo, hay un gran número de desventajas en el reconocimiento de la escritura a mano.

La tecnología actual es todavía imprecisa y realiza un significativo número de errores a la hora de reconocer las letras, aunque ha mejorado de un modo significativo en muy poco tiempo. Por otro lado, las diferencias individuales de los manuscritos son enormes, lo que hace el proceso de identificación

todavía más complicado. Más complicaciones se generan cuando algunas letras entre palabras, dependiendo de las que las rodeen, se presentan de un modo distinto, en muchos casos el contexto puede ayudar a concretar, pero éste no siempre proporciona suficiente información. Otra limitación importante es el hecho de que es bastante difícil escribir más de 25 palabras por minuto, que viene a ser aproximadamente la mitad de la velocidad a la que escribe cualquier mecanógrafo entrenado.

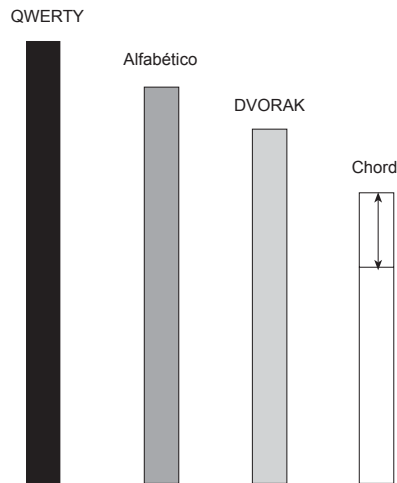


Fig. 7.15 Gráfico de las velocidades relativas de teclados

Los sistemas basados en el bolígrafo que usan el reconocimiento de la escritura a mano están fundamentalmente enfocados hacia el mercado de los ordenadores portátiles, especialmente para las pequeñas agendas de bolsillo. Tales máquinas son fundamentalmente empleadas para tomar notas, telefonía móvil, actuar como diario, libro de direcciones o similares. En este caso la ventaja de la que se disfruta es que el tamaño, se ve reducido de una manera importante sin que ello conlleve la dificultad que supone tener que mecanografiar con un teclado de reducidas dimensiones.

Lo realmente destacable de este sistema es que lo que en un principio se había considerado simplemente como un elemento que pudiese sustituir al teclado ha abierto un camino muy amplio de alternativas en el diseño de interfaces y las diferentes posibilidades de interfase que ello nos ofrece.

El reconocimiento de la voz

El reconocimiento de la voz es el área más prometedora como entrada de texto, aunque lleva, quizás, demasiado tiempo siendo prometedor y hasta el momento no ha sido demasiado útil. Existe un entusiasmo natural en el hecho de ser capaces de hablar con la máquina y obtener respuestas, ya que este es el interfase más natural del ser humano.

El porcentaje de éxito es elevado pero, aún así, la cantidad de errores está cercano a un fallo cada noventa letras, o un error de deletreo cada quince o veinte palabras, lo que todavía es demasiado elevado. Es más complicado a la hora de intentar hacer alcanzar a este sistema un nivel de lenguaje más “natural”, con sus correspondientes pausas, entonación, etc. Además, cada uno de nosotros hablamos de un modo diferente, por lo que el sistema debe ser entrenado para cada usuario.

La acentuación fuerte, una emoción y factores de este tipo también afectan al sistema, de igual modo que lo hace cualquier ruido de fondo. Esto nos lleva a la inevitable pregunta de la practicidad de este sistema en el entorno de una oficina: no sólo debido a los inevitables ruidos de fondo, sino que en el

caso de una oficina con diferentes trabajadores, podría ser un tanto embarazosa la situación de que cada uno de ellos estuviera hablando con su ordenador, ya que el nivel de ruido de fondo aumentaría de modo apreciable, con sus consecuentes dificultades. Complicado sería el hecho de mantener la confidencialidad de algún documento. De todas formas, las nuevas versiones con filtros, han mejorado su uso

A pesar de los problemas, esta tecnología ha encontrado ya algún mercado en el que es dominante: los sistemas de información telefónica, acceso para discapacitados, situaciones de manos ocupadas, etc. La primera es una alternativa para reemplazar al teclado dentro de un entorno y con uso de software originalmente diseñado para el teclado. En el segundo caso hemos de rediseñar el sistema, sacando las máximas ventajas de la tecnología mientras que minimizamos los problemas potenciales. Finalmente, puede ser usado en áreas en las que la introducción de texto es muy poco práctica, o bien imposible. Es en este último, existen áreas más radicales donde dichos sistemas están resultando más exitosos.

Elementos de posicionamiento

Fundamental en la mayoría de los sistemas modernos computerizados es la habilidad de enfocar o señalar algo en la pantalla para manipularlo o realizar alguna función. Hay muchísima historia sobre este tipo de útiles, en particular en *computer-aided design* (CAD), donde señalar y dibujar son las actividades más comunes. Los punteros permiten al usuario señalar y seleccionar elementos, ya sea directamente o bien manipulando el puntero sobre la pantalla. De ellos, el más común es el ratón.

El ratón

El ratón se ha convertido en el componente más importante de la mayoría de los sistemas de ordenadores personales y estaciones de trabajo en la actualidad. Es, podríamos decir, una simple caja colocada sobre la mesa, que dispone de una bola en el interior que, sometida a un desplazamiento tanto horizontal como vertical, rota. Dicha rotación es detectada por unos pequeños rodillos que están en contacto con la bola, y éstos ajustan los valores de los potenciómetros.

Estos valores cambiantes de los potenciómetros pueden ser directamente relacionados con el cambio de posición de la bola. Tales potenciómetros están alineados en diferentes direcciones, de tal modo que pueden percibir tanto el movimiento vertical como el horizontal.

Dicha información relativa es transmitida al ordenador por cable, y entonces mueve el puntero en la pantalla, que se llama cursor. La apariencia que el utensilio presenta invita a llamarlo “ratón”. Además de la detección del movimiento, el ratón suele disponer de dos o, incluso a veces, tres botones en su parte superior. Se utilizan para indicar la selección, o bien comenzar una acción.

Los ratones de botón único tienden a tener la misma función que los múltiples, y consiguen esto integrando diferentes operaciones para un simple o doble click sobre el botón. Con un doble click nos referimos al hecho de accionar dos veces de un modo rápido el botón. Los ratones “múltiples” suelen localizar cada una de estas funciones en botones diferentes.

El ratón opera de modo plano, moviéndose sobre la mesa de trabajo, y es un útil indirecto de entrada, ya que se necesita una transformación de información del plano horizontal operativo del ratón al vertical de la pantalla. El movimiento izquierda-derecha es directamente implementado, mientras que el movimiento arriba-abajo en la pantalla se consigue mediante un alejamiento y acercamiento del ratón hacia el usuario; es importante saber que el ratón sólo proporciona información del movimiento relativo de la bola dentro de su “caja”, es decir, puede ser levantado y desplazado sin que ello afecte a la posición del cursor. Esto nos da la ventaja de que no se necesita demasiado espacio físico para el ratón, sin embargo la mayor ventaja que nos ofrece es que el cursor es bastante pequeño y podemos manipularlo con comodidad sin que nos impida ver con claridad la pantalla.

El ratón fue desarrollado en 1964 por Douglas C. Engelbart, y este usaba dos ruedas que se deslizaban a través de la mesa de trabajo y transmitían las coordenadas x-y al ordenador. El aparato en sí estaba labrado en madera, pero se estropeaba al dejar expuesta una de las ruedas. El diseño original actualmente ofrece unas cuantas ventajas además de ser cada vez más “pulido”: la inclinación es tal que tan sólo una de las ruedas mantiene contacto con la mesa de trabajo, y se obtiene un movimiento vertical y horizontal de un modo realmente limpio.

Además, el problema de mover el cursor a través de grandes pantallas que a menudo se usan hoy puede ser resuelto dando un “golpecito” con la muñeca, de modo que el ratón cruza la pantalla con un mínimo esfuerzo, hasta que alcanza su posición final al volver a apoyar el mismo.

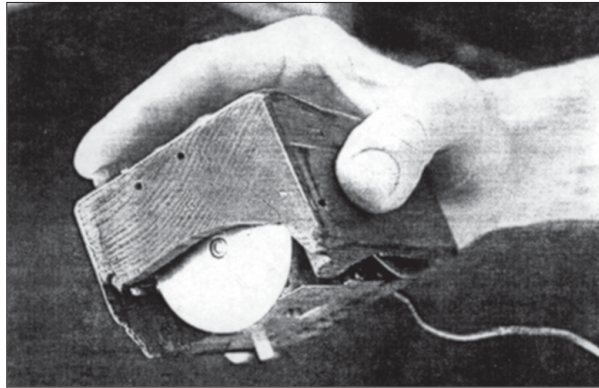


Fig. 7.16 El primer ratón. Cortesía de Douglas Engelbart

El ratón óptico

El ratón óptico trabaja de un modo diferente al mecánico. Un diodo emisor de luz emite una débil luz roja desde la base del ratón. Ésta es reflejada sobre una almohadilla especial con una rejilla metálica modelada superficialmente, sobre la cual el ratón se asienta, y las fluctuaciones en la intensidad reflejada al moverse el ratón sobre dicha red son recibidas por un sensor en la base del ratón y traducidas a movimiento relativo en coordenadas x, y. El ratón óptico es menos susceptible a la suciedad y al polvo que el mecánico, con lo cual es menos probable que su mecanismo se vea afectado. Sin embargo, si el ratón no está bien alineado, el movimiento del mismo puede ser erróneo.

Aunque la mayoría de los ratones se operan manualmente, existe también lo que se conoce como ratones de pie. Tal y como dice su nombre, se opera con él a través del pie, y realmente tiene una mayor semejanza al joystick isométrico que al propio ratón. El cursor se mueve mediante la presión del pie a un lado y a otro de la almohadilla. Es un útil extraño, por lo que no ha encontrado demasiada aceptación.

Otros punteros de 2D

Hay una serie de alternativas al ratón. Algunas de ellas ofrecen métodos similares de interfase, mientras que otros son de metodología totalmente diferente.

Trackball

El trackball es como un pequeño ratón de movimiento vertical. La bola se desplaza en el interior de una carcasa, y dicho movimiento se detecta de igual modo que en el caso del ratón, es decir mecánicamente. Como consecuencia, no requiere espacio adicional para operar, con lo que es una herramienta muy compactada. Es un útil indirecto, y requiere de botones separados para la selección.

Es de buena precisión, pero es complicado dibujar con él, ya que los amplios movimientos no son fáciles. Actualmente hay gran variedad de tamaños, el más habitual es el que tiene un tamaño similar al de una bola de golf. Algunos de aquellos de menor tamaño se están comenzando a popularizar de modo importante en el uso de las computadoras portátiles o similares, con diseños bien ilustrados en zonas cercanas al teclado, mejor que las sugerencias de colocación lateral.

