COLECCIÓN ACADÉMICA

PRINCIPIOS TEÓRICO-PRÁCTICOS DE ERGONOMÍA PARA EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE HERRAMIENTAS, PUESTOS DE TRABAJO Y MÁQUINAS





Yolanda Torres Pérez

Docente de planta de Tiempo Completo de la Escuela de Ingeniería Electromecánica-UPTC Facultad Seccional Duitama

Correo: yolanda.torres01@uptc.edu.co

https://orcid.org/0000-0002-3526-8491

YOLANDA TORRES PÉREZ

PRINCIPIOS TEÓRICO-PRÁCTICOS DE ERGONOMÍA PARA EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE HERRAMIENTAS, PUESTOS DE TRABAJO Y MÁQUINAS

Yolanda Torres Pérez

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
2021

Principios Teórico-Prácticos de Ergonomía para el Diseño y Evaluación de Herramientas, Puestos de Trabajo y Máquinas / Theoretical-Practical Principles of Ergonomics for the Design and Evaluation of Tools, Workstations and Machines / Torres-Pérez, Yolanda. Tunja: Editorial UPTC, 2021. 366 p.

ISBN impreso: 978-958-660-596-0
ISBN Digital: 978-958-660-597-7

1. Antropometría. 2. Biomecánica. 3. Diseño Ergonómico. 4. Evaluación Riesgos Ergonómicos. 5. Posturas Ergonómicas. 6. Puesto de Trabajo.

(Dewey 620.82 /21) (Thema TBC - Ingeniería: generalidades)









Primera Edición, 2021
50 ejemplares (impresos)
Principios Teórico-Prácticos de Ergonomía para el Diseño y Evaluación de Herramientas, Puestos de Trabajo y Máquinas
Theoretical-Practical Principles of Ergonomics for the Design and Evaluation of Tools, Workstations and Machines
ISBN impreso: 978-958-660-596-0
ISBN Digital: 978-958-660-597-7

Colección Académica UPTC N.° 51

Proceso de arbitraje doble ciego
Recepción: junio de 2020
Aprobación: octubre de 2021

© Yolanda Torres-Pérez, 2021
© Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021

Editorial UPTC
Edificio Administrativo – Piso 4
Avenida Central del Norte 39-115,
Tunja, Boyacá
comite.editorial@uptc.edu.co
www.uptc.edu.co

Rector UPTC
Óscar Hernán Ramírez

Comité Editorial
Enrique Vera López, Ph. D.
Zaida Zarely Ojeda Pérez, Ph. D.
Yolima Bolívar Suárez, Mg.
Carlos Mauricio Moreno Téllez, Ph. D.
Manuel Humberto Restrepo Domínguez, Ph. D.
Óscar Pulido Cortés, Ph. D.
Edgar Nelson López López, Mg.
Pilar Jovanna Holguín Tovar, Mg.
Nelsy Rocío González Gutiérrez, Ph. D.

Editora en Jefe:
Lida Esperanza Riscanevo Espitia, Ph. D.

Coordinadora Editorial:
Andrea María Numpaque Acosta, Mg.

Corrección de Estilo
Liliana Muñoz Gómez

Editorial JOTAMAR S.A.S.
Calle 57 No. 3 - 39.
Tunja - Boyacá - Colombia.

Libro financiado por la Dirección de Investigaciones de la UPTC. Se permite la reproducción parcial o total, con la autorización expresa de los titulares del derecho de autor. Este libro es registrado en Depósito Legal, según lo establecido en la Ley 44 de 1993, el Decreto 460 de 16 de marzo de 1995, el Decreto 2150 de 1995 y el Decreto 358 de 2000.

Libro resultado de procesos académicos con SGI 2854

Citar este libro / Cite this book
Torres-Pérez, Y. (2021). *Principios Teórico-Prácticos de Ergonomía para el Diseño y Evaluación de Herramientas, Puestos de Trabajo y Máquinas*. Editorial UPTC.
https://doi.org/10.19053/9789586605960

Resumen

En todo proceso de diseño de cualquier máquina, herramienta, puesto de trabajo, etc., se deben aplicar los principios de la ergonomía, para que se logre una adecuada relación usuario-objeto-entorno, que potencialice las capacidades de cada elemento del sistema.

Este libro consta de 13 capítulos, en los cuales se presenta información de los principios teórico-conceptuales de la ergonomía y la biomecánica aplicados al diseño y evaluación ergonómica de herramientas, máquinas y puestos de trabajo. Aquí, el lector podrá encontrar las variables antropométricas (posiciones, alcances, posturas y superficies de trabajo) que afectan el puesto de trabajo de un individuo, se presentarán diferentes normas y métodos para la evaluación de riesgos ergonómicos, así como las bases para el diseño y evaluación (física y psicosocial) de los puestos de trabajo, de máquinas, de herramientas y de algunos productos ergonómicos.

Por otra parte, se presentan conceptos biomecánicos y ergonómicos, relacionados con la adopción de posturas y movimientos corporales normales, bajo condiciones de carga externa y en condiciones de discapacidad. Además, se consideran los factores psicológicos, socioculturales y ambientales que afectan a un individuo dentro de su puesto de trabajo.

El fin de este trabajo es comprender la importancia de aplicar conocimientos de ergonomía, antropometría, goniometría y biomecánica, en el diseño eficiente de productos, herramientas, equipos, tareas, espacios de trabajo ergonómicos, basándose siempre en las capacidades funcionales de las personas y en las actividades y tareas propias de su puesto de trabajo, para mejorar la eficiencia, seguridad y bienestar de los consumidores, usuarios o trabajadores.

Se busca que los futuros ingenieros mecánicos, electromecánicos, industriales, diseñadores industriales, arquitectos y otros profesionales, apliquen estos principios y conocimientos en el diseño ergonómico de productos y sistemas productivos teniendo como eje principal de su actividad a la persona y no a los sistemas o las máquinas.

Palabras clave: Antropometría; Biomecánica; Diseño Ergonómico; Evaluación Riesgos Ergonómicos; Posturas Ergonómicas; Puesto de Trabajo.

Abstract

In every design process of any machine, tool, workplace, etc., the principles of ergonomics must be applied, so that an adequate user-object-environment relationship is achieved, which enhances the capabilities of each element of the system.

This book consists of 13 chapters, in which information on the theoretical-conceptual principles of ergonomics and biomechanics applied to the design and ergonomic evaluation of tools, machines and workstations are presented. Here, the reader will be able to find the anthropometric variables (positions, ranges, postures and work surfaces) that affect the job title of an individual, different norms and methods for the evaluation of ergonomic risks will be presented, the bases for the design and evaluation (physical and psychosocial) of workstations, machines, tools and some ergonomic products.

On the other hand, biomechanical and ergonomic concepts are presented, related to the adoption of postures and normal body movements, under conditions of external load and in conditions of disability. In addition, the psychological, sociocultural and environmental factors that affect an individual within their workplace are considered.

The goal of this work is to understand the importance of applying knowledge of ergonomics, anthropometry, goniometry and biomechanics, in the efficient design of products, tools, equipment, tasks, ergonomic workspaces, always based on the functional capacities of people and in the activities and tasks of their job, in order to improve the efficiency, safety and consumer's welfare, users or workers.

It is looking for that future mechanical, electromechanical, industrial engineers, etc., industrial designers, architects and other professionals, apply these principles and knowledge in the ergonomic design of products and production systems, having as the main axis of their activity the person and not the systems or machines.

Keywords: Anthropometry; Biomechanics; Ergonomic Design; Ergonomic Risk Assessment; Ergonomic Postures; Workstation.

Dedicatoria

Dedico este libro a Dios, quien hace todo posible, y a mi familia.

Especialmente a mi esposo, Edwin Yesid Gómez Pachón; a mis hijos, Steve Daniel Gómez Torres y Jonathan Samuel Gómez Torres; a mis padres, José Torres Alfonso y Lilia Pérez Naranjo y hermanos Alexander Torres Pérez y Edna Rocío Torres Pérez. A mi angelito en el cielo y todos los que han estado a mi lado apoyándome y colaborándome todo este tiempo.

Agradecimientos

Expreso mis sinceros agradecimientos a todas las personas que de una u otra forma me apoyaron y me brindaron su valiosa colaboración en la concepción, ajuste de imágenes, consulta, lectura, realimentación y revisión de este libro. En especial agradezco al PhD. Armando Ortiz Prado, al PhD. Víctor H. Jacobo Armendáriz, a la M. en I. María de Lourdes Arellano Bolio, a M. A. Mónica de los Cobos Islas, al Ing. Juan Javier Sánchez Guzmán, a Luis Enrique Jacobo Badillo y Pamela Yolotzin Escobar Araiza, pertenecientes al Posgrado de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (México).

Tabla de Contenido

Prólogo 19

Capítulo 1. VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS EN UNA POBLACIÓN DE ESTUDIO 21

1.1 ANTROPOMETRÍA ESTÁTICA O ESTRUCTURAL 23
1.2 ANTROPOMETRÍA DINÁMICA O FUNCIONAL 27
1.3 ANTROPOMETRÍA NEWTONIANA 34

Capítulo 2. ANTROPOMETRÍA Y EL PRODUCTO 37

2.1 PRINCIPIO DEL DISEÑO PARA EL PROMEDIO 39
2.2 PRINCIPIO DE DISEÑO PARA INDIVIDUOS EXTREMOS 39
2.3 PRINCIPIO DE DISEÑO PARA UN INTERVALO AJUSTABLE 41

Capítulo 3. ANTROPOMETRÍA Y EL TRABAJO 49

Capítulo 4. EVALUACIÓN DE RIESGOS EN POSTURAS FORZADAS Y POR MANIPULACIÓN DE CARGAS 61

4.1 EVALUACIÓN DE RIESGOS 66
4.2 MÉTODO RULA 71
4.3 MÉTODO NIOSH 84

Capítulo 5. EVALUACIÓN DE RIESGOS - MEDIO AMBIENTALES 101

5.1 LUZ Y CONFORT VISUAL 102
5.2 RUIDO Y CONFORT SONORO 116
5.3 CONFORT TÉRMICO 128

Capítulo 6. DISEÑO Y EVALUACIÓN PSICOSOCIAL DE PUESTOS DE TRABAJO 139
6.1 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO 142
6.2 MÉTODO LEST 146
6.3 CARGA MENTAL 161
6.4 FATIGA MENTAL 168
6.4.1 Clasificación de la Fatiga Mental 169
6.4.2 Indicadores de Fatiga Mental 170
6.5 ESTRÉS LABORAL 172
6.5.1 Tipos de Estrés 174
6.5.2 Las Fases del Distrés 175
6.5.3 Prevención del Estrés Laboral 177
6.6 ASPECTOS PSICOSOCIALES 178

Capítulo 7. DISEÑO DE PUESTOS DE TRABAJO EN OFICINAS CON EQUIPOS DE COMPUTO 187
7.1 TRABAJO CON PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN DE DATOS (PVD) 188
7.1.1 Características de los símbolos alfanuméricos representados ... 191
7.2 RIESGOS ASOCIADOS AL TRABAJO CON COMPUTADORAS 194
7.3 MOBILIARIO PARA EL PUESTO CON PVD 196
7.4 REQUISITOS DEL PUESTO DE TRABAJO CON PVD 199
7.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA PANTALLA 203
7.6 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO PARA LOS DISPOSITIVOS DE ENTRADA DE DATOS 212
7.6.1 El Teclado 212
7.6.2 Mouse o Ratón 218
7.7 RIESGOS PARA LA SALUD ASOCIADOS AL TRABAJO CON PVD 219
7.7.1 Patología visual: la fatiga visual 220
7.7.2 Alteraciones o Trastornos Músculo-Esqueléticos 221
7.7.3 Alteraciones mentales o psicosociales 224

Capítulo 8. EVALUACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO MEDIANTE SOFTWARE ERGOFI/IBV 227

8.1 ENTORNO 227

8.2 EQUIPO DE CÓMPUTO 233

8.3 MOBILIARIO 236

Capítulo 9. ERGONOMÍA EN EL DISEÑO Y MANEJO DE HERRAMIENTAS 247

9.1 HERRAMIENTAS DE MANO 248

9.2 TIPOS DE HERRAMIENTAS 249

9.3 PRINCIPIOS GENERALES PARA DISEÑAR O SELECCIONAR UNA HERRAMIENTA MANUAL 250

9.4 CÓMO SELECCIONAR UNA HERRAMIENTA 253

9.5 PRINCIPIOS SOBRE ASIR 257

9.6 PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE ELEMENTOS DE SUJECIÓN MECÁNICA 267

9.7 PATOLOGÍAS Y MICROTRAUMATISMOS REPETITIVOS 271

Capítulo 10. APLICACIÓN DE LA ERGONOMÍA EN EL REDISEÑO DE MÁQUINAS 279

10.1 VALORACIÓN FUNCIONAL DE FUERZAS MUSCULARES USADAS PARA LA MANIPULACIÓN DE MÁQUINAS 291

10.1.1 El Método AFNOR 291

10.1.2 El Método REFA 296

Hipótesis y campo de aplicación del Método REFA 297

Variables que considera el método REFA 298

Capítulo 11. BIOMECÁNICA Y ERGONOMÍA APLICADA 303

11.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE BIOMECÁNICA 304

11.2 TIPOS DE MOVIMIENTOS DE LOS MIEMBROS DEL CUERPO 318

Capítulo 12. ERGONOMÍA, DISCAPACIDAD Y DISEÑO DE PUESTOS DE TRABAJO.....327

12.1 DISEÑO DE PUESTOS DE TRABAJO PARA PERSONAS EN CONDICIÓN DE DISCAPACIDAD 334

Capítulo 13. ANÁLISIS DE LA MARCHA HUMANA 337

13.1 DEFINICIÓN DE CICLO DE MARCHA.....340

13.1.1 Periodo de Apoyo.....341

13.1.2 Período de Oscilación o Balanceo.....342

13.2 TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE LA MARCHA HUMANA 348

Referencias.....350

Índice de Figuras

Fig. 1.1 Planos fundamentales de referencia para el cuerpo humano (Suárez, 2017) 22

Fig. 1.2 Medidas antropométricas en posición bípeda y sedente (Llanera, 2008)..... 25

Fig. 1.3 Medidas más comunes de la antropometría estática en diferentes planos (Llanera, 2008)..... 27

Fig. 1.4 Extensión, flexión e hiperextensión en cuello y tronco (*plano sagital*) (Kamina, 2002) 28

Fig. 1.5 Extensión, flexión e hiperextensión en brazo, antebrazo, mano y dedos, vistos en el plano sagital (Kamina, 2002)..... 29

Fig. 1.6 Extensión, flexión e hiperextensión en muslo y pierna (*plano sagital*) (Kamina, 2002) 29

Fig. 1.7 Abducción, aducción en brazo, mano y dedos (Kamina, 2002)..... 30

Fig. 1.8 Circunducción en hombro (Kamina, 2002)..... 30

Fig. 1.9 Abducción y aducción en muslo, pie y tobillo (Kamina, 2002)..... 31

Fig. 1.10 Extensión de rodilla y abducción de cadera (Kamina, 2002) (Arthritis Foundation, 2018) 31

Fig. 1.11 Rotación en cabeza y tronco en el plano transversal (Kamina, 2002)..... 32

Fig. 1.12 Rotación del brazo visto desde arriba en el plano transversal (Kamina, 2002) 32

Fig. 1.13 Rotaciones de las extremidades inferiores y lugares donde se puede presentar (Kamina, 2002)..... 33

Fig. 1.14 Giros del antebrazo y la muñeca: **A.** Supinación; **B.** Pronación (Kamina, 2002) 33

Fig. 1.15 Giros del pie: **A.** Inversión; **B.** Eversión (Kamina, 2002)..... 34

Fig. 2.1 Proceso de mediciones según el grupo poblacional final. (Llaneza Ávarez, 2008)..... 38

Fig. 2.2 Relaciones entre las dimensiones, espacios del puesto de trabajo y las dimensiones humanas (Pedro Mondelo, 2013)..... 40

Fig. 2.3 Curva normal y de percentiles de las estaturas de mujeres y hombres de una población hipotética (López Sánchez M. d., 2020). 42

Fig. 3.1 Factor humano en el proyecto (Mondelo , Gregori, & Barrau, 2013)..... 53

Fig. 3.2 Esquema simplificado de las relaciones informativas y de control (Pedro R. Mondelo - Enrique Gregori. Joan Blasco, 2001)..... 54

Fig. 3.3 Somatotipos (Somatotipos, s.f.) 55

Fig. 3.4 Alcances verticales y laterales de los brazos (Tortosa, García Molina, Page, & Ferreras, 2009) 57

Fig. 3.5 Alcances de los brazos y ubicación de las piernas (Pedro R. Mondelo - Enrique Gregori. Joan Blasco, 2001) 59

Fig. 3.6 Medidas de holguras de un escritorio (Pedro R. Mondelo - Enrique Gregori. Joan Blasco, 2001) 59

Fig. 4.1 Ubicación de pies para levantamiento de cargas (Universidad de Málaga, 2007) 64

Fig. 4.2 Postura recomendada para levantamiento de cargas (Universidad de Málaga, 2007) 64

Fig. 4.3 Posiciones del brazo para puntuación en plano sagital (RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018) 74

Fig. 4.4 Posiciones que modifican la puntuación del brazo (RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018) 75

Fig. 4.5 Posiciones del antebrazo (RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018) 75

Fig. 4.6 Posiciones que modifican la puntuación del antebrazo (RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018) 76

Fig. 4.7 Posiciones de la muñeca (RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018) 76

Fig. 4.8 Desviación de la muñeca (RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018) 77

Fig. 4.9 Giro de la muñeca (RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018) 77

Fig. 4.10 Posiciones del cuello (RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018) 79

Fig. 4.11 Posiciones que modifican la puntuación del cuello (RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018) 79

Fig. 4.12 Posiciones del tronco (RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018) 80

Fig. 4.13 Posiciones que modifican la puntuación del tronco (RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018) 81

Fig. 4.14 Posición de las piernas (RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018) 81

Fig. 4.15 Flujo de obtención de puntuaciones en el método RULA (Autor) 83

Fig. 4.16 Elementos de la columna vertebral (Kamina, 2002) 86

Fig. 4.17 Posición estándar de levantamiento de objetos (Autor) 88

Fig. 4.18 Medición del ángulo de asimetría (Hidalgo, 2012) (García Molina, Page del Pozo, & Tortosa Latonda, 2000) 89

Fig. 4.19 Árbol de decisión para la determinación de agarres (Adaptado de Center, 2018)..... 95

Fig. 4.20 Ejemplos de tipos de agarre (National Institute for Occupational Safety and Heath, 2018) (Hidalgo, 2012) 96

Fig. 5.1 Espectro electromagnético (Espectro Electromagnético, 2020)..... 104

Fig. 5.2 Vistas del campo visual del ser humano (Pedro Mondelo, 2013) 105

Fig. 5.3 Características cualitativas de la iluminación (Autor) 109

Fig. 5.4. Tipos de ruido (Autores)..... 118

Fig. 5.5 Intervalo de frecuencias audibles por el ser humano (Autor) 119

Fig. 5.6 Organización de las medidas necesarias de control acústico (Pedro Mondelo, 2013)..... 128

Fig. 5.7 Sobrecarga térmica y tensión térmica (Autor)..... 129

Fig. 5.8 Intervalo de temperaturas del cuerpo humano (Pedro Mondelo, 2013)..... 131

Fig. 5.9 Temperaturas aproximadas del cuerpo humano: a) bajo condiciones de frío (20-24 °C); b) bajo condiciones de calor ≥35 °C (Pedro Mondelo E. G., 2013)..... 131

Fig. 5.10 Intercambios de calor de una persona a) persona vs oficina (Pedro Mondelo E. G., 2013), b) persona vs ambiente (Cengel & Ghajar, 2012)..... 132

Fig. 5.11 Higrómetro (Higrómetro PCE-444, 2020)..... 135

Fig. 5.12 Curvas de confort térmico (Moya, 2010)..... 137

Fig. 6.1 Consecuencias de un mal diseño del puesto de trabajo (Mondelo, Gregori, Blasco, & Barrau, 2013) 140

Fig. 6.2 Esquema de causas de fatiga crónica (Dasi, 2007) 143

Fig. 6.3 Gráfica de los efectos de las pausas de descanso (Mondelo, Gregori, Blasco, & Barrau, 2013) 146

Fig. 6.4 Esquema simplificado del proceso de diseño o rediseño de un puesto de mantenimiento y su evaluación (Mondelo, Gregori, Blasco, & Barrau, 2013) 148

Fig. 6.5 Representación gráfica de un histograma de un puesto de trabajo (Adaptado de (NTP 175, 1987)..... 159

Fig. 6.6 Esquema de actividades del método LEST (Autor) 160

Fig. 6.7 Factores determinantes en la carga de trabajo de una persona. 162

Fig. 6.8 Factores que inciden en el incremento de la carga de trabajo (Mondelo P., Ergonomía 1 Fundamentos, 1999) (Castillo Martínez , 2010) 164

Fig. 6.9 Proceso esquematizado de una operación mental (Mondelo, Gregori, & Barrau, Ergonomía 1 Fundamentos, 1999) 164

Fig. 6.10 Factores que intervienen en la carga mental (Mondelo, Gregori, & Barrau, Ergonomía 1 Fundamentos, 1999) 171

Fig. 7.1 Localizaciones de los problemas posturales más frecuentes (Móndelo, 2013) 196

Fig. 7.2 Asiento ajustable (Móndelo, 2013) 197

Fig. 7.3 Diseño de puesto de trabajo (Móndelo, 2013) 197

Fig. 7.4 Postura para un trabajador con PVD (Móndelo, 2013) 198

Fig. 7.5 Tubo de rayos catódicos (Móndelo, 2013) 200

Fig. 7.6 Funcionamiento de los monitores LCD (Móndelo, 2013) 201

Fig. 7.7 Reglajes que deben tener las pantallas (Móndelo, 2013) 205

Fig. 7.8 Polaridad de la pantalla (Móndelo, 2013) 208

Fig. 7.9 Ubicación correcta de monitor, teclado y mouse en puesto de trabajo de oficina (Autor) 209

Fig. 7.10 Área de trabajo sobre una mesa (Universidad de Málaga, 2007) 209

Fig. 7.11 Alturas recomendadas de los caracteres para cada distancia de visión (Móndelo, 2013) 210

Fig. 7.12 *Ángulos de visión: a) plano sagital, b) plano transverso* (Móndelo, 2013) 211

Fig. 7.13 Angulación del teclado (Móndelo, 2013) (López Sánchez, 2020) 214

Fig. 7.14 Distribución de un teclado (Móndelo, 2013) 215

Fig. 7.15 Teclado con disposición anatómica (Móndelo, 2013) 217

Fig. 7.16 Modelos de ratones o mouse (Profesional Review, 2020) 218

Fig. 7.17 Localizaciones más frecuentes de los problemas posturales (Móndelo, 2013) 222

Fig. 7.18 ejercicios de estiramiento corporal en el puesto de trabajo en oficina (Servicio de Prevención de Riesdos Laborales (Suprema), 2017) 224

Fig. 8.1 Parámetros de evaluación en un puesto de trabajo (Autor) 227

Fig. 8.2 Tipos de deslumbramiento (IBV, 2020) 229

Fig. 8.3 Espacio de trabajo (IBV, 2020) 232

Fig. 8.4 Ubicación de la computadora (IBV, 2020) 235

Fig. 8.5 Giro de la silla (IBV, 2020) 237

Fig. 8.6 Dimensiones del asiento (IBV, 2020) 238

Fig. 8.7 Medidas del respaldo de la silla (IBV, 2020) 239

Fig. 8.8 Medidas del reposabrazos (IBV, 2020) 239
Fig. 8.9 Dimensiones de la mesa de trabajo (IBV, 2020) 241
Fig. 8.10 Dimensiones del ala auxiliar (IBV, 2020) 241
Fig. 8.11 Complementos del puesto de trabajo (IBV, 2020)..... 242
Fig. 8.12 Dimensiones de estantería vertical (IBV, 2020)..... 244
Fig. 8.13 Dimensiones de estantes sobre mesa (IBV, 2020)..... 244
Fig. 8.14 Dimensiones para armarios (IBV, 2020) 245
Fig. 8.15 Dimensiones de archivadores (IBV, 2020)..... 245
Fig. 9.1 Diseño correcto e incorrecto de herramientas manuales (Seguridad en el Uso de Herramientas de Mano, 2019) 248
Fig. 9.2 Clasificación de herramientas manuales (Autor)..... 249
Fig. 9.3 Tipos de herramientas: **a.** Para cortar, apretar, agarrar, **b.** Para golpear, **c.** Para impulsar y **d.** Para martillear o golpetear (Presentación sobre herramientas para alumnos, 2019)..... 250
Fig. 9.4 Criterios a tener en cuenta para la selección de una tarea. 251
Fig. 9.5 Criterios para el análisis postural en el uso de herramientas manuales..... 252
Fig. 9.6 Criterios para el análisis biomecánico en el uso de herramientas manuales ... 252
Fig. 9.7 Herramientas con apertura por resorte (Una Guía para la selección de herramientas de mano, 2019)..... 254
Fig. 9.8 Herramientas con borde afilado e impresiones de dedos (Una Guía para la selección de herramientas de mano, 2019) 255
Fig. 9.9 Ejemplos del uso de herramientas con ángulo recto y curvo (Una Guía para la selección de herramientas de mano, 2019) 255
Fig. 9.10 Ejemplos del uso de herramientas con ángulo recto y curvo (Una Guía para la selección de herramientas de mano, 2019) 256
Fig. 9.11 Relación entre la palma de la mano y la longitud del mango (Una Guía para la selección de herramientas de mano, 2019) 257
Fig. 9.12 Fuerza en paralelo (Ergo Prevención , 2019)..... 258
Fig. 9.13 Fuerza en ángulo (Ergo Prevención , 2019)..... 259
Fig. 9.14 Fuerza de torsión (Ergo Prevención , 2019)..... 259
Fig. 9.15 Precisión interna (Ergo Prevención , 2019)..... 260
Fig. 9.16 Precisión externa [Autor] 261
Fig. 9.17 Herramientas para tareas de fuerza (Ergo Prevención , 2019) 262

Fig. 9.18 Herramientas para tareas de precisión (Ergo Prevención , 2019) 262

Fig. 9.19 Músculos del antebrazo (Músculos, 2019)..... 265

Fig. 9.20 Músculos de la muñeca y mano (Músculos, 2019) 265

Fig. 9.21 Valores de fuerzas (Ergo Prevención , 2019) 266

Fig. 9.22 Diferentes modelos de birlos y tuercas (Grupo Redosa, 2020) (SODIPER, s.f.) 269

Fig. 9.23 Tuercas y birlos de seguridad (*arriba* tuercas de seguridad y *abajo* birlos de seguridad) (Aeromexico, 2020) 269

Fig. 9.24 Ejemplos de rines con diferente número de birlos (Rines, 2020) (OMEGALFA, 2020)..... 270

Fig. 9.25 Forma correcta e incorrecta de las posturas para utilizar una cruceta (Cómo cambiar una llanta, 2020)..... 271

Fig. 9.26 Deportes asimétricos (tenis, pádel, squash) (Squash, 2019) (Pádel, 2019) (Tenis, 2019) 271

Fig. 9.27 Tendinitis del tendón de Aquiles (Tendinitis, 2019)..... 274

Fig. 9.28 Teno sinovitis De Quervain (Tenosinovitis De Quervain, 2019) 274

Fig. 9.29 Síndrome de túnel del carpo (Síndrome del Túnel Carpiano, 2019)..... 275

Fig. 9.30 Anatomía del codo (Codo, 2019) 275

Fig. 9.31 Dedo disparador (Dedo Disparador, 2019) 276

Fig. 10.1 a) Sentado b) De pie c) De pie/sentado (Ergonómicos, 2020) 281

Fig. 10.2 Alcances y áreas de actividad (Ergonómicos, 2020)..... 283

Fig. 10.3 Alcances frontales y laterales (Ergonómicos, 2020) 284

Fig. 10.4 Alturas anatómicas (Ergonómicos, 2020) 285

Fig. 10.5 Medidas anatómicas de manos y pies (Ergonómicos, 2020)..... 286

Fig. 10.6 Diferenciación de los mandos según configuración geométrica (Principios y Procedimientos, 2020)..... 290

Fig. 10.7 Las variables del método AFNOR (Autor)..... 294

Fig. 10.8 Ábaco de AFNOR que relaciona fuerza, frecuencia horaria, posición de trabajo y número de manos empleadas en la actividad laboral (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013) (Forteza de la Rosa & Ramírez Farto, 2017)..... 295

Fig. 10.9 Hoja de datos SIEMENS para la determinación de fuerzas de referencia para el levantamiento de cargas a mano en posición vertical sin impulso (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013). 301

Fig. 11.1 Diagrama de cuerpo libre del brazo Modificada (Mondelo , Gregori, & Barrau, 2013) 305

Fig. 11.2 Fuerzas de flexión en el codo (Mondelo , Gregori, & Barrau, 2013)..... 306

Fig. 11.3 Planos de referencia (Humanes Copado & Cogolludo Sánchez, 2019) 308

Fig. 11.4 Palancas de primer género (Palancas, 2020) (Gómez & Beltrán , 2011) 310

Fig. 11.5 Extensión del cuello (Barone) (Hall & Guyton, 2016)..... 310

Fig. 11.6 Palancas de segundo género (Palancas, 2020) (Gómez & Beltrán , 2011).... 311

Fig. 11.7 Extensión plantar del pie (Hall & Guyton, 2016)..... 312

Fig. 11.8 Palancas de tercer género (Palancas, 2020) (Gómez & Beltrán , 2011)..... 312

Fig. 11.9 Flexión del codo (Hall & Guyton, 2016)..... 313

Fig. 11.10 Torque o par de fuerzas (Autor)..... 315

Fig. 11.11 Torquímetros (a. manual y b digital) (Torquímetro, 2020) (Torquímetro Digital, 2020) 316

Fig. 11.12 Muestra de diferentes posturas de la mano y la muñeca (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013)..... 319

Fig. 11.13: a, b, c, d Ángulos límites relevantes. c, d, e, f Ángulos límites en posición de pie (Mondelo , Gregori, & Barrau, 2013)..... 320

Fig. 11.14 Ángulos de comodidad (González Galarzo, 2013)..... 320

Fig. 11.15 Principales ángulos de confort (Llaneza Alvarez, 2009)..... 321

Fig. 11.16 Ejemplo de un levantamiento inclinado (Nordin, 2004) 322

Fig. 12.1 Simbología para tipos de discapacidad (Tipos de discapacidad, 2020) 328

Fig. 12.2 Ejemplos de órtesis pasivas (Ortopedía Mainar, 2019)..... 330

Fig. 12.3 Ejemplos de órtesis dinámica (Institut Sant Joan, 2020)..... 331

Fig. 12.4 Ejemplos de órtesis funcionales (Centro Ortoédico Pérez Galdós, 2019) 331

Fig. 12.5 Ejemplos de prótesis como miembro artificial (Ortho Mex, 2019)..... 333

Fig. 12.6 Prótesis auditiva (Prótesis Auditiva, 2019) 333

Fig. 12.7 Prótesis ocular (Prótesis Ocular, 2019) 333

Fig. 12.8 Prótesis dental (Prótesis Dental, 2019)..... 334

Fig. 13.1 Fases principales del ciclo de marcha humana (Ducroquet, Ducroquet, & D, 2019) 338

Fig. 13.2 Fases del ciclo de marcha humano (Casado Aycart, 2020) 340

Fig. 13.3 Fases de apoyo y oscilación durante la marcha (Yañez Arias, 2018)..... 341

Fig. 13.4 Fases de apoyo plantar (Viladot Voegeli, 2001)..... 342

Fig. 13.5 Fases de apoyo y oscilación y sus características..... 344

Fig. 13.6 Longitud de paso (Yañez Arias, 2018) 346

Fig. 13.7 Parámetros del ciclo de marcha (1. Longitud de zancada 2. Longitud de paso derecho 3. Longitud de paso izquierdo 4. Anchura del paso y 5. Ángulo del paso) (Viladot Voegeli, 2001) 347

Prólogo

La ergonomía es una herramienta que permite realizar diversos procesos de diseño, la cual ayuda a evaluar de mejor manera la relación existente entre usuario y objeto; así como conocer cómo afecta el diseño de máquinas y dispositivos, las capacidades y limitaciones de los usuarios de estos. Un elemento importante en esta disciplina, es el factor anatómico y fisiológico, en el que se estudia el funcionamiento del cuerpo humano partiendo de estos dos puntos de vista, con la finalidad de estudiar sus capacidades y limitaciones, a su vez, comprende lo referente al movimiento corporal, posturas y movimientos (biomecánica). El factor antropométrico es otro elemento importante, pues, este estudia las dimensiones del cuerpo. Por otra parte, se consideran los factores psicológicos, socioculturales y ambientales asociados al diseño de los productos.

En esta publicación se presentan 13 capítulos, en los cuales se presentan ampliamente principios teóricos y conceptuales relacionados con ergonomía y biomecánica. De la misma manera, se abordan y explican principios relacionados con variables antropométricas, posiciones, alcances y superficies de trabajo, adaptación del puesto de trabajo, evaluación de riesgos posturales, evaluación de riesgos por levantamiento de carga, diseño de puestos de trabajo, diseño de máquinas y de algunos productos ergonómicos.

La finalidad de este trabajo, no se centra en conocer los principios de la ergonomía aplicados al diseño de diversos productos, sino en comprender la importancia de aplicar conocimientos de ergonomía, antropometría, goniometría, estática y biomecánica en el diseño eficiente de productos, tareas, herramientas, espacios, equipos y el entorno en general, basado en las capacidades funcionales y necesidades de las personas, de manera que mejore la eficiencia, seguridad y bienestar de los consumidores, usuarios o trabajadores.

La filosofía que rige este libro, se basa en proporcionar elementos ergonómicos que permitan diseñar los productos y los espacios de trabajo, para que estos se adapten a las personas y no de forma contraria. El argumento se fundamenta en un razonamiento muy simple: las personas son más importantes que los objetos o que los procesos productivos. En definitiva, el problema del diseño de productos, máquinas o la organización de tareas, enfocándose a partir del conocimiento de cuáles son las reacciones, capacidades y habilidades de los usuarios y trabajadores, y concebir los elementos que estos utilizan teniendo en cuenta dichas características.

En síntesis, la obra beneficiará a los futuros ingenieros mecánicos, electromecánicos, industriales, etc., diseñadores industriales, arquitectos, entre otros, ya que les permitirá extender las posibilidades de la ergonomía hacia aspectos orientados al diseño de productos y sistemas productivos teniendo como eje a la persona y no a los sistemas o máquinas.

Capítulo 1

Variables Antropométricas en una población de estudio

Inicialmente, es importante conocer que la palabra ANTROPOMETRÍA proviene del griego ανθρωπος = hombres y μετρον = medida, medir, cuyo significado es: "medidas del hombre". Es una técnica que surge en Egipto, 3000 años antes de Cristo (Llaneza Ávarez, 2008). Por otro lado, según el Diccionario de la Real Academia Española, la antropometría es la ciencia que se ocupa de las mediciones comparativas del cuerpo humano, sus diferentes partes y sus proporciones corporales (Sirvent Belando & Garrido Chamorro, 2009). Esta ciencia estudia las medidas del hombre y se refiere a las dimensiones humanas con el propósito de comprender sus cambios físicos y las diferencias existentes entre culturas, razas, sexos, grupos de edad, cohortes, sub-razas, etc.

La antropometría tiene relación estrecha con disciplinas como el diseño industrial, en el que se utiliza para elegir las medidas recomendadas para los productos, recaba información sobre características étnicas y se aplica a restos humanos; en la medicina, se emplea para tener un control de la salud o bien para identificar problemáticas por patologías; en ingeniería, es clave para satisfacer las necesidades de un cierto sector de la población o bien para adaptar diseños; en arquitectura, se usa para optimizar los espacios y por consecuencia dar comodidad; y en ergonomía, por supuesto, es una herramienta fundamental porque es necesario medir y cuantificar a las personas que interactúan con los objetos y su entorno.

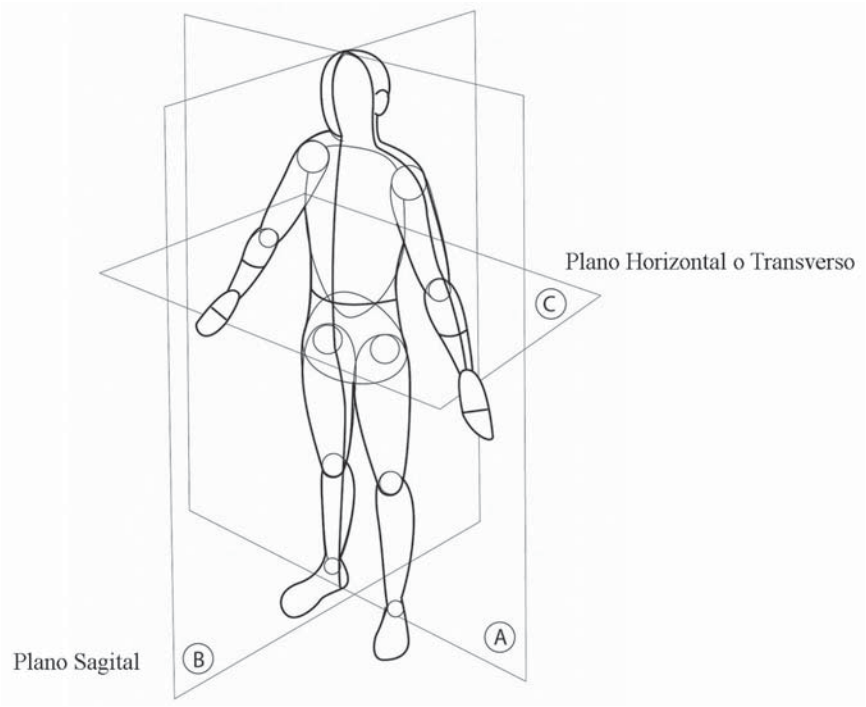
Las ideas acerca de la medición del cuerpo humano han tenido un largo desarrollo en la historia. Han sido los artistas, escultores, pintores, diseñadores, quienes han empleado con mayor frecuencia los conceptos de la antropometría. En las pinturas egipcias, el cuerpo humano en pie se dividía en 14 segmentos correspondientes a determinadas partes de la

figura humana. Los clásicos del renacimiento pensaron en los cánones de las proporciones humanas de modo que su arquitectura y obras plásticas reflejaban armonía en las relaciones del cuerpo humano y su entorno.

La antropometría, permite la medición y evaluación de diferentes aspectos, no solo de posturas estáticas sino del movimiento del ser humano, por ejemplo: Componentes de la estructura corporal como medias, proporciones, forma y composición corporal; aptitudes motoras como, funciones neuromotoras y parámetros cardiorrespiratorios, actividades físicas cotidianas y ejecución deportiva especializada.

Para tener un marco de referencia que permita estudiar el cuerpo humano, se han establecido tres planos corporales: sagital, frontal y transverso (ver Fig. 1.1), comúnmente utilizados en medicina, biomecánica, antropometría, diseño, y otros campos.

Fig. 1.1.
Planos fundamentales de referencia para el cuerpo humano



(Suárez, 2017)

La antropometría se divide en tres ramas claramente diferenciadas:

- **Estática** (clásica, fisiológica o estructural)
- **Dinámica** (o funcional)
- **Newtoniana**
- **Aplicada al deporte**

Para la toma de medidas antropométricas es necesario cumplir con ciertos protocolos y usar instrumentos propios para las mediciones requeridas. Algunos de estos son:

- Cinta métrica: para medición de diferentes secciones corporales.
- Estadiómetro: se utiliza para medir la estatura.
- Antropómetro: es un pie de rey gigante de tamaño proporcional al cuerpo humano, los hay análogos y digitales.
- Balanza: para determinar el peso del individuo.
- Silla antropométrica: para la toma de medidas en posición sedente.

1.1 ANTROPOMETRÍA ESTÁTICA O ESTRUCTURAL

En esta rama se miden dimensiones estáticas que se obtienen con el cuerpo inmóvil o en una posición determinada (bípeda o sedente), y entre puntos anatómicos del esqueleto. Existe una norma que define las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico, que brinda las directrices para la determinación de las medidas antropométricas necesarias para diseño, esta es la Norma UNE-EN ISO 7250-1:2017 (Rarificada) (UNE, 2017). Estas medidas dependen de factores como: la talla, el peso, el sexo, la edad, el medio social, el país de origen, la ropa, por mencionar algunas. Mediante la determinación de estas medidas se pueden diseñar ergonómicamente equipos, puestos de trabajo, herramientas manuales y algo muy importante: permite determinar las distancias y tolerancias necesarias entre un sujeto y los objetos que lo rodean para una manipulación cómoda y ergonómica para el ser humano (López Borja & Luna Totocayo, 2017). Algunas de estas medidas son:

a) **Estatura (de pie – altura del cuerpo):** es la distancia lineal vertical desde la planta de los pies (desde el suelo), hasta el punto más alto de la cabeza (vértice del cráneo). Se sugiere medirlo con un estadiómetro mecánico o digital (fijo) y con el individuo en posición bípeda erguida y sin zapatos.

b) **Estatura (sentado):** es la distancia de asiento a la superficie superior de la cabeza.

c) **Alturas:** son todas las distancias verticales desde la planta de los pies o asiento hasta el punto de interés.

d) **Anchos:** son diámetros horizontales laterales (izquierdo y derecho). Se miden a través de marcas específicas en los huesos, lo que proporciona información de la robustez del esqueleto del individuo. Los más medidos son el ancho biacromial, el ancho bileocrestídeo el ancho de húmero y el ancho de fémur.

e) **Profundidades:** son diámetros horizontales (antero-posterior). También, se puede considerar como una medida que se toma desde el eje central del cuerpo o del eje de alguna de sus partes.

f) **Longitudes:** son distancias a lo largo del eje de un miembro o segmento del cuerpo.

g) **Alcances:** es la distancia a lo largo del brazo o pierna en cualquier dirección.

h) **erímetros:** también conocida como circunferencia, es una medida alrededor de cualquier parte del cuerpo. En algunas ocasiones, se usa en las extremidades como un indicador de la musculatura relativa.

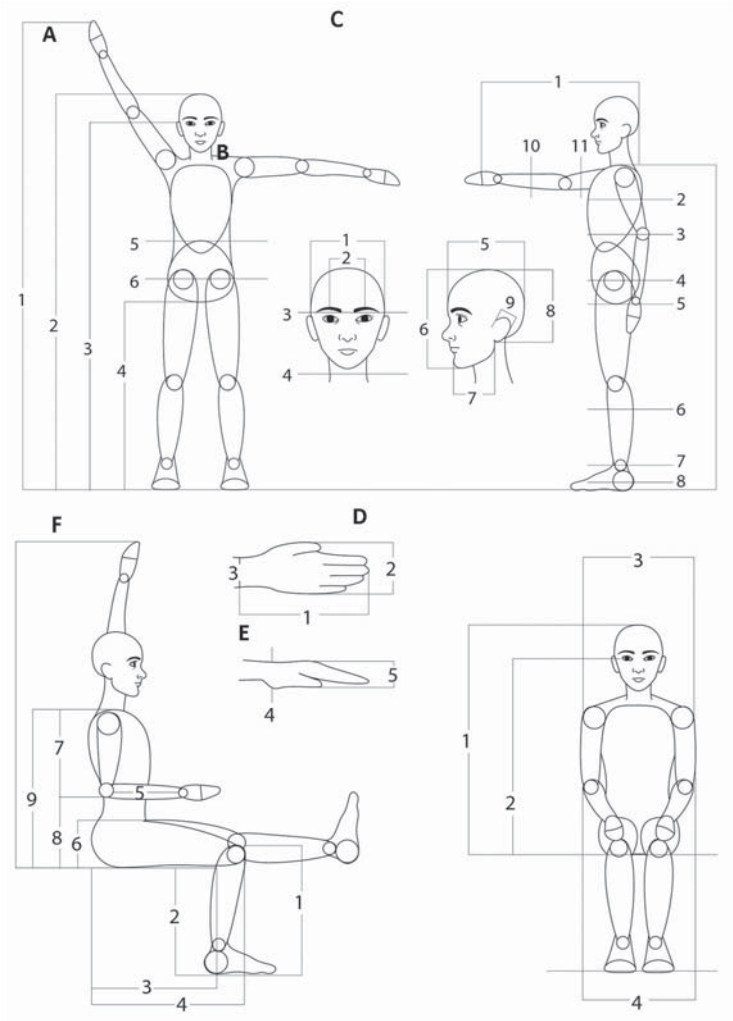
i) **Prominencias:** es la longitud de cualquier punto que sobresalga del cuerpo.

j) **Grosores:** son medidas sobre pliegues cutáneos para medir su espesor.

k) **Peso.** Es una medida de la masa corporal afectada por la gravedad. Es una medida heterogénea y que tiene una variación a lo largo del día.

En la Fig. 1.2 se pueden observar las diferentes medidas antropométricas tomadas de forma estática:

Fig. 1.2
Medidas antropométricas en posición bípeda y sedente

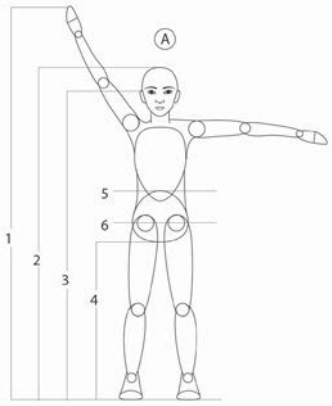


(Llanera, 2008)

A. Cuerpo completo, en plano frontal
B. Cabeza y cuello en plano sagital y frontal
C. Cuerpo completo en plano sagital
D. Cuerpo sentado en plano frontal
E. Mano y muñeca en plano frontal y en perfil
F. Cuerpo sentado en plano sagital

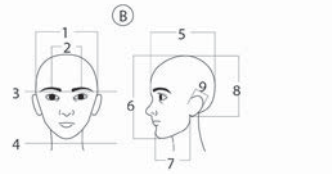
Parte A

A1. Alcance vertical
A2. Estatura
A3. Altura de los ojos
A4. Altura de la pelvis al suelo
A5. Ancho de cintura
A6. Ancho de cadera



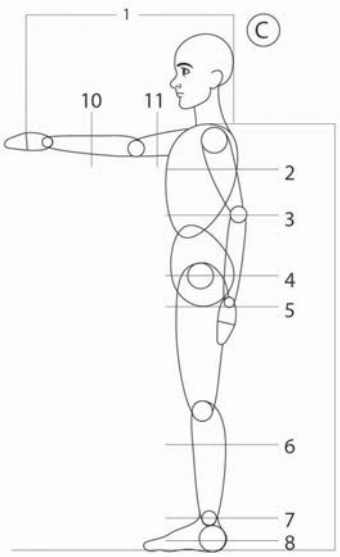
Parte B

B1. Ancho de cabeza
B2. Distancia entre pupilas
B3. Circunferencia de la cabeza
B4. Circunferencia del cuello
B5. Largo de la cabeza
B6. Alto de la cabeza
B7. Largo de la barba a punta inferior de oreja
B8. Largo de la punta inferior de la oreja a la cabeza
B9. Ancho de la oreja
B10. Alto de la oreja



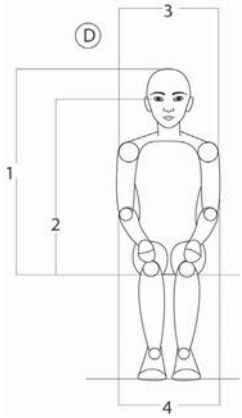
Parte C

C1. Alcance máximo del brazo horizontalmente con o sin agarre
C2. Circunferencia de pecho (busto) (o profundidad)
C3. Circunferencia de la cintura (o profundidad)
C4. Circunferencia de la cadera (o profundidad)
C5. Circunferencia del muslo (o profundidad)
C6. Circunferencia del gemelo (o profundidad)
C7. Circunferencia del tobillo (o profundidad)
C8. Largo del pie
C9. Altura del hombro al suelo
C10. Circunferencia del antebrazo (o ancho)
C11. Circunferencia del brazo (o ancho)



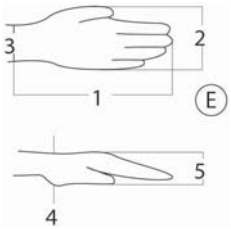
Parte D

D1. Altura de cabeza a asiento
D2. Altura del ojo al asiento
D3. Ancho de hombro a hombro
D4. Ancho de cadera sentado



Parte E

E1. Largo de la mano
E2. Ancho de la mano
E3. Circunferencia de muñeca
E4. Circunferencia de mano
E5. Alto de la mano



Parte F

F1. Altura de la rodilla
F2. Altura de poplíteo[1]
F3. Largo de poplíteo a glúteo
F4. Largo de rodilla a glúteo
F5. Largo de codo a muñeca
F6. Alto de muslo a asiento
F7. Largo de hombro a codo
F8. Alto del codo al asiento
F9. Alto del hombro al asiento

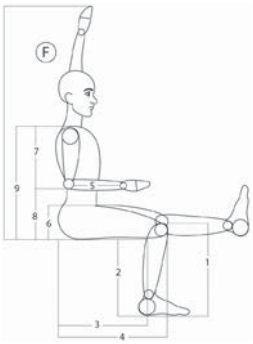


Fig. 1.3
Medidas más comunes de la antropometría estática en diferentes planos (Llanera, 2008)

1.2 ANTROPOMETRÍA DINÁMICA O FUNCIONAL

En esta rama se realizan medidas que sirven para conocer la ubicación, posición y movimiento del hombre, en relación con los objetos y al espacio que lo rodea, por ejemplo, en la mayoría de las interfaces usuario-máquina y persona-vehículo, es fundamental hacer un análisis detallado las posturas y los movimientos. Aquí, se valoran los movimientos del ser

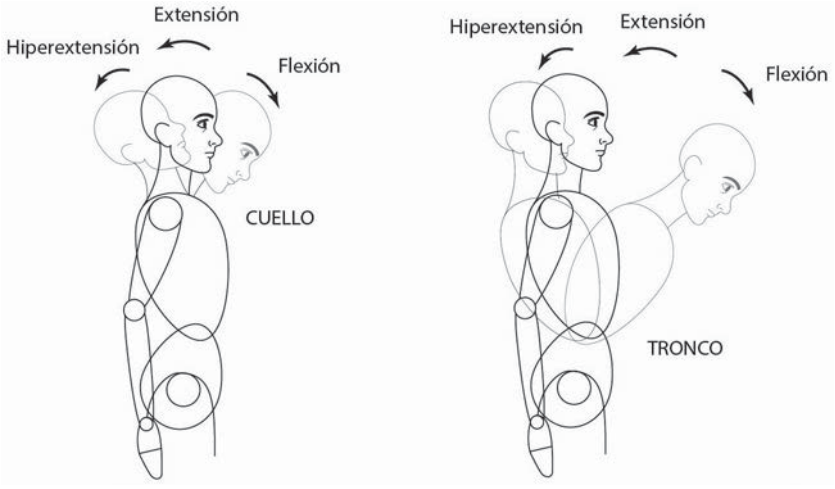
[1] Poplíteo: músculo de la pierna que se encuentra en la parte posterior de la rodilla, debajo de los gemelos.

humano como sistemas complejos independientes de las longitudes de los segmentos corporales. Se concibe el cuerpo como un sistema mecánico de cuerpos articulados, sujetados por resortes que simulan la acción de los músculos reales y se pueden definir zonas y ángulos de confort asociadas a los ángulos entre cada eslabón.

Las figuras de la 1.3 a la 1.14., muestran los principales movimientos de las articulares del cuerpo en diferentes planos:

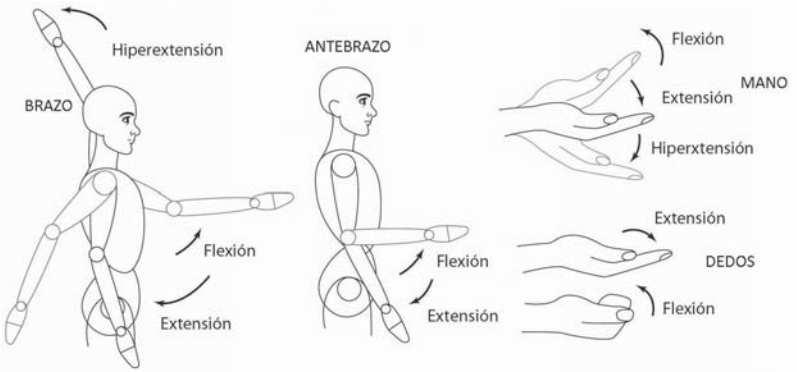
- **Flexión**: es la reducción del ángulo articular formado por dos partes del cuerpo.
- **Extensión**: es el aumento del ángulo articular entre dos partes del cuerpo.
- **Hiperextensión:** es una extensión de un segmento corporal mayor a los límites normales.

Fig. 1.4
Extensión, flexión e hiperextensión en cuello y tronco (plano sagital)



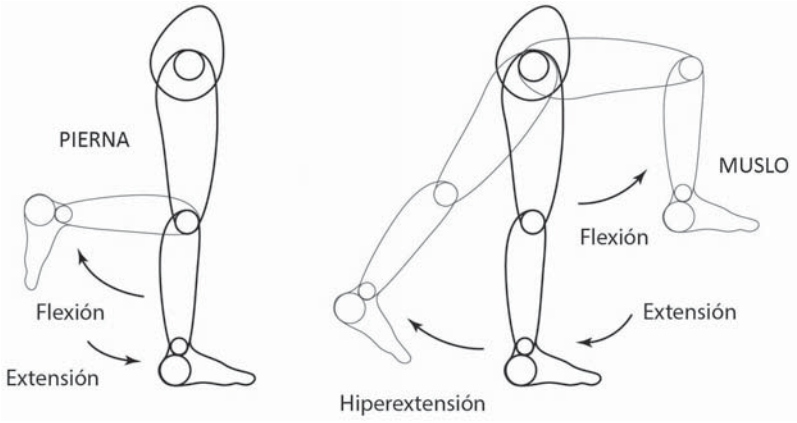
(Kamina, 2002)

Fig. 1.5
Extensión, flexión e hiperextensión en brazo, antebrazo, mano y dedos, vistos en el plano sagital



(Kamina, 2002)

Fig. 1.6
Extensión, flexión e hiperextensión en muslo y pierna (plano sagital)

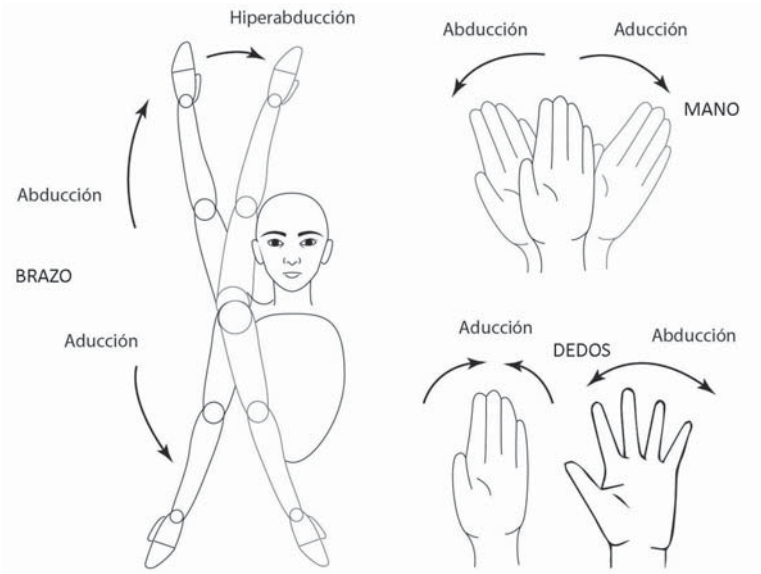


(Kamina, 2002)

En el plano frontal, los movimientos de las distintas partes del cuerpo son:

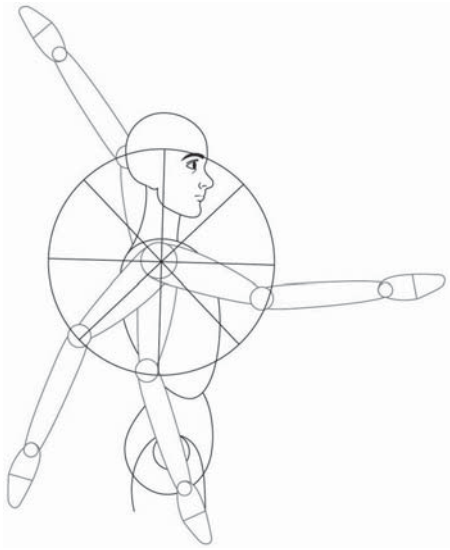
- **Abducción**: alargamiento de alguna parte del cuerpo respecto a un eje.
- **Aducción**: acercamiento de alguna parte del cuerpo respecto a un eje.
- **Circunducción:** es la mezcla de todos los movimientos, que se realizan en el segmento libre de una articulación para provocar un movimiento circular.

Fig. 1.7
Abducción, aducción en brazo, mano y dedos



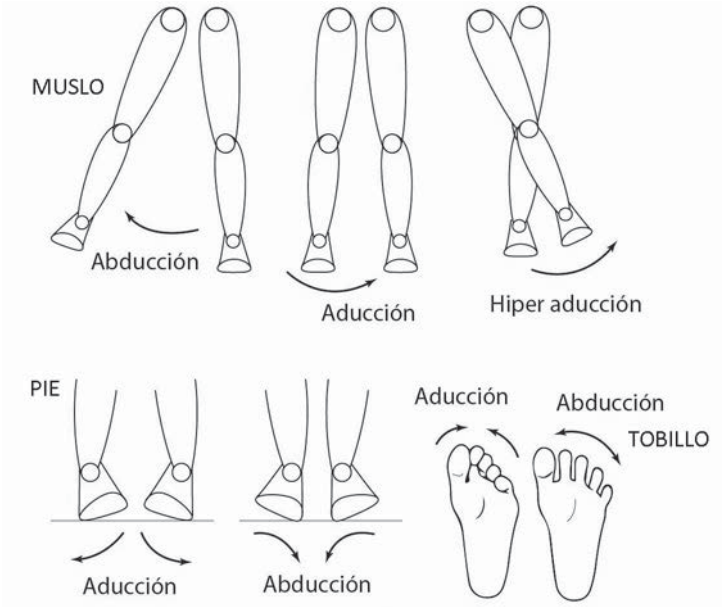
(Kamina, 2002)

Fig. 1.8
Circunducción en hombro



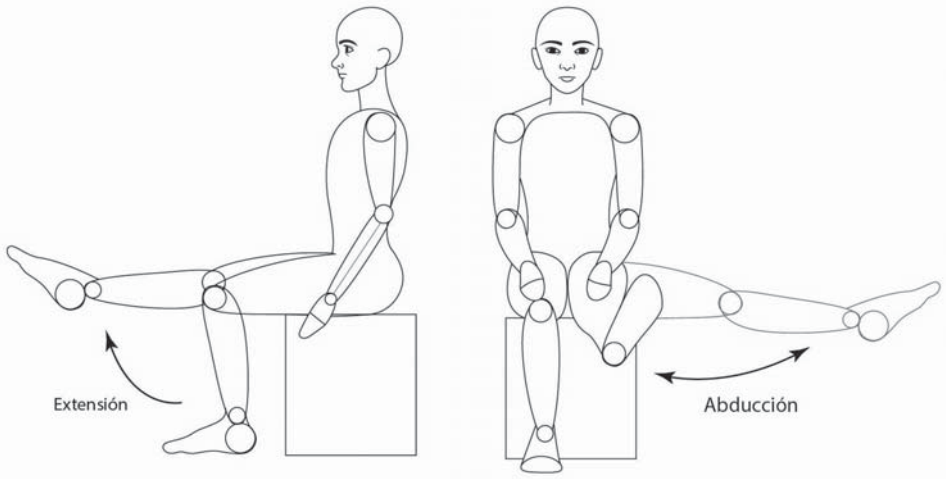
(Kamina, 2002)

Fig. 1.9
Abducción y aducción en muslo, pie y tobillo.



(Kamina, 2002)

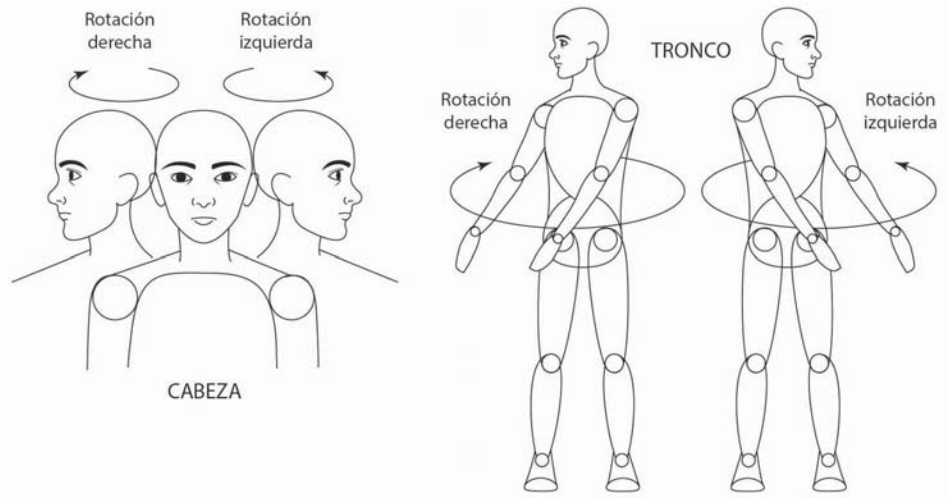
Fig. 1.10
Extensión de rodilla y abducción de cadera



(Kamina, 2002)(Arthritis Foundation, 2018)

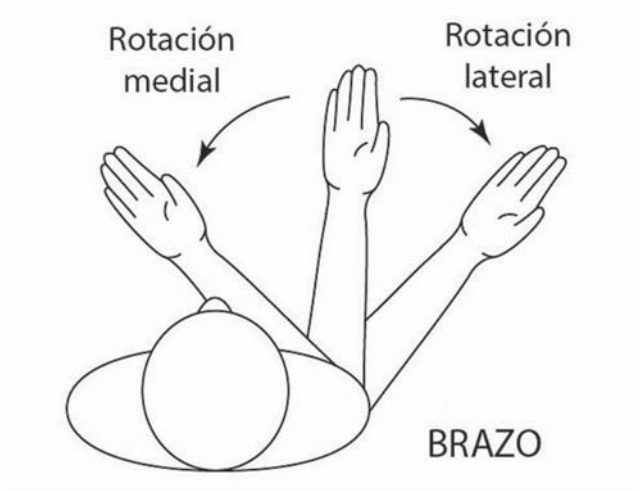
- **Rotación medial**: giro hacia el eje medio del cuerpo.
- **Rotación lateral**: giro en dirección contraria al eje medio del cuerpo.

Fig. 1.11
Rotación en cabeza y tronco en el plano transversal



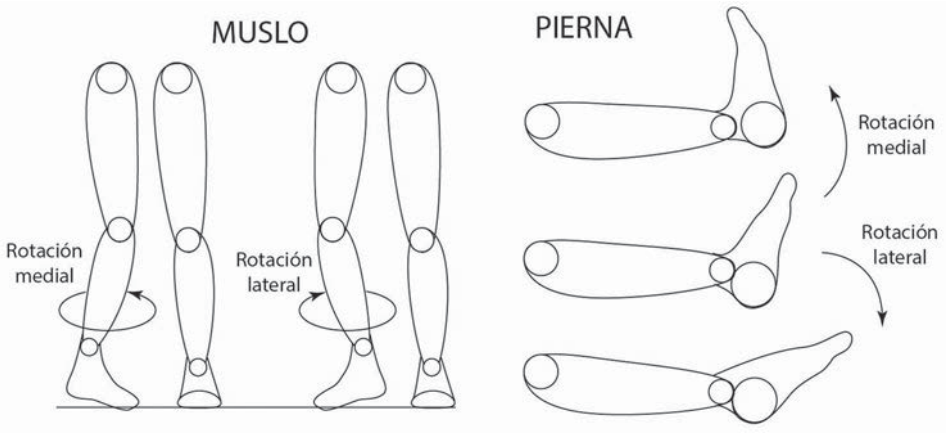
(Kamina, 2002)

Fig. 1.12
Rotación del brazo visto desde arriba en el plano transversal



(Kamina, 2002)

Fig. 1.13
Rotaciones de las extremidades inferiores y lugares donde se puede presentar

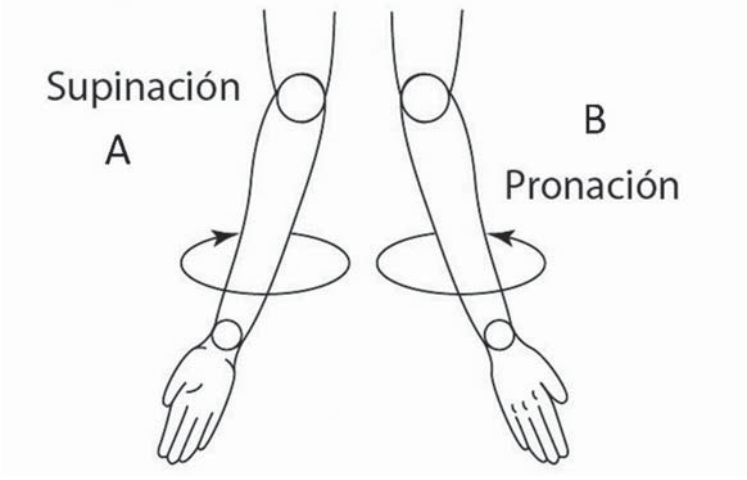


(Kamina, 2002)

Supinación: giro del antebrazo hacia afuera para que la palma de la mano quede hacia arriba.

Pronación: giro del antebrazo para adentro para que la palma de la mano quede hacia abajo.

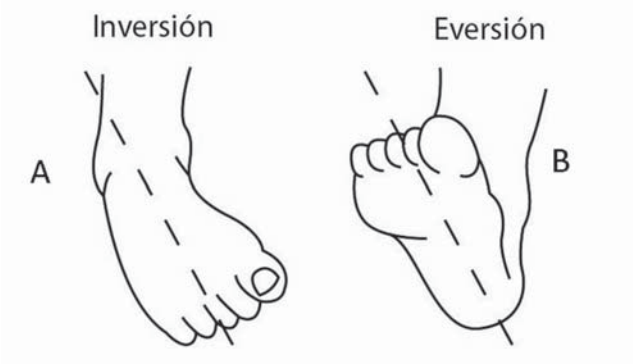
Fig. 1.14
Giros del antebrazo y la muñeca: A. Supinación; B. Pronación



(Kamina, 2002)

- **Inversión:** giro del pie para que la planta del pie quede hacia adentro.
- **Eversión**: giro del pie para que la planta del pie quede hacia afuera.

Fig. 1.15
Giros del pie: A. Inversión; B. Eversión



(Kamina, 2002)

1.3 ANTROPOMETRÍA NEWTONIANA

Esta rama está enfocada a la medición de puntos y valores estrictamente físicos con el fin de poder usados para la realización de modelos matemáticos con movimiento dinámico. Se basa en las leyes de Newton, y generalmente se emplea el Sistema Internacional de Unidades y estas mediciones pueden utilizarse en análisis biomecánicos en donde se requiere las longitudes de los brazos de palanca de segmentos corporales, los centros de masa, etc. Algunas de estas mediciones son:

- Peso
- Volumen
- Centro de masa
- Momento de inercia
- Centro de masa en 3D
- Distancia porcentual entre centros de masa y ejes articulares
- Radios de giro
- Ejes articulares
- Distancia entre ejes de rotación

El proceso para la obtención de estos parámetros se lleva a cabo mediante métodos fisio-científicos, con mediciones básicas en los individuos de estudio en una muestra significativa de la población, para el desarrollo de estándares de diseño, de requerimientos específicos y para la evaluación de los diseños de ingeniería, modelos a escala y productos construidos, para garantizar la adecuación de estos productos a las características de los usuarios. Se almacena en una base de datos y se realiza un análisis estadístico para obtener los percentiles más comunes, las medidas de tendencia central (media, mediana y moda) y algunos parámetros de variación (desviación estándar, cuartiles).

Los datos antropométricos de la población están afectados por diversas causas como: raza, género, alimentación, actividad física, historia genética, etc., las cuales conllevan a variaciones en la distribución, por lo que es importante actualizar las bases de datos. Generalmente, el muestreo básico se hace con las variables de la antropometría estática.

Las medidas antropométricas más comunes en procesos de diseño buscan determinar la masa corporal (peso en kg); las dimensiones lineales (especialmente la estatura); la composición corporal y las reservas de calorías. Para los procesos de diseño, es necesario trabajar con los valores antropométricos extremos, es decir, se deben tener en cuenta las medidas de los individuos más altos, para definir espacios y a los individuos de estatura baja para definir los alcances. De esta forma, se puede garantizar que el puesto de trabajo, la herramienta o la máquina se adapta a la mayoría de la población usuaria; de lograrlo, un diseño ergonómico erróneo, puede causar efectos negativos sobre el rendimiento del usuario, riesgo de cometer errores y provocar incluso accidentes laborales. Lo que se busca siempre, es que el producto o espacio diseñado se acomode a las características del usuario y no al contrario.

Para realizar estudios antropométricos que arrojen resultados confiables, es necesario respetar algunas cosas (Ricardo Rivas, 2007), tales como:

- El tipo de equipamiento utilizado para las mediciones.
- El método de medición tiene que estar muy bien descrito y estandarizado.

- Cada una de las mediciones realizadas debe estar definida con respecto a los puntos de referencia anatómicos.
- La muestra poblacional debe ser significativa para lograr una buena confiabilidad estadística.

Como síntesis, es importante tener en cuenta los principios del diseño antropométrico en la definición o adaptación de las dimensiones físicas de un puesto de trabajo, una herramienta o una máquina para una persona determinada o un grupo poblacional.

Capítulo 2

Antropometría y el Producto

El uso de la antropometría en la creación de objetos es de suma importancia, ya que, permite hacer que el entorno y los objetos se adapten a las características del ser humano. El diseño industrial usa la ergonomía como base para el bienestar del usuario, maneja conceptos y datos obtenidos de mediciones antropométricas, evaluaciones biomecánicas, características sociológicas y costumbres de la población a la que está dirigida el diseño.

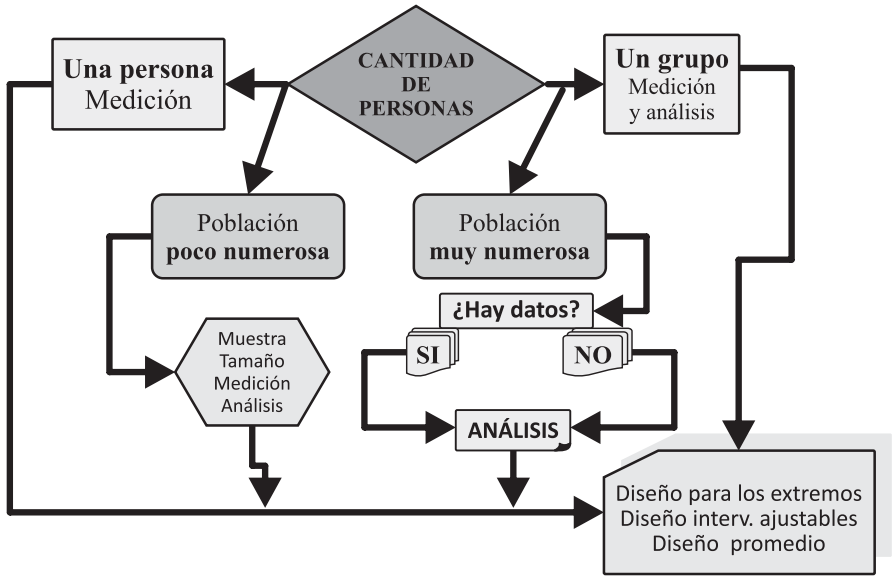
Las medidas de las personas también son necesarias para determinar las características de los productos, ya que estos deben adaptarse al ser humano, y no de forma contraria, como en varias oportunidades sucede. Es importante tener en cuenta las relaciones que vinculan las distintas dimensiones del cuerpo humano con el entorno, para lograr una correcta compatibilidad. De la misma forma, es necesario considerar los requerimientos especiales que necesitan los niños, las personas mayores o con capacidades diferentes (Muñoz, 2011). Algunos ejemplos de la aplicación de la antropometría en un producto son el diseño de prendas de vestir, mobiliario, electrodomésticos, vehículos de transporte, puestos de trabajo, teléfonos celulares, entre otros (Karl Ulrich, 2013).

La ergonomía trabaja en un sistema "hombre – máquina - sistema – instrumental - entorno (o ambiente)". Al crear un producto es importante definir los componentes de las dimensiones de este, para que sea adaptable al ser humano. El proceso exige precisar y comprender muy bien hacia quién va dirigido el producto. Se debe aclarar si el producto va hacia una persona en específico, un grupo de personas o una población numerosa. Los datos antropométricos que están relacionados con el objeto deben ser obtenidos de una muestra significativa de personas que son parte del público objetivo al que va diseñado el producto.

En el diseño de herramientas, equipos y puestos de trabajo es importante determinar las dimensiones relevantes según el análisis de tareas y ejecución. El ideal es realizar un diseño individual, en el que es necesario tomar las medidas antropométricas más relevantes de la persona y con estas definir las dimensiones físicas del puesto de trabajo, herramienta o equipo; el inconveniente, es que genera altos costosos de manufactura, aunque en ciertos casos es justificable la inversión. En la mayoría de ocasiones, se diseña para un grupo de individuos o para una población determinada; en este caso, se toman las medidas a todos los miembros del grupo para poder hacer el diseño. Siempre, es necesario tomar medidas antropométricas y espaciotemporales de interés.

(Llanera, 2008), presenta un diagrama muy interesante y útil para la toma de decisiones en cuanto a mediciones para el proceso de diseño según el (o los) usuario(os) final(es) (ver Fig. 2.1).

Fig. 2.1
Proceso de mediciones según el grupo poblacional final



(Llaneza Ávarez, 2008)

Si el diseño es para un individuo o para un grupo de individuos, se necesita la aplicación de los siguientes tres principios del diseño antropométrico:

2.1 PRINCIPIO DEL DISEÑO PARA EL PROMEDIO

En lo referente a las dimensiones antropométricas, el promedio no es muy confiable. En realidad, las dimensiones antropométricas del promedio solo utilizadas en situaciones particulares, cuando no se cuenta con recursos económicos o tecnológicos y cuando la precisión de la medida final (dimensión) tiene poca importancia, no provoca dificultades o su frecuencia de uso es muy baja, o bien, si cualquier otra solución es mucho más costosa o técnicamente muy compleja. Sin embargo, en el caso de las personas más altas o más bajas que están excluidas del promedio, sufrirán de incomodidades o exigencias corporales debidas a alcances elevados.

Ejemplo. Si de 5 personas suponemos que su altura poplítea es de 32, 33, 40, 41, 43 cm respectivamente, el 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 quedarían colgando las piernas, lo cual generaría una mala postura al sentarse, una sobrepresión considerable en la zona poplítea, dificultades en su retorno venoso y, por ende, problemas de salud.