Joystick

El joystick es un útil de entrada indirecto, y ocupa muy poco espacio. Es un elemento tan simple que los movimientos provocados en el “palo” son los transmitidos al cursor en la pantalla. Existen dos tipos, el *absoluto* y el *isométrico*. En el absoluto, el movimiento es la característica importante, donde la base del joystick corresponde a la posición del cursor en la pantalla. En el isométrico, la presión sobre el palo corresponde a la velocidad del cursor. A este tipo también se le llama *joystick de velocidad controlada*, por obvias razones. Los botones están colocados normalmente en lo alto del palo, o al frente, a modo de gatillo. Los joystick no son excesivamente caros y son ciertamente robustos, y por este motivo se encuentran habitualmente en las computadoras para juegos. Otra razón importante por la que dominan el mercado del mundo de los juegos es por la relativa familiaridad para el usuario y por su similitud con las palancas de vuelo.

Pantallas táctiles

Las pantallas táctiles son otro método que permiten al usuario señalar y seleccionar objetos sobre la pantalla, pero son mucho más directos que el ratón. Trabajan bajo diferentes sistemas: a través de la interrupción de una matriz de luz por la aparición del dedo, o por los cambios de la capacitancia en la rejilla de la pantalla o por reflexiones ultrasónicas. Como el usuario indica exactamente el objeto requerido, no son necesarios mapas ni similares, con lo cual es una herramienta directa.

Las pantallas táctiles son muy rápidas, y no necesitan de un elemento puntero como tal. Es especialmente útil para seleccionar los menús que la pantalla ofrece. De igual modo tampoco hay posibilidad de que la suciedad afecte a su funcionamiento, lo que las hace más adecuadas si cabe para su uso en condiciones de “ambiente hostil”. Por otro lado, son extremadamente intuitivas y es una interface muy exitosa para el público en general.

Sin embargo, también tiene sus desventajas. Usar el dedo para señalar no siempre es recomendable, puede dejar marcas en la pantalla. La selección de regiones pequeñas también es ciertamente complicada. Por otro lado, es cansado el uso contante en una pantalla vertical, y ello también implica que ésta ha de estar a una distancia adecuada teniendo en cuenta el comfort del usuario. Recientes investigaciones han concluido que el ángulo óptimo para la pantalla es aproximadamente de 15 grados sobre el plano horizontal.

Lápiz óptico

El principio del lápiz óptico es similar al de la pantalla táctil, en cuanto que el usuario manipula directamente su selección sin tener que valerse de un útil intermedio que mueva el cursor, pero se usa otro tipo de puntero. El lápiz está conectado por cable y cuando opera, la pantalla detecta la “irrupción” de luz sobre ella. Dicha luz puede ser dirigida puntualmente a un píxel en concreto, por lo que es bastante más preciso que la pantalla táctil, de ahí que se use para casos de selección precisa o dibujos que con otros métodos no son posibles.

Sigue siendo un problema el hecho de que es ciertamente cansado para el usuario, es frágil, se rompe con facilidad, o incluso no es difícil de perder. Un problema común en las pantallas táctiles es que durante su uso se tapa de algún modo la pantalla, por estas razones y por su elevado coste, tanto unas como otro no se han impuesto en el mercado.

Elementos de salida

Hay un útil de salida que predomina sobre todos los demás: el monitor o pantalla del ordenador, generalmente de tubo de rayo catódico (CRT). Es muy “expresivo”, relativamente barato y orientable. La gran mayoría de los sistemas interactivos de computadoras serían impensables sin las pantallas; existen, aunque son para aplicaciones muy especiales.

Ahora hablaremos de la pantalla del ordenador con detalle, explicando los diferentes tipos de tubos de rayos catódicos y las tecnologías más recientes.

Tubo de rayo catódico (CRT)

El tubo de rayo catódico (CRT) es el que predomina en todos los monitores. Una corriente de electrones se emite desde un “cañón” de electrones; es enfocada y dirigida por campos magnéticos. Cuando la luz emitida impacta con la pantalla de fósforo caliente, éste se excita por los electrones y se ilumina.

La descripción básica de cómo funciona un CRT se mantiene para todo tipo de formas de visualización; sin embargo, hay tres tipos más importantes que presentan diferencias significativas en el modo en que crean la imagen. Estos son el *raster scan*, *random scan* y *visualizador directo*.

Raster Scan

Este es el tipo más común, muy similar a como trabaja una pantalla televisión estándar. La emisión de electrones se escanea de izquierda a derecha, y posteriormente lo hace de arriba a bajo. Esto se repite a una frecuencia de 30 Hz, es decir 30 veces por minuto, aunque a veces es mayor, con el fin de evitar el parpadeo de la pantalla. Otra forma de reducir el parpadeo del monitor es el entrelazado, en el cual las líneas más sigulares son escaneadas primero, seguido de la líneas regulares. Usando un fósforo de alta persistencia, que se ilumina por más tiempo al excitarse, también se reduce la sensación de parpadeo, pero provoca una especie de mancha, sobre todo en el caso de las animaciones significativas.

La resolución de las pantallas usando *raster scan* es habitualmente de 640x480 píxels, aunque resoluciones mayores se han ido haciendo familiares. Las pantallas de alta calidad son capaces de llegar incluso hasta 1600x1200 píxels, y ofrecen una excelente resolución y la posibilidad de abrir o disponer de varias ventanas simultáneamente.

Las pantallas de blanco y negro son capaces de mostrar tonos grises a base de variar la intensidad de la emisión de electrones; el color se consigue haciendo servir unos medios técnicos mejores. Se usan tres emisores de electrones, uno para el rojo, otro para el verde y un tercero para el fósforo azul. Combinando estos tres colores podemos producir muchos otros, incluyendo el blanco, cuando esos tres están completamente activos. Estos tres puntos de fósforo son enfocados para producir un solo punto usando una *máscara de sombra*, la cual a veces no es muy precisa y da pantallas de color de pobre resolución, equivalentes a una monocroma.

Una alternativa que nos propicia la generación de colores en la pantalla es el uso de la penetración de la emisión de electrones. Un fósforo especial se ilumina de diferente color dependiendo de la intensidad de emisión del cañón de electrones.

El color o, para pantallas monocromas, la intensidad en cada píxel se consigue mediante la tarjeta gráfica del ordenador. Un bit por píxel puede almacenar on/off información, consecuentemente, blanco o negro. Más bits por píxel elevan a un mayor número de colores o posibilidades de

intensidad. Por ejemplo, 8 bits/píxel pueden ofrecer $2^8 = 256$ colores posibles. Esto nos proporciona lo que llamamos un mapa de colores, que puede ir siendo alterado para ir generando uno u otro color.

El CRT es un útil barato, y tiene tiempos de respuesta lo suficientemente rápidos para desarrollar la capacidad necesaria que se precisa en animaciones de importantes prestaciones. Nótese que animación no quiere decir el movimiento de diversas figuras por la pantalla, se refiere en caso más genérico, a movimientos como el del ratón, la apertura de ventanas, o similares. Evidentemente, a medida que la resolución del monitor aumenta, también lo hace su precio. Como consecuencia del considerable tamaño del emisor de electrones y los componentes traseros del monitor, el CRT suele ser bastante voluminoso, pero las recientes innovaciones tecnológicas en las que se han variado la posición de los elementos han permitido reducir el volumen de modo apreciable. En estas últimas se coloca el emisor de electrones en un plano paralelo a la pantalla, con lo que el flujo de electrones ha de girar 90 grados para impactar en la pantalla.

Las líneas horizontales y verticales pueden ser dibujadas sin ningún tipo de problemas en tales pantallas, e incluso las de 45 grados se reproducen razonablemente. Sin embargo, líneas con otra angulación o curvas, tienen dientes de sierra, gruesas aristas provocadas al querer ajustar la línea a través de píxels.

Anti-aliasing

Cuando se usan colores sencillos, los dientes de sierra son inevitables. El problema de los dientes de sierra puede verse reducido usando pantallas de alta resolución, o bien lo que se conoce como la técnica del anti-aliasing. El anti-aliasing suaviza las aristas de los segmentos, enturbiando, haciendo nebulosa la discontinuidad, es decir haciendo los dientes de sierra menos agudos.

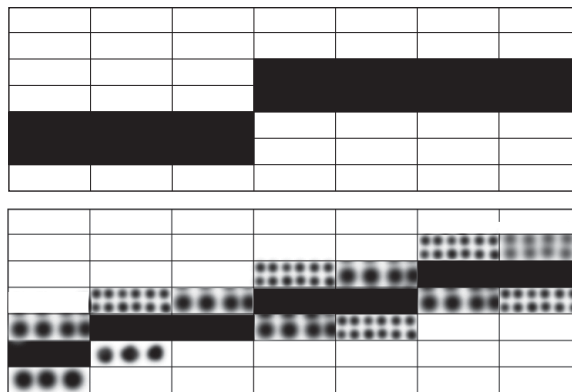


Fig. 7.17 *Anti-aliasing*

Miramos estas dos figuras con los ojos ligeramente desenfocados. Vemos como en la segunda la línea *anti-aliased* presenta un mejor aspecto. Claro está que la resolución del monitor es mucho mayor, lo que demostramos es el principio que se lleva a cabo. La razón por la que esto “funciona” es porque nuestro cerebro está constantemente “mejorando” lo que vemos a nuestro alrededor: procesando y manipulando las sensaciones de los bastones y conos en nuestros ojos para convertirlas en algo significativo. A menudo nuestra visión es un tanto borrosa como consecuencia de la poca luz, el mal enfoque, o bien por defectos de nuestra visión. Nuestro cerebro compensa y “limpia” dichas imágenes.

Peligros del uso de CRT

La mayoría de la gente que habitualmente trabaja con ordenadores son conscientes de que las pantallas a menudo ofrecen problemas de fatiga o estrés visual; principalmente debido al parpadeo de la pantalla, legibilidad pobre o bajo contraste. Sin embargo, también hay una serie de aspectos que conciernen con la emisión de radiación. Son clasificados como siguen:

- Rayos X que son ampliamente absorbidos por la pantalla.
- Radiaciones ultravioletas e infrarrojas de los fósforos a bajos niveles.
- Emisiones a radio frecuencia, y ultrasonidos (aproximadamente 16 kHz)
- Campo electroestático que se filtra a través del tubo. La intensidad depende de la distancia y la humedad. Esto puede causar irritaciones cutáneas en el usuario.
- Campos electromagnéticos (50 Hz – 0.5 MHz), los cuales provocan corrientes inducidas en materiales conductivos, incluyendo el cuerpo humano. Dos tipos de efectos se atribuyen a esto: en el sistema visual, una alta incidencia de cataratas en operadores de PVD, y desordenes reproductivos (abortos o defectos natales).

La investigación del daño potencial de estas emisiones es casi siempre inconcluyente, es difícil determinar con exactitud qué es lo que causa una enfermedad u otra y muchas de ellas asustan por una mala información de los medios más que por el hecho científico. Sin embargo, usuarias que estén embarazadas han de tener un especial cuidado y tomar una serie de simples precauciones. De modo general, hay una serie de cosas que se recomiendan con el fin de evitar tensión y minimizar el riesgo:

- No sentarse demasiado cerca de la pantalla.
- No usar tipos de letra demasiado pequeños.
- No permanecer demasiado rato mirando a la pantalla sin descanso.
- Trabajar en ambientes bien iluminados.
- No colocar la pantalla directamente en frente de una ventana con brillo.