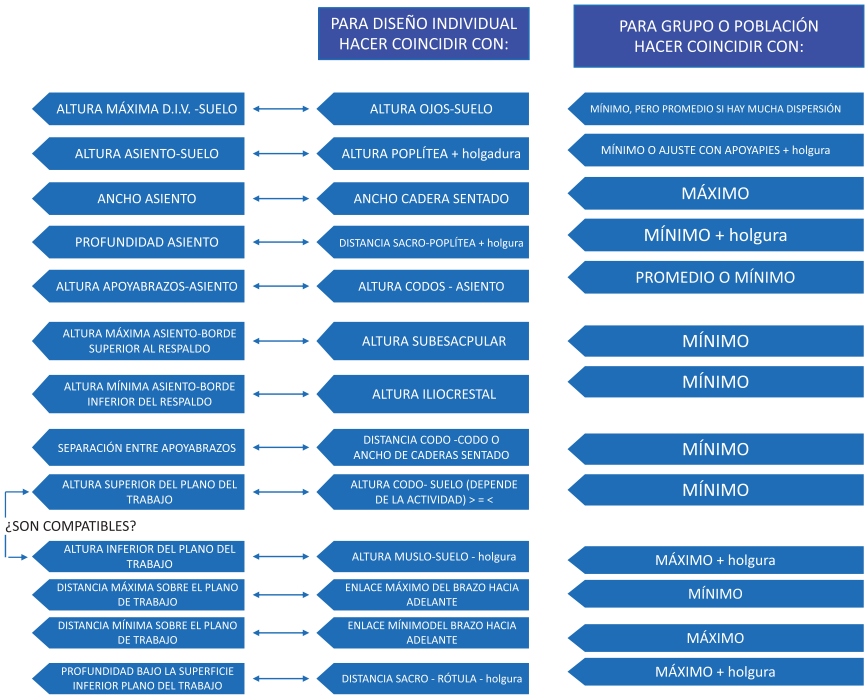
2.2 PRINCIPIO DE DISEÑO PARA INDIVIDUOS EXTREMOS

En este caso, se diseña para *valores máximos o mínimos*. Si se usa el valor máximo de la muestra hay que tener en cuenta las holguras. Por otro lado, se usa el valor mínimo siempre y cuando no afecte a nadie (diseños particulares o personalizados), de lo contrario, se anula este valor de la muestra. Se deben elegir y observar muy bien las características deseables del producto y el público al que va dirigido para seleccionar el extremo adecuado (Fig. 2.1).

Para los casos en los que se tengan que definir dimensiones de un espacio interior, como un hueco, un acceso o una abertura, la medida de referencia será la medida antropométrica del individuo más grande del grupo o población. Por el contrario, si se va a diseñar un control tipo pulsador en una máquina, la medida del alcance del brazo hacia adelante menor, será la referencia base, ya que el resto de individuos alcanzarán este punto sin ningún inconveniente.

En otras ocasiones, se presenta que el grupo de usuarios es reducido y heterogéneo, en este caso, se sugiere excluir del grupo a los individuos cuyas dimensiones son significativamente lejanas de la media y, si es viable económicamente, se les diseñaría a estos individuos de forma personalizada.

Fig. 2.2
Relaciones entre las dimensiones, espacios del puesto de trabajo y las dimensiones humanas



(Pedro Mondelo, 2013)

Ejemplo. Si se quiere diseñar un panel de control para un grupo de 5 personas, donde el alcance del brazo hacia adelante es una dimensión relevante, entonces, se determina esa distancia límite por la persona que tuviese un alcance del brazo hacia adelante (menor), y de esta forma, los cinco individuos alcanzarían el punto más distante en el panel de control; sin embargo, si el sujeto poseedor de este alcance tuviese el brazo demasiado corto y ofreciera un valor muy pequeño que pusiese en crisis el diseño o provocase incomodidades en los demás trabajadores, se deberá

excluir del grupo. Ahora bien, si se necesita decidir el ancho de un asiento, entonces se tomará el ancho de cadera máximo de los individuos medidos, para que la silla sea suficientemente amplia y cómoda para cualquiera de los usuarios.

2.3 PRINCIPIO DE DISEÑO PARA UN INTERVALO AJUSTABLE

Este tipo de diseño se utiliza cuando está destinado a un grupo de personas. Cada usuario ajusta el objeto a sus medidas, necesidades y gustos. Es el diseño más costoso de todos, ya que requiere de diversos mecanismos ajustables, pero es el más idóneo para algunos casos por su flexibilidad y adaptabilidad, dado que cada persona podrá, si lo desea, ajustar el objeto a su medida y a sus necesidades. Para este caso, es necesario definir específicamente los límites de los intervalos de cada dimensión que se desee ajustar. Generalmente, se toma como valor la diferencia existente entre las medidas antropométricas del individuo más grande y las del individuo más pequeño.

El diseño se complica si la población objetivo es muy numerosa, ya que esto complejiza la medición de todas las personas que conforman el grupo de trabajo, y si se carece de información antropométrica, pues reduce drásticamente la viabilidad económica y experimental de la caracterización de todos los individuos que la componen. En este caso, se parte de la selección de una muestra representativa (en número y en características) de la población para la que se está diseñando. Lo ideal sería contar con los datos antropométricos (fiables) de dicha población objetivo.

En el caso del diseño de máquinas, existen normas de seguridad de las máquinas, en las cuales se presentan los principios para la determinación de las dimensiones requeridas para el paso de todo el cuerpo en las máquinas (Norma UNE-EN-547-1:97); los principios para la determinación de las dimensiones requeridas, para las aberturas de acceso (Norma UNE en 547-2:97) y las medidas del cuerpo humano (Norma UNE-EN-547-3:97) (European Standards, 2020).

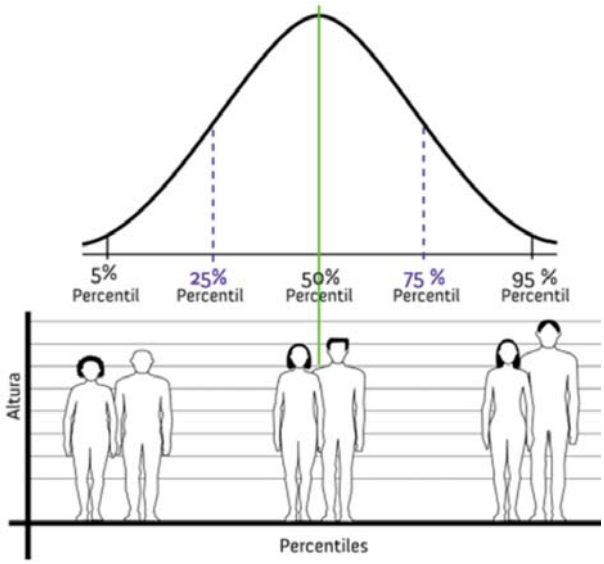
Las mediciones antropométricas de los distintos segmentos del cuerpo humano pueden enfocarse a alguna aplicación específica, tanto al diseño de productos, herramientas y máquinas, como en la configuración de puestos

de trabajo. Para el diseño, por lo general, se adopta una distribución normal, la que se describe por medio de la media poblacional, y su desviación estándar. Gráficamente, se emplean diagramas de columnas o histogramas en forma de campana, en los que el máximo porcentaje de distribución se encuentra en el punto medio (Fig. 2.2).

También, se podrían considerar las dimensiones de una población numerosa con una distribución normal, aunque esto es más dificultoso de encontrar, ya que las estaturas entre niños y adultos provocarían un sesgo en la distribución. En la Fig. 2.2., se presenta la distribución de las estaturas de una población hipotética de mujeres y hombres (Mondelo , Gregori, & Barrau, 2013). Para el diseño ergonómico, los percentiles más utilizados (López Sánchez M. d., 2020) son:

- P5, porque solo el 5% de la población estaría por debajo de ese percentil.
- P95, ya que significa que solo el 5% estaría por encima de este percentil.

Fig. 2.3
Curva normal y de percentiles de las estaturas de mujeres y hombres de una población hipotética



(López Sánchez M. d., 2020).

El cálculo del tamaño de la muestra depende del propósito estadístico dentro del proceso de diseño. Con la siguiente ecuación es posible determinar el tamaño de una muestra, para lo cual se requiere conocer la desviación estándar, la media o percentil.

$$N = \left(\frac{k\sigma'}{e} \right)^2 \qquad (1)$$

Donde, N = tamaño de la muestra

σ' = desviación estándar estimada

e = grado de precisión

k = factor cuyo valor depende de los propósitos de diseño

k =1.41 para la desviación estándar de la población

k = 2 para la media

k = 2.65 para el percentil 30 y 70

k = 2.83 para el percentil 20 y 80

k = 3.46 para el percentil 10 y 90

k = 4.24 para el percentil 5 y 95

Para estimar la desviación estándar (σ'), de cualquier muestra, se puede utilizar los coeficientes de variación (C.V.), en donde:

$$C.V = \frac{\sigma}{\mu} * 100 \qquad (2)$$

Donde:

σ = es la desviación estándar real

μ = es la media o promedio

Estos coeficientes de variación oscilan alrededor de determinados valores según la dimensión antropométrica específica, ya que los seres humanos tenemos diferencias antropométricas según la dimensión corporal que se compare.

Luego de calcular el tamaño de la muestra, se debe seleccionar a los individuos que compondrán dicha muestra. Para ello, hay que definir para quienes se quiere diseñar el puesto de trabajo, las herramientas o las

máquinas, para escoger únicamente los usuarios potenciales. También, es importante tener presente que dentro de esta muestra hay intrínsecamente una variabilidad ya que los seres humanos tenemos diferencias debidas a factores como sexo, etnia, nacionalidad, edad, etc.

Por otro lado, si se dispone de la desviación estándar (σ) y de la media (μ) de la población, se puede calcular un percentil determinado, haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$P\% = \mu \pm \beta\sigma \qquad (3)$$

Donde:

β = factor de ajuste (Tabla 2.1).

Para calcular mínimos, se utiliza el signo negativo y para calcular máximos, se utiliza el signo positivo, y en la cual P% es el percentil que se desea calcula y B 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 se pueden observar en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1
Valores de β para intervalos de percentiles

$P_{\%}$	β
0.01 y 99.99	3.72
0.1y 99.9	3.09
0.5 y 99.5	2,576
1 y 9	2,326
2 y 98	2.05
2.5 y 97.5	1.96
3 y 97	1.88
4 y 96	1.75
5 y 95	1,645
6 y 94	1.55
7 y 93	1.48
8 y 92	1.41

$P_{\%}$	β
24 y 76	0.71
25 y 77	0.674
26 y 74	0.64
27 y 73	0.61
28 y 72	0.58
29 y 71	0.55
30 y 70	0.524
31 y 69	0.50
32 y 68	0.47
33 y 67	0.44
34 y 66	0.41
35 y 65	0.39

Tabla 2.1 (Cont.)

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

(Móndelo, 2013)

La antropometría y la ergonomía son de vital importancia para el diseño ajustable de productos usados por individuos, porque en el momento de diseñar un producto es importante considerar que varias personas podrán utilizar el mismo producto, entonces es necesario tener en cuenta las diferencias entre los usuarios en cuanto a su tamaño, distancias de alcance, fuerza, capacidad visual, etc., así la mayoría de las personas podrán efectuar la manipulación de forma segura y eficiente.

Considerar los intervalos y capacidades de la mayor parte de los usuarios ayuda a reducir el esfuerzo y el estrés innecesario en los trabajadores, lo que aumenta la seguridad, eficiencia y productividad de estos. Cuando se tiene un mal diseño antropométrico, no solo conduce a una ejecución deficiente, sino también da como resultado una pérdida de mercado del producto.

Existen errores frecuentes en la aplicación de los datos obtenidos de la población, tales como:

- *Diseñar para la media*: el percentil 50 no debe usarse como único criterio de diseño, ya que en el mejor de los casos este solo se acomoda a la mitad de la población usuaria.
- *Creer en la existencia de una persona típica*: la persona no guarda una relación fija entre las dimensiones de las diferentes partes del cuerpo.
- *Generalizar las características humanas*: en el uso de datos antropométricos se estudia dimensión por dimensión y ajustar los valores óptimos de diseño, incluyendo sus dispersiones. El percentil 5 y 95.
- Si se utiliza ropa normal, se deberá agregar un factor de corrección.

En cuanto al diseño que se va a desarrollar, se necesita recopilar datos a través de entrevistas con los usuarios, observar un producto cuando está en uso e inferir las posibles mejoras que podrían hacérsele para que la interacción sea ideal, inclusive, realizar preguntas sencillas como:

- ¿Cuándo y por qué se utiliza el producto?
- ¿Qué sobresale del producto ya existente?
- ¿Qué le gusta y disgusta del producto?
- ¿Qué consideró del producto cuando lo eligió?
- ¿Cuáles mejoras se pueden realizar al producto?

Además de identificar las especificaciones del producto, es importante determinar las necesidades del cliente, las funciones del producto, los requisitos, características, especificaciones técnicas, etc. Para establecer las especificaciones objetivo se lleva a cabo un proceso que consiste en:

- Preparar la lista de medidas.
- Recopilar información del benchmarking.
- Establecer valores objetivos ideales y marginalmente aceptables.
- Reflejarlo en los resultados y el proceso.

Para preparar la lista de medidas, las más útiles son las que reflejan de manera directa que el producto satisface las necesidades del cliente.

La relación entre las necesidades y las medidas es fundamental para todo el concepto de especificaciones. Una buena forma para generar una lista de medidas es contemplando cada necesidad a la vez y considerar cuál característica precisa y mesurable del producto reflejará el grado en el que este satisface una necesidad. Es necesario considerar algunos lineamientos al momento de elaborar la lista de métricas:

- ⇨ **Las medidas tendrán que estar completas:** lo ideal es que cada necesidad del cliente corresponda a una medida y el valor de esta se correlacione perfectamente con la satisfacción de esa necesidad.
- ⇨ **Las medidas deberán se variables dependientes, no independientes:** las necesidades del cliente y las especificaciones también indican lo "que" el producto debe hacer, pero no "cómo" se lograrán las especificaciones.

  Ejemplo. El diseñador no puede controlar la masa de un producto directamente, pero a partir de esto surgen decisiones independientes como las opciones del material o las dimensiones. Las medidas especifican el desempeño global de un producto, por tanto, son variables dependientes.
- ⇨ **Las medidas deberán ser prácticas:** las medidas son propiedades del producto, observables y analizables de manera directa, para que puedan ser evaluadas de manera sencilla.
- ⇨ **Algunas necesidades que no se pueden interpretar fácilmente en medidas cuantificables:** hay que buscar estrategias para lograrlo.
- ⇨ **Las medidas incluyen criterios de comparación en el mercado:** muchos clientes compran productos con base en las evaluaciones publicadas, por lo tanto, la toma de medidas se correlaciona con las bases de datos existentes de otros productos similares.

La importancia de una medida deriva en la relevancia que esta tenga para la satisfacción de las necesidades del usuario.

Capítulo 3

Antropometría y el Trabajo

El trabajo, en términos laborales, es una actividad realizada por el ser humano para tener una remuneración económica. Una persona no debe ser afectada negativamente por su actividad laboral, ni sufrir ninguna molestia física o psicológica.

La aplicación de la antropometría en espacios de trabajo está relacionada con la toma de medidas para adaptar, diseñar o rediseñar las actividades, mobiliario y herramientas laborales al ser humano y no de manera contraria. Esta nueva corriente, propuesta a finales del siglo pasado, donde se maneja esta ideología de poner al individuo como eje central, fue generada para que el trabajador encuentre las características óptimas a su alrededor y así el sistema persona - máquina - entorno pueda tener una correcta interrelación y dinámica.

En el diseño de los puestos de trabajo, es necesario considerar las mediciones antropométricas y biomecánicas para identificar rangos de movimiento articular. Algunas de estas mediciones son dimensiones estáticas de cabeza, tronco, extremidades superiores y extremidades inferiores; y dimensiones dinámicas, que son tomadas en postura de trabajo en donde llevan a cabo movimientos.

Por lo tanto, el principio ergonómico moderno que rige todas las intervenciones se basa en adaptar las actividades, mobiliarios, herramientas, entre otras, a las capacidades y limitaciones de los usuarios.

El ambiente de trabajo se caracteriza por la adecuada interacción entre los siguientes elementos:

- **El trabajador**: con sus atributos de estatura, peso, anchuras, fuerza, intervalos de movimiento, alcances, intelecto, educación, expectativas, destrezas y otras características físicas y mentales.

- **El puesto de trabajo**: compuesto por herramientas, mobiliario, paneles de indicadores, entre otros objetos.
- **El ambiente de trabajo**: relacionado con la temperatura, iluminación, ruido, vibraciones y condiciones atmosféricas.

Para el diseño óptimo de los puestos de trabajo, se recomienda tener en cuenta parámetros ergonómicos, sin que esto restringa al equipo de diseño en la toma de decisiones o generación de ideas novedosas u originales. Una de las cosas que se pueden determinar a través de la aplicación de la antropometría es determinar el espacio óptimo que un individuo requiere o usa para realizar las labores de su trabajo.

Por otro lado, los diseñadores y expertos en ergonomía, en el momento de diseñar un puesto de trabajo, se consideran algunos factores como:

- La naturaleza, dificultar y frecuencia de la labor a desarrollar en su puesto de trabajo
- La posición ergonómica del cuerpo durante la actividad laboral
- La posición ergonómica del cuerpo durante las operaciones de mantenimiento
- Los requerimientos de movilidad y flexibilidad que le exige las tareas del puesto de trabajo y de mantenimiento (cuando es requerido)
- La manipulación y desplazamiento de útiles y herramientas en su puesto de trabajo
- Requerimientos extra asociados al vestuario y uso de herramientas
- Requerimientos especiales para personas en condición de discapacidad

Existen algunos principios a considerarse en la ergonomía aplicada al diseño de puestos de trabajo. Estos son:

- ***Supremacía de la persona,*** como el elemento más importante de cualquier proyecto de concepción o rediseño y la obligación de mantener el referente humano en todas y cada una de las etapas del proyecto hasta finalizar.

- ***Reconocer la capacidad limitada para modificar sicofísicamente a las personas***, más allá del entrenamiento y la alimentación para mejorar aptitudes físicas y mentales. La solución realista es diseñar correctamente el puesto de trabajo, es decir, adaptarlos a los segmentos corporales relevantes del grupo de personas; incluyendo alcances, tiempos de reacción, esfuerzos, momentos y cadencias, admitiendo que la persona es relativamente flexible pero frágil en otros puntos.
- ***La persona no debe ser afectada negativamente por su actividad laboral dentro del sistema,*** una actividad aburrida afecta; los inconvenientes no se limitan a la problemática generada por una mala postura, sino que involucra al sistema musculoesquelético, el cardiovascular, el respiratorio, el gastrointestinal y el nervioso. La adaptación de la persona a posiciones incómodas es algo que hay que evitar a toda costa. No hay que sacrificar la salud y calidad del trabajo de una persona con el fin de buscar una falsa productividad.

Existen múltiples formas de análisis de los espacios de trabajo, los objetos y del conjunto de actividades que las personas realizan en su ambiente laboral normal. Algunas de estas formas son (Fig. 3.1):

- **Dimensionales**: marcan la compatibilidad entre las medidas antropométricas dinámicas de los usuarios potenciales, objeto del diseño y las dimensiones, formas y estructuras que habrán de tener estos y sus distintas partes, de manera que sea garantizado su uso personal según sus actividades, que se hallen en situaciones de bienestar físico y psíquico provocado durante la realización del trabajo.
- **Informativas:** es la compatibilidad necesaria entre la capacidad de la percepción de la información de los trabajadores antes y durante el trabajo, se analiza a partir de la senso-percepción (Fig. 3.2).
- **De control:** es el análisis de la compatibilidad entre las necesidades de los usuarios para poder regular las máquinas y los procesos con eficiencia, seguridad, rapidez y bienestar.
- **Ambientales:** son los factores atmosféricos del entorno, como la humedad, temperatura y ventilación, entre otros.

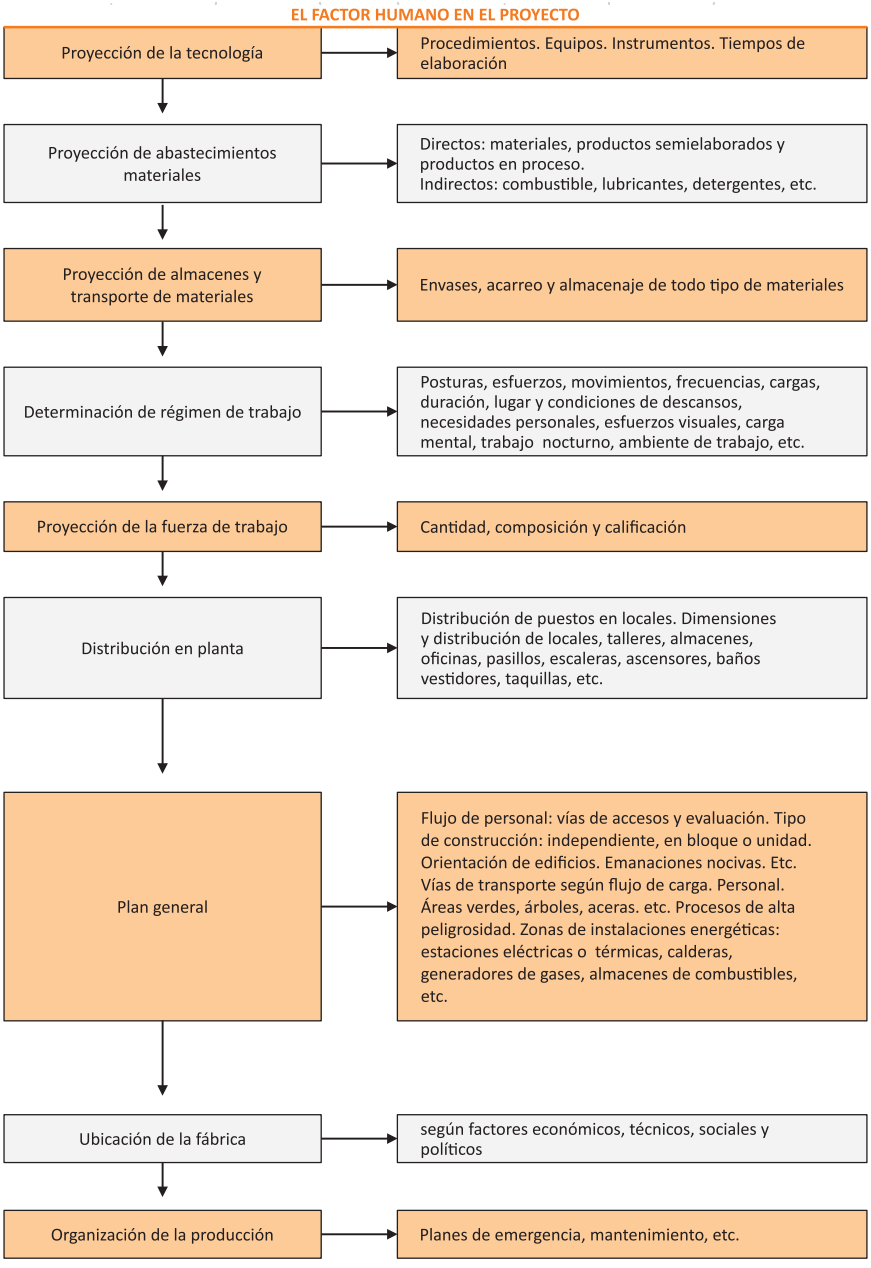
- **Temporales:** se refiere a la compatibilidad de los tiempos que una persona puede permanecer realizando una actividad, así como el análisis de sus posturas o esfuerzos.
- **Sociales:** es la compatibilidad de las relaciones interpersonales entre los integrantes del equipo de trabajo.
- **De organización:** marca las jerarquías entre los integrantes, así como la organización de los espacios y de los tiempos.
- **Culturales:** es la compatibilidad de los aspectos individuales psicosociales y del entorno cultural donde se desarrolle.

Las medidas que se deben obtener de la población dependerán de lo que se pretende hacer. Por ejemplo, si se va a diseñar un lugar de trabajo, existe un número mínimo de dimensiones requeridas para garantizar el buen uso de este espacio.

Gracias a las características especiales de los estudios antropométricos es necesario analizar con rigor el tipo de medidas a tomar y el error admisible en estas, ya que la precisión y el número total de eventos guarda relación con la viabilidad económica del estudio. Si se deja de considerar alguna medida relevante o se exige una precisión exagerada, la limitación económica hará prácticamente inviable la realización o la réplica del estudio.

En el momento de tomar las medidas antropométricas es importante considerar también la forma corporal del individuo y la configuración del cuerpo. Este análisis global se expresa como somatotipo.

Fig. 3.1
Factor humano en el proyecto

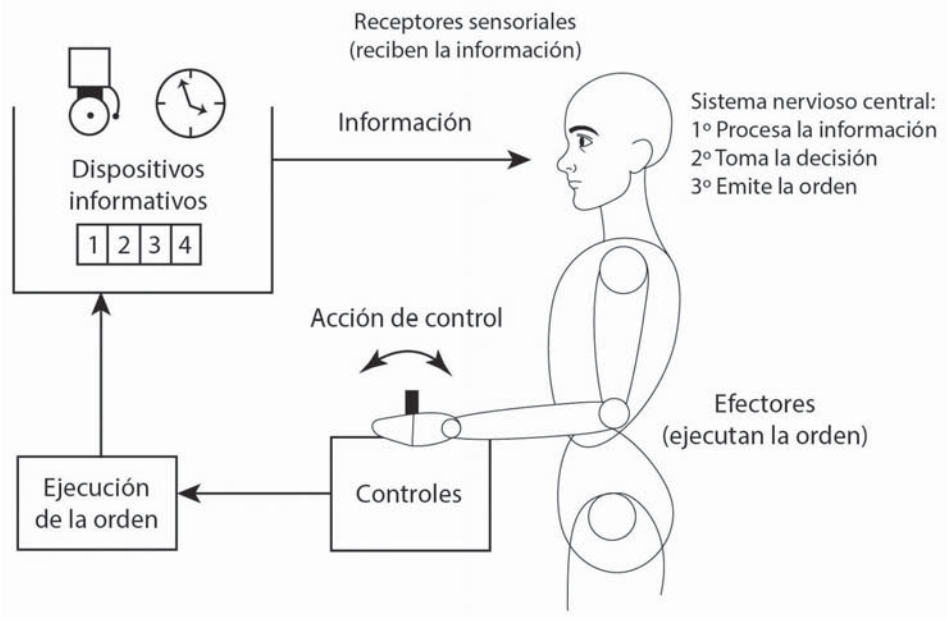


(Mondelo , Gregori, & Barrau, 2013)

El somatotipo de una persona está definido a través de tres elementos (Fig. 3.3):

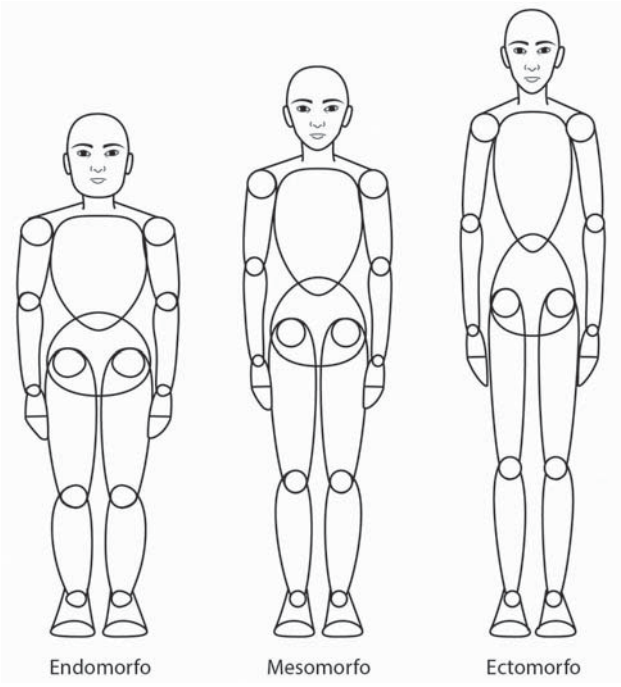
- **Endomórfico**: predominio de los órganos digestivos, tejidos blandos y contornos redondeados en el cuerpo, casi siempre muestra sobrepeso u obesidad.
- **Mesomórfico**: predominio de los músculos, huesos y tejidos conectivos, buena musculatura, poca grasa subcutánea.
- **Ectomórfico**: predominio del área superficial sobre la masa corporal, sin grasa, débil y mala postura.

Fig. 3.2
Esquema simplificado de las relaciones informativas y de control



(Pedro R. Mondelo - Enrique Gregori. Joan Blasco, 2001)

Fig. 3.3
Somatotipos



(Somatotipos, s.f.)

El somatotipo, se trata como una unidad. Por ejemplo, al estimar la relación entre el mesomórfismo y la fuerza, los otros dos componentes del somatotipo, endomorfismo y ectomórfismo deben ser estadísticamente controlados. Las mediciones y algoritmos para la estimación del somatotipo están resumidas en la Tabla 3.1.

Las dimensiones relevantes de un puesto de trabajo son: *alcances, holguras y barreras arquitectónicas.*

Tabla 3.1
Forma de calcular el somatotipo

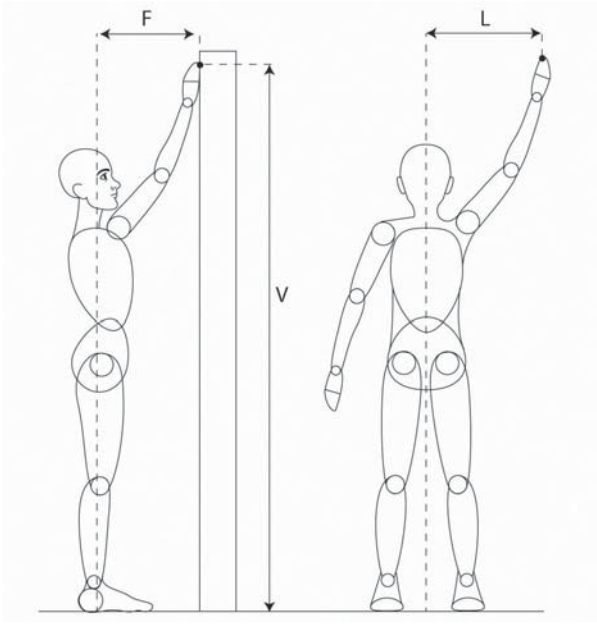
Componente del somatotipo	Procedimiento para la estimación
Endomórfico	-0.7182 + 0.1451 * (X) – 0.00068 * (X^2) Donde X es la sumatoria de los pliegues cutáneos tricipitales, subescapular y suprailíaco (sobre la espina ilíaca anterior superior). Cuando X es multiplicado por el coeficiente 170.18/estatura en cm, se genera el componente endomórfico corregido por la estatura.
Componente del somatotipo	**Procedimiento para la estimación**
Mesomórfico	(0.858 * diámetro bi-epicondilar del húmero) + (0.601 * diámetro bicondilar) + (0.188 * circunferencia del brazo corregida) + (0.61 * circunferencia de pantorrilla corregida) – (estatura * 0.131) + 4.50. La circunferencia del brazo corregida es simplemente la circunferencia del brazo en flexión máxima (cm) – pliegue cutáneo tricipital (cm); la circunferencia de la pantorrilla corregida es la circunferencia de la pantorrilla (cm) – pliegue cutáneo de la pantorrilla medial (cm).
Ectomórfico	Coeficiente A/P * 0.732 – 28.58, donde el coeficiente A/P es la altura (cm) / la raíz cúbica del peso (kg). Si el cociente A/P < 40.75, pero > 38.25, Ectomórfismo = C P/A * 0.463 – 17.63. Si el cociente A/P ≤ 38.25, se le asigna al ectomórfismo un valor de 0.1

(Efdeportes, s.f.)

Alcances: los alcances de las extremidades se miden para comprobar cuál es la tolerancia en cuanto a movimientos del trabajador, es decir, la posibilidad de llegar cómodamente a ciertos puntos o zonas de su lugar de trabajo sin mayores esfuerzos. Para determinar los alcances es necesario tener en cuenta las necesidades de movimientos que requieren el trabajo y las características antropométricas del individuo que las va a realizar. Los alcances se describen en términos de:

- **Alcances verticales (V)**: distancia vertical desde el suelo hasta el punto o zona de alcance permisible (Fig. 3.4).
- **Alcances laterales (L):** es la distancia horizontal entre el plano vertical medio del trabajador (plano anteroposterior que divide al cuerpo en dos mitades iguales) y un plano paralelo que contenga el alcance deseado. En el momento de hacer una medición de este parámetro, se requiere especificar si el alcance se realiza a la derecha (Ld) o a la izquierda (Li) del trabajador (Fig. 3.4).
- **Alcances frontales (F):** si se trabaja de pie, es la distancia horizontal entre el plano frontal que pasa por la base de apoyo del trabajador de pie (aproximadamente el punto central entre los dos pies) y un plano paralelo que contenga el alcance deseado. Si se trabaja sentado, la referencia es el plano frontal que pasa por la base del apoyo del trabajador sentado (aproximadamente la zona de apoyo de las nalgas sobre el asiento) y un plano paralelo que contenga el alcance deseado (Fig. 3.5).

Fig. 3.4
Alcances verticales y laterales de los brazos



(Tortosa, García Molina, Page, & Ferreras, 2009)

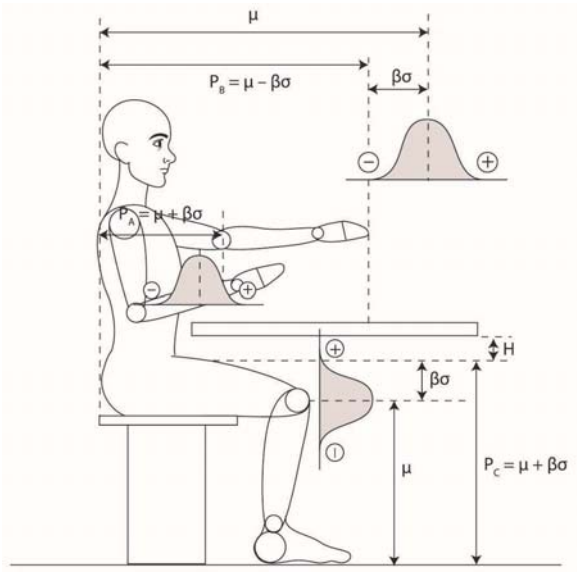
Si los movimientos que realiza un individuo en su lugar de trabajo, están dentro de los límites de seguridad y confortabilidad, se tendrá mayor eficiencia y precisión en el trabajo. Sin embargo, es necesario considerar ciertos factores tales como:

- La edad, dado que una persona puede perder hasta un 10% de su movilidad después de los 60 años.
- El sexo, dado que las mujeres tienen un mayor rango de movimiento (excepto en las rodillas)
- La práctica regular de ejercicio, el realizar ejercicio favorece la flexibilidad, el rango y la capacidad de movimiento.
- Factores externos como vestuario, calzado, entorno de trabajo, herramientas, etc.
- Factores internos como alguna enfermedad, nivel de fatiga en sus actividades
- La constitución física del individuo
- Entre otras.

Holguras: son los espacios libres bajo la mesa o superficie de trabajo.

- **Altura libre (X):** distancia vertical desde el suelo hasta el primer obstáculo bajo el objeto, considerando la situación más desfavorable.
- **Profundidad libre (Y):** distancia horizontal desde el borde frontal de la mesa del primer obstáculo bajo la misma, considerando la situación más desfavorable.
- **Anchura libre (Z):** distancia horizontal entre los laterales, considerando la situación más desfavorable.

Fig. 3.5
Alcances de los brazos y ubicación de las piernas



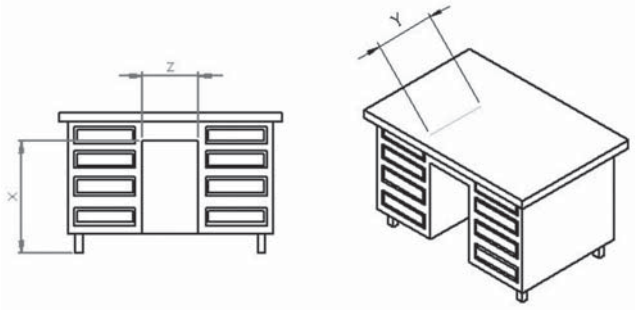
(Pedro R. Mondelo - Enrique Gregori. Joan Blasco, 2001)

$\mathbf{P}_A = \mu + \beta\sigma$ El alcance mínimo brazo (con agarre) se diseña para MÁXIMO.

$\mathbf{P}_B = \mu - \beta\sigma$ El alcance máximo brazo se diseña para MÍNIMO.

$\mathbf{P}_C = \mu + \beta\sigma$ La altura inferior del plano de trabajo se diseña con el MÁXIMO de altura muslo suelo más una holgura.

Fig. 3.6
Medidas de holguras de un escritorio



(Pedro R. Mondelo - Enrique Gregori. Joan Blasco, 2001)

Barreras arquitectónicas: son todos aquellos restrictores de libre y fácil movilidad o accesibilidad. Algunos de los lugares en donde hay que tener particular cuidado de este tema son:

- **Estacionamiento:** se requiere una zona para estacionar el auto cerca del edificio o a una distancia razonable. La ruta desde el estacionamiento hasta el edificio debe estar libre de obstáculos.
- **Rampa** (aplica en el caso de usuarios con muletas, bastones o sillas de ruedas): si la entrada al edificio no está a nivel del suelo, debe existir una rampa como alternativa hasta el edificio, que tenga al menos 120 cm de anchura en el punto más estrecho. La pendiente de la rampa requiere: que por cada 8 cm de subida haya un metro de longitud, tener barandilla a 80 cm de altura desde el suelo y una superficie no resbaladiza (Tortosa, García Molina, Page, & Ferreras, 2009).
- **Entrada al edificio:** se requiere mínimo una entrada principal accesible, que requiera de poca fuerza para abrirla.
- **Puertas:** Amplias y con el agarre a una altura adecuada.

Capítulo 4

Evaluación de riesgos en posturas forzadas y por manipulación de cargas

La seguridad a nivel laboral se basa en la práctica de guardar el orden y mantener la higiene para trabajar a salvo y en un ambiente confortable. La higiene laboral es el conjunto de normas y procedimientos tendientes a proteger la integridad física y mental del trabajador, cuidándolo de los riesgos de salud inherentes a las tareas a su cargo y al ambiente físico donde se ejecutan (ISSTE, 2018).

En el ambiente laboral, los *factores de riesgo ergonómico*, que son condiciones de trabajo que determinan las exigencias físicas y mentales que una tarea le impone a un trabajador, y que incrementan la probabilidad de que se produzca un daño. Estos factores, están asociados en particular a sobreesfuerzos que se generan cuando el trabajo físico que realiza un individuo está por encima del esfuerzo normal, para desarrollar una tarea o actividad determinada en su puesto de trabajo. Lo anterior produce trastornos y lesiones en el sistema músculo-esquelético (TME) en los trabajadores, tales como: dolores, lesiones, inflamaciones y degeneraciones especialmente en espalda y extremidades superiores. Existen diferentes causas de estos sobre esfuerzos, tales como, la manipulación errónea de cargas, las posturas forzadas en posición sedente o bípeda, tiempos prolongados haciendo una actividad y los movimientos repetitivos. Por ejemplo: trabajos en oficina, cajeras de supermercado, operarios de línea de fabricación continua, cocineros, meseros, albañiles, barrenderos, pintores, conductores de vehículos, etc.

Lo anterior, genera *posturas forzadas,* en las que una o varias partes del cuerpo de un trabajador dejan de estar en una posición de natural o de confort, para pasar a una posición que genera hiperextensiones (por ejemplo, cuello hacia atrás), hiperflexiones (por ejemplo, cuello hacia delante), o hiperrotaciones (por ejemplo, con el cuello girado), rigidez, entumecimiento, hormigueo, inflamación de las vainas tendinosas o articulaciones, degeneración de músculos, nervios, articulaciones, ligamentos y tendones, que con el tiempo conducen a lesiones del sistema musculoesquelético de las personas (PREVALIA CGP, S. L. U., 2008). Algunas de las causas que generan estas posturas forzadas son la frecuencia excesiva de movimientos, la duración prolongada de la postura, posturas erróneas de tronco, cuello, extremidades superiores e inferiores. Como: personas trabajando con cuello y tronco inclinado (creadores de páginas web en ordenadores), piernas en posición de cuclillas o de rodillas (albañiles), levantamiento y manipulación de objetos por encima del hombro; antebrazos, manos y dedos flexionados o extendidos por largos periodos de tiempo, entre otros.

Por lo general, una postura forzada presenta alguna de las siguientes condiciones: se mantiene en el tiempo, lo que dificulta la circulación sanguínea; se mantiene en posturas límites la articulación; se tiene una posición en donde se debe contrarrestar el efecto de la gravedad; se obliga a una o varios segmentos corporales a trabajar de manera inapropiada o la actividad se repite con mucha frecuencia.

Los *movimientos repetitivos*, son aquellos movimientos que se repiten en ciclos inferiores a 30 segundos o cuando más del 50% del ciclo se emplea para afectar el mismo movimiento. Las principales causas son: la frecuencia de movimientos, el uso de fuerza excesiva, la adopción de posturas y movimientos forzados, los tiempos de recuperación insuficientes y la duración del trabajo repetitivo. Por ejemplo: los trabajadores de la limpieza, que realizan tareas tales como limpiar cristales, barrer, restregar, entre otras actividades.

En cuanto a la *manipulación manual de cargas*, se presentan diferentes situaciones dentro de las que se pueden mencionar: levantamiento de cargas, transporte de cargas, empuje y arrastre de cargas y movilización de

personas. De la misma manera, se relaciona con el levantamiento de cargas superiores a 3kg sin desplazamiento; con el transporte de cargas superiores a 3kg, y con un arrastre o desplazamiento (caminando) mayor a 1m y con el empuje y arrastre de carga cuando se utiliza el movimiento de todo el cuerpo erguido o caminando, lo que representa un potencial riesgo de daños dorsolumbares. La manipulación de cargas está interconectada con diferentes factores tales como: las características propias de la carga como su peso, volumen, estabilidad, tipo y altura de agarre, etc.; las exigencias de la actividad como son el ritmo, la duración, los movimientos, las posturas forzadas, las alturas de manipulación, el peso de los objetos, entre otros.

Algunas de las causas de riesgo son: elevado peso a levantar, alta frecuencia en el levantamiento de cargas, agarre reducido de la carga, asimetría o torsión excesiva en el tronco, distancia considerable de la carga al cuerpo, duración prolongada de la tarea, tamaño de objeto a cargar y transportar, exigencias de la actividad (ritmo, duración, movimientos y posturas forzadas, alturas de manipulación, etc.), características del lugar de trabajo, características individuales del trabajador, entre otras. Por ejemplo: Un almacenista que manipula durante varias horas al día varias cajas con pesos mayores a 3kg y las coloca en las estanterías del almacén; un mesero de un restaurante que debe ubicar mesas (con peso mayor a 3kg) en la mañana y recogerlas en la tarde o un vendedor de refrescos, agua y cerveza en un camión de reparto, que utiliza un carro auxiliar para hacer entregas de pedidos en tiendas o almacenes (PREVALIA, s-l-u-, 2013).

Para prevenir lesiones causadas por el lavantamiento de cargas se debe planear bien dicha actividad, lo que requiere de disposición y uso de las ayudas mecánicas pertinentes; seguir las indicaciones que aparezcan en el embalaje de los objetos; solicitar ayuda a otras personas si el peso de la carga es excesivo; tener prevista una ruta de transporte y el punto de ubicación final del objeto manipulado y usar la vestimenta, el calzado y los equipos adecuados. También, es necesario separar los pies y ubicar un pie más adelante que el otro (en la dirección del movimiento) para proporcionar una postura estable y equilibrada para realizar el levantamiento de la carga (Fig.4.1) (Universidad de Málaga, 2007).

Fig. 4.1
Ubicación de pies para levantamiento de cargas



(Universidad de Málaga, 2007)

Además, hay que levantarse suavemente y cuidar la postura de las piernas; se deben doblar las piernas (no flexionarlas en exceso) manteniendo en todo momento la espalda lo más derecha posible y el mentón metido, importante, no girar el tronco, mantener la carga pegada al cuerpo durante todo el levantamiento, evitar dar tirones a la carga y moverla rápida o bruscamente (Fig. 4.2).

Fig. 4.2
Postura recomendada para levantamiento de cargas



(Universidad de Málaga, 2007)

Estas lesiones ocasionadas por los sobreesfuerzos ergonómicos, adopción de posturas forzadas, realización de movimientos repetitivos, manipulación de cargas y la aplicación de fuerzas excesivas, no solo afectan al trabajador, sino que también a las empresas, dado que, elevan los costes económicos

a causa de las alteraciones en la actividad laboral de las personas que adquieren algún nivel de incapacidad laboral, enfermedad, discapacidad o baja (PREVALIA, s-l-u-, 2013).

Las posturas forzadas estáticas o fijas, así como las dinámicas o con desplazamientos, dan origen a la aparición de lesiones, en una primera fase, las personas sienten dolor en cuello, espalda, y cansancio durante su jornada laboral: en una segunda fase el dolor y el cansancio aparecen al empezar a trabajar y no desaparecen al terminar la jornada laboral, lo cual comienza a alterar el sueño, el descanso y por ende el desempeño laboral; y en una tercera etapa, los síntomas perduran aun cuando el individuo este descansando, lo que con el tiempo lo limita incluso en la realización de actividades sencillas (PREVALIA CGP, S. L. U., 2008).

Las principales lesiones que se pueden producir por el efecto de los sobreesfuerzos son las siguientes: tendinitis (inflamación de un tendón), tenosinovitis (producción excesiva de líquido sinovial), dedo en gatillo (flexión repetida de la falange distal), epicondilitis (dolor producido por tendones irritados), ganglión (quiste sinovial), bursitis (inflamación o irritación de una bursa), síndrome del túnel carpiano (compresión del nervio de la muñeca), hernia (desplazamiento o salida total o parcial de una víscera), síndrome cervical por tensión (tensión repetida en la zona del cuello) y lumbalgia (contractura dolorosa y persistente de los músculos ubicados en la parte baja de la espalda) (PREVALIA, s-l-u-, 2013).

Los seres humanos realizan a diario diferentes trabajos físicos que implican tres tipos de demandas físicas (INSHT - Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2015), las cuales hacen que los músculos se contraigan en diferentes formas, los huesos se muevan, la frecuencia cardiorrespiratoria aumente, etc. Sin embargo, la carga física puede ser distinta en cada individuo dado que depende de la capacidad física de cada persona, Estas demandas pueden ser:

- Mover el cuerpo o alguna de sus partes, por ejemplo: durante la marcha, la carrera o el salto.
- Transportar o mover objetos, por ejemplo: durante mudanzas, levantando objetos, darle la vuelta a un equipo, alcanzar una herramienta pesada, etc.

- Mantener la postura corporal, por ejemplo: tronco hacia delante, tronco girado, brazos elevados, etc.

Además de estos factores biomecánicos, los trabajadores están expuestos a: factores psicosociales derivados de una inadecuada organización en el trabajo; a condiciones ambientales desfavorables de temperatura, humedad, iluminación, ruido, etc.; a unas características deficientes en el entorno de trabajo tales como espacio de trabajo, orden, limpieza, etc. y las variables individuales de cada trabajador tales como: medidas antropométricas, sexo, edad, experiencia, formación académica, etc.

Para prevenir las lesiones causadas por posturas forzadas, se deben realizar algunas de las siguientes acciones: tener en cuenta el diseño ergonómico del puesto de trabajo, evitar la misma postura durante largos periodos de tiempo, rotación de puestos de trabajo y cambio de tareas de los trabajadores, realizar micro-pausas con movimientos suaves de estiramiento durante la jornada laboral que permitan recuperar tensiones y descansar, cambiar de postura en el puesto de trabajo (sentarse, levantarse, estirarse, mover el cuerpo, cerrar los ojos, entre otras), tener en cuenta la necesidad de espacio libre en el puesto de trabajo, facilitando más de $2m^2$ de superficie libre por trabajador, tomar periodos cortos y frecuentes para hacer pausas, no usar herramientas por encima de los hombros, utilizar las herramientas adecuadas según la labor a realizar, no aplicar fuerzas manuales excesivas, manipular cargas correctamente, siempre que sea posible utilizar ayudas mecánicas y utilizar equipos de protección individual para sujetar adecuadamente la carga, para manipular cargas (si no cuenta con ayudas mecánicas y el peso de la carga es excesivo, solicitar a otras personas ayuda), no ejercer esfuerzos prolongados, no transportar cargas pesadas por tiempos prolongados , consultar al médico cuando sea necesario. Adicional a lo anterior, se sugiere considerar lo estipulado en la Ley 31 sobre Prevención de Riesgos Laborales.

4.1 EVALUACIÓN DE RIESGOS

Algunas veces, en el diario vivir, un trabajador puede verse expuesto a diversos riesgos ergonómicos, por lo que se hace necesario evaluar dicha situación de peligro. Esta evaluación se basa en un proceso enfocado en estimar la magnitud de condiciones o actividades de riesgo. Con esta

información, las directivas de una compañía o institución pueden tomar medidas preventivas para evitar o controlar los riesgos y daños a la salud de sus empleados (accidentes y enfermedades), derivados de la ejecución de su actividad laboral, y ahorrar costos de incapacidades o indemnizaciones.

Dentro del *análisis del riesgo*, se consideran las siguientes fases:

- Identificación del peligro.
- Estimación del riesgo, valorando conjuntamente la probabilidad y las consecuencias de que se materialice el peligro.
- Orden de magnitud del riesgo.
- Valoración del riesgo, con el valor del riesgo obtenido y comparándolo con el valor del riesgo tolerable, se emite un juicio sobre la tolerabilidad del riesgo en cuestión.

Si del resultado de la evaluación del riesgo se deduce que este es no tolerable, hay que controlar periódicamente las condiciones organizativas, métodos de trabajo y estado de salud de los trabajadores, entre los principales aspectos.

Si de la evaluación se obtiene que existe un alto riesgo de dolor o daño, entonces, se tendrán que tomar medidas de prevención, utilización de herramientas de protección colectiva e individual, realizar jornadas de formación e información para los trabajadores y, en un caso severo, proceder a rediseñar la actividad.

Al proceso conjunto de evaluación y control del riesgo se le denomina **Gestión del Riesgo**.

Existen normas laborales que obligan al empresario a tomar estas medidas de seguridad, de lo contrario, tendrá que pagar los daños que el trabajador pueda padecer por la falta de la misma. La evaluación inicial de riesgos deberá hacerse en todos y cada uno de los puestos de trabajo de la empresa o institución, teniendo en cuenta:

- Las condiciones de trabajo existentes o previstas.
- La posibilidad de que el trabajador sea especialmente sensible a adquirir algún daño por sus características personales, estado biológico o alguna otra condición.

La evaluación de riesgos es un proceso dinámico. Una evaluación inicial debe realizarse cuando así lo establezca una disposición específica, cuando se hayan detectado daños en la salud de los trabajadores o cuando las actividades de prevención puedan ser inadecuadas o insuficientes. Las evaluaciones de riesgos deberán revisarse periódicamente y ser documentadas, con los ciclos acordados entre la empresa y los representantes de los trabajadores, en función de los puestos y las tareas.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los trastornos musculoesqueléticos (TME) (enfermedades osteomusculares), son multifactoriales, debido a que hay un gran número de factores de riesgo que contribuyen a causarlas: por ejemplo: factores del entorno físico, de la organización del trabajo, psicosociales, individuales y socioculturales. Los TME relacionados con el trabajo han sido categorizados de diferentes formas, algunos investigadores los restringen solo a su patología clínica; otros, a la presencia de síntomas; otros, a procesos patológicos demostrables; y otros, a la incapacidad laboral que originan (INSHT - Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2015).

Existen algunas normas que correlacionan las posturas corporales laborales y los TME, estas son las normas ISO 11226:2000. *Ergonomics-Evaluation of static working postures*, es para todo tipo de puestos de trabajo y solo evalúa la posición de los segmentos corporales y el tiempo de mantenimiento de la postura y la UNE-EN 1005-4:2005+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Evaluación de las posturas y movimientos en relación con las máquinas y tiene en cuenta también el número de veces en que se adopta, es decir, la repetición de la postura corporal.

Para regular el levantamiento de cargas, se cuenta con la norma ISO 11228-3-2007 Ergonomía, para el Manejo Manual de Cargas. En su *parte 1*, específica los límites recomendados para la elevación y transporte manual de cargas teniendo en cuenta la intensidad, frecuencia y duración de la tarea. Se aplica a la manipulación manual de objetos de peso igual o superior a 3 kg y para una velocidad de marcha moderada, entre 0,5 y 1 m/s, sobre una superficie plana horizontal, durante una jornada diaria de

8 horas. La evaluación del riesgo debe llevarse a cabo a través de cuatro etapas: reconocimiento de los peligros e identificación, estimación y evaluación del riesgo. En la *Parte 3,* se normaliza el manejo de cargas bajas en alta frecuencia a través de factores de riesgo como repetición, postura, fuerza, periodos de recuperación, entre otros. Mediante esta norma, se clasifica el riesgo en tres niveles: riesgo aceptable, riesgo aceptable con reservas y riesgo no aceptable. Esta norma, proporciona información sobre dos métodos para la evaluación del riesgo derivado de la manipulación de cargas de bajo peso a alta frecuencia

También se hace uso de la norma UNE-EN 1005-2:2004+A1:2009, Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 2: norma el manejo manual de máquinas y de sus componentes, así como de los objetos procesados por ellas, de peso igual o superior a 3 kg, que deban ser transportados a distancias inferiores a los 2 metros. De aplicación en tareas de elevación, descenso y traslado de cargas durante el montaje, transporte y puesta en servicio (montaje, instalación, ajuste), operación, detección de averías, mantenimiento, preparación, entrenamiento, cambios de proceso y retirada del servicio, eliminación y desmantelamiento de las máquinas. Por otro lado, en la norma UNE-EN 1005-5:2007, hace referencia a la seguridad de las máquinas y el comportamiento físico del ser humano. Parte 5, brinda información que permite conocer la evaluación del riesgo por manipulación repetitiva de alta frecuencia en relación con las máquinas y presenta algunas pautas para los diseñadores de máquinas para la evaluación y análisis de las opciones para reducir dichos riesgos (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo).

Existe una guía técnica del INSHT, que propone un método para evaluar los riesgos derivados de las tareas de levantamiento y depósito de cargas superiores a 3 kg, realizadas únicamente en posición de pie y se centra en analizar el esfuerzo físico necesario para su manipulación, las características del medio de trabajo, las exigencias de la actividad y factores individuales de riesgo.

Existen diferentes métodos de evaluación del riesgo de manipulación de cargas (INSHT - Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2015), tales como:

- Métodos de identificación y evaluación sencilla. Uno de ellos es el *método de la Guía Técnica del INSHT*, el cual se basa en las recomendaciones del Real Decreto 487/1997. Consta de 5 fases: 1. Aplicación del diagrama de decisiones, 2. Recogida de datos, 3. Cálculo del peso aceptable, 4. Evaluación del riesgo, 5. Medidas correctoras. De la evaluación se pueden tener dos posibles resultados: Riesgo Tolerable y Riesgo No Tolerable. Otro es el *método de análisis rápido mediante valores críticos (Norma 1005-2)*, elige la "masa de referencia" para la población potencial de usuarios. Posteriormente, se identifica si la operación de manejo satisface los criterios de manipulación. Si se satisfacen, se selecciona una de las variables críticas: a) Masa crítica, b) Desplazamiento vertical crítico de la masa, c) Frecuencia crítica. Los posibles resultados son: La evaluación de riesgos es satisfactoria o no satisfactoria. En este último caso, hay que modificar el diseño o emplear un procedimiento de evaluación más detallado.
- Métodos de evaluación detallada del riesgo. Uno de ellos es el método proporcionado por la norma ISO 11228-1, el cual consta de 5 pasos: comparación del peso del objeto con un peso de referencia en función del grupo de población; comparación del peso del objetivo y la frecuencia de la tarea; la comparación con los límites recomendados para el peso del objeto en relación con factores como la postura de trabajo, la posición del objeto, la frecuencia y duración de la tarea; comparación del peso diario acumulado con el límite máximo diario recomendado y por último la comparación del peso diario acumulado y de la distancia recorrida con los límites recomendados.

  Otro método empleado para la evaluación detallada del riesgo, se desarrolla mediante la norma UNE-EN 1005-2, en la cual se hace la estimación mediante Tablas o ecuaciones. Se comienza eligiendo una masa de referencia para la población de estudio, luego, se identifica si la operación de manejo satisface los criterios de manipulación de cargas, se calcula el índice de riesgo de la actividad, que es el cociente entre la masa real y la masa limite recomendada, y, finalmente, se obtiene el nivel de riesgo que puede ser tolerable, significativo o si hay que modificar el diseño.

- Por otro lado, están las gráficas para la evaluación de operaciones de elevación, transporte y manipulación de cargas en equipo (en inglés Manual Handing Assessment Charts-MAC), que considera factores como, el peso de la carga, la frecuencia y la altura de manipulación, calidad del agarre, superficie del suelo, giro y flexión del tronco, coordinación y control de movimiento y manipulación de cargas, entre otros. Este método clasifica los riesgos en bajo, medio, alto y muy alto.
- Otro método muy conocido en ergonomía para evaluar riegos ergonómicos es la Ecuación NIOSH, con la cual se puede calcular el peso recomendado para el levantamiento de cargas con manejo de manos simétrico o asimétrico. Además, permite calcular el índice de levantamiento de cargas y el riesgo asociado a esta actividad. Este método se describirá más adelante.

4.2 MÉTODO RULA

El término **postura** proviene del latín "*positura*", que significa acción, figura, situación o modo en que está puesta una persona, animal o cosa. La postura es la relación de las posiciones de todas las articulaciones del cuerpo y su correlación entre las extremidades con respecto al tronco y viceversa. O sea, es la posición del cuerpo con respecto al espacio que le rodea; cómo se relaciona el sujeto con este y cómo es influenciada por factores culturales, hereditarios, profesionales, hábitos, modas, psicológicos, fuerza, flexibilidad, etc.

Según criterios mecánicos la **postura ideal** es la que utiliza la mínima tensión y rigidez, permitiendo la máxima eficacia y un gasto de energía mínimo. Está asociada a una buena coordinación, a los gestos elegantes y a la sensación de bienestar, por lo que, la adopción de una postura por largos periodos o en repetidas ocasiones durante una actividad laboral genera cansancio, fatiga y puede ocasionar enfermedades en el sistema muscular o esquelético. Es por eso que se deben tener en cuenta estos factores en la evaluación de las condiciones de trabajo para mejorar y adaptar los puestos de trabajo. Para esto se han desarrollado diversos métodos, donde el más usado es el método RULA.

El **método RULA** [2, 3], fue desarrollado por los doctores McAtamney y Corlett, en la Universidad de Nottingham en 1993, para evaluar los riesgos laborales que pueden ocasionar trastornos en los miembros pélvicos y torácicos según la repetitividad de movimientos, fuerzas aplicadas y actividad pasiva o estática (RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018).

RULA significa *Rapid Upper Limb Assessment* y evalúa posturas concretas en las que se experimente una carga postural más elevada de lo normal. La aplicación del método comienza con la observación de la actividad del trabajador durante varios ciclos de trabajo. A partir de esta se deben seleccionar las tareas y posturas más significativas por su duración y por presentar *a priori*, una mayor carga postural, por lo que serán las posturas que se evaluarán. Si el ciclo de trabajo es largo, se pueden realizar evaluaciones en intervalos regulares. En este caso, se considerará también el tiempo que pasa el trabajador en cada postura (Dasi, 2007).

Las mediciones sobre las posturas adoptadas son fundamentalmente angulares (los ángulos que forman los diferentes segmentos del cuerpo respecto a ejes de referencia de la postura estudiada). Estas mediciones pueden realizarse directamente sobre el trabajador mediante transportadores de ángulos, goniómetros o mediante el procesamiento de imágenes o videos.

El método se aplica al lado derecho y al lado izquierdo del cuerpo por separado. El evaluador experto puede elegir (*a priori*) el lado que aparentemente esté sometido a mayor carga postural, pero, es recomendable analizar los dos lados.

El método RULA divide el cuerpo en dos grupos, el *grupo A,* que incluye los miembros torácicos (brazos, antebrazos y muñecas) y el *grupo B*, que comprende las piernas, el tronco y el cuello. Mediante las Tablas de evaluación asociadas al método, se asigna una puntuación a cada zona corporal (piernas, muñecas, brazos, tronco, etc.) para que, en función de dichas puntuaciones, se puedan asignar valores globales a cada uno de los grupos A y B.

La clave para la asignación de puntuaciones a los miembros es la medición de los ángulos que forman las diferentes partes del cuerpo del operario. El método determina la forma en que se debe hacer la medición del ángulo para cada miembro. Posteriormente, las puntuaciones globales de los grupos A y B son modificadas en función del tipo de actividad muscular desarrollada, así como de la fuerza aplicada durante la realización de la tarea. Por último, se obtiene la puntuación final a partir de dichos valores globales modificados. El valor final proporcionado por el método RULA es proporcional al riesgo que conlleva la realización de una tarea, de manera que valores altos indican un mayor riesgo de aparición de lesiones musculoesqueléticas.

El método organiza las puntuaciones finales en niveles de actuación que orientan al evaluador sobre las decisiones a tomar tras el análisis.

Evaluación Test de RULA:

1 o 2: Aceptable
3 o 4: Investigar más a fondo
5 o 6: Investigar más a fondo y cambiar pronto
7: Investigar y cambiar inmediatamente

A continuación, se explica el protocolo de evaluación del método RULA:

Comienza con el cálculo del **factor de riesgo referente a la postura**, que consiste en la evaluación de las extremidades superiores (brazos, antebrazos y muñecas) organizados en el *Grupo A*. Para obtener las puntuaciones de este grupo se procede de la siguiente forma:

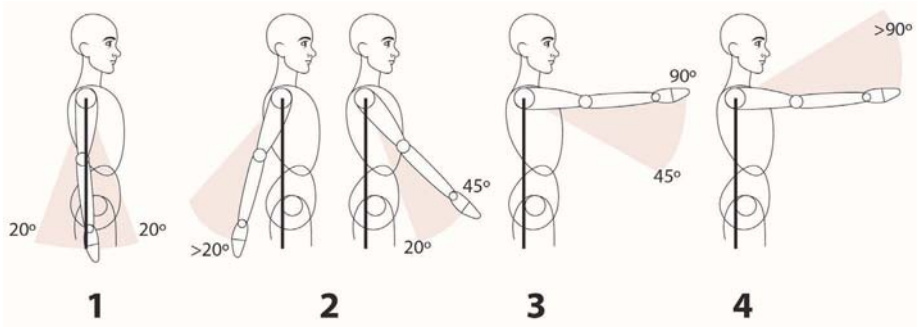
A.1. Puntuación del brazo. Para determinar la puntuación que se asigna a dicho miembro, se deberá medir el ángulo que esta forma con respecto al eje sagital (lateral) del tronco. La Fig. 4.3., muestra las diferentes posturas consideradas por el método y la Tabla 4.2., los puntos asignados para cada posición.

Para esta actividad es necesario dividir el cuerpo en dos áreas (Tabla 4.1):

Tabla 4.1
Grupos de evaluación

Grupo A	Grupo B
Extremidades torácicas	Cuello, tronco y extremidades pélvicas
Brazo	Cuello
Antebrazo	Tronco
Muñeca	Piernas

Fig. 4.3
Posiciones del brazo para puntuación en plano sagital



(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

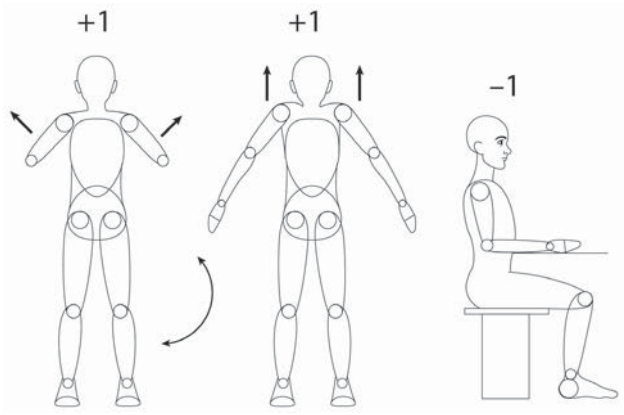
Tabla 4.2
Puntuación del brazo

Posición	Puntuación
Desde 20° de extensión a 20° de flexión	**1**
Extensión >20° o flexión >20° y <45°	**2**
Flexión >45° y 90°	**3**
Flexión >90°	**4**

(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

La puntuación anterior, aumenta o disminuye su valor en un punto. Si el trabajador debe elevar los hombros y además rotarlos o abducirlos respecto al tronco, se aumenta (+1p). Ahora bien, si la carga no está soportada solo por el brazo, sino que existe un punto de apoyo, hay un decremento en la puntuación de (-1p) (Fig. 4.4).

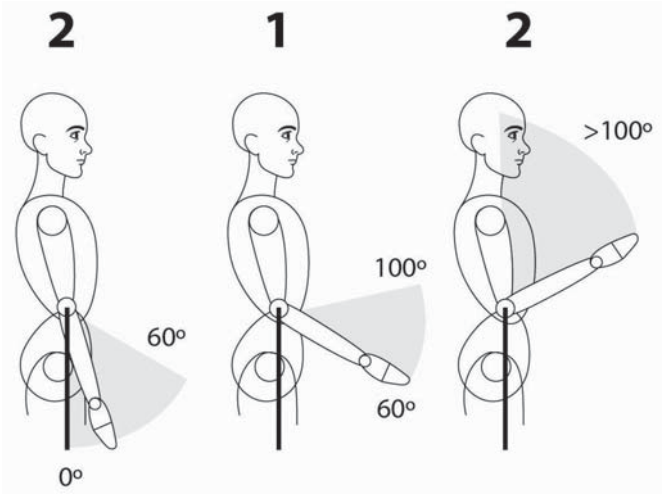
Fig. 4.4
Posiciones que modifican la puntuación del brazo



(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

A.2. Puntuación del antebrazo. La puntuación asignada al antebrazo estará nuevamente en función de su posición. La Fig. 4.5., muestra las diferentes posibilidades. Una vez determinada la posición del antebrazo y su ángulo correspondiente, se debe consultar la Tabla 4.3., para obtener su puntuación.

Fig. 4.5
Posiciones del antebrazo



(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

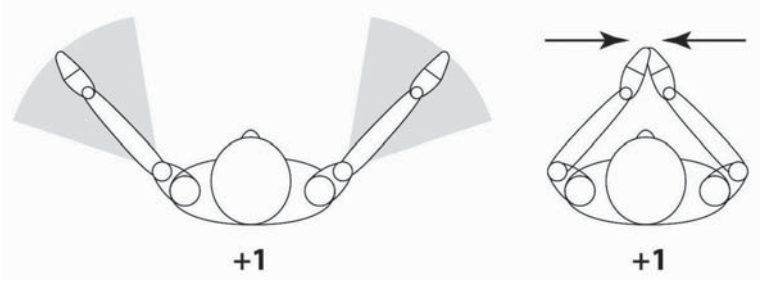
Tabla 4.3
Puntuación del antebrazo

Posición	Puntuación
Flexión entre 60° y 100°	**1**
Flexión <60° o >100°	**2**

(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

La puntuación asignada al antebrazo podrá verse aumentada (+1p) en dos casos: si el antebrazo cruza la línea media del cuerpo o si realiza una actividad a un lado de este (Fig. 4.6).

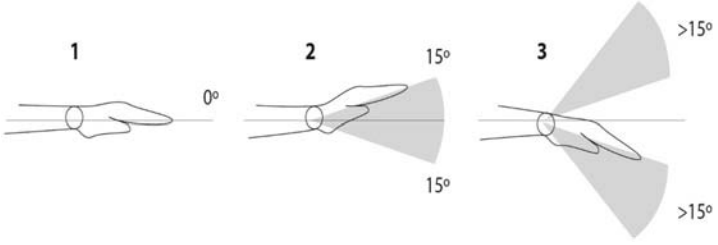
Fig. 4.6
Posiciones que modifican la puntuación del antebrazo



(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

A.3. Puntuación de la muñeca. En primer lugar, se determinará el grado de flexión de la muñeca. La Fig. 4.7 muestra las tres posibles posiciones consideradas por el método. Tras la medición del ángulo, se determinará la puntuación correspondiente según los valores proporcionados en la Tabla 4.4.

Fig. 4.7
Posiciones de la muñeca



(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

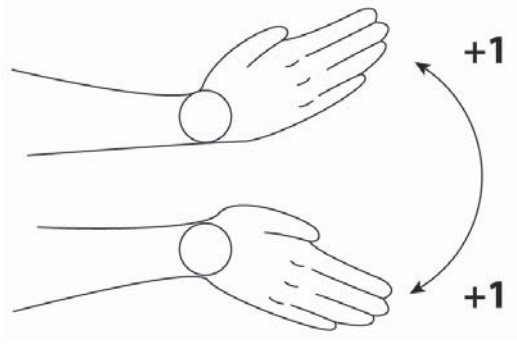
Tabla 4.4
Puntuaciones para la muñeca

Posición	Puntuación
Posición neutra	**1**
Flexión o extensión > 0° y <15°	**2**
Flexión o extensión >15°	**3**

(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

Esta puntuación se verá modificada (+1p) si la muñeca está en desviación radial o cubital (Fig. 4.8).

Fig. 4.8
Desviación de la muñeca

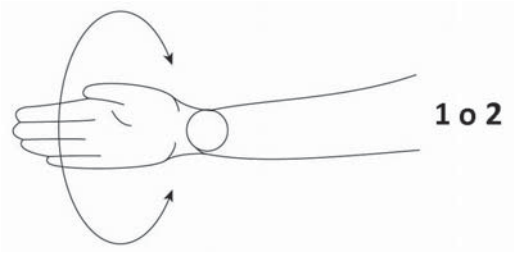


(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

Finalmente, se valorará si la muñeca está en posición de pronación o supinación[1] (Fig. 4.9, Tabla 4.5). Este nuevo valor será independiente y no se añadirá a la calificación anterior, sino que servirá posteriormente para obtener la puntuación total del grupo A.

[1] Se denomina pronación a la rotación del antebrazo que permite situar la mano con el dorso hacia arriba. La supinación es la rotación del antebrazo que permite situar el dorso de la mano hacia abajo.

Fig. 4.9
Giro de la muñeca



(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

Tabla 4.5
Puntuación para giro de muñeca

Posición	Puntuación
Pronación o supinación media	**1**
Pronación o supinación extrema	**2**

(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

La puntuación total del grupo A, será la suma de los puntajes anteriores.

El método continúa con la evaluación de los miembros pélvicos (cuello, tronco, piernas) que conforman el grupo B. Para obtener sus puntuaciones se procede de la siguiente forma:

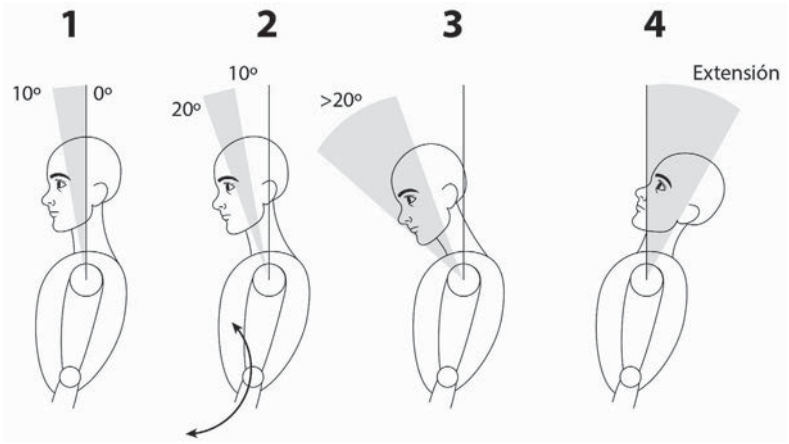
B.1. Puntuación del cuello. Esta evaluación se hace mediante la medición del ángulo del cuello respecto al tronco (Fig. 4.10) y las puntuaciones asignadas por el método en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6
Puntuaciones para el cuello

Posición	Puntuación
Flexión entre 0° y 10°	**1**
Flexión >10° y ≤20°	**2**
Flexión >20°	**3**
Extensión en cualquier grado	**4**

(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

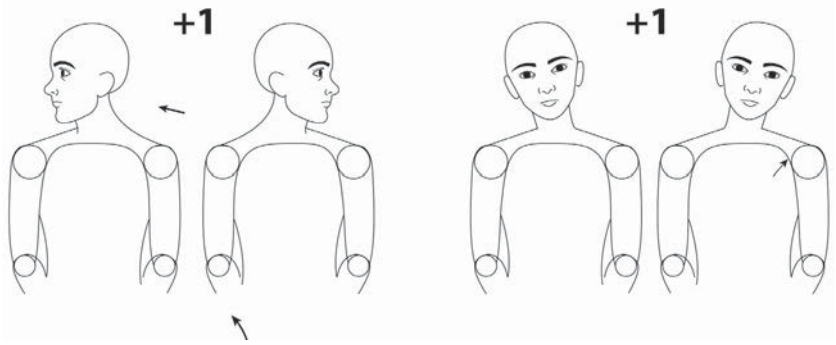
Fig. 4.10
Posiciones del cuello



(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

Esta puntuación del cuello podrá verse incrementada si el trabajador realiza una inclinación lateral o una rotación (Fig. 4.11).

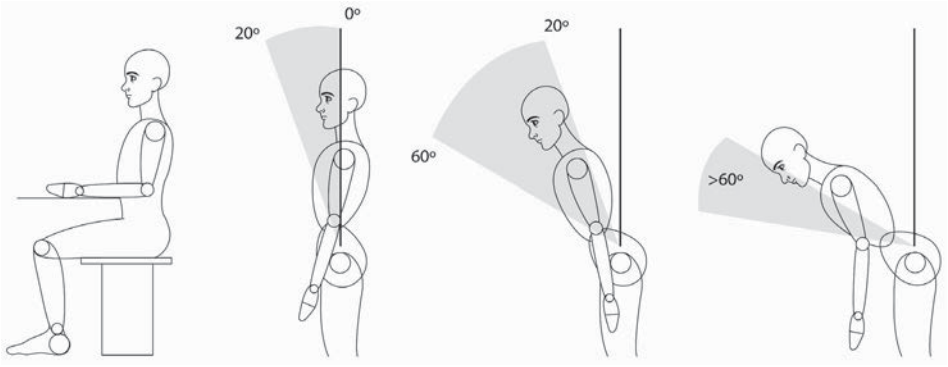
Fig. 4.11
Posiciones que modifican la puntuación del cuello



(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

B.2. Puntuación del tronco. Se debe determinar si el trabajador realiza sus tareas en posición sedente o en posición bípeda, indicando en este último caso el grado de flexión del tronco (Fig. 4.12). La puntuación se determina mediante la Tabla 4.7.

Fig. 4.12
Posiciones del tronco



(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

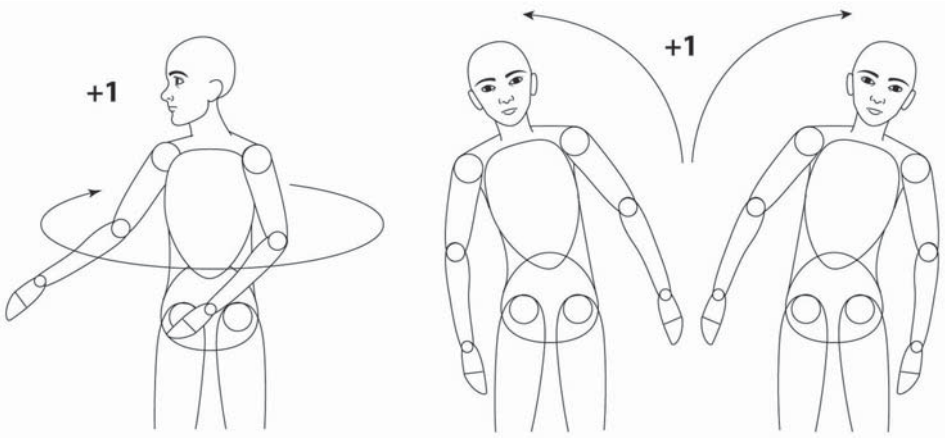
Tabla 4.7
Puntuación para tronco

Posición	Puntuación
Sentado, bien apoyado y con un ángulo tronco-caderas >90°	**1**
Flexión entre 0° y 20°	**2**
Flexión >20° y ≤60°	**3**
Flexión >60°	**4**

(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

La puntuación del tronco incrementará su valor (+1p) si existe rotación o flexión lateral (Fig. 4.13). Ambas circunstancias no son excluyentes, por tanto, podrán incrementar el valor original del tronco hasta en dos unidades si se dan estos dos movimientos simultáneamente.