Pantallas de cristal líquido (Liquid Crystal Display, LCD)

La CRT no es la única tecnología de monitores que existe. Si se ha usado un organizador personal o un libro de notas electrónico (*notebook*), habrá visto este tipo de tecnología. Esta visualización utiliza tecnología de cristal líquido y es más pequeña, más luminosa y a largo plazo consume menos potencia que las de tradicional CRT. Son también habituales en pantallas planas. Éstas no tienen asociado el problema de la emisión de radiación, y son matricialmente direccionables, lo que quiere decir que los pixel individuales pueden ser accesibles sin la necesidad de ser escaneados.

Similar al principio de los relojes digitales, una fina capa de cristal líquido está entre dos placas de cristal. La placa superior es transparente y está polarizada, mientras que la inferior es reflectiva. La luz externa pasa a través de la placa superior y se polariza, lo cual quiere decir que sólo oscila en una dirección. Entonces ésta pasa a través del cristal, se refleja en la placa inferior y vuelve al ojo, y así es como esa celda parece blanca. Cuando el voltaje es aplicado sobre el cristal, por medio de las placas de vidrio, el cristal se inclina. Esto provoca un giro del plano de polarización de la luz entrante, lo que hace que ésta no pueda retornar directamente la placa superior, haciendo que la celda activada parezca negra.

Los LCD requieren un “refresco” en los rangos habituales, pero la relativamente lenta respuesta implica que generalmente el parpadeo no es apreciable. La baja intensidad de la luz emitida desde la pantalla, unido al bajo parpadeo, hace que los LCD provoquen menos cansancio que los convencionales CRT, disminuyendo por tanto el estrés y la fatiga visual.

Esta tecnología puede ser usada para sustituir las pantallas estándar en las computadoras, y esto está comenzando a ocurrir de un modo progresivo. Sin embargo, las características particulares de

compacidad, peso ligero y bajo consumo de potencia han significado que estas pantallas hayan creado un claro dominio en el mercado de los computadores de pequeñas dimensiones, es decir, organizadores personales, agendas electrónicas, calculadoras de alta tecnología, etc.

La entrada de estas pantallas permitió en su momento la fabricación de pequeños y ligeros ordenadores, creando un mercado que previamente no existía. Dichos ordenadores, de la última ola tecnológica, han abierto un nuevo campo y modo de trabajo para mucha gente, ya sea en negocios como a nivel personal. Las diferentes maneras de trabajar también han incrementado los diferentes software; un ejemplo es un paquete integrado que comprende lo básico de los sistemas usados en el trabajo, unido a los módulos de comunicación. Trabajar en una localización diferente en una pequeña máquina con software distinto representa obviamente un estilo diferente de interfase y así, una vez más, podemos apreciar los diferentes elementos que alteran la interfase persona-ordenador.

El continuo interés en el mercado de las agendas electrónicas y similares han provocado una amplia inversión en este campo, de manera que se están consiguiendo ángulos de visión extremos.

Las LCD de color son bastante más caras y requieren una mayor potencia, pero se están haciendo populares a medida que van posibilitando tener un completo sistema multimedia a través de ella. Al igual que es prácticamente imposible comprar el típico monitor en blanco y negro, será interesante ver si el monitor en color LCD reemplazará definitivamente a las de blanco y negro.

Random Scan Display

El *random scan display*, también conocido como de “refresco directo”, o *vector display*, trabaja de un modo diferente. En vez de escanear toda la pantalla de un modo secuencial y horizontal, dibuja líneas para ser mostradas directamente, lo que implica que los dientes de sierra no se produzcan, y que resoluciones mucho mayores puedan ser alcanzadas, llegando hasta 4096*4096 pixels. El color en estas pantallas se consigue usando la tecnología de la penetración del flujo, y suele ser de poca calidad. El estrés visual y la fatiga son todavía un problema, y dichos monitores son bastante más caros que los *raster scan*; así pues, tan sólo se usan en aplicaciones muy puntuales.

El sistema y la interfase: Ergonomía y HCI

En ergonomía es tradicional el estudio de las características físicas de la interfase: cómo son diseñados los controles, el entorno físico en el que la interfase tiene lugar, el *layout* y las cualidades físicas de la pantalla. Un primer foco de análisis se encuentra en la ejecución del usuario y cómo la interfase la enriquece o empeora el resultado. Al pretender evaluar estos aspectos de la interfase, los ergónomos ciertamente tocarán aspectos de la psicología humana.

Controles y displays

Como ya se ha comentado anteriormente, consideraremos temas perceptivos y cognoscitivos que afecten al modo en el que se presente la información en la pantalla o provea de mecanismos de control al usuario. Sin embargo, en adición a estos aspectos cognoscitivos del diseño, los aspectos físicos son importantes. Los elementos de control y partes del *display* deben ser agrupados de un modo más o menos lógico para proporcionar un rápido acceso al usuario. Esto puede no parecer importante cuando estamos considerando a un simple usuario de una hoja de cálculo en un PC, pero se convierte en algo vital cuando se refiere a actividades de seguridad como una planta de control, aviación y control de tráfico aéreo. En cada uno de estos contextos, los usuarios están sometidos a una presión y se enfrentan a una gran cantidad de controles y *displays*. En estos casos es vital el *layout* físico; debe ser el más apropiado con el fin de hacer más cómoda cualquier tipo de maniobra por parte del usuario.

De hecho, y retornando al uso del PC, una mala distribución de controles y comandos pueden llevar a una operación frustrante. Por ejemplo, en el caso de un lector electrónico de noticias en el que el comando para leer artículos (y) está al lado del control para darse de baja (u). Este pobre diseño nos lleva en muchas ocasiones a tener problemas que son fácilmente solubles con un diseño más apropiado.

Ya se ha comentado la “necesidad” de agrupar los controles de un modo lógico (y mantener los controles opuestos distantes). La organización que esto nos requerirá dependerá del dominio de la aplicación, pero posibles organizaciones/distribuciones incluyen lo siguiente:

- controles por **función** y *displays* se organizan de modo que según su función se encuentren agrupados;
- controles por **secuencia** y *displays* se organizan para reflejar el orden de su uso en una interfase modelo (es especialmente adecuado para dominios donde una la secuencia de la tarea se ve más o menos impuesta, como la aviación);
- controles por **frecuencia** de uso y *displays* se organizan de acuerdo a la frecuencia con la que son usados, donde los controles de uso más frecuente están colocados de un modo más accesible.

Además de la organización de los controles y *displays* y la relación del uno con el otro, la interfase del sistema entero debe ser arreglada de un modo adecuado en relación a la posición del usuario. Así, por ejemplo, el usuario debería ser capaz de poder acceder a los controles necesarios y poder visionar los *displays* sin tener que realizar excesivos movimientos corporales. Los *displays* críticos deben ser colocados al nivel del ojo. La luz debe ser la adecuada para evitar reflejos y deslumbramientos, los controles deben ser espaciados correctamente para adecuar la maniobra del usuario, etc.

El entorno físico de la interfase

Además de referirse a temas de layout y arreglos de la máquina de interfase, la ergonomía se preocupa por el diseño del entorno de trabajo. ¿Dónde se usará el sistema? ¿Quién usará el sistema? ¿Estarán los usuarios sentados, de pie, o moviéndose a su alrededor? Una vez más, esto dependerá ampliamente del dominio y será más crítico en controles más específicos que en los propios de un PC. Sin embargo, el ambiente físico en el cual se use el sistema puede influenciar el modo en el que se acepte e incluso en la salud y seguridad de sus usuarios. Aspectos que deben ser considerados en cualquier tipo de diseño.

La primera consideración será el tamaño de los usuarios. Obviamente éste va a variar considerablemente. Sin embargo, en algunos sistemas el usuario más pequeño debería ser capaz de alcanzar los controles, mientras que el más grande no debería verse “limitado” de movimientos.

En particular, todos los usuarios deberían ser más o menos capaces de visualizar los *displays* críticos de un modo confortable. Para largos períodos de uso, el usuario debería permanecer sentado para su confort y estabilidad. Todo asiento debería disponer de su respaldo trasero. Si se requiere permanecer de pie, el usuario debería disponer de una habitación para poder alcanzar todos los controles.

Aspectos de salud

Quizá, de buenas a primeras no pensemos que el trabajo con computadora pueda suponer una actividad arriesgada, pero debemos tener en mente posibles consecuencias de nuestros diseños sobre la salud y seguridad de los usuarios. Dejando de lado lo que todo el mundo reconoce como factores y lugares de riesgo (plantas nucleares, procesos de producción, cadenas de montaje...), existen números factores que afectan al usuario que trabaja con una computadora y que deben ser considerados. De

nuevo, son factores del entorno físico que afectan en la calidad de la interfase y el éxito de la ejecución por parte del usuario:

- **Posición física.** Como ya se ha comentado previamente, los usuarios deben ser capaces de acceder a todos los controles de un modo confortable al igual que ser capaces de percibir fácilmente los displays. Recomendable sería que el usuario no permaneciera de pie durante largos períodos de tiempo, y en el caso de estar sentado que dispusiera de asiento con respaldo trasero. En el caso de posiciones “estáticas”, como por ejemplo la de un mecanógrafo, se debe proporcionar la mayor comodidad posible.
- **Temperatura.** Aunque la mayoría de los usuarios pueden adaptarse a ligeros cambios de temperatura sin efectos adversos, extremos de calor o frío afectarán al trabajo, e incluso a la salud. Estudios experimentales, demuestran que el trabajo sufre importantes deterioros a altas y bajas temperaturas, con la que los usuarios son incapaces de concentrarse de un modo eficiente.
- **Iluminación.** El nivel de luz dependerá una vez más del tipo de trabajo a desarrollar. Sin embargo, debe proporcionarse un nivel adecuado con el fin de evitar la fatiga y el estrés visual. La fuente de luz también debe ser colocada de modo que se eviten tanto reflejos como deslumbramientos.
- **Ruido.** Excesivo ruido puede ser nocivo para la salud, causando dolor al usuario, e incluso en algunos casos pérdidas de audición. Los niveles sonoros se deben mantener en un rango confortable en el entorno de trabajo, lo cual no quiere decir que sea necesario el silencio absoluto. El sonido puede ser un estímulo para el usuario para saber cómo se está desarrollando un determinado proceso.
- **Tiempo.** El tiempo que el usuario permanece usando el sistema debería ser controlado también. Vimos que el uso excesivo de monitores CRT puede ser perjudicial, especialmente para mujeres embarazadas.

El uso del color

Hablaremos de los aspectos ergonómicos de las características físicas de los sistemas, incluyendo el entorno físico en el que se usa. El uso del color en los monitores es un aspecto más a analizar; como ya hemos visto, el sistema visual tiene algunas limitaciones con respecto a los colores, incluyendo el número de colores distinguible y la dificultad de percibir el azul. También hemos visto que una relativa proporción de la población tiene deficiencias en la visión del color.

Los colores usados en el monitor deben ser tan diferentes como sea posible y su distinción no debe verse afectada por cambios en el contraste. Es recomendable no usar el azul para mostrar información crítica. En el caso de que el color se use, no debe ser la única señal, es aconsejable introducir un código de información que lo acompañe.