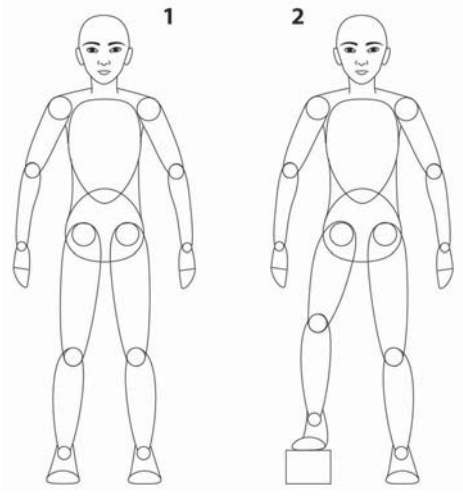
Fig. 4.13
Posiciones que modifican la puntuación del tronco



(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

B.3. Puntuación de las piernas. Aquí la puntuación tiene en cuenta aspectos como la distribución del peso entre las piernas, los apoyos existentes y la posición sedente o bípeda (Fig. 4.14). Con la ayuda de la Tabla 4.8., se define la puntuación de las piernas.

Fig. 4.14
Posición de las piernas



(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

Tabla 4.8
Puntuación de las piernas

Posición	Puntuación
Sentado, con piernas y pies bien apoyados	1
De pie con el peso simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición	1
Los pies no están apoyados o el peso no está simétricamente distribuido	2

(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

Después de obtener las puntuaciones de los grupos A y B de forma separada, se procederá a la asignación de una puntuación global para ambos grupos, mediante la utilización de las Tablas del Anexo 1. Las puntuaciones globales obtenidas para los grupos A y B se verán modificadas en función del tipo de actividad muscular desarrollada y de la fuerza aplicada durante la tarea. Es necesario determinar el **factor de riesgo por contracción estática del músculo**, el cual está determinado por la postura del individuo. Las puntuaciones anteriores se incrementarán en (+1p) si la actividad es principalmente estática (postura mantenida más de un minuto seguido). Si la postura es principalmente dinámica, las puntuaciones no se modificarán.

Las puntuaciones para los grupos A y B también se verán modificadas por el **factor de riesgo por fuerzas,** el cual considera las fuerzas ejercidas o la carga manejada (Tabla 4.9).

Tabla 4.9
Puntuación para la actividad muscular y las fuerzas ejercidas

Carga o fuerza	Puntuación
Carga menor de 2 Kg. mantenida intermitentemente	0
Carga entre 2 y 10 Kg. mantenida intermitentemente	+1
Carga entre 2 y 10 Kg. estática o repetitiva	+2
Carga superior a 10 Kg mantenida intermitentemente	+2
Carga superior a 10 Kg estática o repetitiva	+3
Se producen golpes o fuerzas bruscas o repentinas	+3

(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

Puntuación final de los factores de riesgo. La puntuación obtenida de sumar a la del grupo A, la correspondiente a la actividad muscular y la debida a las fuerzas aplicadas, pasará a denominarse *puntuación C*. De la misma manera, la puntuación obtenida de sumar a la del grupo B, la debida a la actividad muscular y las fuerzas aplicadas se denominará *puntuación D*. A partir de las puntuaciones C y D y la Tabla 4.10, se obtendrá una puntuación final global para la tarea que oscila entre 1 y 7, siendo mayor cuanto más elevado sea el riesgo de lesión.

Tabla 4.10
Puntuación final

	Puntuación D						
Puntuación C	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

A manera de resumen se presenta el diagrama de flujo de la Fig. 4.15:

Fig. 4.15
Flujo de obtención de puntuaciones en el método RULA



(Autor)

Para finalizar la descripción del método, mediante la Tabla 4.11., se obtendrá el nivel de actuación. Con esto el evaluador puede determinar si la tarea es adecuada o debe readaptarse, captando con esto posibles problemas ergonómicos. La magnitud de la puntuación postural, así como las puntuaciones de fuerza y actividad muscular, indicarán al evaluador los aspectos donde pueden encontrarse los problemas ergonómicos del puesto, y, por tanto, tomar las medidas pertinentes.

Tabla 4.11
Perfil de actuación

Puntuación	Nivel	Actuación
1 o 2	1	Riesgo Aceptable
3 o 4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
5 o 6	3	Se requiere el rediseño de la tarea
7	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea

(RULA (Rapid Upper Limb Assessment), 2018)

4.3 MÉTODO NIOSH

El método del National Institute for Ocupational Safety and Health (NIOSH), se desarrolló en 1981, para evaluar el manejo de cargas en el trabajo y determinar el peso recomendado para tareas o actividades en un puesto de trabajo, la duración de la tarea, la frecuencia de los levantamientos y la calidad del agarre (García Molina, y otros, 2007). Es principalmente usado en puestos de trabajo en donde el operario deba levantar cargas con dos manos y simétricas, aunque también se emplea para el manejo asimétrico de cargas.

Este método es muy utilizado en las empresas, ya que, el manejo y levantamiento de cargas son las principales causas de enfermedades laborales como las lumbalgias; las cuales aparecen debido a sobreesfuerzos y a esfuerzos repetitivos, aunque también están asociadas a actividades como: empujar o tirar de cargas, posturas inadecuadas y forzadas en un puesto de trabajo. Con el método NIOSH, se identifica el riesgo de lumbalgias a las que está expuesto el trabajador y se busca recomendar el límite de peso para cada tarea desarrollada.

El levantamiento de carga está definido como cualquier operación de transporte o sujeción de un objeto por parte de uno o varios trabajadores, como el levantamiento, la colocación, el empuje, la tracción o el desplazamiento, que por sus características o condiciones ergonómicas inadecuadas implique riesgos (en particular dorso-lumbares).

La ecuación del método *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH*)* (Pedro R. Mondelo - Enrique Gregori - Joan Blasco - Pedro Barrau, 2001), permite evaluar tareas de elevación manual de cargas, dando como resultado:

- El límite de peso recomendado para levantar (LPR) o Recomended Weigth Limit – RWL en inglés, en un puesto de trabajo, sin que se presente una lumbalgia y afectaciones en la espalda (Mondelo, Gregori, Blasco, & Barrau, 2001).
- La posibilidad de aparición de trastornos en la espalda asociados al levantamiento y manipulación de cargas.
- La determinación de los cambios requeridos en el puesto de trabajo para mejorar las condiciones del levantamiento de cargas.

La ecuación del comité del NIOSH, ha servido de base para el posterior desarrollo de otros métodos de evaluación utilizados más recientemente, como la Guía Técnica del INSHT o el de la Norma ISO 11228-1.

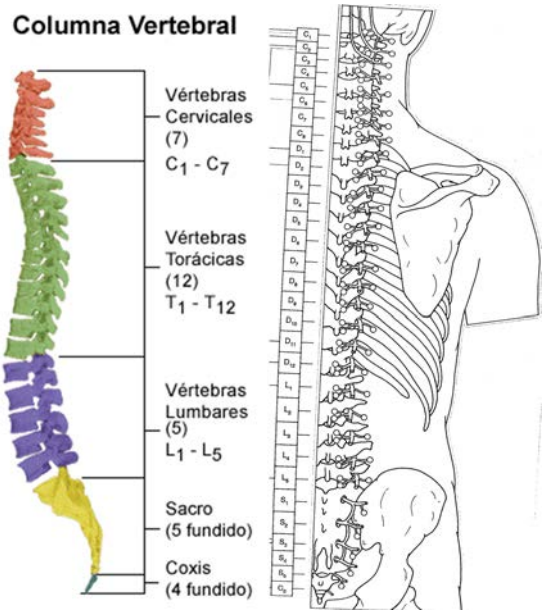
Diversos estudios afirman que cerca de 20% de todas las lesiones producidas en el puesto de trabajo afectan la espalda del individuo, y que cerca de 30% son debidas a sobreesfuerzos físicos (Diego Mas, 2015) (G C, 2005). Estas cifras evidencian la importancia de hacer una correcta evaluación de las tareas que implican levantamiento de cargas y un acondicionamiento adecuado de los puestos de trabajo en las empresas para evitar lesiones e incapacidades en el personal.

Este método considera tres criterios para definir los componentes de la ecuación de NIOSH: *biomecánico, fisiológico y psicofísico*.

- El **criterio biomecánico**, limita el estrés en la región lumbosacra, la cual se afecta por levantamientos de cargas que requieren de sobreesfuerzos. Se basa en que, al levantar incorrectamente una carga

(pesada o liviana) o al hacerlo incorrectamente, se generan momentos mecánicos que se transmiten por las extremidades superiores hasta las vértebras lumbares dando lugar a un sobreesfuerzo físico en esta zona. Estudios realizados por algunos investigadores, han concluido que esta sobrecarga se da en la unión de las vértebras L5 (lumbar 5) y S1 (sacra 1) (Fig. 4.16) provocando un estrés lumbar (García Molina, y otros, 2007); así mismo, se ha llegado a coinsiderar una fuerza de 3.4KN como fuerza límite de compresión para la aparición de riesgo de lumbalgia (Center, 2018).

Fig. 4.16
Elementos de la columna vertebral



(Kamina, 2002)

- El **criterio fisiológico,** limita el estrés metabólico y la fatiga asociada a las tareas repetitivas. Tiene como premisa que la fatiga incrementa el riesgo de daños musculoesqueléticos, ya que, las actividades laborales que involucran levantamientos repetitivos de cargas pueden en un momento dado, exceder las capacidades normales de energía del trabajador, lo que genera una prematura disminución de su resistencia y un aumento en la probabilidad de sufrir alguna lesión

musculo-tendinosa. El comité del NIOSH, ha determinado algunos límites máximos de la capacidad aeróbica para el cálculo del gasto energético de las personas: algunos de estos son:

- El máximo gasto de energía oscila entre **2.2 - 4.7 kcal/min** (**0.153 - 0.328 kW**) para tareas normales.
- La máxima capacidad aeróbica de 9,5 kcal/min, en levantamientos repetitivos.
- El **70%** de la máxima capacidad aeróbica es la energía límite para levantamientos que requieren levantar los brazos por encima de 75 cm.
- Los porcentajes de la máxima capacidad aeróbica (**50%, 40% y 33%**) son los límites de consumo cuando las tareas duran 1 hora, de 1 a 2 horas y de 2 a 8 horas respectivamente.

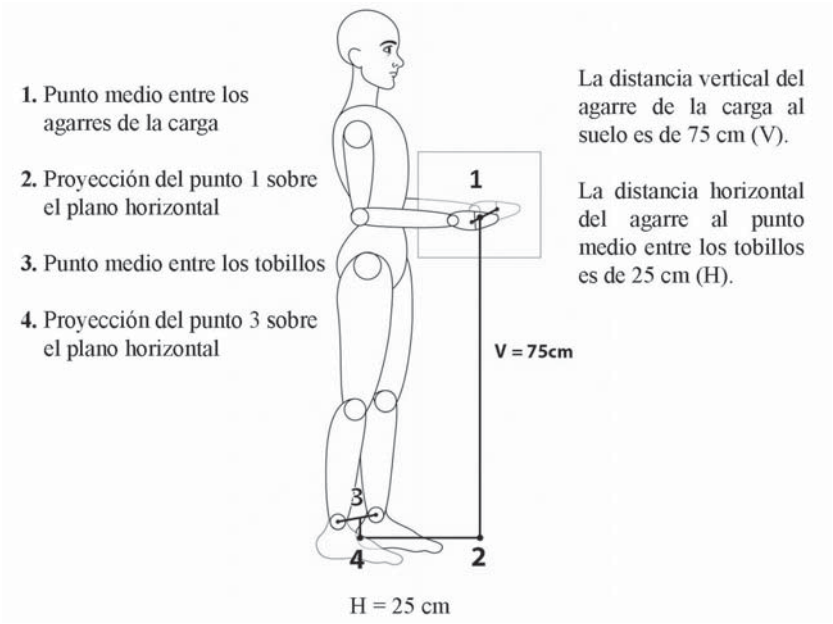
- El **criterio psicofísico,** limita la carga según la percepción que el trabajador tenga de su capacidad. Se basa en la resistencia y la capacidad de los trabajadores para manejar cargas con diferentes frecuencias y tiempos de duración. Se basa en el límite de peso aceptable para una persona trabajando. Este criterio considera de forma combinada los efectos de los criterios biomecánico y fisiológico del levantamiento de cargas, pero, tiende a sobreestimar la capacidad de los trabajadores cuando tienen que realizar tareas repetitivas de larga duración. Se establece que el máximo peso aceptable para mujeres es del 75% y para hombres el 99%.

Para la aplicación del método, es necesario observar las tareas desarrolladas por el trabajador en su puesto de trabajo y se debe determinar cada una de las tareas realizadas por este. Luego, se establece si la actividad laboral se analiza como una *tarea simple* o como una *multitarea*. El análisis multitarea requiere de la recolección de información de cada una de las tareas y la aplicación de la ecuación de NIOSH, para cada una de ellas y luego, se calculará el índice de levantamiento compuesto, el cual se explicará más adelante. Por lo general, se hacen cálculos en el movimiento inicial del levantamiento, y a partir de estos, se determina el límite de peso recomendado (LPR), aunque en ocasiones el sobreesfuerzo se produce al dejar la carga. Si el LPR, a partir del cociente de siete factores, se detallará

posteriormente. Si LPR es mayor o igual al peso levantado por el operario, se considera que la tarea puede ser desarrollada por la mayor parte de los trabajadores sin ningún problema. Si el LPR es menor, existe riesgo de lumbalgias y lesiones.

Antes de empezar a calcular los factores de la ecuación de NIOSH, se requiere tener clara cuál es la **localización estándar de levantamiento.** Esta posición se usa como una referencia en el espacio tridimensional para poder evaluar la postura de levantamiento de cargas, es la posición óptima para llevar a cabo el levantamiento de un objeto (Fig. 4.17). Cualquier desviación de esta posición implica una alteración de las condiciones ideales de levantamiento.

Fig. 4.17
Posición estándar de levantamiento de objetos

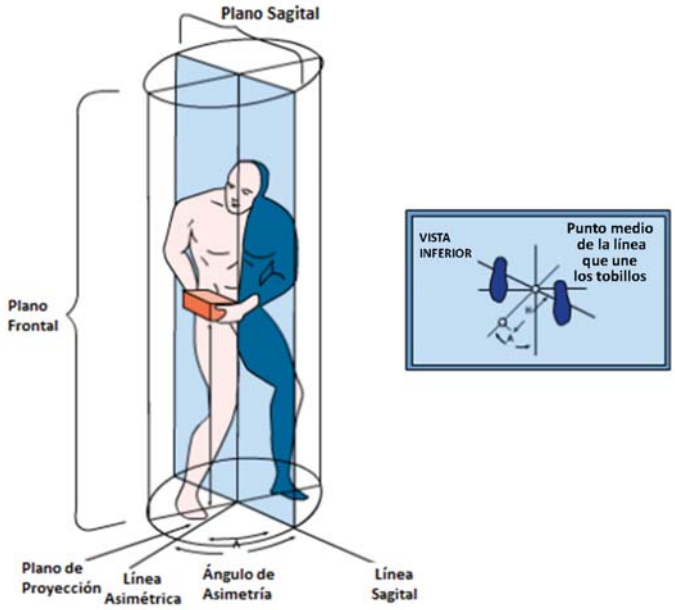


(Autor)

Una vez determinadas las tareas a analizar, y si existe control de la carga en el destino, se realiza la toma de datos asociados a cada tarea (Rothmore, y otros, 2017). Los datos que se recogen tanto en el inicio del levantamiento, como al final del movimiento (posición de destino) son:

- El *peso del objeto manipulado* (kg), incluido su contenedor (si lo requiere).
- La *distancia horizontal (H) y la vertical (V)* existentes (en el origen y en el destino) entre el punto de agarre y la proyección sobre el suelo del punto medio de la línea que une los tobillos (Fig. 4.17).
- La *frecuencia de los levantamientos en cada tarea (F),* se determina con el número de veces por minuto que el trabajador levanta la carga en cada tarea y por un periodo de 15 minutos, con lo que se obtiene el número medio de levantamientos por minuto.
- La *duración del levantamiento y tiempo de recuperación.* Se mide el tiempo total empleado en los levantamientos y en las recuperaciones luego de una actividad de levantamiento de carga.
- El *tipo de agarre*, según sea bueno, regular o malo.
- El ángulo de asimetría (*A),* formado por el plano sagital de la persona y el centro de la carga (Fig. 4.18), este ángulo indica la torsión durante el levantamiento (desde el inicio hasta el final del levantamiento).

Fig. 4.18
Medición del ángulo de asimetría



(Hidalgo, 2012) (García Molina, Page del Pozo, & Tortosa Latonda, 2000)

La ecuación de NIOSH (ec. 1), calcula el límite de peso recomendado (LPR), a partir del cociente de siete factores, detallados posterioremente (el peso máximo recomendado es de 23kg) (García Molina, y otros, 2007)(G Li, 1999). Para realizar la valoración, primero, se define un levantamiento ideal "localización estándar de levantamiento" y bajo condiciones óptimas (Fig. 4.17) (en posición sagital, realizando un levantamiento ocasional, como buen agarre, sin giros del torso, sin posturas asimétricas y con un desplazamiento vertical inferior a 25 cm):

$$RWL = LC*HM*VM*DM*AM*FM*CM \quad (1)$$

Donde:

- RWL es el "límite de peso recomendado"
- LC es la constante de carga (23 kg)
- HM es el factor de distancia horizontal
- VM es el factor de altura o distancia vertical
- DM es el factor de desplazamiento vertical
- FM es el factor de frecuencia
- AM es el factor de asimetría
- CM es el factor de agarre o acoplamiento

Donde, LC, es el valor de la constante de carga, peso máximo recomendado (23 kg) para un levantamiento desde la posición estándar y bajo condiciones óptimas (sin giros de dorso ni posturas asimétricas), y que puede ser levantado sin problema por el 75% de las mujeres y el 90% de los hombres en condiciones normales. Otros estudios consideran que LC, puede tomar un valor mayor (25 kg), pero no es un valor absoluto.

En cuanto a los factores multiplicadores HM, VM, DM, AM, FM y CM, pueden variar entre 0 y 1, según las condiciones en las que se realice el levantamiento de la carga, toman el valor de 1 en el caso de tratarse de un levantamiento en condiciones óptimas y valores más cercanos a cero cuanto mayor sea la desviación de la columna respecto a las condiciones ideales de levantamiento. Así, RWL, toma el valor de LC (23 kg) en caso de un levantamiento óptimo y valores menores dificultaran esta actividad.

El proceso de cálculo recomendado en este caso es el siguiente:

1. Cálculo de los índices de levantamiento de las tareas individuales (ILT_i).
2. Ordenar de mayor a menor los índices individuales (ILT_1, ILT_2, ILT_3, ..., ILT_n).
3. Cálculo del acumulado de incrementos de riesgo asociados a las diferentes tareas individuales. Este incremento es la diferencia entre el riesgo de la tarea simple a la frecuencia de todas las tareas simples consideradas hasta el momento, incluida la actual, y el riesgo de la tarea simple a la frecuencia de todas las tareas consideradas hasta el momento, menos la actual, es decir: ILT_i (F_1+F_2+F_3+...+F_i)-ILT_i (F_1+F_2+F_3+...+$F_{(i-1)}$).

A continuación, se presenta el cálculo de cada uno de los factores multiplicadores o coeficientes de la ecuación de NIOSH (Cada factor multiplicador valora una condición del levantamiento).

- **Factor de Distancia Horizontal (HM).** Según los criterios biomecánicos y psicofísicos, la fuerza de compresión en los discos intervertebrales lumbares y sacros, aumenta cuando se incrementa la distancia entre la carga y la columna. Por lo anterior, se penalizan los levantamientos en los que el centro de gravedad de la carga se levanta alejada del cuerpo. El factor de distancia horizontal (HM) se determina mediante la siguiente expresión:

$$HM = \frac{25}{H} \qquad (5)$$

Donde, H, es la distancia proyectada en un plano horizontal, entre el punto medio, los agarres de la carga y el punto medio entre los tobillos (Fig. 4.15). Si H < 25 cm, es decir, si la carga se levanta pegada al cuerpo o a menos de 25cm del mismo, se dará a HM el valor de 1 y si H > 63 cm, en donde se puede dar lugar a un levantamiento con pérdida del equilibrio, se dará a HM el valor de 0; en este caso, el límite de peso recomendado será igual a cero. Nuevamente, si existe control significativo de la carga en el destino HM, deberá calcularse con el valor de H en el origen y con el valor de H en el destino.

Cuando no pueda medirse, se puede obtener un valor aproximado mediante las siguientes relaciones: H = 20 + w/2 si V > 25 cm o H = 25 + w/2 si V < 25cm, donde w es la anchura de la carga en el plano sagital y V es la altura de las manos respecto al suelo.

- **Factor de Altura o Distancia Vertical (VM).** Penaliza los levantamientos con origen o destino en posiciones muy bajas o muy elevadas. El comité del NIOSH, escogió un 22.5% de disminución del peso respecto a la constante de carga para el levantamiento hasta el nivel de los hombros y para el levantamiento desde el nivel del suelo (García Molina, y otros, 2007).

$$VM = (1 - 0{,}003|V - 75|) \qquad (6)$$

Donde V es la distancia vertical entre el punto medio entre los agarres de la carga y el suelo (Fig. 4.17). VM valdrá 1 cuando la carga esté situada a 75cm del suelo y disminuirá a medida que se aleje de esta altura, Por otro lado, si V > 175 cm, se dará a VM el valor de 0**.**

- **Factor de Desplazamiento Vertical (DM).** Es la diferencia entre la altura inicial y la final de la carga. El comité del NIOSH, definió un 15% de disminución en la carga cuando el desplazamiento se realice desde el suelo hasta más allá de la altura de los hombros. Penaliza los levantamientos en los que el recorrido vertical de la carga es considerable. El factor DM se determina mediante la siguiente expresión:

$$DM = 0{,}82 + \frac{4{,}5}{D} \qquad (7)$$

Donde, D, es la diferencia (en valor absoluto) entre la altura de la carga al inicio del levantamiento (V_o) y al final del levantamiento (V_d). Si D < 25cm, DM toma el valor de 1, valor que disminuirá a medida que aumente la distancia de desplazamiento, el D no podrá ser mayor de 175 cm.

$$D = |V_o - V_d| \qquad (8)$$

- **Factor de Asimetría (AM).** Un movimiento asimétrico es aquel que empieza o termina fuera del plano medio-sagital (Fig.4.18) y hay que evitarse siempre que sea posible. El comité del NIOSH escogió un 30%

de disminución para levantamientos que impliquen giros del tronco de 90°. Penaliza los levantamientos de carga que requieren de la rotación en el plano coronal del tronco. Este factor se determina mediante la siguiente expresión:

$$AM = 1 - (0{,}0032A) \qquad (9)$$

Donde, A, es el ángulo de giro (en grados sexagesimales), medido como se muestra en la Fig. 4.18. El factor AM toma el valor 1 cuando no existe asimetría, y su valor decrece conforme aumenta el ángulo de asimetría. Normalmente, si A > 135° entonces AM toma el valor 0, pero si existe control significativo de la carga en el destino, AM debe calcularse con el valor de A en el origen y en el destino.

Los levantamientos asimétricos de carga se pueden dar en diferentes circunstancias, tales como:

- Cuando se utiliza el cuerpo como vía del levantamiento del objeto.
- Cuando entre el origen y el destino de la carga existe un ángulo
- Cuando la persona realiza el levantamiento en espacios reducidos o suelos inestables

- **Factor de Frecuencia (FM).** Este factor depende del número de levantamientos por minuto, de la duración de la tarea de levantamiento y de la altura de los mismos. Penaliza elevaciones realizadas con mucha frecuencia, durante periodos prolongados o sin tiempo de recuperación. Este factor puede calcularse a partir de la Tabla 4.12., considerando la frecuencia y la duración del trabajo realizado por el operario.

Tabla 4.12
Cálculo del factor de frecuencia

FRECUENCIA Elevaciones/min	DURACIÓN DEL TRABAJO					
	Corta (≤1hora)		Moderada (>1-2horas)		Larga (> 2-8 horas)	
	V<75cm	V≥75cm	V<75cm	V≥75cm	V<75cm	V≥75cm
≥0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75

Tabla 4.12 (Cont.)

2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
>15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

(Adaptada de National Institute for Occupational Safety and Heath, 2018)

Donde V, es la distancia vertical entre el punto medio, los agarres de la carga y el suelo (Fig. 4.17). Para frecuencias inferiores a 5minutos, se puede utilizar FM=0.2 elevaciones por minuto. Para calcular la duración del trabajo de la Tabla 4.12., se puede emplear la Tabla 4.13.

Tabla 4.13
Cálculo de la duración de la tarea para columna vertebral

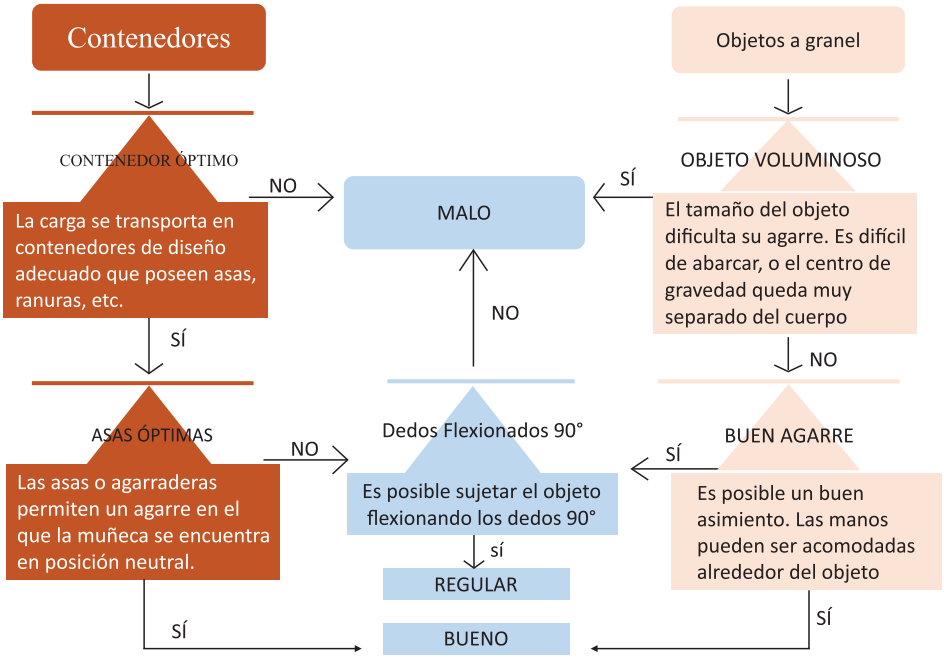
Tiempo	Duración	Tiempo de recuperación
≤1 hora	Corta	al menos 1,2 veces el tiempo de trabajo
>1 - 2 horas	Moderada	al menos 0,3 veces el tiempo de trabajo
>2 - 8 horas	Larga	

(Center, 2018)

Factor de Agarre (CM). Se determina según la facilidad del agarre y la altura vertical del manejo de la carga. La capacidad de levantamiento de objetos se ve disminuida por un mal agarre en la caga y esto genera la reducción del peso entre un 7 y un 11%. Penaliza las elevaciones en las

que el agarre de la carga es escaso. El factor de agarre puede obtenerse de la Tabla 4.14., partiendo del tipo y de la altura del agarre. El agarre de la carga debe ser tal, que, la palma de la mano quede flexionada 90°; en el caso de una caja, es posible colocar los dedos en la base de la misma. Para decidir el tipo de agarre se emplea el árbol de decisión de la Fig. 4.19.

Fig. 4.19
Árbol de decisión para la determinación de agarres



(Adaptado de Center, 2018)

Tabla 4.14
Cálculo del factor de agarre

	Factor de Agarre (cm)	
TIPO DE AGARRE	**V < 75**	**V ≥ 75**
Bueno	1.00	1.00
Regular	0.95	1.00
Malo	0.90	0.90

(Center, 2018)

Se consideran *buenos agarres* los llevados a cabo con contenedores de tamaños y asas (o agarraderas) adecuadas o aquellos sobre objetos sin contenedor, que permitan un buen asimiento, en el cual las manos pueden ser bien acomodadas alrededor del objeto, de preferencia, se debe sujetar firmemente la carga empleando ambas manos y pegar el objeto al cuerpo. El mejor tipo de agarre, sería un agarre en gancho, pero, depende de las preferencias de cada persona, lo importante es que sea seguro. Un *agarre regular,* es llevado a cabo sobre contenedores con asas de tamaño reducido, o realizado sujetando el objeto flexionando los dedos 90°. Finalmente, se considera *agarre pobre,* el realizado sobre contenedores mal diseñados (voluminosos a granel, irregulares o con aristas), en los cuales el agarre se realiza presionando por las palmas de las manos en los costados laterales del objeto (Figura 4.20).

Fig. 4.20
Ejemplos de tipos de agarre



(National Institute for Occupational Safety and Heath, 2018) (Hidalgo, 2012)

Unas asas o agarres adecuados van a hacer que un individuo pueda sostener firmemente el objeto, permitiendo, por lo tanto, una postura de trabajo correcta. Es conveniente que las cargas tengan asas o ranuras que permitan que la mano ingrese fácilmente, de modo que se pueda tener un agarre correcto, incluso, cuando la persona utilice guantes.

En la siguiente Tabla, se presentan algunos conceptos relacionados con la óptima manipulación de cargas:

Tabla 4.15
Condiciones para diseños óptimos de agarre

Parámetro	Especificaciones
Asa de diseño óptimo	Es aquella de longitud mayor a 11.5cm, de diámetro entre 2 y 4cm, con una holgura de 5cm para meter la mano, de forma cilíndrica y de superficie suave pero no resbaladiza.
Asidero perforado de diseño óptimo	Es aquel de longitud mayor de 11,5 cm, anchura de más de 4 cm, de holgura superior a 5 cm, con un espesor de más de 0,6 cm en la zona de agarre y de superficie no rugosa.
Recipiente de diseño óptimo	Es aquel cuya longitud frontal no supera los 40 cm, su altura no es superior a 30 cm y es suave y no resbaladizo al tacto.
Recipiente de diseño sub-óptimo:	Es aquel cuyas dimensiones no se ajustan a las descritas en el punto 3), o su superficie es rugosa o resbaladiza, su centro de gravedad es asimétrico, posee bordes afilados, su manejo implica el uso de guantes o su contenido es inestable.
Pieza suelta de fácil agarre	Es aquella que permite ser cómodamente abarcada con la mano sin provocar desviaciones de la muñeca y sin precisar de una fuerza de agarre excesiva.

(García Molina, y otros, 2007)

Finalizada la aplicación del método NIOSH, se podrá evaluar la tarea, rediseñar la actividad y el puesto de trabajo de forma que disminuya el riesgo de una lesión en el trabajador. En caso de que se realicen cambios, se debe evaluar de nuevo la tarea para comprobar si obtuvo una mejora.

Conocido el RWL, se calcula el índice de levantamiento LI (2), teniendo en cuenta si es una monotarea o una multitarea. A continuación, se detalla cómo hacer el cálculo en los dos casos:

Cálculo del Índice de Levantamiento (LI) para monotarea

Se calcula como el cociente entre el peso de la carga levantada y el RWL para la tarea.

$$\textbf{LI = Peso de la carga levantada / RWL} \qquad (2)$$

Si LI es ≤1, la tarea la puede realizar la mayoría de los trabajadores sin ningún riesgo de lesión, si 1<LI < 3, la tarea puede ocasionar problemas (dolencias o lesiones) para algunos trabajadores (las tareas de este tipo deben rediseñarse), y si LI es ≥ 3, la tarea es inaceptable desde el punto de vista ergonómico, ya que generará problemas a la mayoría de los trabajadores. En los dos últimos casos, es necesario estudiar y ajustar el puesto de trabajo según se requiera para garantizar condiciones ergonómicas adecuadas.

Cálculo de LI para multitarea

Para este caso, el método NIOSH recomienda el cálculo de un índice de levantamiento compuesto ILc (ecuación 3), con el fin de no subestimar los riesgos que se puedan generar a lo largo de la actividad:

$$IL_C = ILT_1 + \sum_{i=2}^{n} ILT_i \qquad (3)$$

La suma del segundo miembro de la ecuación se calcula de la siguiente manera:

$$\sum_{i=2}^{n} ILT_i = \begin{array}{l} \mathbf{(ILT_2(F_1 + F_2) - ILT_2(F_1)) + (ILT_3(F_1 + F_2 + F_3) - ILT_3(F_1 + F_2)) + \ldots} \\ \mathbf{\ldots + (ILT_n(F_1 + F_2 + F_3 + \ldots + F_n)\ (ILT_n(F_1 + F_2 + F_3 + \ldots + F(n\text{-}1)))} \end{array} \qquad (4)$$

Donde:

- $\mathbf{ILT_1}$ es el mayor índice de levantamiento obtenido de entre todas las tareas.
- $\mathbf{ILT_i\ (F_j)}$ es el índice de levantamiento de la tarea *i*, calculado a la frecuencia de la tarea *j*.
- $\mathbf{ILT_i\ (F_j + F_k)}$ es el índice de levantamiento de la tarea *i*, calculado a la frecuencia de la tarea *j*, más la frecuencia de la tarea *k*.

El valor del LIc puede ser calculado de otras tres formas, que son:

- **Suma de riesgos**: corresponde a la suma los índices de cada tarea.
- **Riesgo promedio**: se calcula el valor medio de los índices de levantamiento de cada tarea.
- **Mayor riesgo**: el IL_C es igual al mayor de los índices de levantamiento simple.

Limitaciones del método NIOSH. Para que una tarea pueda ser evaluada convenientemente con la ecuación de NIOSH, debe cumplir las siguientes condiciones (Diego Mas, 2015). Si no las cumple, la tarea será evaluada mediante otro u otros métodos:

- Las tareas como mantener la carga, empujar, estirar, transportar, subir, caminar, etc., adicionales al levantamiento no deben suponer más de 10% del gasto energético de la actividad desarrollada por el trabajador.
- Impedir la posibilidad de caídas o incrementos bruscos de la carga.
- Conviene que el ambiente térmico este en un intervalo de temperaturas de entre 19° y 26°, y una humedad relativa entre 35% y 50%. De lo contrario, sería necesario añadir al estudio evaluaciones del metabolismo con el fin de tener en cuenta el efecto de dichas variables en el consumo energético y en la frecuencia cardíaca.
- La carga no debe ser inestable, ni levantarse con una sola mano, en posición sentado o arrodillado, ni en espacios reducidos.
- El coeficiente de fricción entre el suelo y las suelas del calzado del trabajador debe estar entre 0.4 y 0.5 para impedir deslizamientos y caídas.
- No se emplean carretillas o elevadores.
- El riesgo del levantamiento y descenso de la carga es similar.
- El levantamiento de la carga no puede superar los 76 cm/s.
- No es posible aplicar la ecuación cuando la carga levantada sea inestable, debido a que la localización del centro de masas varía significadamente durante el levantamiento.

Capítulo 5

Evaluación de riesgos – Medio Ambientales

Cuando se habla del sistema hombre - máquina, en la definición ergonómica está incluido el ambiente (ruido, calor, vibraciones, iluminación, olores, turnos, horarios, monotonía, clima laboral, roles, estatus, etc.) y el componente psicosocial generado por los puestos de trabajo vecinos e incluso los alejados; en el diseño de puestos de trabajo se debe considerar también la densidad poblacional que tendrá el lugar, por ejemplo, un trabajador puede estar en un lugar muy grande y con mucho espacio, pero si no hay nadie más alrededor sentirá soledad y aburrimiento. Por otro lado, si se encuentra en un área donde los trabajadores están hacinados, resulta incómodo y carecen de intimidad, incluso pueden presentarse inconvenientes en la logística, en los desplazamientos, en la concentración, etc.

Ningún sistema hombre – máquina está totalmente cerrado, la mayoría de estos sistemas son abiertos o casi abiertos, por lo tanto, siempre se interactúa con el entorno y, aunque parecería ajeno, si no es bien controlado puede generar incompatibilidad hacia los subsistemas.

Los beneficios que reporta un ambiente de trabajo confortable se manifiestan claramente en una mejor eficiencia del sistema productivo y en un incremento en la satisfacción de la persona. De ahí, se puede afirmar que, en un puesto de trabajo donde el individuo se siente cómodo, las funciones a desempeñar se realizarán con mucha menor probabilidad de errores de percepción, de decisión y de actos inseguros.

Según algunos estudios, las mujeres son más meticulosas, delicadas, con tiempos de reacción mayores, sensibles al ruido, más vulnerables a la sobrecarga térmica, poseen una capacidad de trabajo físico y capacidad vital ligeramente menores que los hombres, mayores movimientos angulares articulares, la piel es menos gruesa, más delicada y fina al tacto, su masa muscular es menor, frecuencia cardíaca mayor y mejor razonamiento verbal. Estas diferencias se ven acentuadas cuando se encuentra embarazada, por ende, en un puesto de trabajo ocupado por una mujer se requiere hacer las readaptaciones convenientes.

El sexo masculino, por lo general, tiene más fuerza, lo que conlleva a que sus aptitudes estén condicionadas por su cuerpo, son más tolerantes a las percepciones sensoriales durante tiempos prolongados en el mismo ambiente, incluso, en la misma posición; gracias a su musculatura y al sistema cardiovascular, el anquilosamiento en el varón, se presenta menos.

En el diseño de espacios se tienen en cuenta muchas variables, desde el perfil y la antropometría de la persona, hasta sus sentimientos, estado de ánimo, carácter y sensibilidad a la percepción espacial, entre otras cosas.

5.1 LUZ Y CONFORT VISUAL

La iluminación en los puestos de trabajo es un factor importante para el adecuado desempeño del trabajador en sus tareas asignadas, por lo que, el nivel de iluminación debe ser suficiente y no excesivo para evitar la presencia de fatiga visual.

La iluminación es la cantidad y calidad de 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, etc.) y las características del lugar.

El alumbrado bien proyectado en oficinas, permite aumentar la eficacia mediante la reducción de errores, haciendo posible una mayor velocidad de trabajo y manteniendo condiciones satisfactorias para el mismo.

Existen determinadas investigaciones que han evidenciado la existencia de un fenómeno llamado *fototropismo* (Pedro Mondelo, 2013), el cual se describe como una atracción de la mirada hacia la fuente de luz. Los

puntos más intensos de luz distraen la atención produciendo parpadeos, mientras que puntos menos brillantes en áreas grandes, dan lugar a más movimientos oculares y duraderos. Si tales fuentes luminosas provocan distracción, pueden influir negativamente en el rendimiento laboral de una persona. El fototropismo, también tiene aspectos benéficos 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.

La consecuencia más importante del brillo de la luz en el campo de visión es el reflejo. Este puede ser directo de la fuente radiante de luz o indirecto de cualquier superficie brillante que refleje parte de la luz recibida. Algunos otros son llamados "reflejos molestos", aunque sí permite la visibilidad en la tarea y el "reflejo discapacitador" que no la permite o la dificulta.

La iluminación artificial es uno de los aspectos más satisfactorios de las oficinas modernas, ya que controlan muy bien los niveles de luz confortables. El problema que se presenta es cómo proporcionar a cada trabajador la luz suficiente para iluminar adecuadamente su espacio de trabajo sin crear reflejos o contrastes molestos, además de procurar un ambiente satisfactorio. La evidencia indica que los requerimientos de luz dependen de la tarea del trabajador, de su edad y del mismo espacio.

En algunas oficinas modernas se utilizan algunas lámparas individuales y de escritorio en los puestos de trabajo. Si las lámparas son ajustables tiene muchas ventajas, tales como:

- La luz directa hacia la zona de trabajo hace que este tenga un mayor nivel de iluminación que los alrededores.
- Se crea un ambiente luminoso no uniforme, lo que suele ser deseable.
- Facilita el posicionamiento, lo que minimiza los reflejos.
- Permiten la adaptación del nivel de iluminación según las necesidades del trabajador.
- Genera un entorno mucho más confortable y acogedor.

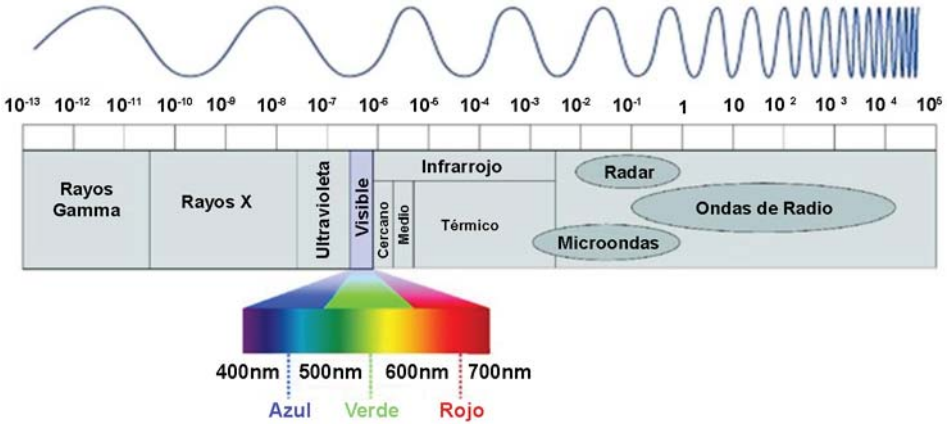
Iluminación a través de ventanas. La luz solar que proveniente de una ventana es muy variable, su ángulo cambia con la posición del sol respecto a la tierra, su brillo se modifica con el momento del día y la cantidad de

nubes presentes, entre otros factores. La luz solar ayuda a definir texturas y contornos de las superficies, ya que en parte es horizontal. Además de proporcionar una luz variable, las ventanas ofrecen una vista al exterior y una fuente de ventilación. Las ventanas permiten un ajuste variable de la luz mediante cortinas u otros elementos.

Las reacciones del personal en los puestos de trabajo cuando se carece de ventanas y ventilación natural son negativas, debido a que el sol es una necesidad para todos en todo momento, incluso cuando se labora. Esta necesidad se hace notable cuando el trabajador se encuentra encerrado en una oficina y es consciente de que el sol brilla en el exterior. Esta mejora el estado de ánimo, ya que en general, el trabajador quiere disfrutar de él, aunque sea solo observándolo y apreciando una vista agradable.

El ojo y la visión. El propósito del alumbrado consiste en hacer posible la visión. Dentro del espectro electromagnético, el ojo humano solo es capaz de captar una pequeña franja comprendida entre los 380 nm y 780 nm aproximadamente (Fig. 5.1), fuera de este ya no existe percepción. En función de la longitud de onda percibida, se captará uno u otro color.

Fig. 5.1
Espectro electromagnético

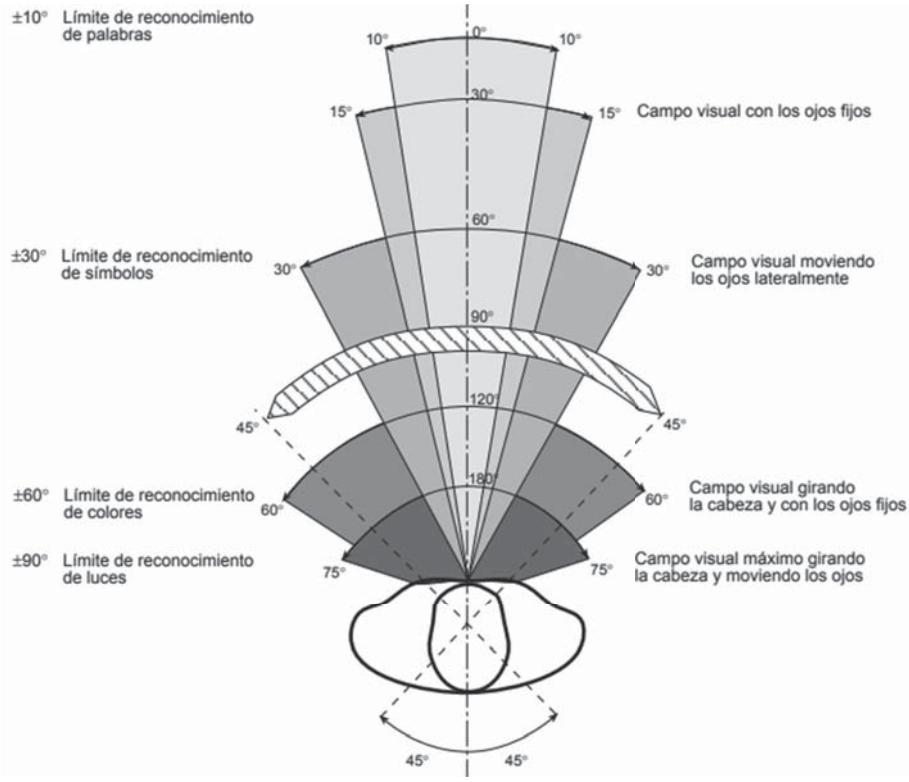


(Espectro Electromagnético, 2020)

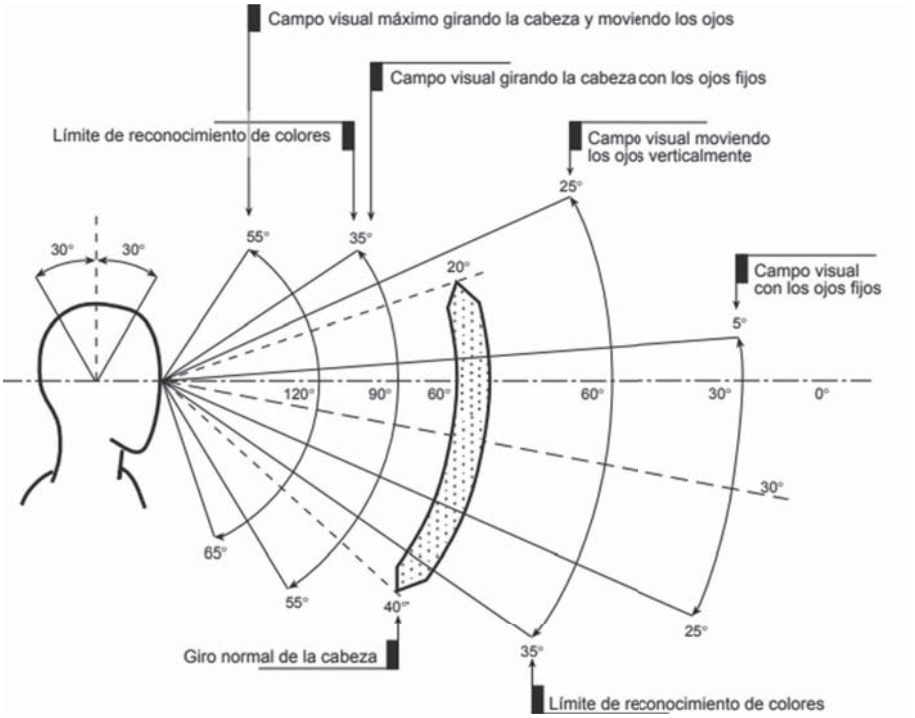
El *campo visual* puede dividirse en zonas con distinta claridad de visión, en función del ángulo de apertura con relación a la línea de visión (Figuras 5.2.a y 5.2.b):

- *Zona de visibilidad muy precisa*; corresponde a 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 los objetos de modo fácil.
- *Zona periférica*, comprendida entre los 40° y 70°; solo se perciben los objetos en movimiento y las luminancias muy contrastadas.

Fig. 5.2
Vistas del campo visual del ser humano



a. Vista superior del campo visual



b. Vista sagital del campo visual
(Pedro Mondelo, 2013)

Magnitudes y unidades lumínicas.

Dentro de las unidades lumínicas se tienen:

El flujo luminoso (lumen), es la energía luminosa total emitida por una fuente, por unidad de tiempo y dentro del espectro visible por el ser humano. El *lumen,* es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie de un metro cuadrado.

La intensidad luminosa (candela), es el flujo luminoso emitido por una fuente, en una determinada dirección. El rendimiento fotométrico es el número de lúmenes que produce una lámpara, dividido por el número de lúmenes que debiera producir si su espectro fuera monocromático a 550 nm.

Rendimientos típicos de las lámparas:

Lámpara incandescente: 10 lum/W
Lámpara halógena: 20 lum/W
Lámpara fluorescente: 80 lum/W
Fluorescente compacto: 65 lum/W

El nivel de iluminación es la cantidad de flujo luminoso incidente sobre una superficie por unidad de área. Su unidad es el lux (lumen/m^2). Cada tarea que realiza un trabajador en su lugar de trabajo, requiere un nivel de iluminación específico (Castillo Rodríguez, Fillaos Peralta, & Pineda Pravia, 2016), el cual está en función de:

- El tamaño de los detalles que se han de ver.
- La distancia entre el ojo y el objeto observado.
- El factor de reflexión del objeto observado.
- El contraste entre los detalles del objeto y el fondo sobre el que se destaca.
- La edad del observador.

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. Por otro lado, el nivel de iluminación es la intensidad de iluminación medida en el plano de trabajo.

El contraste, es la medida de la diferencia entre los niveles de luminosidad entre dos porciones del campo visual.

$$Contraste = \frac{Luminancia_{objeto} - Luminancia_{fondo}}{Luminancia_{fondo}} \quad (1)$$

A mayor contraste mejor será la percepción y mayor será la rapidez para distinguir un objeto. En el estudio realizado por Cabeza, Cabeza, & Corredor (2008), se evidencia cómo realizar la evaluación de la iluminación en los puestos de trabajo de una empresa petrolera, en donde se presenta la metodología y ecuaciones requeridas para el cálculo de alumbrado en interiores.

El índice de rendimiento de color o sensibilidad de color, califica la aptitud de una fuente luminosa para reproducir fielmente los colores. Para saber cuántos luxes hay en el lugar donde se está trabajando, se realiza la medición a la altura donde se están realizando las actividades (López Sánchez, 2020); en el caso de las zonas de uso general a 85cm del suelo y en el de las vías de cirbulación a nivel del suelo (Águila Soto).

La temperatura del color (Kelvin: °K) mide la capacidad de la luz para producir una sensación psicológica de calidez (Tabla 5.1).

Factores de calidad en la iluminación. Un entorno visual adecuado no se asegura solo proporcionando la *cantidad* de luz adecuada, también, debe ir acompañada de una serie de parámetros (Fig. 5.3) que aseguren su *calidad*, tales como:

- Nivel de iluminación (Tabla 5.2)
- Equilibrio de luminancias (Tabla 5.3)
- Contrastes: relación, distribución y efectos de contraste
- Reflejos y deslumbramientos
- Uniformidad temporal (debe evitarse el centelleo porque resulta muy molesto para la vista y es una causa para la fatiga visual)

Es importante garantizar buenas condiciones de iluminación en el puesto de trabajo, ya que una iluminación deficiente puede provocar riesgos de accidentes debido a: tropiezos con objetos, a no percibir adecuadamente la posición y la distancia de los elementos del entorno o posibles deslumbramientos que afectan la visión y eficiencia de los trabajadores. Aunque el ojo humano puede apreciar iluminancias comprendidas entre los 3 y 100.000 lux y para poder desarrollar cómodamente una actividad, necesita entre 100 y 1000 lux (Hernández Fernández & Lucio González, 2014).

La distribución del flujo luminoso proporcionado por las luminarias depende también de otros elementos que hacen parte del entorno laboral. Existen diferentes tipos de iluminación: directa, semi-directa, uniforme, semi-indirecta e indirecta (Madrid López & Cañas Delgado, 2015).

Tabla 5.1
Valores aproximados de las temperaturas de color[1] de diversas fuentes

Fuente Luminosa	Temperatura de Color K
Cielo azul	10000-30000
Cielo nublado	7000
Luz solar al mediodía	5250
Lámparas fluorescentes	
Luz del día	6500
Blanca fría	4500
Blanca	3500
Blanca cálida	3000
Lámparas	
Luz de día de 500W	4000
De servicio general	2500-3050
Lámpara fotográfica	3400

(Pedro Mondelo, 2013)

Fig. 5.3
Características cualitativas de la iluminación



(Autor)

1 A mayor temperatura de color más fría es la lámpara.

En la Tabla 5.2., se presentan los niveles mínimos de iluminación necesarios en los trabajos según las exigencias visuales requeridas y las zonas de trabajo (Real Decreto 486/ 1997), en la Tabla 5.3., se presentan los niveles de iluminación recomendados para trabajo en interiores y en la Tabla 5.4., se presentan los niveles mínimos de iluminación según las zonas, actividades y tareas a realizar por el operario según la Norma ISO 8995/89.

Tabla 5.2
Niveles de iluminación según zona o lugares de trabajo

Zona o lugar de trabajo	Nivel mínimo de iluminación (Lux)
Zonas donde se ejecutan las tareas con:	
1° Bajas exigencias visuales	100
2° Exigencias visuales moderadas	200
3° Exigencias visuales altas	500
4° Exigencias visuales muy altas	1000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

(López Sánchez , 2020)

Tabla 5.3
Niveles de iluminación recomendado para interiores por la CIE

Intervalo	Iluminancia (Lux)	Clases de Actividades
A	20	Zonas públicas con alrededores oscuros
Iluminación general en zonas poco frecuentadas o que tienen necesidades visuales sencillas	30	
	50	Únicamente como simple ornamentación en visitas de corta duración
	75	
	100	Lugares no destinados para trabajo continuo (zonas de almacenaje y entradas)

Tabla 5.3 (Cont.)

Iluminación general en zonas poco frecuentadas o que tienen necesidades visuales sencillas	150	
	200	Tareas con necesidades visuales limitadas (Maquinaria pesada, salas de conferencia)
	300	
B	500	Tareas con necesidades normales (Maquinaria media, oficinas)
Iluminación general para trabajos en interiores	750	
	1000	
	1500	Tareas con necesidad visual especial (grabado, inspección textil)
	2000	
C	3000	Tareas prolongadas que requieren precisión (micro-electrónico relojería)
Iluminación adicional en tareas visuales exactas	5000	
	7500	Tareas visuales excepcionalmente exactas (montaje micro-electrónico)
	10000	
	10500	Tareas muy especiales (operaciones quirúrgicas)
	20000	

(Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y otros Problemas de Salud)

Tabla 5.4
Niveles mínimos de iluminación según zonas, actividades y tareas a realizar

Zonas, Actividades, Tareas	ISO 8995/89 GAMA DE VALORES (LUX)	OGSHT VALORES MÍNIMOS (LUX)
Áreas de trabajo o de circulación exterior	20-30-50	20
Áreas de circulación: orientación o estancias cortas	50-100-150	50
Áreas no utilizadas para trabajar	100-150-200	100

Tabla 5.4 (Cont.)

Tareas con exigencias visuales escasas	200-300-500	200
Tareas con exigencias visuales medias	300-500-750	300
Tareas con exigencias visuales	500-750-1000	500-1000
Tareas con exigencias visuales difíciles	750-1000-1500	
Tareas con exigencias visuales particulares	1000-1500-2000	
Tareas que requieren una precisión visual grande	>2000	1000

(Águila Soto)

Para una mejor y más completa información, se puede remitir a la Resolución No. 180540 del 30 de marzo de 2010, del Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia, en donde se presenta el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2010), en el que se establecen los requisitos de eficacia mínima y la vida útil de las fuentes lumínicas y se dictan otras disposiciones. En este reglamento, el lector podrá encontrar información sobre los requisitos generales para un sistema de iluminación, los requisitos de productos para iluminación y alumbrado público, diseños y cálculos de iluminación interior, entre otros temas de interés.

Adicionalmente, se puede consultar y aplicar el nuevo método para la evaluación del Índice de Reproducción Cromática- IRC (Color Rendering Index – CRI por sus siglas en inglés) de la Sociedad de Ingeniería de Iluminación (IES) de EE.UU., de las fuentes de luz (ANSI/IES TM-30-18) (Illuminating Engineering Society, 2018) y aprobado por la Comisión Internacional de Alumbrado (CIE). Este es un memorando técnico que hace algunas modificaciones al IES TM-30-15, para tener una mejor coherencia con el índice general de fidelidad de color (R_f) de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) CIE 224 del 2017.

Este IRC, es una escala que va de 0 a 100% e indica lo precisa que puede llegar a ser determinada fuente de luz al devolver un color cuando esta se compara con una fuente de luz de referencia (a mayor IRC, mayor es la habilidad de esa fuente de luz de reproducir fielmente el color). El IRC,

se basa en el índice de fidelidad (R_f) calculado dentro de IES TM-30-15, pero con algunos cambios pequeños. El índice de fidelidad IES TM-30-18, R_f, es análogo al conocido CIE 13.3-1995 General Color Rendering Index R_a (coloquialmente conocido como "CRI"). Ambas buscan caracterizar la fidelidad de color promedio, pero el IES sostiene que R_f es superior (Lineart, 2020).

Aplicación de los colores en áreas de trabajo. La elección de colores tiene otro tipo de implicaciones cuyo conocimiento y compresión permite mejorar el ambiente de trabajo. El color constituye un factor funcional y estético al que la gente responde de modo inconsciente. El conocimiento de la interacción existente entre el color, la iluminación y el comportamiento humano, permitirá encauzar y dirigir el diseño de los ambientes laborales para favorecer a todo el personal, ya que el color de los objetos depende del color de la luz con la cual se estén iluminando y existe (para cada color de la luz con la que se ilumina) un factor de reflexión que se define como la relación entre el flujo luminoso reflejado y el flujo luminoso incidente. En la Tabla 5.5., se pueden observar los aspectos del color asociados al nivel de iluminación y en la Tabla 5.6., su pueden ver algunas de las aplicaciones de las apariencias del color.

Tabla 5.5
Aspectos del color según el nivel de iluminación

NIVEL DE ILUMINACIÓN (LUX)	APARIENCIA DEL COLOR		
	Cálido	Intermedio	Frío
	Luz blanco-rojiza	Luz blanca	Luz blanca azulada, niveles de iluminación elevado
	Locales residenciales	Locales de trabajo	Tareas particulares, ambientes calurosos
⊆ 500	Agradable ↕ Estimulante ↕ No natural	Neutra ↕ Agradable ↕ Estimulante	Fría ↕ Neutra ↕ Agradable
500-1000			
1000-2000			
2000-30000			
≥ 3000			

(Modificada Águila Soto)

Tabla 5.6
Aplicaciones de los colores según su apariencia

APARIENCIA DEL COLOR	APLICACIONES
CÁLIDA	- Hogares, hoteles, restaurantes - Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión, etc., en **climas fríos**
INTERMEDIA	- Escaparates, tiendas, hospitales, etc. - Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión, etc., en **climas templados**
FRÍA	- Industria textil, fábricas de pintura, talleres de imprenta, etc. - Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión, etc., en **climas cálidos**

(Modificada Águila Soto)

El uso funcional de los colores se maneja cuando el color es útil y eficaz, su objetivo es claro y definido. Se pueden distinguir cuatro tipos fundamentales en la utilización de colores:

a) *Señalizar con precisión y claridad.* En lo relativo a seguridad; el rojo, indica inminencia de accidente, reclama obediencia y precaución. El anaranjado, implica advertencia. El verde, indica situación de seguridad.

b) *Crear un ambiente de confort visual:* Se deben elegir colores claros y de confort psicológico, optando por utilizar colores alegres: *colores claros* para aumentar la luminosidad de un lugar; *colores oscuros* para hacer más seria la impresión de un edificio; *color azul* para brindar un ambiente fresco; *color verde* para favorecer la concentración intelectual; *color rosa* suave para animar a un enfermo.

c) *Lograr un incremento del rendimiento* al reducir el malestar y la fatiga.

d) *Decorar estéticamente los locales.*

Para la evaluación del ambiente lumínico, se pueden emplear dos métodos, los objetivos o los subjetivos. Para la medida de las magnitudes lumínicas, hay dos variables de medida de referencia en todo estudio (Madrid López & Cañas Delgado, 2015); estas son:

- *Niveles de iluminación*, los cuales son medidos mediante un luxómetro, en el lugar de trabajo, justo en el área donde el trabajador realiza sus tareas.
- *Luminancias*, las cuales son medidas mediante un luminancímetro homologado, a la altura de los ojos del trabajador, dirigiendo el foco hacia las fuentes de luz y superficies cuya luminancia desea medirse.

En síntesis, en cualquiera de los casos, se recomienda que la iluminación sea lo más uniforme posible, evitando variaciones bruscas de iluminación y deslumbramientos producidos tanto por la luz natural como la artificial o a causa de superficies reflectantes (LÓPEZ SÁNCHEZ, 2020), por lo que es importante tener en cuenta los reflejos, la calidad de la luz, la colocación de las luminarias, los contrastes de colores y de la brillantez, así como parpadeos y sombras.

Es importante tener presente, que, el confort lumínico se refiere a la percepción que una persona tiene a través del sentido de la vista y difiere del confort visual, ya que el confort lumínico se refiere de manera preponderante a los aspectos físicos, fisiológicos y psicológicos relacionados con la luz, mientras que el confort visual se refiere a aspectos psicológicos relacionados con la percepción espacial y de los objetos que rodean al individuo en un espacio determinado (Hernández Fernández & Lucio González, 2014). En el confort lumínico se deben tener en cuenta tres parámetros que son: la *iluminancia* o cantidad de energía luminosa que incide sobre una superficie (se mide en Lux= 1 lumen/m^2); el deslumbramiento que es provocado por la excesiva diferencia entre las energías radiadas por los cuerpo en función de lo iluminados que estén y finalmente, el color de la luz, que es consecuencia del reparto de energía en las diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir (Hernández Fernández & Lucio González, 2014).

Algunas recomendaciones para lograr una correcta iluminación en el puesto de trabajo son: Instalar un gran número de lámparas que eviten o reduzcan el reflejo; es mejor colocar lámparas de material opalescente, con focos de filamento para de esta forma evitar el reflejo y hacer que la luz se extienda sobre una mayor superficie, en la medida de lo posible utilizar la luz solar o la luz blanca y proporcionar un correcto nivel de iluminación en todos los puntos del puesto de trabajo. Adicionalmente, en la NTP 242, se presentan algunas de las principales variables a tener en cuenta para garantizar una correcta iluminación en las zonas de trabajo. Por ejemplo:

- Conocimiento del nivel de iluminación en el puesto de trabajo
- El tipo de tarea que se va a realizar
- El contraste de luz entre los objetos que se van a manipular y el entorno de trabajo
- La edad y experiencia del trabajador
- La disposición de las luminarias o aparatos de alumbrado en el lugar

5.2 RUIDO Y CONFORT SONORO

El oído del ser humano, es un sistema complejo y sofisticado capaz de distinguir distintos timbres y detectar frecuencias acústicas comprendidas en el rango de 20 a 20000 Hz. Está compuesto por un oído externo, un oído medio y un oído interno, cuya finalidad es captar y concentrar las ondas de presión para convertirlas en impulsos nerviosos, esto bajo excitaciones mínimas y con una eficacia en la capacidad para discernir entre sus distintos valores. Gracias al oído, se pueden percibir desde sonidos extremadamente débiles (próximos al umbral de audición), hasta sonidos muy altos (la intensidad del sonido más intenso que el oído puede percibir es 10^{-4} Watt/cm^2 (Merino & Muñoz Repiso, 2013). Esto es equivalente a un intervalo 1000 veces superior al rango de intensidades luminosas que el ojo puede ver.

Para cuantificar la audición, la física de la audición maneja dos magnitudes que son la *intensidad acústica* (energía en forma de onda sonora que atraviesa en la unidad de tiempo a la unidad de superficie) y el *nivel acústico* (magnitud de la sensación que los sonidos producen en el sistema auditivo del ser humano) (Merino & Muñoz Repiso, 2013).

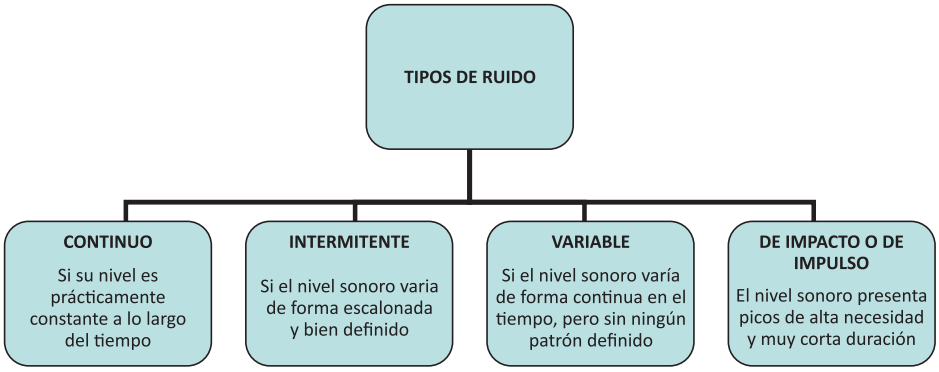
El nivel de intensidad acústica puede calcularse en función del nivel de intensidad acústica (LI), el nivel de presión acústica (Lp) y el nivel de potencia acústica (Lw), y se define según la ecuación (2) (Merino & Muñoz Repiso, 2013) como el logaritmo del cociente entre la intensidad, la presión o la potencia acústica y la intensidad, la presión o la potencia acústica umbral (mínima audible), respectivamente. Las tres expresiones para el nivel acústico son:

$$L_I = 10\log\frac{I}{I_0} \;;\; L_P = 20\log\frac{P}{P_0} \;;\; L_W = 10\log\frac{W}{W_0} \qquad (2)$$

En todo puesto de trabajo, tanto los ruidos estridentes, como los monótonos, fatigan a las personas. Para mantener el confort y la eficiencia del trabajador, hay que controlar el nivel de los ruidos ya que la exposición al ruido no solo puede llegar a producir una disminución de la capacidad auditiva de las personas expuestas, sino que, además, puede provocar alteraciones fisiológicas e incluso psicológicas y, en consecuencia, producir una serie de molestias que generalmente se denominan efectos no auditivos del ruido.

Hace tiempo, el ruido se reconoció como un problema para el trabajador. Las medidas tomadas para combatir el ruido en oficinas han incluido las adaptaciones de máquinas, la colocación de alfombras en el suelo, adecuación de techos, etc. En oficinas abiertas, el ruido es un problema especial y se han adaptado techos especiales, divisiones con paneles absorbentes de sonido y ruido electrónico de fondo. Existen diferentes tipos de ruidos, con características particulares, los cuales se presentan en la Figura 5.4.

Fig. 5.4.
Tipos de ruido



(Autor)

Estudiar el impacto psicológico del ruido es complicado por dos razones. La primera, el ruido puede molestar no solo por sus características físicas, sino también por el significado que tenga para el usuario; y, en segundo lugar, la gente difiere qué es para ellos ruido y en su reacción frente a él.

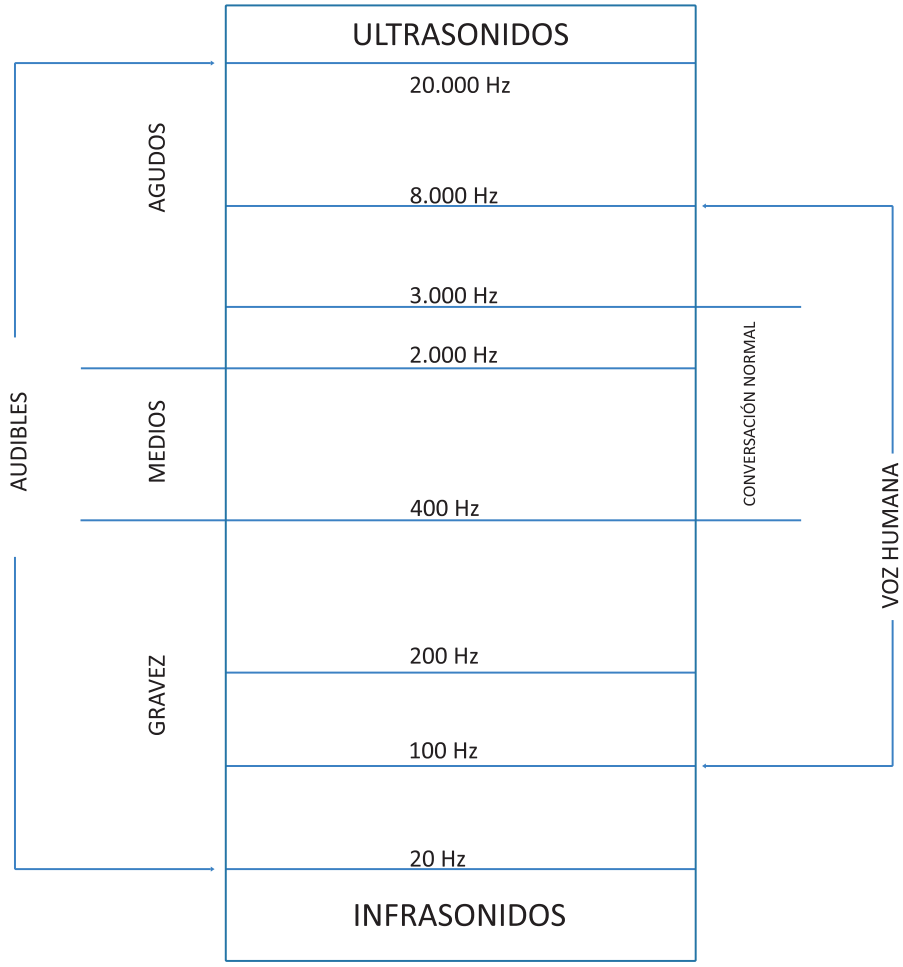
Música. El entorno ambiental de algunas oficinas incluye música, que es un sonido introducido voluntariamente. La introducción de música como estimulante es un aspecto positivo: estimula la producción a través del rendimiento personal, mejora la moral, aunque en períodos largos puede ser contraproducente.

Los principales motivos para implementar música durante el trabajo son:

- Reducir o compensar la baja estimulación sensorial de las tareas monótonas
- Enmascarar ruidos
- Crear barreras de intimidad

Aspectos técnicos del ambiente sonoro. Se entiende por sonido a la vibración mecánica de las moléculas de un gas, líquido o sólido, que se propaga en forma de ondas y que es percibido por el oído humano; se mide en unidades llamadas decibelios o decibeles. Por otro lado, el ruido es todo sonido no deseado o que produzca daños fisiológicos, psicológicos o interferencia en la comunicación.

Fig. 5.5
Intervalo de frecuencias audibles por el ser humano



(Autor)

El sonido se puede caracterizar y definir mediante dos parámetros: la *presión acústica* (*Lp*), que es la raíz cuadrada de la variación periódica de la presión en el medio donde se propaga la onda sonora, la unidad usada es el Pascal (Pa = N/m^2) (Tabla 5.5), y la *frecuencia* (*f*) es el número de ciclos de una onda que se completan en un segundo y su unidad de medida es el Hertz (Hz), que equivale a un ciclo por segundo (Fig. 5.5).

Tabla 5.7
Ejemplos de niveles de presión acústica

Presión Acústica		
Pa = N/m²	**dB**	**Ejemplo**
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

(Sánchez Daza & Cañón Pinilla, 2018)

La unidad que refleja la presión acústica es el Bel y se usa comúnmente el decibel (dB).

La presión acústica *Lp* se define como:

$$L_P = 20 \log \frac{P}{P_0} \qquad (2)$$

Donde:

P = es la raíz media cuadrática de la variación periódica de la presión del sonido investigado y

P_0 = es la presión acústica tomada convencionalmente como un patrón del sonido más débil que puede ser percibido normalmente ($2x10^{-5}$ Pa).

Escalas ponderales. Dada la variación de la sensibilidad del oído a la frecuencia, una medida del nivel de intensidad sonoro no es suficiente para caracterizar fisiológicamente el ruido.

Existen tres escalas de decibeles ponderadas para tener en cuenta el fenómeno (Tabla 5.6):

- 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 arriba de 85 dB.

Tabla 5.8
Valores correctores de las escalas ponderales

f (Hz)	dB (A)	dB (B)	dB /C)
10	-70,4	-38,2	-14,3
12,5	-63,4	-33,2	-11,2
16	-56,7	-28,4	-8,5
20	-50,5	-24,2	-6,2
25	44,7	-20,4	-4,4
21,5	-39,4	-17,1	-3
40	-34,6	-14,2	-2
50	-30,2	-11,6	-1,3
63	-26,2	-9,3	-0,8
80	-22,5	-7,4	-0,5
100	19.1	-5,6	-0,3
125	-16,1	-4,2	-0,2
160	-13,4	-3	-0,1
200	-10,9	-2	0
250	-8,6	-1,3	0
315	-6,6	-0,8	0
400	-4,8	-0,5	0

f (Hz)	dB (B)	dB /C)
500	-0,3	0
630	-0,1	0
800	0	0
1000	0	0
1250	0	0
1600	0	-0,1
2000	-0,1	-0,2
2500	-0,2	-0,3
3150	-0,4	-0,5
4000	-0,7	-0,8
5000	-1,2	-1,3
6300	-1,9	-2
8000	-2,9	-3
10000	-4,3	-4,4
12500	-6,1	-6,2
16000	-8,4	-8,5
200000	-11,1	-11,2

(Sánchez Daza & Cañón Pinilla, 2018)

El ruido y la salud

El ruido puede describirse como un sonido sin calidad musical agradable, o como un sonido no deseado que puede convertirse en perjudicial para la salud auditiva de las personas. Las ondas sonoras asociadas al ruido

se originan por la vibración de algún objeto, que a su vez establece una sucesión de ondas de compresión o expansión a través del medio que las contiene (aire, agua y otros) (Sánchez Daza & Cañón Pinilla, 2018). La exposición corta, por mucho tiempo o repetidamente de una persona a un ruido excesivo por encima de los 85dB, origina, inicialmente, un desplazamiento temporal del umbral de audibilidad, evidenciado en un periodo de fatiga auditiva que desaparece después de algunos minutos u horas de reposo (Hernández Díaz & González Méndez, 2007). A medida que aumenta el tiempo de exposición o la intensidad, o se suman ambos factores, la afectación o pérdida de la audición puede pasar de ocasional a permanente. Mientras más alto sea el sonido, más rápido es la pérdida de audición inducida por el ruido. Es importante tener en cuenta, que, los efectos nocivos del ruido sobre la capacidad y agudeza auditiva del individuo están asociados a diferentes factores como: frecuencia, pureza, intensidad, duración o tiempo de exposición, repetición, edad del trabajador y susceptibilidad individual.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), reportó que, en el año 2015, "en el mundo 360 millones de personas presentaban problemas de audición, lo que representa un 5,3% de la población mundial, de estas, cerca de 250 millones presentan pérdida auditiva de moderada a profunda en ambos oídos" (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016). Para el 2 de marzo de 2021, en el mundo, 1500 millones de personas viven con algún grado de pérdida de audición y está previsto que para el 2050 haya casi 2500 millones de personas con algún grado de pérdida de audición (Organizzación Mundial de la Salud, 2021).

En Colombia, existen varias normativas enfocadas hacia la promoción y prevención auditiva y comunicativa de posibles enfermedades laborales; la Resolución 0627 del 7 de abril de 2006, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, establece la Norma Nacional de Ruido y Ruido Ambiental, que busca evitar efectos nocivos que alteren la salud de la población; la NC-19-01-04 de 1980: Requisitos generales higiénicos-sanitarios. Según el Real Decreto 286 del 10 de marzo de 2006, se establecen las "*disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición al ruido, en particular los riesgos para la audición"*. En este decreto se especifican

unos valores límite de exposición (87 dB a nivel continuo, 140dB como nivel máximo) y establece que los niveles sonoros continuados superiores a 80dB deberían dar lugar a acciones preventivas tempranas.

Por otro lado, se cuenta con la norma NTP 503 del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, la cual norma el confort acústico, especialmente el ruido en oficinas generado por fuentes externas al puesto de trabajo, que se producen en las instalaciones del edificio o empresa, generado por los equipos de oficina y el producido por las personas de la empresa (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 1998).