Los colores usados deberían responder a convenios comunes y expectativas del usuario. Rojo, verde y amarillo son colores habitualmente asociados con parada, marcha y *standby* respectivamente. Así pues el rojo debe ser usado para expresar emergencia, el verde actividad normal y el amarillo función auxiliar. Dicha compatibilidad cultural no debería ser violada jamás sin una buena causa.

Ergonomía y HCI

La ergonomía es un campo tremendamente amplio; aún siendo distinto del HCI, tiene con él grandes relaciones. Su contribución al HCI se basa en las limitaciones y restricciones que se han de tener en cuenta a la hora de diseñar los sistemas. Los factores ergonómicos son, por lo general, muy estables y

más comprensibles que el proceso de conocimiento por lo que son usados a la hora de establecer las bases estándar del diseño de hardware.

Estilos de interfase

La interfase en sí puede ser vista como un diálogo entre el ordenador y el usuario. La elección del estilo de la interfase puede tener un profundo efecto en la naturaleza del diálogo. Ahora introduciremos los más comunes estilos de interfaces y los diferentes efectos que estos tienen en la interfase. Hay un número de estilos comunes de interfaces incluyendo

- Líneas de comando
- Menús
- Lenguaje natural
- Pregunta / respuesta y diálogo de requerimiento
- Cuestionarios y hojas de cálculo
- WIMP
- Señala y activa
- Interfaz tridimensional

Líneas de comando

La interfase de líneas de comando (figura 4.1) fue el primer estilo de diálogo interactivo en ser usado comúnmente y, a pesar de la accesibilidad de los menús guiados, todavía se usa de un modo muy generalizado. Proporciona medios de expresar instrucciones a el ordenador de un modo muy directo, usando teclas defunción, caracteres, abreviaciones y un sin fin de las palabras-comando. En algunos sistemas, la línea de comando es la única forma de comunicación con el mismo, especialmente en aquellos de acceso remoto usando *telnet*. Más comunes hoy en día son las interfaces basadas en menús, proporcionando un acceso acelerado a la funcionalidad del sistema para usuarios experimentados.

```
<html>
  <head>
    <meta http-equiv="content-type"
content="text/html; charset=iso-8859-1">
    <meta name="generator" content="Adobe GoLive 4">
    <title>moduls-oberts</title>
  </head>
```

Fig. 7.18 Interfase línea de commando

Las interfaces de comandos de líneas son potentes en cuanto a que ofrecen accesos directos a la funcionalidad del sistema (en oposición a la naturaleza jerárquica que presentan los menús), y se pueden combinar para aplicar diferentes herramientas al mismo dato. Además son flexibles: el comando a menudo presenta un número de opciones o parámetros que variarán su comportamiento de algún modo, y puede ser aplicado a muchos objetos de inmediato, haciéndolo útil para tareas repetitivas. Sin embargo, esta flexibilidad y potencia trae consigo la dificultad del uso y aprendizaje.

Los comandos deben ser recordados, ya que no se proporciona ninguna pista de cuál debe ser usado. Consiguientemente, se requieren usuarios de cierta experiencia. Sin embargo, dicho problema puede

verse aliviado en cierta medida usando consistentes y significativos comandos y abreviaciones. Deberían tener términos entre un vocabulario de usuario y lenguaje técnico.

Desafortunadamente, los comandos son a menudo oscuros y varían según el sistema, causando confusión en el usuario e incrementando el coste de aprendizaje.

Menús

En una interfase guiada a través de menús, el monto de opciones disponible para el usuario está representado en la pantalla, y se selecciona a través de un ratón, o bien tecla numérica o alfabética. Debido a que las opciones son visibles, la demanda al usuario es menor, confiando más en la identificación que en la memoria. Aún así, las opciones del menú todavía necesitan ser significativas y estar agrupadas de un modo lógico para así facilitar su reconocimiento. A menudo los menús están ordenados jerárquicamente y la opción requerida no se encuentra en la capa superior de dicha jerarquía. El agrupamiento y nombramiento de las opciones del menú proporciona la única pista para que el usuario pueda encontrar la opción requerida

Lenguaje natural

Quizá el medio más atractivo de comunicación con los ordenadores, al menos a primera vista, sea el lenguaje natural. Los usuarios, incapaces de recordar un comando, o perdidos en una jerarquía de menús, probablemente tenga el deseo de un ordenador que sea capaz de comprender las instrucciones a partir de las palabras cotidianas. La comprensión del lenguaje natural es un campo en el que se está invirtiendo mucho tiempo de investigación. Desgraciadamente, sin embargo, la ambigüedad del lenguaje natural lo hace muy difícil para que una máquina sea capaz de comprenderlo. El lenguaje es ambiguo a muchos niveles. En primer lugar la sintaxis, o estructura, de una frase puede ser poco clara. Si decimos,

el hombre golpeó al chico con el palo

nosotros no podemos asegurar si el palo es el instrumento con el que el chico fue golpeado o si es que el palo estaba en posesión del chico.

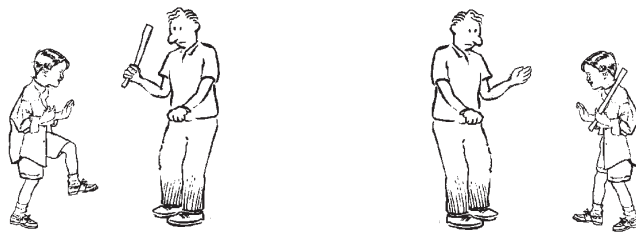


Fig. 7.19 ¿Hombre con palo, o chico con palo? (HCI. Alan Dixanel)

Incluso, aún si la estructura de la sentencia es clara, podemos encontrar ambigüedad en el significado de las palabras usadas. A menudo confiamos en el contexto y en nuestra cultura general para distinguir dichas ambigüedades. Esta información es muy difícil de proporcionar a una máquina. Para complicar más las cosas, el uso de pronombre y relativos aumentan la ambigüedad.

Dado este problema, parece improbable que una interfase de lenguaje natural sea asequible por algún tiempo, nunca. Sin embargo, pueden crearse sistemas para entender subconjuntos restringidos del lenguaje. Para un conocido y obligado dominio, el sistema puede estar provisto de suficiente información para anular los términos ambiguos. Es importante en las interfaces en las que se usa el lenguaje natural de esta forma restringida que el usuario sea consciente de las limitaciones del sistema y no espere demasiada comprensión.

El uso del lenguaje natural en dominios restringidos es relativamente exitoso, pero es debatible si esto puede llamarse lenguaje natural. El usuario realmente no sabe qué frases es capaz de entender el ordenador y obtiene una sensación frustrante, cuando las expectativas eran altas. Sin embargo, no está suficientemente claro lo útil que podría llegar a ser una interfase de lenguaje natural.

El lenguaje es por naturaleza, vago e impreciso: esto da su flexibilidad y permite la creatividad en la expresión. Los ordenadores, por otro lado, necesitan instrucciones concisas y precisas. Dando rienda suelta a nuestra imaginación cabría preguntarnos, ¿sería capaz algún día, el ordenador, de describir los requerimientos precisos y suficientes como para garantizar una respuesta concreta?

Diálogos pregunta/respuesta

Los diálogos pregunta/respuesta son un mecanismo simple para proporcionar una entrada en un dominio concreto. Al usuario se le van proponiendo una serie de preguntas (principalmente preguntas si/no, de opción múltiple, o similares) que le van guiando durante la interfase.

Estas interfases son fáciles de usar y de comprender, pero están limitadas funcionalmente. Son adecuadas para dominios no muy exigentes (información de sistemas), o para usuarios casuales.

La interfase “ventana”

Los entornos interactivos más habituales actualmente son ejemplos de la interfase WIMP, también llamada interfase de ventanas. Esta interfase consiste en unas *ventanas*, *iconos*, *menús* y *punteros* (a veces ventanas, iconos, ratones y menús desplegados), y es la interfase por defecto en la mayoría de sistemas usados hoy en día. Claros ejemplos son Microsoft Windows, Mac OS, y otros para UNIX.

Elementos de la interfase WIMP

Ya conocemos las cuatro claves de la interfase WIMP que generan su nombre windows, icons, pointers y menus, y ahora intentaremos describirlas. Hay también muchos objetos adicionales en este sistema de interfase, algunos diseñados especialmente para propósitos específicos y otros mucho más generales, la mayoría de los cuales se pueden apreciar en la figura 7.3.

Todos estos elementos juntos forman una herramienta de interfase entre el sistema y el usuario.

En el caso de que una ventana solape a la otra, la ventana posterior se oscurece parcialmente, y se refresca posteriormente cuando vuelve a ser seleccionada. En algunos casos este solapamiento provoca que se pierda de vista alguna información importante, por ello en algunos sistemas las ventanas van apareciendo en forma de cascada, es decir, que la última se sitúa un poco más abajo y a la izquierda o derecha de la anterior, para que al menos pueda verse el título de la ventana solapada y podamos recurrir a ella cuando nos sea necesario.

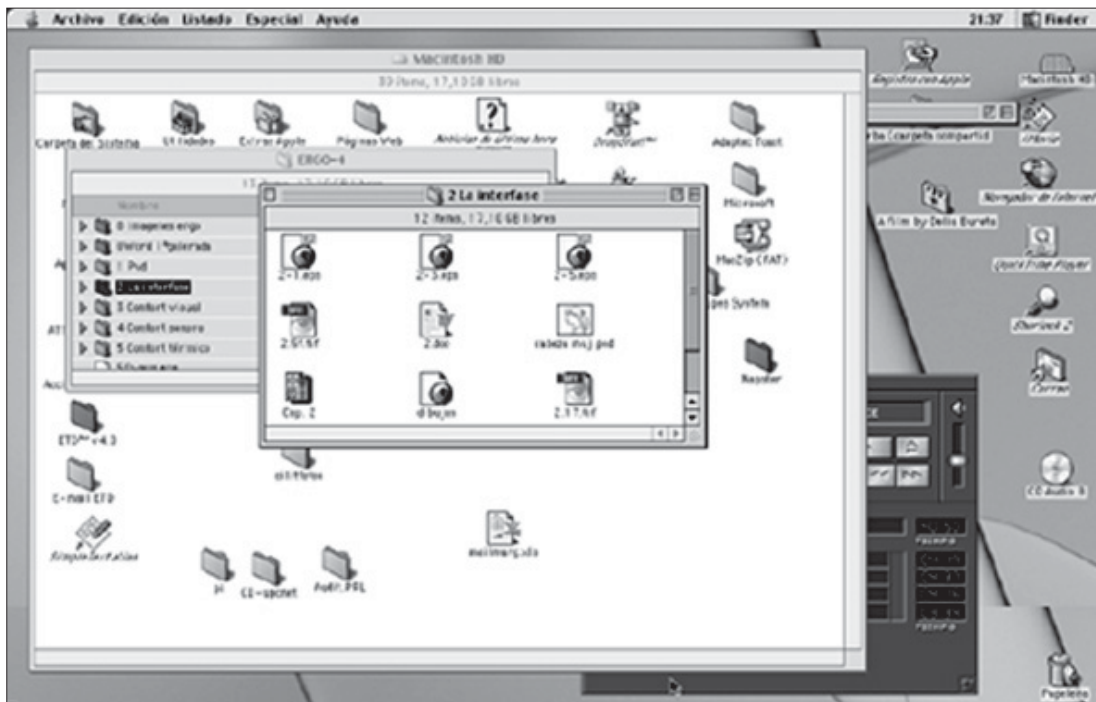


Fig. 7.20

Generalmente las ventanas tienen varias cosas asociadas con ellas que las hacen más útiles y a su vez más fáciles de usar *Barras de desplazamiento*, que permiten al usuario mover la ventana de arriba abajo o de izquierda a derecha y viceversa. Esto hace que la ventana se comporte como tal en un entorno mucho más amplio, donde la información se “trae” a la vista manipulando tales barras.

También tienen una *barra de título* en su parte más alta, para que el usuario pueda identificarla, y casi siempre presentan unas *cajas especiales* en sus esquinas con las que se pueden cambiar de tamaño, cerrar, etc. Todo ello podemos verlo en la figura 7.21. Hay otros sistemas que permiten las ventanas dentro de otras ventanas. Por ejemplo, en Microsoft Windows cada aplicación tiene su ventana propia, y dentro de ellas se presentan los documentos.

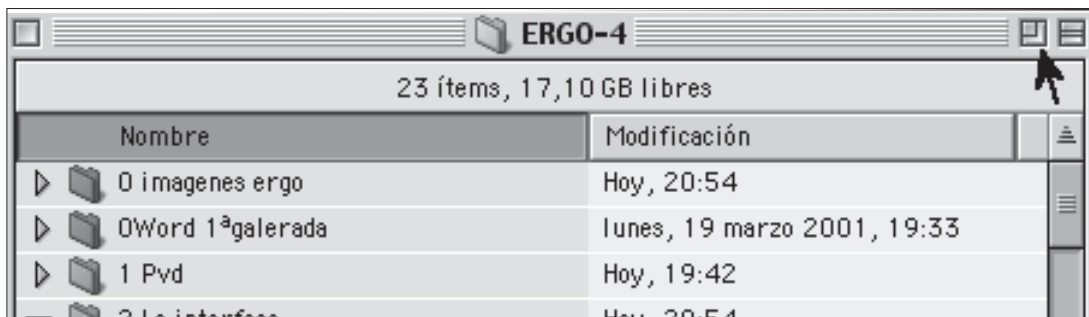


Fig. 7.21

Iconos

Las ventanas pueden cerrarse y perderse para siempre, o por otro lado, pueden minimizarse para permitir trabajar con otras. Una pequeña imagen es lo que se usa para representar una ventana cerrada, y esta representación se conoce como icono. A través de estos iconos, muchas ventanas pueden estar disponibles en la pantalla al mismo tiempo, preparadas para ser maximizadas (aumentadas de tamaño) tan sólo cliqueando ese icono. Cuando a un usuario no le interesa seguir usando una ventana determinada, no tiene más que accionar ese icono para minimizar la ventana. Ese icono nos hace recuperar espacio en la pantalla, pudiendo volver a recuperar la ventana cuando nos interese.

Los iconos también pueden usarse para representar otros aspectos del sistema, tales como la papelera en la que “volcar” los archivos que queramos eliminar, o las unidades de disco, accesos directos a programas, etc. Los iconos presentan diferentes formas: pueden ser representaciones realistas del objeto representado, o ser totalmente abstractos, pero con el tiempo y su uso cotidiano van adquiriendo un significado propio.

Punteros

El puntero es una componente importante en las interfases WIMP, ya que este tipo de sistemas de interfase se basa en la elección de objetos y funciones mediante la señalización de un icono a través de un puntero. El ratón es un elemento que cumple perfectamente con esta función, los *joysticks* y las *trackballs* son otras alternativas posibles. El usuario está presente en la pantalla a través de ese puntero que se identifica con un cursor.

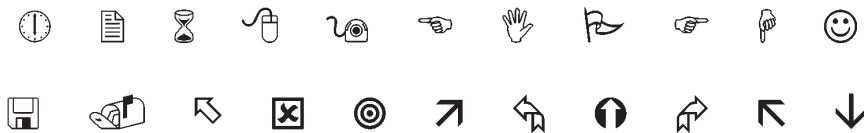


Fig. 7.22

Generalmente se usan diferentes formas de cursor para indicar que se está en un modo u otro, es decir, según el tipo de cursor que en ese momento se esté utilizando, las funciones y objetos que se podrán seleccionar serán unas u otras. Por otro lado, los cursores sirven para hacer ver al usuario el estado del sistema en ese momento, como por ejemplo el cursor con forma de reloj, que nos indica que el sistema está leyendo un fichero.

Los diferentes tipos de cursores son iconos, pequeñas imágenes *bitmaps*. Cada uno de estos cursores tiene lo que se conoce como *hot-spot*, que es la parte que realmente señala el objeto que se desea. Este *hot-spot* es la parte más importante del cursor, y ha de ser fácil de distinguir e intuitivo de usar.

Menús

El último aspecto importante de estos sistemas es el menú, una técnica de interfase que es muy común, incluso más allá de los entornos de ventanas. Un menú presenta una posibilidad de operaciones o servicios que pueden ser realizadas por el sistema en ese momento. Los menús ofrecen indicaciones de información en forma de lista ordenada de operaciones que pueden ser consultadas. Esto implica que los nombres usados en las listas de los menús deben ser significativos y representativos de aquella información a la que nos van a llevar.

El puntero se usa para señalar la opción deseada. Generalmente, al acercarse el puntero a la opción deseada, ésta se destaca sobre el resto de alguna manera, para indicar que es una candidato en

potencia de la elección. La selección suele requerir de otra acción por parte del usuario, que habitualmente es apretar alguna tecla o bien un botón del ratón.

Los menús son ineficaces cuando presentan demasiadas opciones, ya que precisamente su función es simplificar la tarea de búsqueda del usuario, por lo que para evitar esa amplitud se utiliza la técnica de los menús en cascada.

El menú principal debe ser visible en cualquier momento, con una barra de menú o cualquier otra opción, y otros submenús deben poder abrirse a partir de él en caso de que se solicite (figura 2.23). Habitualmente las barras de menús se ofrecen en la parte superior de las ventanas. Alternativamente el menú principal puede ocultarse y, una vez se solicite, aparecerá en la pantalla. Estos menús *pop-up* (aparecen en medio de la pantalla) suelen ser usados para presentar una información contextual, ya sea de ayuda, de aviso, etc. Este tipo de menús también aparece cuando se selecciona alguna región concreta de la pantalla, aunque sólo permanecen activos mientras está seleccionada.

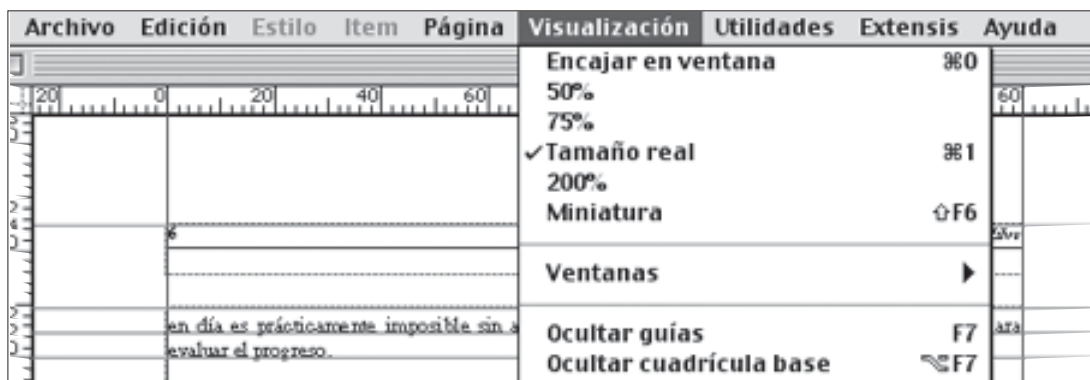


Fig. 7.23

Los menús desplegables pueden ser de dos tipos, aquellos que se despliegan con el mero hecho de colocar el puntero sobre él, o aquellos que han de ser seleccionados sobre la opción principal

Los problemas más importantes con los menús se presentan a la hora de determinar los aspectos a incluir y cómo agruparlos. Incluir muchas opciones genera menús demasiado largos, mientras que agrupar demasiado las opciones corre el riesgo de generalizar en exceso, por lo que es importante adoptar una solución de compromiso. Las opciones de un menú deben presentarse según la importancia y la frecuencia con la que van a ser seleccionados, de modo que los más “ceranos” al usuario sean aquellos que a priori tengan mayor posibilidad de ser seleccionados.

Botones

Los botones son regiones aisladas e individuales dentro de la pantalla que pueden ser seleccionadas por el usuario para invocar acciones específicas. Estas regiones son tratadas como botones, ya que tiene esa apariencia y parecen tener la necesidad de ser presionados para que se activen.

Barras de herramientas

Muchos sistemas tienen una colección de pequeños botones, cada uno de ellos con iconos, colocados en la parte superior o a un lado de la pantalla ofreciendo funciones de uso habitual. La función de esta barra de herramientas es similar a una barra de menú. Algunas veces el contenido de la barra de herramientas es fijo, pero en muchos casos es posible personalizarla.

Cuadros de diálogo

Los cuadros de diálogo son ventanas de información usados por el sistema para llamar la atención del usuario y ofrecerle una importante información, avisarle, prevenir un error, etc. Por ejemplo, cuando se quiere guardar un archivo y no se le otorga ningún nombre, suele aparecer un cuadro de diálogo que nos advierte esa situación.

El contexto de la interfase

Hemos descrito la interfase entre el usuario y el sistema, y cómo esto afecta al diseño de la interfase. Sin embargo, la interfase no se da en el vacío. Ya se han destacado algunos aspectos físicos que afectan directamente a la interfase. Esta es parte del contexto en el que la interfase se lleva a cabo. En realidad, el usuario trabaja dentro de un amplio contexto social y organizativo. Este amplio contexto influye en la actividad y la motivación del usuario. Así pues existen una serie de factores aparentemente externos a la interfase como son aspectos sociales y organizativos que tienen una notable importancia en la interfase con el sistema. Estos son factores sobre los cuales el diseñador no puede tener control alguno. Sin embargo, es importante estar al corriente de estas influencias y comprender al usuario y el campo de trabajo de un modo exhaustivo.

La presencia de otras personas en el entorno de trabajo afecta al rendimiento de un trabajador en cualquier tarea. En el caso de los grupos, la competitividad puede aumentar el rendimiento, al menos en tareas conocidas. De igual modo, el deseo de impresionar a jefes o superiores mejora el rendimiento. Sin embargo, cuando se necesita del aprendizaje de nuevas habilidades, la presencia de otras personas puede disminuir el rendimiento, debido al miedo a fallar. Consecuentemente, la privacidad es importante para permitir la oportunidad al usuario de experimentar.

Para rendir bien, los trabajadores deben estar motivados. Hay un número de posibles fuentes de motivación, que van desde la ambición, hasta la satisfacción personal por el trabajo bien hecho. Esta última está influenciada por la percepción del trabajador de que la tarea está bien desempeñada, lo que desemboca en un incremento de la satisfacción laboral y de la productividad. Si el sistema hace difícil la interfase para desarrollar su trabajo, la satisfacción y el rendimiento en la misma se ven disminuidos.