También, se cuenta con la Resolución 8321 de 1983, que dicta jurisprudencia sobre la protección y conservación de la audición de la salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos, el Decreto 1072 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, con la Resolución 1792 de 1990, se establecen los valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido y que vela por la protección a la salud de los trabajadores. En el Artículo 1 de esta resolución, se presentan los valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido (Tabla 5.7):

Tabla 5.9
Límites permisibles para exposición ocupacional al ruido

Tiempo de Exposición (horas)	dB
8	85
4	90
2	95
1	100
1/2	105
1/4	110
1/8	115

(Sánchez Daza & Cañón Pinilla, 2018)

En Colombia, cerca de cinco millones de personas (11% de la población total), padecen problemas de audición. Se estima que entre la población activa de 25 a 50 años la prevalencia de la pérdida de audición es de un

14% (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016) (Clemente Ibáñez, 1991). Según la OMS es recomendable no superar los 65dB para asegurar la salud de las personas, y en caso de que la exposición supere los 85dB de manera continuada, será considerado un peligro para la salud del personal de la empresa (López Sánchez M. d., 2020). El exceso de ruido puede afectar el funcionamiento del oído, generar trastornos nerviosos, dolor de cabeza, arritmias, insomnio, irritabilidad, desajustes en la tensión arterial o en algunas ocasiones genera agresividad. Lo anterior se traduce en una disminución del rendimiento laboral y en la calidad de sus tareas (LÓPEZ SÁNCHEZ, 2020). Desde el punto de vista ergonómico los problemas que puede ocasionar la exposición al ruido pueden ser:

- Disminución o pérdida de la capacidad auditiva, conocida como hipoacusia, que puede ser de tipo conductiva, neurosensorial o mixta. A nivel más leve también suelen aparecer acúfenos o zumbidos en los oídos que producen malestar subjetivo.
- Provocar alteraciones fisiológicas en órganos diferentes al de la audición.
- Efectos negativos sobre el aparato circulatorio. Por ejemplo: aumento la presión arterial del ritmo cardíaco; aceleración del metabolismo; aumento de la tensión muscular, alteraciones hormonales y en los ritmos del sueño, entre otros.
- Alteraciones del aparato respiratorio e interferir en la comunicación verbal. Ejemplo: modificación del ritmo de la respiración, disfonía por elevar el tono de la voz durante tiempos prolongados.
- Producir problemas de tipo psicológico, provocando modificaciones en el comportamiento, en el carácter y favoreciendo las situaciones de estrés laboral, Además, puede provocar trastornos del sueño y problemas de descanso, que desencadenan en molestias o distracciones en las personas y alteran el adecuado desarrollo de algunas tareas cotidianas.
- Efectos negativos en el rendimiento y desempeño de tareas laborales e incluso puede alterar el comportamiento social dentro y fuera del lugar de trabajo.

La exposición prolongada al ruido, causa lesiones auditivas progresivas que se manifiestan hasta pasado algún tiempo y pueden llegar a provocar sordera por daño o muerte de las células ciliadas del oído. Algunas de estas lesiones son:

- Trauma acústico agudo.
- Hipoacusia crónica inducida por el ruido.
- Presbiacusia o sordera debido a la edad.
- Pérdida temporal de audición o fatiga auditiva.
- Riesgos de pérdida de audición.

Como acciones de prevención, se debe evitar la exposición a sonidos altos, que estén muy cerca o que duren mucho tiempo. Sin embargo, en algunos casos, cuando las tareas son concretas, repetitivas y monótonas, una ligera fuente de ruido o música, puede hacer más llevadera la actividad, aunque depende mucho de los gustos y costumbres de las personas.

Según la "Guía Técnica de Pantallas de Visualización del INSHT", en un puesto de trabajo, se deben usar equipos de bajo nivel sonoro. Para tareas complejas o que requieran de altos niveles de concentración el nivel de ruido no puede exceder los 55 dB (Rodríguez Pozo). Esta guía, junto con el Real Decreto 286, mencionado previamente, proponen diferentes acciones que se pueden implementar en los puestos de trabajo para evitar o reducir la exposición al ruido. Por ejemplo: diseño ergonómico de puestos de trabajo, elección de equipos adecuados según las tareas a desarrollar por el personal, uso de equipos de protección personal individual y la organización de turnos de trabajo que limiten la exposición a altos niveles de ruido (Madrid López & Cañas Delgado, 2015).

La evaluación del confort acústico puede hacerse desde el punto de vista subjetivo y desde el objetivo, mediante el uso de instrumentos como el sonómetro que mide la presión sonora en un momento determinado o un promedio temporal, o el dosímetro que mide la dosis acumulada de ruido. En la evaluación del confort acústico, se deben identificar cuáles son las fuentes que generan el ruido, caracterizar a los trabajadores, a sus tareas y al ruido ambiental presente en el lugar de trabajo.

Existen diferentes métodos para evaluar el ruido en oficinas, uno de los más utilizados es el método IRO (Índice de Ruido en Oficinas), que estudia el ruido total que se puede encontrar en una oficina ocasionado por diferentes fuentes sonoras y permite tener un diagnóstico del grado de aislamiento acústico que se puede necesitar en el lugar.

Para la valoración del ambiente sonoro según el tipo de trabajo realizado, se cuenta con el Método EWA. Otros métodos de evaluación (Madrid López & Cañas Delgado, 2015) son:

- *Las curvas de confortabilidad acústica.* Algunas de ellas son: las curvas Noise Rating (NR); las curvas Preferred Noise Criterion (PNC) y las Curvas Room Criteria Mark II (RC Marck II). En la Tabla 5.10 se presentan los valores máximos a nivel de presión sonora a distintas frecuencias y dependiendo del tipo de ambiente.

Tabla 5.10
Valores de Preferred Noise Criterion (PNC)

AMBIENTE	VALOR PNC	EQUIVALENCIA dB(A)
Oficinas privadas (despachos)	40	38 - 47
Grandes oficinas	45	45 - 52
Laboratorios y salas de diseño	50	50 – 56
Almacenes	60	60 - 66

(Madrid López & Cañas Delgado, 2015)

La evaluación de la interferencia en la comunicación (UNE-En ISO 9921-2004), mediante el *Nivel de Interferencia Verbal (NIV o por sus siglas en inglés- SIL)* que está afectado por el nivel del ruido, el esfuerzo vocal del hablante y la distancia hablante-oyente.

La ISO TC 43 "Assessment of noise- exposure during work for hearing conversations purposes", publicó 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) (Tabla 5.11).

Tabla 5.11
Riesgos en porcentaje de sufrir alteraciones de la audición

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

(Sánchez Daza & Cañón Pinilla, 2018)

No todos los ruidos son igualmente perjudiciales, es importante conocer que:

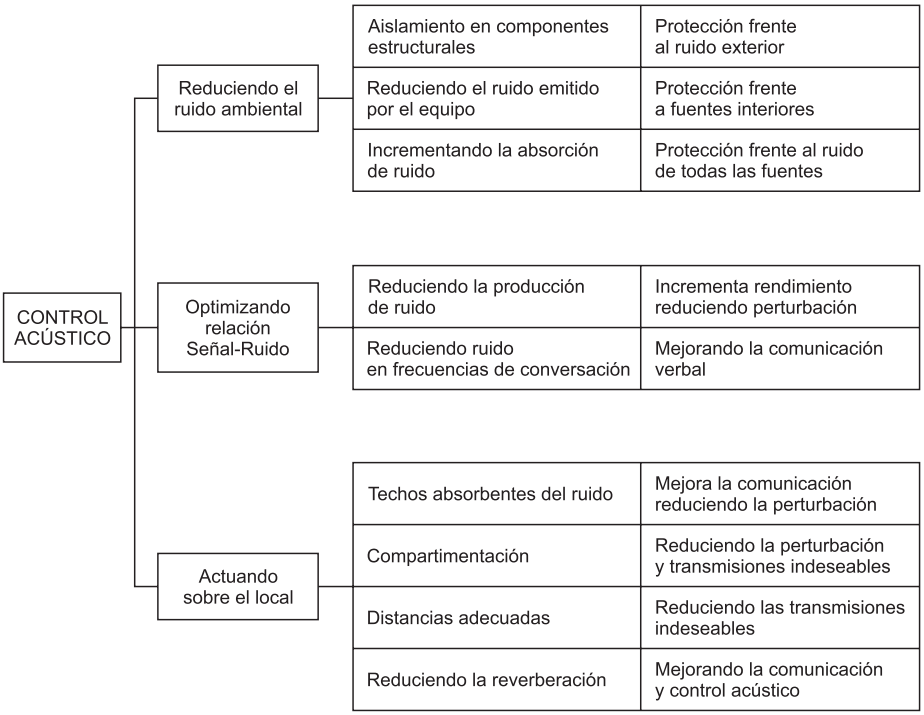
- Un ruido constituido por frecuencias altas es más nocivo que uno de frecuencias bajas.
- Un ruido intermitente es más nocivo que uno continuo.
- A igualdad de nivel suelen ser más molestos los ruidos de banda ancha.
- A igualdad de ruido, los ruidos propios molestan menos que los ajenos.
- A igualdad de sonoridad el nivel de percepción depende de la significación.
- Un ruido aislado muy fuerte puede dañar instantáneamente el oído.

Control de ruido. La pérdida de audición ocasionada por el ruido, es totalmente prevenible con una buena salud auditiva. Su prevención se realiza a través de diferentes acciones (Fig. 5.6):

- Reducir el ruido en su fuente.
- Procurar que los ruidos producidos no lleguen directamente (utilizar un aislamiento Ej.: tapones para los oídos u otros aparatos de protección).
- Acondicionar el lugar, evitando ecos y resonancias.
- Si no puede reducir el ruido, protéjase o aléjese de él.

- Estar alerta y alejarse de ruidos peligrosos en el entorno.
- Hacerse una prueba auditiva si piensa que podría tener pérdida de audición.

Fig. 5.6
Organización de las medidas necesarias de control acústico



(Pedro Mondelo, 2013)

5.3 CONFORT TÉRMICO

Un ambiente térmico confortable es esencial para sentirse bien y obtener el máximo de eficacia, las personas trabajan a una temperatura corporal y frecuencia cardíaca normal y en ausencia de sudor. Así, la sobrecarga calórica provoca un estado de cansancio y de somnolencia, una disminución en el rendimiento y una gran predisposición a cometer errores, sobre todo 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.

Por lo anterior, se debe tener en cuenta la NTP 501/1998, que regula todo lo relacionado con el ambiente térmico laboral (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1998). Cuando el ambiente térmico obliga al organismo a activar mecanismos de defensa para mantener su temperatura interna dentro del intervalo normal, constituye una sobrecarga. Las sobrecargas térmicas (por frío o calor) provocan en el individuo tensiones térmicas.

La sobrecarga calórica provoca en el individuo un efecto psicológico denominado tensión calórica (Fig. 5.7).

Fig. 5.7
Sobrecarga térmica y tensión térmica.



(Autor)

Para efectos prácticos, se considera que el ambiente térmico puede ser de cuatro tipos:

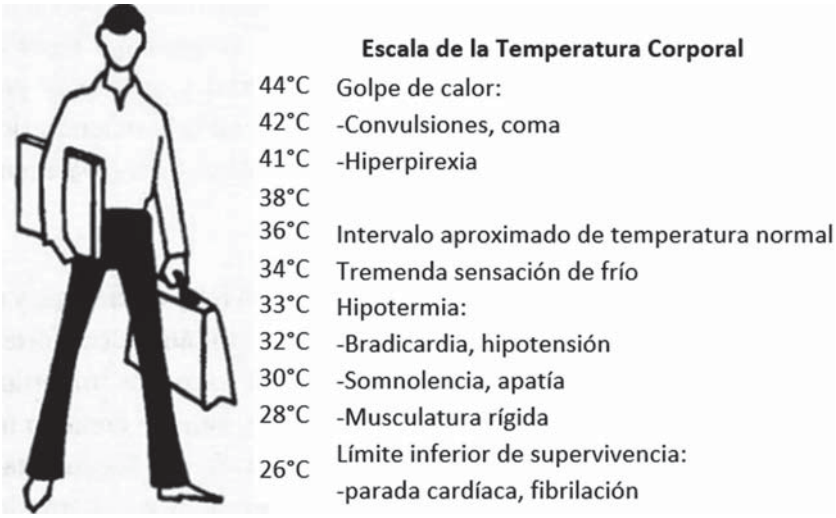
- *De bienestar y confort*. Estas condiciones son las óptimas, el sujeto se encuentra satisfecho y su temperatura interna se mantiene dentro de los límites fisiológicos normales sin tener que efectuar para ello ajustes de adaptación a un medio más o menos hostil.
- *Permisible*. Aunque el organismo logra el balance, se ve obligado a efectuar determinados ajustes fisiológicos para conservar su temperatura interna dentro de los límites normales, provocando tensiones más o menos severas según la sobrecarga térmica existente en la ropa, la actividad y sus características personales.
- *Crítico por el calor o por el frío.* En estas condiciones no se alcanza el balance térmico entre el ambiente y la persona.

Existe un intervalo de temperaturas del cuerpo humano con límites acotados para la supervivencia, independientemente de que las labores con importante carga mental (cálculos, análisis, procesamiento de información, etc.) sean efectuadas en condiciones de confort térmico, visual y acústico. La permanencia de la persona en condiciones de confort térmico de forma permanente durante las 24 horas del día, es perjudicial para la salud. El organismo debe estar entrenado y utilizar sus mecanismos de adaptación dentro de los límites razonables, de lo contrario, al perderlos por falta de uso, quedaría indefenso ante posibles situaciones inesperadas, además de afectar su desarrollo normal como ser vivo (Fig. 5.8). La sudoración es necesaria para lograr el balance térmico del cuerpo, para eliminar residuos metabólicos y acondicionar la piel.

Por ejemplo, cuando un operario manipula cargas y la temperatura es demasiado cálida, las manos comenzarán a transpirar y generar sudor, lo que afectará la firmeza del agarre y el trabajador podrá llegar mucho antes a un estado de fatiga. Por el contrario, si la temperatura es demasiado baja, se comenzarán a entumecer los músculos de brazos, manos y piernas, lo que ocasionará riesgos de lesiones y dificultará los movimientos requeridos (Fig. 5.8). Estos efectos negativos de casos extremos de temperatura se incrementan aún más si la humedad del ambiente de trabajo también es elevada, debido a la fatiga que esto ocasiona.

Fig. 5.8

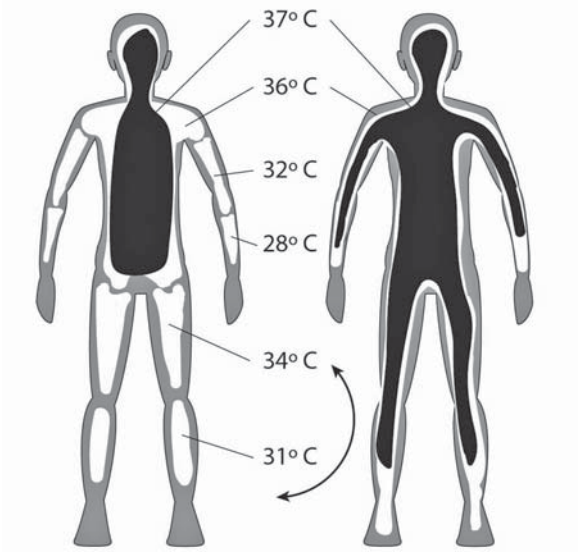
Intervalo de temperaturas del cuerpo humano



(Pedro Mondelo, 2013)

Fig. 5.9

Temperaturas aproximadas del cuerpo humano: a) bajo condiciones de frío (20-24 °C); b) bajo condiciones de calor ≥35 °C

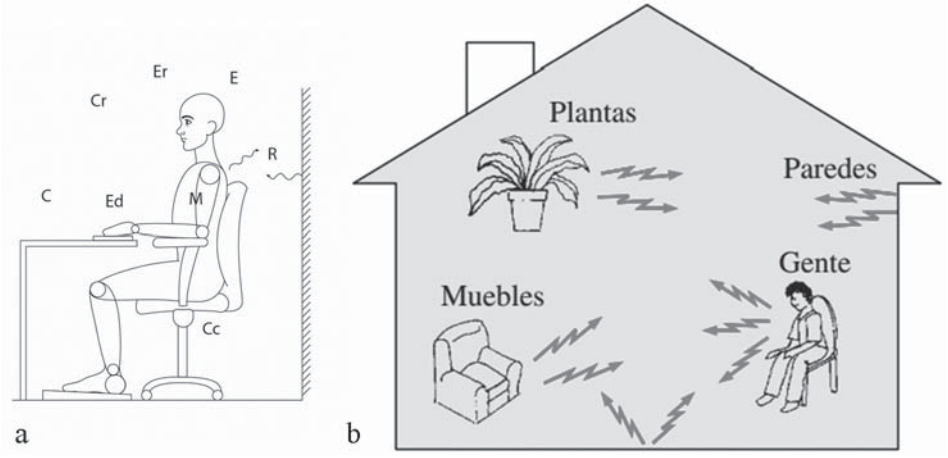


(Pedro Mondelo E. G., 2013)

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; pueden utilizarse lámparas fluorescentes y no incandescentes ni de halógeno, pues las fluorescentes son más eficaces y emiten menos radiación infrarroja.

Las computadoras, impresoras, fotocopiadoras, etc., son fuentes de radiación infrarroja que calientan el aire y las superficies del espacio, y que las personas son grandes fuentes de calor radiante (Fig. 5.10); 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, inclinada o manipulando documentos en un archivo, etc.

Fig. 5.10
Intercambios de calor de una persona a) persona vs oficina, b) persona vs ambiente



(Pedro Mondelo E. G., 2013) (Cengel & Ghajar, 2012)

Donde, en la Figura 5.10a, R es radiación, E es evaporación del sudor, C es convección, Cc es conducción, M es energía calórica producida por el organismo, Er es pérdida de calor por evaporación respiratoria, Cr es intercambio de calor por convección respiratoria y Ed es pérdida de calor por difusión de calor.

En algunas oficinas que carecen de sistemas de aire acondicionado, también se pueden presentar corrientes de aire frío que pueden bajar la temperatura corporal de los trabajadores, lo que ocasiona entumecimiento de extremidades. Lo mismo sucede en trabajos que se realizan en exteriores,

en los cuales se pueden presentar accidentes si el trabajador trasporta objetos de forma laminar o de grandes superficies y se ve sorprendido por ráfagas de viento.

Magnitudes, unidades e instrumentos de medición. En el estudio de la interacción entre el hombre y el ambiente térmico dentro del sistema hombre - 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.

Existen diferentes temperaturas en los seres humanos, todas en grados Celsius (°C), estas son:

- Interna (Ti) o corporal (Tc)
- Esofágica (T_{esof})
- Rectal (Tr)
- Sublingual, oral o bucal (T_{buc})
- Timpánica ($T_{timp)}$
- De la piel o cutánea (Tp)

Las unidades manejadas son:

- Calor metabólico (M) en Joule (J)
- Fuerza (F) en Newton (N)
- Trabajo (W) en Joule (J)
- Nivel de actividad, potencia (P) en Watt (W)
- Aislamiento térmico de la ropa, I (0.155 °C·m/W)

El consumo metabólico sirve para evaluar la carga física y es una variable necesaria para valorar la agresión térmica. El metabolismo, que transforma la energía química de los alimentos en energía mecánica y en calor, mide el gasto energético muscular. Este gasto energético se expresa normalmente en unidades de energía y potencia: kilocalorías (kcal), Joule (J), y Watts (W).

Existen diferentes formas de determinar el metabolismo, estas son: a través de tablas, según el tipo de actividad, análisis de gas, calorimetría directa o indirecta o mediante cálculos.

En la práctica se pueden utilizar las siguientes ecuaciones para determinar el metabolismo.

Para hombres:

$$TM = 66.4730+(13.7516\times peso)+(5.0033\times altura) - (6.7550\times edad) \quad (3)$$

Para mujeres:

$$TM = 65.0955+(9.56340\times peso)+(1.8496\times altura) - (4.6756\times edad) \quad (4)$$

Donde TM es la producción total de calor (en kcal) para 24 horas en situación de completo reposo, con la altura expresada en centímetros, el peso en kilogramos y la edad en años.

Para caracterizar el medio ambiente se emplean los siguientes parámetros:

- Temperatura de bulbo seco (Tbs)
- Temperatura de bulbo húmedo (Tbh)
- Temperatura de globo (Tg)
- Radiante media (TRM)
- Temperatura del aire natural (Ta_n) o ambiental (T_{amb})
- Temperatura de bulbo húmedo natural (Tbh_n)
- Temperatura operativa (To)
- Humedad del aire:
  - Humedad relativa (HR) %
  - Presión parcial del vapor de agua (Ppa)
- Velocidad del aire en m/s:
  - Velocidad del aire (Va)
  - Velocidad relativa del aire (Vr)

La temperatura se mide con termómetros y con psicrómetros. El conocimiento de Ta y Th permite conocer, mediante una carta psicrométrica la humedad del aire, expresada como humedad relativa (% HR), como en presión parcial de vapor de agua en (Pa). La humedad del aire también se puede medir con un higrómetro digital (Fig. 5.11) o se puede calcular mediante ecuaciones teniendo la temperatura húmeda y seca del aire. Aunque, en el mercado se encuentran termo-higrómetros que permiten la medición de forma simultánea de temperatura y humedad del aire, punto de rocío y temperatura del bulbo húmedo, con rangos de temperatura y humedad variables según las necesidades del usuario.

Fig. 5.11
Higrómetro digital



(Higrómetro PCE-444, 2020)

La velocidad del aire es un factor determinante en el intercambio de calor entre el individuo, el aire y en la evaporación del sudor, así como la existencia de una correcta ventilación.

Balance térmico. La ecuación general de balance térmico viene dada por la siguiente ecuación:

$$M \pm W \pm R \pm C - E \pm C_{res} - E_{res} - Ed \pm C_{cond} = C_{cond.clo} = A(\frac{W}{m^2}) \qquad (5)$$

Donde:

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
Ed: pérdida de calor por difusión de calor
C_{cond}: intercambio de calor por conducción
$C_{cond, clo}$: conducción a través del vestido
A: ganancia o pérdida de calor por el cuerpo

De la expresión anterior se pueden diferenciar varias situaciones que generan cuatro estados:

- A = 0, sin necesidad de sudar, significa balance en condiciones de confort térmico.
- A = 0, sudando, significa balance en condiciones permisibles.
- A › 0, sudando, significa desbalance por condiciones críticas de calor.
- A ‹ 0, significa desbalance por condiciones críticas de frío.

En la práctica se pueden despreciar los intercambios por respiración o conducción, salvo determinadas situaciones como trabajo externo, su valor es bajo o cero.

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 (Tabla 5.12):

Curvas de confort. Las curvas de confort muestran las condiciones de temperatura y humedad más adecuadas para un ambiente laboral (Fig. 5.12).

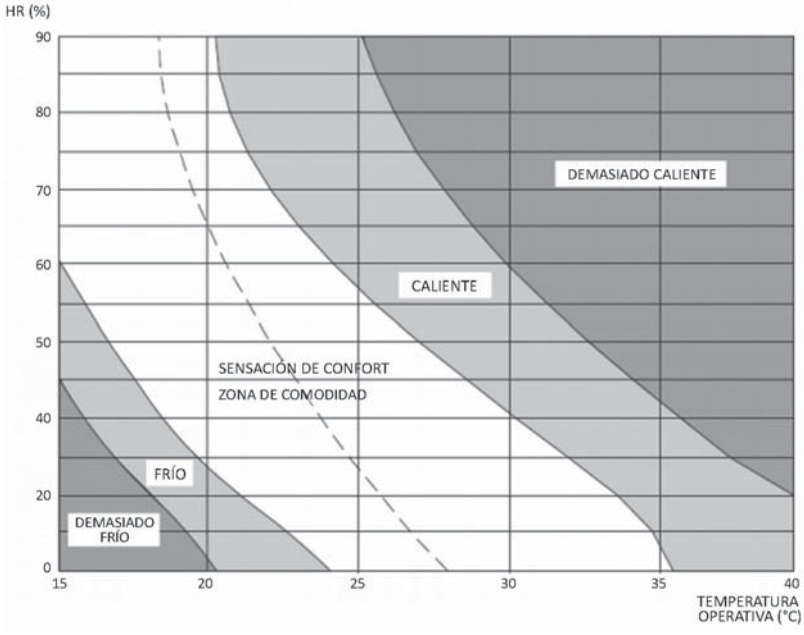
En la siguiente Tabla se presentan las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, según normas internacionales.

Tabla 5.12
Resumen del reglamento sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo

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 riesgo 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	30m3 por hora y trabajador en trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados
	50 m3 por hora y trabajador en los casos restantes

(Real Decreto 486/1997) (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1997)

Fig. 5.12
Curvas de confort térmico



(Moya, 2010)

Capítulo 6

Diseño y Evaluación Psicosocial de Puestos de Trabajo

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el trabajo debe respetar la vida y la salud de todos los trabajadores; brindar tiempo libre suficiente para el descanso y el ocio; conseguir su autorrealización mediante el desarrollo de sus capacidades personales y permitirles servir de alguna manera a la sociedad (OIT, 2001).

Considerando lo planteado previamente, la OIT recomienda que, para el diseño de puestos de trabajo, seguir las siguientes directrices (OIT, 2001):

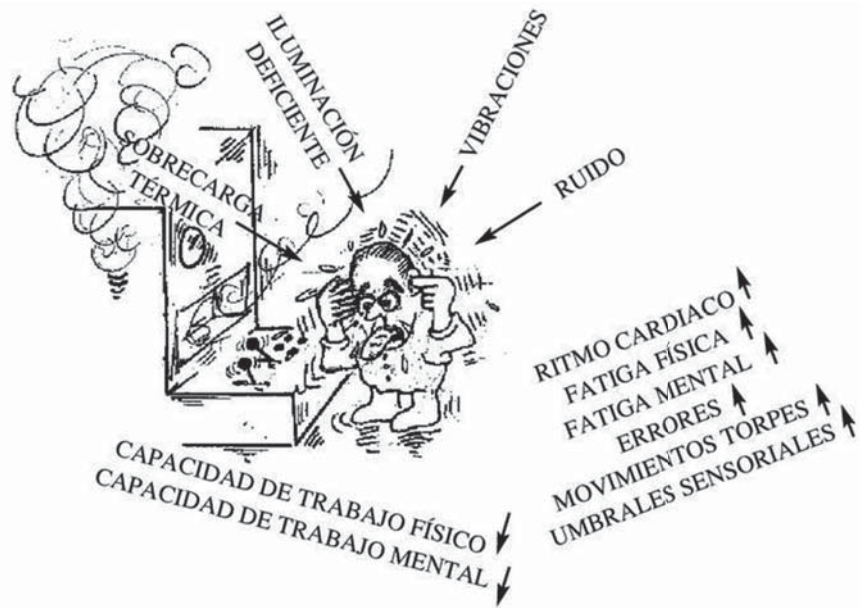
- Razonablemente exigente en aspectos distintos de la pura soportabilidad y mínimamente variado.
- El trabajador debe poder aprender en el puesto de trabajo y tener en él un autoaprendizaje continuo.
- Comprender algún ámbito de toma de decisiones que el individuo pueda considerar personalmente suyo.
- Debe existir cierto grado de apoyo social y reconocimiento en el lugar de trabajo.
- El trabajador podrá establecer una relación entre lo que hace o produce y la vida social.
- El trabajador sentirá que el puesto de trabajo conduce a algún tipo de futuro deseable.

El bienestar, la salud, la satisfacción, la calidad y la eficiencia en las actividades de las personas dependen de la correcta interrelación que existe entre los múltiples elementos presentes en sus espacios vitales y las relaciones que establecen con los objetos que les rodean. Todas las interacciones englobadas en la definición de ergonomía (hombre-máquina-

ambiente) ejercen una acción determinante sobre los factores psicosociales y fisiológicos residentes en las personas, provocando satisfacción o insatisfacción en el trabajo, desarrollo o involución de la personalidad, potenciando o inhibiendo la creatividad, disgregando el grupo de trabajo, entre otras cosas. Los beneficios que reporta un ambiente de trabajo confortable se manifiestan claramente en una mejor eficiencia del sistema productivo y en el incremento en la satisfacción de las personas.

Para el diseño óptimo de puestos de trabajo, es necesario identificar las ideas, conceptos o premisas básicas que, si se ignoran o se incluyen improvisadamente en el sistema, invalidan o dañan la obtención de un buen resultado. Un puesto de trabajo diseñado con un claro objetivo ergonómico, requiere considerarse en su totalidad, como un elemento que ocupa un lugar en el espacio físico y simbólico (el espacio interior de cada individuo). Es en este lugar donde se tiene que intentar ocupar una posición y conseguir una unidad físico-simbólica entre la persona y los demás elementos del sistema para evitar futuros efectos hostiles (Fig. 6.1).

Fig. 6.1
Consecuencias de un mal diseño del puesto de trabajo



(Mondelo, Gregori, Blasco, & Barrau, 2013)

En el diseño de puestos de trabajo hay muchas variables que controlar, desde parámetros del ambiente hasta la forma geométrica que tomará la organización de los espacios y herramientas de trabajo. Una parte esencial de esto, es la organización del trabajo, la cual se explicará con mayor detalle a continuación.

El diseño de los puestos de trabajo se puede realizar en diferentes niveles, de lo micro a lo macro, se puede intervenir directamente en la zona de trabajo; luego, en el ambiente del puesto de trabajo; posteriormente, en la organización de la oficina o edificio de trabajo y finalmente, en el exterior, así como en las características urbanísticas aledañas.

Las empresas deben combinar el diseño de los entornos de trabajo con políticas en materia de organización y gestión de sus instalaciones, con el fin de potencializar al máximo las cualidades de promoción de la salud en el puesto de trabajo. Algunos ejemplos de políticas empresariales relacionadas con el diseño de puestos de trabajo son:

- Designar el puesto de trabajo como un lugar de no fundadores
- Empleo de mobiliario y equipo no tóxico y ergonómico
- Permitir la personalización del espacio de trabajo por parte de los empleados
- Diseño de puestos de trabajo que prevengan la aparición de problemas o enfermedades de salud, relacionadas con el trabajo con ordenadores o de tareas repetitivas
- Brindar cursos de capacitación y sensibilización a los empleados sobre ergonomía, salud y seguridad en el trabajo
- Diseñar programas que incentiven a los trabajadores a practicar ejercicio físico, cumplir los protocolos de prevención de accidentes, participar de pausas activas, etc.
- Diseño e implantación de programas de jornadas de trabajo flexible o a distancia, puestos de trabajo y vehículos compartidos para mejorar la eficacia de los trabajadores tanto en el puesto de trabajo como a domicilio
- Participación de los trabajadores en la planificación de las reubicaciones y renovaciones de los lugares de trabajo

6.1 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

La organización del trabajo es esencial, ya que el operario siempre deberá realizar tareas en un tiempo determinado, con una cadencia adecuada, grado de precisión específico, etc., y entrará en relación con otros compañeros y cadenas jerárquicas o productivas y requerimientos de producción, es decir, con los factores implicados en toda la organización del trabajo.

Algunas variables que influyen en los roles del trabajo y sus medidas preventivas son:

- Diseñar procesos en los que el operario sea su propio inspector de calidad y dotarlo de todos los elementos que le permitan intervenir en caso de error o incidente.
- Flexibilizar las operaciones para que el trabajador pueda modificarlas de acuerdo con las necesidades.
- Enriquecer el trabajo mediante ciclos que posibiliten a los operarios realizar tareas y diferentes operaciones.
- Generar sistemas de rotación que disminuyan el aburrimiento y la monotonía.
- Facilitar que el operario adquiera autonomía para desarrollar sus labores en los tiempos establecidos, sin disminuir la producción.
- Favorecer el trabajo en pequeños equipos con objetivos propios y específicos.
- Mejorar el potencial de conocimientos y el grado de preparación de los operarios.

Los horarios de trabajo son importantes para que biológicamente el cuerpo no se desgaste o fatigue. El trabajo, sus métodos y formas se han ido organizando con el paso de los años, un ejemplo de esto, es el establecimiento de horarios y turnos, lo cual representa un gran cambio para los ritmos biológicos del ser humano.

Cuando la jornada de trabajo y los horarios no están adecuadamente organizados, sobre todo cuando existen jornadas de trabajo nocturnas, se produce una desincronización biológica, con la alteración de ritmos

circadianos[1]; el sueño se hace insuficiente y aparece la fatiga crónica, se presentan determinadas manifestaciones de rechazo por parte del organismo que se resiste al cambio, hay también trastornos nerviosos y digestivos, además de otras consecuencias derivadas. En la Fig. 6.2 se esquematiza el sistema de causas y dolencias generadas por estos cambios de horario normal de trabajo.

Fig. 6.2
Esquema de causas de fatiga crónica



(Dasi, 2007)

[1] Los **ritmos circadianos** o **biológicos** son oscilaciones de variables biológicas en intervalos regulares de tiempo. Todos los seres vivos muestran algún tipo de variación rítmica fisiológica (tasa metabólica, producción de calor, floración, etc.) que suele estar asociada con un cambio ambiental rítmico. Su valor de periodo fisiológico les permite sincronizarse a los ritmos ambientales que posean valores de periodo, como son los ciclos de luz y de temperatura. Un ejemplo en el ser humano son los horarios establecidos para dormir, el cuerpo se desactiva simpáticamente en la noche porque se condiciona a descansar en situaciones de oscuridad. En los osos, existe el periodo de hibernación, en el cual su cuerpo permanece dormido en el lapso que dure el invierno.

En el fenómeno de fatiga crónica hay que tener en cuenta varios factores que interactúan entre sí, algunos de estos son:

a) Duración e intensidad del esfuerzo físico y mental.

b) El ambiente laboral (microclima, ruido, iluminación, vibraciones, entre otros).

c) Alteraciones de los ritmos circadianos.

d) Problemas psíquicos presentes en la persona (responsabilidades, conflictos preocupaciones, malestares e incluso enfermedades).

e) Una alimentación inadecuada o a deshoras.

La capacidad de recuperación del individuo dependerá, no solo de sus posibilidades fisiológicas, sino fundamentalmente de las condiciones laborales.

La organización es muy importante en el diseño de puestos de trabajo, para disminuir o en el mejor de los casos, eliminar la existencia de factores críticos que afecten la jornada laboral: horarios, pausas de descanso, alteración de ritmos circadianos, alimentación, entre otros determinantes en la salud de las personas y de la eficiencia y calidad del trabajo. Las personas realizan mejor sus actividades durante el día y se recuperan durante el sueño nocturno. En un trabajo hostil, se generan muchos errores, descuidos, acciones torpes o lentas o tardías provocadas por la fatiga.

La alteración de los ciclos biológicos del hombre se manifiesta en la afectación del sueño, el cual, normalmente se va haciendo más profundo. El sueño consta de 5 etapas, siendo las cuatro primeras llamadas de sueño lento, el último y más profundo denominado sueño paradójico. Este ciclo se repite también cinco veces durante el sueño, de manera que es precisamente la eliminación o perturbación crónica de este lo que produce los llamados trastornos del sueño. El nivel de perturbación del sueño paradójico depende de muchos factores, como son: edad, tipo de actividad laboral, nivel de estrés, sistema de turnos, condiciones ambientales, entre otros.

Se han encontrado algunos síntomas subjetivos de la fatiga mental en trabajadores con horarios laborales nocturnos. Algunos de estos son:

1. *Síntomas de activación nerviosa general:* sentir la cabeza y las piernas pesadas, sentirse fatigado, bostezar con mucha frecuencia, sentir los ojos cansados, sentirse torpe y adormecido, tener ganas de estirar el cuerpo.

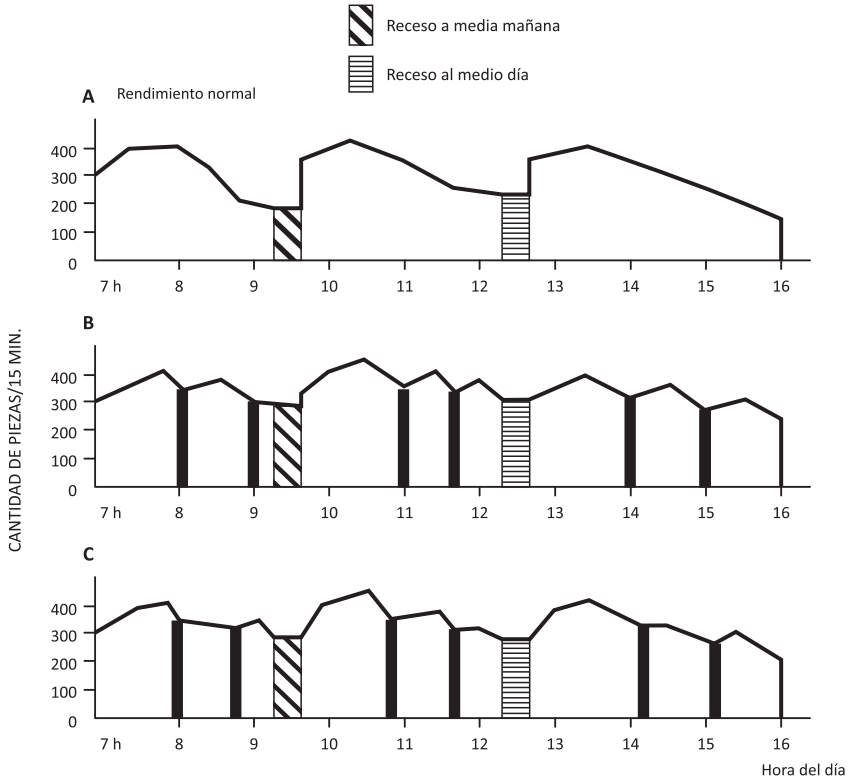
2. *Síntomas de desmotivación*: tener dificultades para pensar, no tener ganas de hablar, nerviosismo, falta de concentración, olvidar cosas con facilidad, cometer errores con frecuencia, inquietud e impaciencia.

3. *Síntomas corporales*: dolor de cabeza, sentir los hombros pesados, dificultades respiratorias, tener la boca seca, mareos, deslumbramientos, temblor en alguna extremidad.