Los trabajadores pierden la motivación y el interés cuando las herramientas de trabajo (interfase, entre ellas) no son las adecuadas para desarrollar convenientemente la tarea, ya sea por dificultad de comprensión, uso, o porque simplemente no son apropiadas. A menudo los sistemas son escogidos por directivos y los usuarios se convierten en simple comparsa, con lo que se corre el riesgo de no satisfacer la necesidad del trabajador. En la gran mayoría de los casos, la percepción de los directivos de un trabajo se basa en los resultados obtenidos, y no en la tarea real. En el caso de que esto ocurra pueden darse tres consecuencias: el sistema puede ser rechazado; los usuarios pueden mostrarse reticentes y desmotivados; o el usuario puede intentar adaptar el sistema a sus necesidades. Todo esto muestra la necesidad o conveniencia de que el usuario sea participe en el diseño o elección del sistema con el que trabajar, con el fin de que éste satisfaga las necesidades del trabajador; estamos aquí, obviamente, en un precepto ergonómico irrenunciable “la adaptación de la tarea al usuario”.

Proporcionar, además, un adecuado feedback es una importante fuente de motivación para el usuario. Si no se da ningún feedback a lo largo de la tarea, el usuario puede tener la sensación de monotonía y aburrimiento, o lo que es peor, le falta información para saber si su tarea está siendo bien realizada o no. Estamos cizallando la capacidad de rectificar los errores cometidos.

Resumen

Se ha estado analizando la interfase entre el usuario y el ordenador, y en particular, cómo se puede asegurar que la interfase sea efectiva para permitir a la persona desarrollar la tarea asignada.

Hemos visto cómo se puede usar el modelo de *ejecución-evaluación de Norman*, y hasta dónde se extiende la interfase, para analizarla en términos de cuán difícil o fácil es para el usuario expresar lo que él quiere y determinar si eso ha sido hecho.

También se ha estudiado el papel de la ergonomía en el diseño de la interfase, al analizar las características físicas de la interfase, y se han discutido diferentes estilos de interfase. Considerando cómo cada uno de ellos puede influenciar en la eficiencia de la interfase.

La interfase entre el hombre y el ordenador no es un hecho aislado, ya que hay una serie de factores sociales y organizativos que, por lo general, no están bajo el control del diseñador y tienen una influencia. Parecen de difícil análisis, pero cuando menos es importante reconocer su existencia y que, de un modo u otro, pueden afectar negativamente a la interfase.

Ergonomía del software: sistemas de diálogo

La interfase del ordenador con el usuario, plasmada a través de los programas informáticos, juega un papel primordial en el trabajo con equipos informáticos. De su correcto diseño depende en gran medida la productividad del usuario, su satisfacción o rechazo, así como la amplificación de las patologías relacionadas con este tipo de trabajo, fundamentalmente la fatiga visual y el estrés laboral.

Los programadores desempeñan un importante papel en la calidad del interfase con el usuario, los usuarios aprecian la facilidad de uso, la fiabilidad, la homogeneidad y la compatibilidad con su modo de pensar. La concepción del interfase persona-ordenador, bajo pena de verse rechazada, debe atender a las necesidades del usuario más que a las exigencias de la tarea.

Los programas utilizados deben de adaptarse a los procesos de trabajo de los operadores, apoyándose en un diseño dirigido por tareas, contemplando en todo momento las limitaciones y capacidades de actuación de los usuarios.

Recomendaciones

En la compra de programas o el encargo 'a medida' interesa tener criterios de selección tendentes a la correcta presentación de la información a través de la pantalla. En este sentido conviene que la presentación sea atrayente, de uso fácil y cómodo, con un correcto tratamiento del color y con ayudas efectivas sobre el manejo del programa.

Se exponen una serie de normas. A continuación se destacan los aspectos más relevantes de la “guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos con pantallas de visualización” del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo que recoge la norma UNNE-EN-ISO9241.10 y se comentan las aplicaciones típicas de los principios y recomendaciones, destinadas a programadores y compradores, cuyo objetivo es orientar el diseño y elección de los sistemas de diálogo que permitan al usuario realizar la tarea en condiciones ergonómicamente favorables.

Capacidad de adecuación a la tarea

Definición: Un diálogo es susceptible de adecuarse a la tarea en la medida en que asiste al usuario para lograr un acabado de la misma con eficiencia y eficacia

Aplicaciones típicas de este principio:

- El sistema de diálogo debe presentar al usuario únicamente los aspectos pertinentes a su actividad en el contexto de la tarea.
Por ejemplo, la representación en la pantalla se debe estructurar correspondiendo a la secuencia de la tarea procesada.
- Cualquier actividad requerida por el sistema de diálogo, pero no inherente a la tarea propiamente dicha, debe ser realizada automáticamente por el propio sistema.
Por ejemplo, el cursor debe posicionarse automáticamente siguiendo la secuencia de la tarea, la información que pueda ser calculada internamente no debe ser solicitada al usuario, etc.
- El tipo y formato de las entradas y salidas deben ser especificados de tal forma que se adecuen a las tareas.
Por ejemplo, para facilitar la orientación del usuario respecto a las diversas secciones de la tarea, éste podrá obtener a voluntad una visión de conjunto que le facilite pasar de una sección a otra de la tarea.
- Si existe la posibilidad de entrada de datos “por defecto” en una tarea dada, no deben serle requeridos al usuario.
Por ejemplo, puede ser evitada cualquier tarea irrelevante de entrada de datos, como las series de ceros, etc.
- Cuando, en el transcurso de una tarea, sea preciso transformar los datos, deben mantenerse accesibles los originales para permitir posibles consultas.
Por ejemplo, el usuario puede trabajar a varios niveles durante la ejecución de una tarea de dibujo.

Autodescriptividad

Definición: Un diálogo es autodescriptivo en la medida en que cada una de sus etapas es directamente comprensible a través de una retroacción con el sistema o es explicada al usuario con arreglo a su necesidad de información relevante.

Aplicaciones de este principio:

- El sistema de diálogo debe advertir al usuario sobre los resultados a que pueden conducir sus acciones en el caso de que las consecuencias sean importantes.
Por ejemplo, mediante un cuadro de diálogo para confirmar el borrado de ficheros de datos.
- El usuario debe ser asistido mediante una retroacción o explicaciones suministradas por el sistema que le ayuden a conseguir una comprensión general y le puedan servir de entrenamiento suplementario. Dicha retroalimentación debe ser expresada en terminología basada en el entorno de la tarea y acorde con el nivel general de conocimientos previsible en los usuarios.
Por ejemplo, los términos técnicos usados en el diálogo deben ser los usados habitualmente en el campo específico de la aplicación, y además el usuario podrá obtener explicación acerca del término a través del sistema de ayuda.
- La retroacción o las explicaciones proporcionadas por el sistema deben referirse estrictamente a la situación requerida y su eficacia debe reducir al mínimo la necesidad de consultar el manual del usuario u otras fuentes externas.
Por ejemplo, lo anterior puede lograrse si el sistema armoniza con el contexto en que desarrolla la actividad.
- El usuario debe ser informado de los cambios en el sistema de diálogo que sean relevantes para la tarea.
Por ejemplo, el sistema debe informar de situaciones tales como:
 - qué comando esta siendo procesado
 - cuándo se espera una entrada
 - posibles alternativas de respuesta para el usuario
 - la “historia” de la interfase realizada

Controlabilidad

Definición: Un diálogo es controlable en la medida en que permite al usuario conducir la totalidad del curso de la interfase hasta lograr el objetivo.

Aplicaciones típicas de este principio:

- La velocidad de la interfase no debe ser impuesta por el sistema, debe estar siempre bajo el control de acuerdo con sus necesidades y características.
- Si el diálogo ha resultado interrumpido por un error, el reinicio debe poder efectuarse en el paso inmediatamente anterior a la ocurrencia del error.
- Si las necesidades o características del usuario requieren poder elegir el nivel de interfase, los cambios deben estar bajo su control.
Por ejemplo, los usuarios experimentados deben poder usar atajos, y el sistema debe abstenerse de proporcionar ayuda si no se le pide.
- El modo en que los datos de entrada/salida son representados (tipo y formato) debe estar bajo control del usuario, ofreciéndole la posibilidad de evitar actividades innecesarias de entrada/salida.
Por ejemplo, el usuario puede hacer su elección de menú introduciendo sólo el primer carácter. De igual forma el usuario que esté recibiendo una salida que no necesite debe poder pararla.

Conformidad con las expectativas del usuario

Definición: Un diálogo es conforme con las expectativas del usuario en la medida en que se corresponde con el conocimiento que éste tiene de la tarea, así como con su formación, experiencia y convenciones comúnmente aceptadas.

Aplicaciones típicas de este principio:

- La aplicación debe usar vocabulario que sea familiar al usuario en el contexto de la tarea.
- Los diálogos usados para tareas similares deben ser también similares.
Por ejemplo, mediante la utilización de la misma sintaxis para conducir el diálogo, que posibilite al usuario comunicarse con el sistema de diálogo en un lenguaje estándar en todas las situaciones de trabajo.
- En la introducción de datos se debe dar una señal de retroalimentación inmediata cuando así lo espera el usuario.
Por ejemplo, el sistema de diálogo debe mover automáticamente el cursor a la posición donde debe hacerse la próxima entrada.
- El sistema debe satisfacer siempre las expectativas del usuario relativas al tiempo de respuesta.
Por ejemplo, el movimiento del cursor debe producirse inmediatamente, siguiendo la acción de movimiento del dispositivo de entrada.
- Si en un momento dado de la interfase, el tiempo de respuesta calculado va a ser mucho mayor del tiempo de respuesta normal, el sistema debe de informar de ello al usuario.
Por ejemplo, emitiendo un mensaje del tipo “Ejecutado el xx% de la tarea”

Tolerancia de errores

Definición: Un diálogo es tolerante a los errores en la medida en que, a pesar de los errores que se cometan en la entrada, se puede lograr el resultado que se pretende sin realizar correcciones o con correcciones mínimas.

Aplicaciones de este principio:

- El sistema debe explicar el tipo de error cometido para ayudar al usuario a corregirlo. Por ejemplo, el sistema puede presentar un mensaje de error que contenga información sobre dicho suceso, el tipo de error y los posibles métodos para corregirlo.

- En los casos en los que el sistema de diálogo sea capaz de corregir los errores automáticamente, debe advertir al usuario sobre la ejecución de dichas correcciones y darle la oportunidad de rechazarlas. Asimismo, el sistema debe ser capaz de corregir un error en más de un sentido, debe presentar al usuario las alternativas que puede elegir, pero sin excluir otras posibles entradas. Por ejemplo, el sistema puede dar un mensaje de error cuando un nombre no se ha escrito correctamente, dando alternativas para su corrección si el usuario lo desea.
- Es deseable que durante la corrección de errores el sistema pueda proporcionar explicaciones adicionales si lo demanda el usuario. Por ejemplo, si el sistema ha dado un mensaje de error en la apertura de un archivo no encontrado, puede proporcionar una lista de todos los existentes entre los que elegir.
- El mensaje de error debe ser formulado y presentado con estilo comprensible, objetivo y constructivo. Los mensajes de error no deben contener juicios de valor tales como, “Esta entrada es una tontería”. Por ejemplo, puede utilizar expresiones del tipo “Esta entrada no es una fecha válida, utilice el formato día/mes/año”

Adaptabilidad individual

Definición: Un diálogo es susceptible de adaptarse al individuo en la medida en que el sistema de diálogo puede modificarse de acuerdo a las habilidades y necesidades de cada usuario en particular, en relación con una determinada tarea.

Aplicaciones típicas de este principio:

- El sistema debe de disponer de mecanismos de adaptación del sistema de diálogo al lenguaje, cultura, conocimiento y experiencia en la tarea de cada usuario, así como a sus habilidades perceptivas, sensomotoras y cognitivas. Por ejemplo, que el ratón pueda configurarse tanto para zurdos como para diestros.
- El sistema de diálogo debe permitir al usuario la elección de formas alternativas de representación, de acuerdo a sus preferencias individuales y a la complejidad de la información procesada.
- La extensión de las explicaciones dadas por el sistema (tales como detalles en mensajes de error, la información de ayuda, etc.) debe ser modificable en función del nivel de conocimiento del usuario. Por ejemplo, el usuario puede cambiar el nivel de detalle de salida; mayor detalle durante el periodo de aprendizaje, detalle intermedio para la comunicación de errores y mínimo detalle para las salidas habituales.
- El usuario debe poder incorporar su propio vocabulario con el fin de establecer nominaciones individualizadas para objetos y acciones.
- La velocidad del diálogo debe poder ser adaptada a las necesidades del usuario, por ejemplo la velocidad de presentación de la información de salida.

Fácil de aprender

Definición: Un sistema de diálogo facilita su aprendizaje en la medida en que proporciona medios, guías y estímulos al usuario durante la etapa de aprendizaje.

Aplicaciones típicas de este principio:

- Las reglas y conceptos fundamentales deben resultar transparentes para los usuarios, permitiéndoles construir sus propias estrategias y reglas de memorización de las actividades. Por ejemplo, el usuario debe poder conseguir una visión de conjunto, así como de los aspectos conceptuales y de la estructura de la aplicación con la que está trabajando.
- La información de ayuda debe correr a cargo de la tarea. Por ejemplo, que los comandos de

edición no necesiten ser conocidos por el usuario, ya que se le presenta una lista de posibles comandos.

- El sistema debe posibilitar el empleo de las estrategias más relevantes de aprendizaje, tales como las de aprendizaje mediante ejecución, comprensión orientada y ejemplos.
- El sistema debe emplear todo tipo de estrategias para ayudar al usuario a familiarizarse con los elementos de diálogo. Por ejemplo, utilizando localizaciones estándar para el mismo tipo de mensajes y que las disposiciones similares en la pantalla se utilicen para objetos similares de la tarea.

9. Normativa legal

Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995, 8 de noviembre. B.O.E. nº 269, de 10 de noviembre).

Reglamento de Servicios de Prevención (Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. B.O.E. nº 97 de 31 de enero).

Reglamento sobre Pantallas de Visualización (Real Decreto 488/1997, de 14 de abril. B.O.E. nº 97 de 23 de abril).

Reglamento sobre Lugares de Trabajo (Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. B.O.E. nº 97 de 23 de abril).

Normas

Normas internacionales, europeas y españolas sobre ergonomía

ISO 7243. Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature). 2ª ed.: 1989.08.01

ISO 7250. Basic human body measurements for technological design. 1ª ed.: 1996.07.15

ISO 7726. Thermal environments - Instruments and methods for measuring physical quantities. 1ª ed.: 1985.07.01

ISO 7730. Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. 2ª ed.: 1994.12.15

ISO 7731. Ergonomics - Danger signals for workplaces. 1ª ed.: 1986.12.15

ISO 7933. Hot environments - Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate. 1ª ed.: 1989.07.15

ISO 8201. Acoustics - Audible emergency evacuation signal. 1ª ed.: 1987.12.15

ISO 8995. Principles of visual ergonomics - The lighting of indoor work systems. 1ª ed.: 1989.10.01

ISO 8996. Ergonomics - Determination of metabolic heat production. 1ª ed.: 1990.12.15

- ISO 9241-1. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -Part 1: General introduction. 2ª ed.: 1997.06.01
- ISO 9241-2. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTS) -Part 2: Guidance on task requirements. 1ª ed.: 1992.06.01
- ISO 9241-3 Ergonomic requirements for office work with visual display terminal (VDTS) - Part 3: Visual display requirements. 1ª ed.: 1992.07.15
- ISO/DIS 9241-4. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTS) - Part 4: Keyboard requirements. 1ª ed.: 1998-08-01
- ISO/DIS 9241-5. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTS) - Part 5: Workstation layout and postural requirements. 1ª ed.: 1998-10-01
- ISO 9241-7. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTS) -Part 7: Display requirements with reflections. 1ª ed.: 1998.04.01
- ISO 9241-8. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTS) - Part B: Requirements for displayed colours. 1º ed.: 1997.10.01
- ISO 9241-10. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTS) - Part 10: Dialogue principles. 1ª ed.: 1996.05.01
- ISO 9241-11. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability. 1ª ed.: 1998.03.15
- ISO 9241-12. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTS) - Part 12: Presentation of information . 1º ed.: 1998.12.01
- ISO 9241-13. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 13: User guidance. 1º ed.: 1998.07.15
- ISO 9241-14. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTS) -Part 14: Menu dialogues. 1ª ed: 1997.06.01
- ISO 9241-15. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTS) - Part 15: Command dialogues. 1º ed.: 1997.12.15
- ISO/DIS 9241-16. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTS) - Part 16: Direct-manipulation dialogues
- ISO 9241-17. Ergonomic requirements for office work with visual display terminal (VDTS) - Part 17.- Form filling dialogues. 1º ed.: 1998.08.01
- ISO 9886. Evaluation of thermal strain by physiological measurements. 1ª ed.: 1992.11.01
- ISO 9920. Ergonomics of the thermal environment - Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. . 1ª ed.: 1995.03.01
- ISO 9921-1. Ergonomic assessment of speech communication - Part 1: Speech interference level and communication distances for persons with normal hearing capacity in direct communication (SIL method). 1ª ed.: 1996.11.01

ISO 10075-1. Ergonomic principles relates to mental workload - Part 1: General terms and definitions. 1ª ed.: 1991.10.01

ISO 10075-2. Ergonomic principles relates to mental workload - Part 2: Design Principles. 1ª ed.: 1996.12.15

ISO 10551. Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. 1ª ed.: 1995.05.15

ISO 11399. Ergonomics of the thermal environment - Principles and application of relevant international Standards. 1ª ed.: 1995.12.15

ISO 11428. Ergonomics - Visual danger signals - General requirements, design and testing. 1ª ed.: 1996.12.15

ISO 11429. Ergonomics - System of signals. 1ª ed.: 1996.12.15

ISO/TR 11079¹. Evaluation of cold environments - Determination of required clothing insulation (IREQ). 1ª ed.: 1993.12.15

Igualmente, a continuación se relacionan los proyectos de norma que, por estar en fase última de elaboración, podrán ser editados como norma en breve plazo.

ISO/DIS 9241-1. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTS) - Part 1: General introduction (Revision of ISO 9241-1: 1992).

ISO/DIS 9241-6. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTS) - Part 6: Environmental requirements

ISO/DIS 11064-3. Ergonomic design of control centres - Part 3: Control room layout

ISO/DIS 12894 Ergonomics of the thermal environment - Medical supervision of individuals exposed to extreme hot or cold environments

ISO/DIS 13731 Ergonomics of the thermal environment - Vocabulary and symbol

prEN ISO 9241-6. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTS) - Part 6: Guidance on the work environment. (ISO/DIS 9241-6:1996) (1996-02-08)

prEN ISO 9886. Evaluation of thermal strain by physiological measurements. (ISO 9886:1992) (1997-06-12)

prEN ISO 10551. Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. (ISO 10551:1995) (1997-06-12)

prEN ISO 11399. Ergonomics of the thermal environment - Principles and application of relevant International Standards (ISO 11399:1995) (1997-06-12)

prEN ISO 12894. Ergonomics of the thermal environment - Medical supervision of individuals exposed to extreme hot or cold environments. (ISO/DIS 12894:1997) (1997-01-23)

prEN ISO 13731. Ergonomics of the thermal environment - Vocabulary and symbols (ISO/DIS 13731:1997) (1997-04-03)

Igualmente se relacionan temas de trabajo (WI) ya aceptados y que, en su momento, constituirán normas europeas.

- WI 00 122 015. Ergonomics of the thermal environments - Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble (ISO 9920:1995)
- WI 00 122 038. Safety of machinery - Surface temperatures of touchable parts - Cold surfaces (ISO/NP 13732-3)
- Wi 00 122 048. Ergonomics - Computer manikins, body templates (ISO/NP 15536)
- WI 00 122 050. Safety of machinery - Human physical performance - Part 4: Evaluation of working postures in relation to machinery (Project EN 1005-4)
- WI 00 122 082. Ergonomics - Personal protective equipment - Headforms and facial features
- WI 00 122 084. Ergonomics - Reach envelopes (ISO/NP 12892)
- WI 00 122 085. Anthropometric database (ISO/NP 15535)
- WI 00 122 086. Notation system of anthropometric measurements used in the European Standards (será publicado como un Informe CEN)
- Wi 00 122 087. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 14: Menu dialogues. (procedimiento UAP con ISO 9241-14:1997)
- WI 00 122 089. Multimedia user interface design - Software ergonomic requirements - Part 1: Introduction and framework (ISO/WD 14915-1)
- Wi 00 122 090. Multimedia user interface design - Software ergonomic requirements - Part 2: Multimedia control and navigation (ISO/WD 14915-2)
- WI 00 122 091. Multimedia user interface design - Software ergonomic requirements -Part 3: Selection of media and media combination (ISO/WD 14915-3)
- WI 00 122 092. Multimedia user interface design - Software ergonomic requirements - Part 4: Domain specific multimedia interface (ISO/NP 14915-4)
- WI 00 122 094. Thermal environments - Instruments and methods for measuring physical quantities (ISO/DIS 7726:1996)
- CSS 13008 Ergonomic requirements for office work with visual display terminal (VDTs)-Part 9: Requirements for non-keyboard input devices (ISO/CD 9241-9.3:1997)
- WI. Ergonomics of the thermal environment - Working practices for cold indoor environment (ISO/NP 15743)
- Wi ... 2). Ergonomic assessment of speech communication - Part 1: Speech interference level and communication distances for persons with normal hearing capacity in direct communication (SIL method) (ISO 9921-1:1996)
- WI. Ergonomic assessment of speech communication - Part 2: Assessment of speech communication by means of the Modified Articulation Index (MAI method) (ISO/WD 9921-2)

WI ... 2). Ergonomic assessment of speech communication - Part 3: Speech communication with electro-acoustic systems (ISO/NP 9921-3)

WI.... Ergonomic principles related to mental workload - Part 3: Measurement and assessment of mental workload (ISO/WD 10075-3)

WI.... Temperatures of hot surfaces - Guidance for establishing surface temperature limit values in product (C-type) standards with the aid of EN 563

Normas UNE EN sobre ergonomía publicadas:

UNE 81-425-91 EXP Principios ergonómicos para el proyecto de los sistemas de trabajo (ENV 26385:1990 - ISO 6385:1981. 1ª ed. (ENV 26385), jun. 1990

UNE EN 292-1:1993 Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos. Principios generales de diseño. Parte 1: terminología básica, metodología. 1ª ed (EN) 1991

UNE EN 294:1993 Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores. 1ª ed (EN) 1992

UNE EN 349:1994 Seguridad de las máquinas. Espacios mínimos para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano. 1ª ed (EN) 1993

UNE EN 457:1993 Seguridad de las máquinas - Señales acústicas de peligro - Requisitos generales, diseño y ensayo. (Versión revisada de ISO 7731:1986). 1ª ed. (EN), feb. 1992

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. 1ª ed.(EN), dic. 1996

UNE-EN ISO 9241-01:1997 Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PVD). Parte 1: Introducción general (ISO 9241-1:1997).

UNE-EN ISO 9241-04:1999 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 9241-05:1999 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 9241-07:1998 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 9241-08:1998 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 9241-12:1999 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 9241-11:1998 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 9241-13:1999 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 9241-10:1996 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 9241-14:1999 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 9241-15:1998 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 10075-1 . Ergonomic principles related to mental work-load - Part I: General terms and definitions (ISO 10075:1991) (1996-07-04)
- UNE EN ISO 13406-131. Ergonomic requirements for work with visual displays based on flat panels - Part I: Introduction (ISO/DIS 13406-1:1998) (1998-01-22)
- UNE EN 27726:1995 Ambientes térmicos - Instrumentos y métodos para la medida de cantidades físicas (ISO 7726:1985). 1ª ed. (EN) oct. 1993
- UNE EN 27243:1995 Ambientes cálidos - Estimación del estrés térmico del trabajador basado en el índice WBGT (temperatura de globo húmedo) (ISO 7243:1989). 1ª ed. (EN) Oct. 1994
- UNE EN 28996:1995 Ergonomía - Determinación de la producción de calor metabólico.
- UNE EN ISO 7250:1997. Medidas fundamentales del cuerpo humano para el diseño tecnológico (ISO 7250:1996). 1ª ed. (EN), jun. 1997
- UNE EN ISO 7730: 1996 Ambientes térmicos moderados - Determinación analítica e interpretación del estrés térmico utilizando el cálculo de la tasa de sudor requerida (ISO 7730:1994). 1ª ed. (EN) julio 1995

Bibliografía

Afnor. *Ergonomie*. Paris, France. 1991.

American Industrial Hygiene Association (Sección Española). *Valores límite e índices biológicos de exposición*, Ed. Ronda S.A., Valencia, 1994-95.

Applied Ergonomics Handbook. *IPC Science and Technology Press*, Ltd. Surrey. U.K. 1977.

Arnheim, R. *Arte y percepción visual*. Alianza Forma. Madrid. 1984.

Argyle, M. *The social psychology of work*. Penguin Books. London. 1990.

Astrand, P.-O. & Rodahl, K. *Textbook of Work Physiology*. Mac Graw Hill. New York. 1986.

Atlas Copco. *Ergonomic tools in our time*. Tryck. Stockholm. 1988.

Bailey, R. *Human Performance Engineering*. Prentice Hall. New Jersey. 1989.

Barney, L.V. *Biomecánica del movimiento humano*. Trillas. México, D.F. 1991.

Biewener, A.A. *Biomechanics structures and systems*. IRL Press at Oxford University. Oxford. 1992.

Calle, J.A. *Sistema nervioso y sistemas de información*. Pirámide. Madrid. 1977.

Castejón, E. *NTP-74: Confort térmico. Método de Fanger para su evaluación*, Ed. Servicio Social de Higiene y Seguridad del Trabajo, Barcelona, 1983.

Cazamian, P. *Tratado de Ergonomía*. Octarés. Madrid. 1986.

Clark, T.S & Corlett, E.N. *La ergonomía de los lugares de trabajo y de las máquinas*. Fundación Mutua General. 1991.

Community Ergonomics Action. *Ergonomics Glossary*. CECA. Luxembourg. 1982.

Creus, A. *Fiabilidad y Seguridad. Su aplicación en procesos industriales*. Marcombo Boixareu Editores. Barcelona. 1992.

Damon. Stoudt & McFarland. *The human body in equipment design*. Harvard University Press. USA. 1971.

Donskoi, D y Zatsiorski, V. *Biomecánica de los ejercicios físicos*. Editorial Raduga. Moscú. 1988.

Eastman Kodak Company, Human Factors Section. *Ergonomic Design for People at Work, (Volumen 1-2)*. Lifelong Learning Publications. Belmont, CA. 1983.

- Fanger, P.O. *Thermal comfort*. McGraw-Hill. New York. 1972.
- Frazer, T.M. *The worker at work*. Taylor & Francis. London. 1989.
- Grandjean, E. *Fitting the Task to the Man*. Taylor & Francis. London 1988.
- Grandjean, E. *Precis d'Ergonomie*. Les éditions d'organisation. Paris. 1985.
- Guyton, A. *Tratado de fisiología médica*. Interamerican-McGraw-Hill. 1993.
- Ganong, W.F. *Manual de fisiología médica. El manual moderno*. México, D. F. 1971.
- Hurrell, J, Murphy, L and others. *Occupational Stress Issues and developments in research*. Taylor & Francis. London.1988.
- Institute of Occupational Health. *OWAS*. Helsinki, 1992
- International Organization for Standardization. *ISO 7243: Hot Environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (Wet Bulbe Globe Temperature)*, 1989.
- International Organization for Standardization. *ISO 7730: Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*, 1984.
- International Organization for Standardization. *ISO 7933: Hot Environments - Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate*, 1989.
- International Organization for Standardization. *Projet de Norme Internationale ISO 8996: Ergonomie - Détermination du métabolisme énergétique*, 1987.
- Invergard, T. *Handbook of Control room design and Ergonomics*. Taylor & Francis. London.1989.
- Kapandji,I.A. *Cuadernos de fisiología articular*. Toray Masson. Barcelona.
- Kirwan, B. *A Guide to practical human reliability assessment*. Taylor & Francis. London. 1994.
- Kletz, A. *An engineer's view of human error*. The Institut of Chemical Engineers. Warwickshire. 1987.
- Köhler, W. *Psicología de la configuración*. Morata. Madrid. 1967.
- Laborda, R. y Velasco, J. *Valoración higiénica de contaminantes químicos en el medio laboral*. APA. San Sebastián. 1996.
- Lehmann, G. *Fisiología práctica del trabajo*. Aguilar. Madrid 1960.
- Ley 31/1995 (8nov). *Ley de prevención de riesgos laborales*. APA. San Sebastián. 1996.
- Normativa de Desarrollo:*
REAL DECRETO 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- REAL DECRETO 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo

REAL DECRETO 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.

REAL DECRETO 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y Salud relativas al trabajo con equipos que incluye pantallas de visualización.

REAL DECRETO 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

REAL DECRETO 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

REAL DECRETO 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

REAL DECRETO 1216/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo a bordo de los buques de pesca.

Lomov, B. Venda, V. *La interrelación Hombre-Máquina en los sistemas de información*. Moscú: Edit. Progreso, 1983.

Lupton, T. *Human Factors*. IFS (Publications) Ltd. Bedford U.K. 1986.

Luria, A.R. *Sensación y percepción*. Editorial Fontanella. Barcelona. 1978.

Marieb, E.N. *Human anatomy and physiology*. Benjamin / Cummings Company. Wokingham U.K. 1989.

Mayo, E. *Problemas humanos de una civilización industrial*. Galatea - Nueva Visión. Buenos Aires. 1959.

Mital, A. *Trends in Ergonomics*. Amsterdam. Elsevier, 1984

Mital, A. Nicholson, A.S y Ayoub, M. M. *Manual materials handling*. Taylor & Francis. London, 1993.

Mondelo, P. Gregori, E. y Barrau, P. *Fundamentos de ergonomía*. Barcelona. UPC-Mutua Universal, 1994.

Mondelo, P. Gregori, E. Comas, S. y Castejón, E. *Confort y estrés térmico*. Barcelona.: UPC-Mutua Universal, 1995.

Mondelo, P. Gregori, E. *La ergonomía en la ingeniería de sistemas*. Madrid. Isdefe. 1996.

Murell, K.F.H. *Ergonomics*. Chapman and Hall. London. 1986.

Nordin, M & Frankel, V.H. *Basic biomechanic of the musculoskeletal system*. Lea & Febiger. USA. 1989.

NIOSH. *Ecuaciones para el diseño y evaluación de las tareas de levantamiento manuales*. USA. 1991.

Osborne, D.J. *Ergonomía en acción*. Trillas. México, D. F. 1987.

Palastanga, N. Field, D & Soames, R. *Anatomy and Human movement*. Butterworth-Heinemann Ltd. Avon U.K. 1994.

- Panero, J y Zelnik, M. *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. Gustavo-Gili. Barcelona. 1979.
- Parsons, K.C. *Human thermal environments*, Ed. Taylor & Francis, Londres, 1993.
- Pheasant, S. *Bodyspace. Anthropometry, Ergonomics and Design*. Ed. Taylor & Francis, Londres, 1988.
- Putz-Anderson, V. *Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs*. Taylor & Francis. London. 1988.
- REFA. *Estructuración del trabajo (Tomo I)*. Editorial librería Mitre. Buenos Aires. 1982.
- Rodahl, K. *The Physiology of Work*. Taylor & Francis. London. 1989.
- Sachs, S. Teichert, H-J. y Rentzsch, M. *Ergonomische Gestaltung mobiler Maschinen*. Landsberg. 1993.
- Sanders, M.S & McCormick, E.J. *Human Factors in Engineering and Design*. 6th Edition. New York: McGraw-Hill Book Company, 1987.
- Scherrer, J. *Précis de Physiologie du Travail*. Masson. Paris. 1981.
- Siemens. *Ergonomía y ergotecnia*. Siemens. Erlangen. 1985.
- Sperandio, C. *L'Ergonomie du travail mental*. Paris: Masso, 1981.
- TCO. *Screen Facts*. Swedish. 1991.
- Tichauer, E.R. *The Biomechanical Basis of Ergonomics*. New York: Wiley-Interscience, 1978.
- UAW-Ford. *Implementation Guide. Fitting jobs to people*. UAW-Ford National Joint Committee on Health and Safety.
- Universidad de Surrey. *Niveles límite de fuerza para trabajos manuales*. APA. SAn Sebastian. 1981.
- Warr, P. *Ergonomía aplicada*. Trillas. México, D.F. 1993.
- Weiner. J. *Handbook of ergonomic and Human Factors tables*. Prentice Hall. New Jersey. 1993.
- Weiner. J. *Research techniques in human engineering*. Prentice Hall. New Jersey. 1994.
- Wilson, J.R & Corlett, E.N. *Evaluation of human work: A practical ergonomics methodology*. London: Taylor & Francis, 1990.
- Woodso, W.E. *Human Factors design handbook*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1981.
- Zinchenko, V. Munipov, V. *Fundamentos de Ergonomía*. Editorial Progreso. Moscú. 1985.