Durante mucho tiempo se buscó un incremento de la productividad con el aumento del tiempo de trabajo y aún hoy en día hay quienes piensan que tal cosa es posible. Independientemente de que puedan existir factores como la estimulación económica, motivación personal, etc., que produzcan un incremento temporal de la productividad con un aumento de la jornada de trabajo, está demostrado, a través de varios estudios, que lo que se genera es un fenómeno inverso, es decir, una disminución significativa de la productividad.

Las pausas activas (de descanso y ejercicios físicos) intercaladas en la jornada de trabajo constituyen una forma adecuada de recuperar capacidades y mejorar la productividad de una persona. Y, respecto a la alimentación, no es suficiente garantizar una alimentación adecuada desde el punto de vista cualitativo; es necesario organizar el suministro de estos alimentos durante el día y distribuirlos adecuadamente (Fig. 6.3).

Fig. 6.3
Gráfica de los efectos de las pausas de descanso



(Mondelo, Gregori, Blasco, & Barrau, 2013)

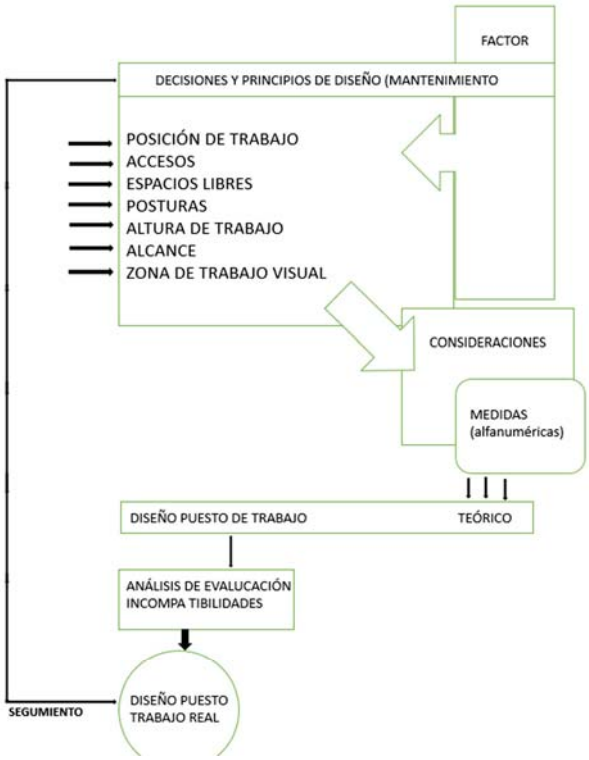
Existen otros sistemas de rotación de turnos. El sistema de tres turnos que divide el día de 24 horas, en tres turnos de 8 horas cada uno. En Inglaterra, están ampliamente difundidos los sistemas 2-2-2 "Metropolitan rota" y el 2-2-3 "Continental rota", ambos de rotaciones cortas, los números se refieren al número de días en cada turno. El primer sistema, garantiza un fin de semana (sábado/domingo) libre cada 8 semanas, mientras que el sistema 2-2-3 lo garantiza cada 4 semanas, por lo que es en este aspecto mejor (Mondelo, Gregori, Blasco, & Barrau, 2013). Las rotaciones de período cortos son mejores que los largos, cuando se trabajan dos o tres noches consecutivas, inmediatamente se descansan 24 horas. También, se utiliza el método de dos turnos de 12 horas cada uno, pero no es recomendable un período de tiempo tan largo.

El trabajo nocturno cotidiano es perjudicial a la salud; las personas menores de 25 años y mayores de 50 deben evitarlos, así como las personas con tendencia a molestias estomacales, emocionalmente inestables, propensas a síntomas psicosomáticos y al insomnio. Por otro lado, en la noche, se puede hacer uso de automatización de procesos y reducir la carga de trabajo del individuo, permitiendo la variación y alternancia de periodos para evitar un trabajo aislado.

La información antropométrica, biomecánica y fisiológica de las personas requiere ser manejada con mucho cuidado y de la mano con la matemática estadística, ya que es fundamental para el buen diseño de un puesto de trabajo. Este proceso no necesita una evaluación milimétrica porque el ser humano es sumamente inexacto y cambiante a lo largo del día y de su vida, tanto en sus dimensiones estáticas como dinámicas y en su comportamiento psicológico (Fig. 6.4).

Toda intervención que se realice en el sistema hombre – máquina, debe tener prevista la evaluación, ya que el proyecto considera asegurar la eficacia y pertinencia mediante mecanismos de control y planeación. La caracterización ergonómica sugiere tener dos niveles: por un lado, cómo y en qué grado se ha mejorado la calidad de vida de los operarios y por otro, cómo y cuánto se ha mejorado la efectividad del sistema.

Fig. 6.4
Esquema simplificado del proceso de diseño o rediseño de un puesto de mantenimiento y su evaluación



(Mondelo, Gregori, Blasco, & Barrau, 2013)

En capítulos anteriores se han evaluado parámetros relacionados con el confort en un puesto de trabajo, como son las condiciones ambientales (temperatura, ruido, vibraciones e iluminación), las cargas y posturas a las que está sujeto un individuo cuando realiza una actividad laboral (método NIOSH y RULA respectivamente) y por otro lado, se han considerado factores psicosociales y de carga mental en el trabajo.

El método que se presenta a continuación, está diseñado para la evaluación y elección de un puesto de trabajo adecuado a las necesidades de la labor que se desarrollará.

6.2 MÉTODO LEST

El *método LEST* (Laboratoire d'Economie et Sociologie du Travail, 2020) para el análisis y valoración de las condiciones de trabajo de una persona fue desarrollado por miembros del equipo de *condiciones del trabajo* Francoise. Guélaud, Marie Noël Beaucyhesne, Jacques Gautrat y dirigido por Guy Roustang, miembros del Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo (Laboratoire d'Economie et Sociologie du Travail - L.E.S.T.), del C.N.R.S. (Centre National de la Recherche Scientifique, 2020), en Aix-en-Provence en 1978 (NTP 175, 1987); su objetivo es cuantificar, medir y evaluar aspectos tanto físicos como las condiciones de trabajo; así como las psicosociales del trabajador lo que permite realizar un análisis mucho más amplio, completo y detallado del entorno laboral y del trabajador (Orellana Toro, 2015), para conocer las condiciones y el ambiente de trabajo de una forma más objetiva y global, estableciendo un diagnóstico final que indique si cada una de las situaciones consideradas en el puesto de trabajo es satisfactoria, molesta o nociva para el trabajador. En este método es indispensable la información, comentarios y aportes de la persona que ocupa el puesto de trabajo evaluado; además, es una herramienta en la que todo el personal implicado en el trabajo puede participar y sirve para mejorar las condiciones de un trabajo específico o de un conjunto de puestos de trabajo, ya que permite comprender cuánto y cómo afectan a la salud del trabajador.

Para ello, se realizan charlas, sensibilizaciones, observaciones detenidas durante cerca de 3 a 4 horas, cuestionarios, medidas físicas por parte de un experto con instrumentos (nivel de ruido, temperatura, humedad, toxicidad, etc.) o fisiológicas (actividad cardiaca, muscular, nerviosa, etc.) y entrevistas individuales con los trabajadores, grupales y con directivos de las empresas que aportan información que se valida con los datos obtenidos a partir de la aplicación de la matriz de observación y como se mencionó previamente, la información obtenida es el insumo que sirve de base para la discusión entre directivos de empresa, representantes de los trabajadores y técnicos, para diseñar e implementar estrategias y programas de mejora de las condiciones de trabajo de los trabajadores (Dalmau Pons & Nogareda Cuixart, 199).

Para la aplicación de este método, es fundamental comprender que las *condiciones de trabajo* de una persona es el conjunto de factores asociados al contenido del trabajo que puede tener repercusiones en la salud de un trabajador, así como en su vida personal y social.

Este método considera cada aspecto del puesto de trabajo de manera general. No se profundiza en cada uno de ellos, sino que obtiene una primera valoración que permite establecer si se requiere un análisis más profundo con métodos específicos. El objetivo es, según los autores, evaluar el conjunto de factores relativos al contenido del trabajo que pueden tener repercusión tanto en la salud del individuo, como en la vida personal de los trabajadores. Antes de la aplicación del método deben haberse considerado y resuelto los riesgos laborales referentes a la Seguridad e Higiene en el Trabajo dado que no son contemplados por el método.

La información que es preciso recoger para aplicar el método tiene un carácter objetivo-subjetivo. Por un lado, se emplean variables cuantitativas como la temperatura o el nivel sonoro, y por otra, es necesario recoger la opinión del trabajador respecto a la labor que realiza en el puesto, para valorar la carga mental o los aspectos psicosociales del mismo. Para el éxito de la evaluación es necesaria la participación del personal directamente implicado.

Aun cuando se trata de un método general, no puede aplicarse a la evaluación de cualquier tipo de puesto de trabajo. En principio el método se desarrolló para valorar las condiciones laborales de puestos de trabajo fijos del sector industrial, en los que el grado de calificación necesario para su desempeño es bajo y en donde las condiciones físicas ambientales y el lugar de trabajo no varíen continuamente. Algunas partes del método (ambiente físico, postura y carga física) pueden ser empleadas para evaluar puestos con un nivel de cualificación mayor del sector industrial o servicios, siempre y cuando el lugar de trabajo y las condiciones ambientales permanezcan constantes.

Para determinar el diagnóstico, el método considera 16 variables agrupadas en 5 aspectos (Tabla 6.1); *entorno físico, carga física, carga mental, aspectos psicosociales* y *tiempo de trabajo* (Diego-Mas, Poveda-Bautista, & Garzon-Leal, 2015). La evaluación se basa en las puntuaciones obtenidas

para cada una de las 16 variables consideradas. Para esto se debe hacer uso del método observacional simple y el uso de la información de la Tabla 6.2, lo que permite cuantificar al máximo la información recogida, garantizando objetividad en el proceso, de modo que los resultados de una valoración específica sean independientes de la persona que aplique el método. Logra un diagnóstico en donde indica si cada una de las situaciones consideradas en el puesto de trabajo es satisfactoria, molesta o nociva (peligrosa) para el trabajador. Las dimensiones y variables consideradas en este método son:

Tabla 6.1
Dimensiones y variables consideradas en la implementación del método

ENTORNO FÍSICO	CARGA FÍSICA (Ergonomía en Español, LEST: Fundamentos del método, 2020)	CARGA MENTAL	ASPECTOS PSICOSOCIALES	TIEMPO DE TRABAJO
Ambiente térmico	Carga estática	Apremio de tiempo	Iniciativa	Tiempo de trabajo
Ruido	Carga dinámica	Complejidad-Rapidez	Estatus social	
Iluminación		Atención	Comunicaciones	
Vibraciones		Minuciosidad	Relación de mando	
			Cooperación	
			Identificación con el producto	

(López Sánchez, 2020)

El método de LEST, comienza con una fase de observación de la actividad desarrollada por el trabajador, así como de las condiciones de trabajo en las que labora desde el punto de vista de su incidencia en las condiciones de salud de los trabajadores y la posibilidad de desarrollo de sus aptitudes al interior de la empresa. Luego se pasa a la toma de datos, para lo cual se emplean instrumentos como: cronómetros, cintas métricas, anemómetros, sonómetros, luxómetro, psicómetro, entre otros). Posterior a la observación

directa de las condiciones del puesto de trabajo, con los datos recogidos en este y mediante el empleo de la Tabla 6.2 y el uso de otras Tablas de puntuaciones se podrá realizar la valoración de cada variable y dimensión, la cual oscila entre 0 y 10; la interpretación de estas puntuaciones se realiza mediante la Tabla 6.3.

Tabla 6.2
Cuadro de datos de variables a medir

DIMEN-SIÓN	VARIABLE	DATOS
CARGA FÍSICA	CARGA ESTÁTICA	Las posturas más frecuentes adoptadas por el trabajador, así como la duración (min/h) en el desarrollo de las tareas
	CARGA DINÁMICA	**Respecto al esfuerzo realizado en el puesto** - El peso en Kg de la carga que provoca el esfuerzo -El gasto energético (Kcl/día) -Sexo del trabajador - Si el esfuerzo realizando en el puesto de trabajo es continuo o breve pero repetido - Si el esfuerzo es continuo se indicará la duración total del esfuerzo en minutos por horas - Si los esfuerzos son breves pero repetidos se indicará las veces por hora que se realiza el esfuerzo
		Respecto al esfuerzo de aprovisionamiento de materiales - La distancia recorrida con el peso en metros - La frecuencia por hora del transporte - El peso transportado en Kg
ENTORNO FÍSICO	AMBIENTE TÉRMICO	Velocidad del aire en el puesto de trabajo Temperatura del aire seco y húmedo Nivel de esfuerzo del trabajador en la realización de una tarea Duración (min) de la exposición diaria a estas condiciones térmicas Veces que el trabajador sufre variaciones de temperatura en la jornada Manipulación de materiales (caliente o fríos) y utilización de elementos de protección

ENTORNO FÍSICO	RUIDO	Nivel sonoro global Nivel sonoro por banda de frecuencias Ruidos de impacto El nivel de atención requerido por la tarea El número de ruidos impulsivos a los que está sometido el trabajador
	ILUMINACIÓN	El nivel de iluminación en el puesto de trabajo El nivel (medio) de iluminación general en el puesto de trabajo El nivel o grado de contraste en el puesto de trabajo (entre el objeto a observar y el fondo) El nivel de percepción requerido en la tarea Tipo de iluminación en el trabajo (luz artificial o natural) Si existen deslumbramientos
	VIBRACIONES	La duración diaria de exposición a las vibraciones El carácter de las vibraciones Frecuencia, amplitud y duración de las mismas
CARGA MENTAL	PRESIÓN (EXIGENCIAS) DE TIEMPOS	Tiempo en alcanzar el ritmo normal de trabajo Modo de remuneración del trabajador (salario fijo, prime, etc.) Si el trabajador puede realizar pausas Si el trabajo es en cadena o no Si deben recuperar o no los retrasos Número de pausas durante la jornada de trabajo Si en caso de incidente puede el trabajador parar la máquina o la cadena Si el trabajador tiene posibilidad de ausentarse momentáneamente de su puesto de trabajo fuera de las pausas previstas Si tiene necesidad de hacerse reemplazar por otro trabajador Las consecuencias de las ausencias del trabajador

CARGA MENTAL	ATENCIÓN	El nivel de atención requerido por la tarea El tiempo y continuidad necesita mantenerse en el nivel de atención referido La importancia de los riesgos de accidente que puede acarrear la falta de atención La frecuencia y gravedad con la que el trabajador sufre dichos riesgos La posibilidad técnica de hablar con los compañeros en el puesto El tiempo que puede el trabajador apartar la vista del trabajo por cada hora dando el nivel de atención El número de máquinas que atiende el trabajador El número medio de señales por máquina y hora es Intervenciones diferentes que el trabajador realiza Duración total del conjunto de intervenciones por hora
	COMPLEJIDAD - RAPIDEZ	Duración media de cada operación repetida Duración media de cada ciclo Número de elevaciones por ciclo
	MINUCIOSIDAD	Nivel de percepción de los detalles Dimensión de los objetos
ASPECTOS PSICOSOCIALES	INICIATIVA	Si el trabajador puede modificar u organizar el orden de las operaciones que realiza Si el trabajador puede controlar el ritmo de las operaciones que realiza Si puede adelantarse Si el trabajador controla las piezas que realiza Si el trabajador realiza retoques eventuales a las piezas La norma de calidad del producto fabricado Si existe influencia positiva del trabajador en la calidad del producto La posibilidad de cometer errores En caso de producirse un incidente quién puede intervenir Posibilidad de regular la máquina que opera

ASPECTOS PSICOSOCIALES	COMUNICACIÓN CON LOS DEMÁS TRABAJADORES	El número de personas visibles por el trabajador en un radio de 6 metros Si el trabajador puede ausentarse de su trabajo Qué estipula el reglamento sobre el derecho a hablar con los compañeros La posibilidad técnica de hablar en el puesto La necesidad de hablar en el puesto Si existe expresión obrera organizada El número de personas cercanas
	RELACIÓN CON EL MANDO	La frecuencia de las consignas recibidas del mando en la jornada La amplitud de encuadramiento en primera línea La intensidad del control jerárquico La dependencia de puestos de categoría superior no jerárquica
	STATUS SOCIAL	La duración del aprendizaje del trabajador para el puesto El nivel de formación requerido para el puesto
	COOPERACIÓN	Tipos de relaciones de trabajo (cooperativas, funcionales, jerárquicas) Frecuencias de las relaciones
TIEMPO DE TRABAJO	CANTIDAD Y ORGANIZACIÓN DEL TIEMPO DE TRABAJO	Duración semanal en horas del tiempo de trabajo Tipo de horario del trabajador (fijo, a turnos, rotativo, etc.) Norma respecto a horas extraordinarias Si son tolerados los retrasos horarios Si el trabajador puede fijar las pausas Si puede fijar el final de su jornada Los tiempos de descanso

(Ergonomía en Español, LEST: Fundamentos del método, 2020) (NTP 175, 1987)

Nota: Para trabajadores de empresas fabricantes de productos en el aspecto psicosocial, también se tiene en cuenta la identificación que tiene el trabajador con el producto, mediante una valoración de la situación del

trabajado en el proceso productivo y la importancia de la transformación efectuada en la pieza o producto elaborado.

Las preguntas relativas a las condiciones de carga física y mental por su misma razón de ser, pueden presentar un grado de dificultad en puestos en donde las actividades del trabajador no sean repetitivas o no tienen un ciclo de trabajo definido.

La *carga estática* está determinada por el tipo (sentado, de pie, arrodillado, agachado, acostado, etc.), calidad de postura (normal, encorvado, brazos por encima de los hombros), el tiempo que mantiene el trabajador durante la realización de la tarea (min/h) y el consumo energético que le demanda la tarea (Kcal/min).

La *carga dinámica* se calcula en función del gasto (coste) energético que necesita el trabajador en Kcal/día (sin considerar el metabolismo basal) y del sexo del trabajador.

Para evaluar el *apremio del tiempo* se debe determinar la cadencia impuesta o requerida en el puesto de trabajo para realizar la actividad, la cual está afectada por el tipo de remuneración (salario con prima individual o colectiva y por hora), si la actividad que realiza hace parte de un proceso en cadena o es independiente y repetitivo, si se pueden realizar pausas en el trabajo y lograr un rendimiento óptimo o la imposibilidad de detener la máquina.

La *complejidad-rapidez* del trabajo está relacionada con el esfuerzo de memorización y con el número y tipo de elecciones y decisiones que el trabajador debe tomar en cada ciclo de trabajo. Su puntuación está dada por la relación entre la duración de cada ciclo de trabajo y la duración media de cada operación vs la duración de cada ciclo y el número de elecciones efectuadas por ciclo.

El *nivel de atención* (esfuerzo que realiza una persona para mantener un estado de conciencia de forma focalizada) está asociado al nivel de atención (débil, medio, bueno, excelente), concentración o reflexión en una tarea, el tiempo de mantenimiento (continuidad en min) de esta concentración, a la importancia de los riesgos de accidente (leve, moderado, grave) y la frecuencia de los riesgos (raro, intermitente o permanente). Este parámetro es importante en la medida en la que el nivel de concentración

de un trabajador en una actividad puede estar asociado con el riesgo de accidentes o la frecuencia de estos riesgos y también en algunos casos con el valor de piezas o productos en un proceso de fabricación, dado que se pueden tener piezas bien elaboradas (o ensambladas) o mal elaboradas (con errores o desperfectos) dependiendo del nivel de concentración que tenga el trabajador.

En cuanto a la *minuciosidad* frecuentemente importante en trabajos en donde el trabajador manipula objetos de dimensiones muy pequeñas y de mucho detalle, por esta razón, se debe tener en cuenta el tamaño de los objetos (en cm), el nivel de percepción de los detalles, la distancia de visión entre trabajador y pieza,

La *Iniciativa* del trabajador (autonomía para) se valora teniendo en cuenta la posibilidad de organizar su trabajo, así como su ritmo de trabajo o la posibilidad de regular su máquina para ajustarla a las necesidades de trabajo, o corregir errores en el producto manufacturado, etc.

El *Status Social* es algo sociocultural, la valoración de esta característica dependerá de si entre los compañeros de trabajo el cargo evaluado tiene cierto grado de prestigio o no. Otros factores que se tienen en cuenta son la remuneración económica recibida, el tiempo de aprendizaje y el nivel de formación y experiencia previa requerida para ese cargo evaluado. Cuanto más largo es el tiempo de aprendizaje y mayor el nivel de formación exigida, más valorado será.

Las *posibilidades de comunicación (no necesarias para el trabajo)* es otro punto a evaluar, estar incomunicado por largos periodos de tiempo es experimentado como desagradable para el ser humano según los psicólogos. Para la evaluación se tiene en cuenta la proximidad entre los trabajadores, la posibilidad de desplazarse y los obstáculos que la dificultan, como el exceso de ruido o la necesidad de concentración y control del proceso.

La *cooperación* que un trabajador debe tener con sus compañeros o con sus superiores, se evalúa desde diferentes puntos de vista, uno de ellos es el tipo de relaciones que mantiene (cooperativas, funcionales o jerárquicas) y con quién; por otro lado, el carácter más o menos satisfactorio de estas y el número medio por día de los intercambios efectuados.

La valoración del *tiempo de trabajo,* está asociada a diversos factores tales como: número de días de la semana que labora, el número de horas de la jornada laboral (diaria), el número y duración de pausas activas y el tipo de horario de trabajo, entre otras. Para puntuar este criterio se debe tener en cuenta la duración semanal con el tipo de horario de trabajo.

La evaluación global del puesto de trabajo observado se basa en:

- Las puntuaciones obtenidas para cada una de las 16 variables consideradas (Tabla 6.2).
- Los datos referentes a la descripción de la tarea
- Un cuestionario general de empresa
- Un análisis y una discusión de los resultados

Como se mencionó previamente, en la Tabla 6.3., se puede valorar entre 0 y 10 la situación del puesto o grupo de puestos de trabajo en relación a cada una de las variables, según los criterios de la Tabla 6.3., siendo los valores de mayor puntuación los que requieren intervención inmediata y los de menor valor, los que requieren una menor actuación (López Sánchez M. , 2020).

Tabla 6.3
Sistema de puntuación del método LEST

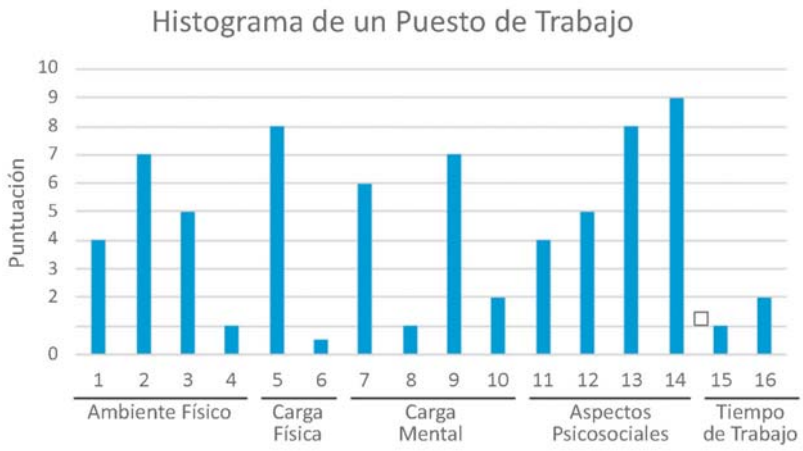
SISTEMAS DE PUNTUACIÓN	
0, 1, 2	Situación satisfactoria
3, 4, 5	Débiles molestias. Algunas mejoras podrían aportar más comodidad al trabajador
6, 7	Molestias medias. Existe riesgo de fatiga
8, 9	Molestias fuertes. Fatiga
10	Situación Nociva

(Ergonomía en Español, LEST: Fundamentos del método, 2020) (NTP 175, 1987)

Para la mayoría de las variables estudiadas no existen valores de referencia, tomándose así, los valores reportados en artículos científicos y trabajos de grado específicos, con el fin de mejorar las condiciones de trabajo en las empresas.

Esta valoración final de la actividad, con los resultados obtenidos en cada uno de los factores evaluados se presentan en forma gráfica a través de un histograma (Figura 6.5.) o de perfiles, lo que permite tener una visión rápida, visual y general de las condiciones de trabajo del individuo, así como de los principales factores de carga y de esta forma generar un primer diagnóstico. Este método permite, identificar cuáles son los elementos más favorables y desfavorables de las condiciones de trabajo, el grado de desviación respecto al nivel de referencia o deseado y las prioridades a la hora de intervenir sobre los distintos parámetros evaluados.

Fig. 6.5
Representación gráfica del histograma de un puesto de trabajo



(Adaptado de (NTP 175, 1987)

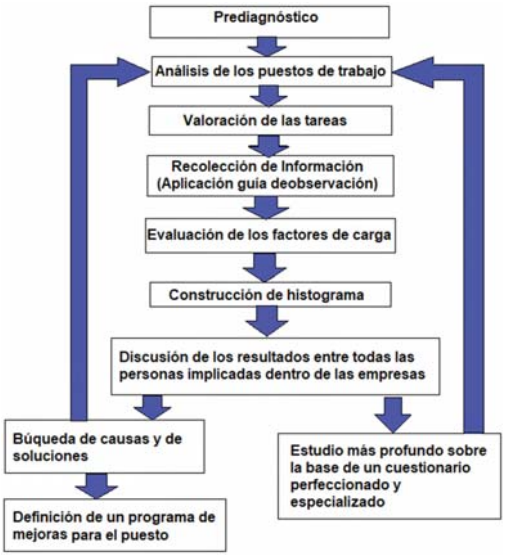
El anterior histograma se puede generar inicialmente para un puesto de trabajo, pero luego, aplicando este método se puede generar un histograma similar para hacer el diagnóstico de un grupo de puestos de trabajo (una sección), un departamento e incluso la misma empresa. Es muy práctico para identificar las condiciones laborales más desfavorables y que pueden suponer un mayor riesgo para el trabajador dentro de una empresa.

Finalmente, se realiza un análisis de resultados en el cual se tienen en cuenta las exigencias del trabajo por medio de los resultados de la guía de observación (Tabla 6.1) y demás instrumentos y apuntes recogidos en el método. Posteriormente, se realiza un análisis de la actividad de trabajo desde el punto de vista cinético, para lo cual se examinan todas las acciones

activas como: actividades, procesos, funciones, así como las actividades no activas (pausas, paradas, momentos sin hacer nada, etc.). También, se realiza un análisis de las consecuencias de las condiciones de trabajo en las funciones biológicas del trabajador (sistema cardiorrespiratorio, sistema nervioso y sistema musculoesquelético) medidas previamente. Por otro lado, de los apuntes de las entrevistas individuales y en los talleres grupales con los trabajadores, se considera la carga psíquica a la que están expuestos, con el fin de llegar a un análisis total del puesto de trabajo desde diferentes puntos de vista para evaluar en conjunto los factores relativos a las condiciones de trabajo que pueden tener repercusión en la salud de los trabajadores, e incluso, en la vida personal de estos (Farrer Velázquez, Minaya Lozano, Niño Escalante, & Ruiz Ripollés, 1995).

Los resultados (cualitativos y cuantitativos) de este primer diagnóstico global, permitirán tener un panorama general, y establecer si se requiere hacer análisis más profundos o especializados en ciertos aspectos, mediante el uso de otros métodos más específicos. En la siguiente figura se presentan de forma resumida las fases que se llevan a cabo para la aplicación del método LEST:

Fig. 6.6
Esquema de actividades del método LEST



(Autor)

Con los mejoramientos que se realizan con este método, se busca que los trabajadores laboren en unas condiciones buenas, seguras y cómodas, ya que de esta forma el trabajo mejora, disminuyen los riesgos de accidente, bajan los indicadores de ausentismo o llegadas tarde, mejora la disposición del trabajador frente a sus tareas, mejora sus relaciones interpersonales, entre otras cosas.

Algunas de las limitaciones de este método son:

- Ignora el diseño o ingeniería del puesto de trabajo de la persona evaluada
- Estudia de forma muy general y limitada la carga física
- Tiene restricciones de aplicación para puestos de trabajo con actividades complejas o no repetitivas
- La escala de valoración dificulta la realización de una evaluación univoca de los expertos que aplican el método

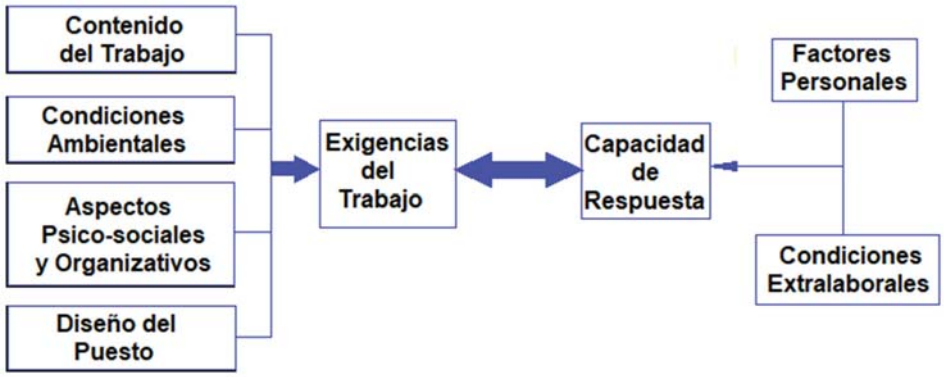
6.3 CARGA MENTAL

La *carga mental,* es un término que día a día se escucha con más frecuencia en el ámbito laboral dados los cambios en las condiciones o modos de trabajo de este nuevo siglo. La carga mental es considerada por unos autores como "un término contemplado dentro de la carga de trabajo y pese a que se ha hablado de esta desde hace un siglo, sigue envuelta en ambigüedades conceptuales y dificultades de evaluación metodológicas, lo que hace que conociendo las variables determinantes y siendo asumida su importancia, resulte difícil su evaluación y a su vez un tratamiento correctivo" (Ergonomics Glossary, 2020). Otras definiciones de *carga mental* son:

- "la cantidad de esfuerzo deliberado que debemos realizar para conseguir un resultado concreto" (Águila Soto)
- "el conjunto de requerimientos mentales, cognitivos o intelrectuals a los que se ve sometido el trabajador a lo largo de su jornada laboral, es decir, nivel de actividad mental o de esfuerzo intelectual necesario para desarrollar el trabajo" (García & Hoyo Delgado, 2002)
- "El efecto de una interacción compleja de factores individuales, técnicos, organizativos y sociales" (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P., 2019)

Según algunos autores, las carga mental "subjetiva", es consecuencia de tres factores principalmente: la *presión temporal de la* tarea que esta asociada con el tiempo disponible y necesario para realizar una actividad, la *cantidad de recursos de procesamiento que demanda la* tarea; es decir, si son mentales, sensoriales, etc., y los *aspectos de orden* emocional, como la fatiga, la frustración, la depresión, etc. (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST, O.A., M.P., 2019). Esta carga mental de trabajo está asociada a diferentes factores tales como: las exigencias y requerimientos que necesita cubrir el trabajador para desarrollar adecuadamente sus actividades; el contenido del trabajo o de la tarea; la información que debe tratarse o manejarse en el puesto de trabajo; la capacidad de respuesta del trabajador dentro de un ambiente de trabajo confortable; el nivel de complegidad de las tareas o actividades a realizar, las condiciones laborales (ambiente físico, factores psicosociales, organización del trabajo, etc.) en las que se realizan las tareas, las condicones físicas del puesto de trabajo, entre otras cosas. En la Figura 6.7 se pueden observar algunos de los factores que afectan la carga de trabajo de una persona.

Fig. 6.7
Factores determinantes en la carga de trabajo de una persona.



(Adaptado de García & Hoyo Delgado, 2002)

También, se puede definir la carga de trabajo mental en función del número total y la calidad de las etapas de un proceso, en el número de procesos requeridos para realizar una actividad y, en particular, la cantidad de tiempo durante el cual una persona debe elaborar las respuestas en su cerebro,

como los elementos perceptivos, cognitivos y las reacciones emocionales involucradas en el desarrollo de una actividad. Se ha detectado que los operarios expuestos a sobrecarga mental, que puede ser cuantitativa (cuando hay demasiado trabajo), cualitativa (cuando el trabajo es demasiado difícil) o infra carga (cuando los trabajos están muy por debajo de la calificación profesional), sufren diferentes trastornos del comportamiento y síntomas de disfunciones que se atribuyen a los factores intrínsecos de la tarea.

La sobrecarga o la infracarga de trabajo producen síntomas de estrés, que, se manifiestan en algunos casos, como la pérdida del respeto a uno mismo, una motivación mediocre para el trabajo y una tendencia a refugiarse en las adicciones, sobre todo tabaco y alcohol.

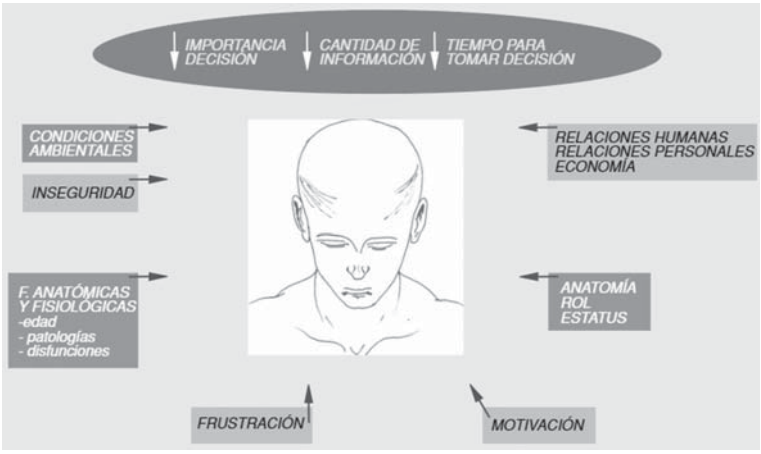
La hiperestimulación o sobrecarga cualitativa está más asociada con la insatisfacción, las tensiones y una baja opinión de sí mismo. La subestimulación o infracarga está más asociada con la depresión, la irritación, los trastornos psicosomáticos, además de la insatisfacción.

Investigaciones realizadas, sugieren que la sobrecarga de trabajo produce diferentes manifestaciones de tensión psicológica y física, entre otras: insatisfacción en el trabajo, baja autoestima, sensación de amenaza y de malestar, tasa elevada de colesterol, aceleración del ritmo cardíaco y aumento del consumo de tabaco.

La carga mental viene determinada por la cantidad de información que debe tratarse, el tiempo del que se dispone y la importancia de las decisiones. En la carga de trabajo mental intervienen, además, aspectos afectivos, los cuales pueden correlacionarse con otros conceptos: autonomía, motivación, frustración, inseguridad, etc. (Fig. 6.8). La carga mental puede estar más o menos tolerada en función de la satisfacción o la motivación que los trabajadores encuentran en su trabajo.

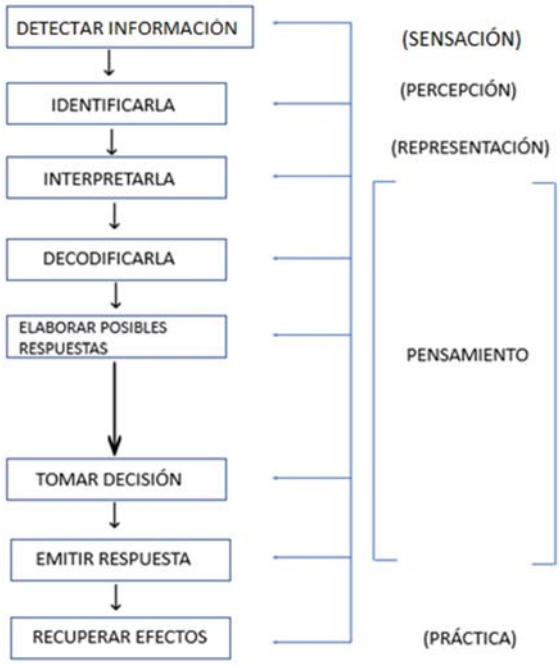
Cualquier tipo de operación mental se puede analizar como un proceso que incluye diferentes suboperaciones: detectar la información, identificarla, decodificarla, interpretarla, elaborar las posibles respuestas y elegir las más adecuadas, tomar las decisiones, emitir la(s) respuesta(s) y recuperar los efectos de la intervención para hacer una estimación de su efectividad (Fig. 6.9).

Fig. 6.8
Factores que inciden en el incremento de la carga de trabajo



(Mondelo P., Ergonomía 1 Fundamentos, 1999) (Castillo Martínez , 2010)

Fig. 6.9
Proceso esquematizado de una operación mental



(Mondelo, Gregori, & Barrau, Ergonomía 1 Fundamentos, 1999)

La capacidad de respuesta del hombre es limitada y está en función de una serie de variables, tales como: edad, nivel de aprendizaje, pericia, estado de fatiga, características de la personalidad, experiencia, actitud y motivación hacia la tarea, condiciones ambientales, etc. Si el usuario realiza su tarea en los límites de sus capacidades, lo que implica el mantenimiento prolongado de un esfuerzo, puede dar lugar a la fatiga mental y a respuestas erróneas en situaciones críticas.

El estudio de la Carga de Trabajo Mental (CTM), según la norma UNE-EN ISO 10075-1:2017, hace parte de la Ergnomía Congnitiva y está asociada con el conjunto de requerimientos psicofísicos a los que se somete al trabajador a lo largo de su jornada laboral en una empresa y tiene que ver con aspectos atencionales, memorísticos, de toma de decisiones, etc. (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST, O.A., M.P., 2019). En su primera parte, se presenta el concepto general, los términos y definiciones generales relacionados con la carga de trabajo mental (CTM) (ISO 10075-1:2017), especialmente, fatiga, presión, monotonía, hipovigilancia, saturación mental y tensión mental, así como las consecuencias; por la UNE-EN 1SO 10075-2:2001. Que aborda los principios ergonómicos relativos a la carga de trabajo mental. Parte 2: Principios de diseño, que proporciona orientaciones básicas para el diseño de los sistemas de trabajo teniendo en cuenta factores ténicos y organizativos y la norma UNE-EN ISO 10075-3:2005. Principios ergonómicos relativos a la carga de trabajo mental. Parte 3: Principios y requisitos referentes a los métodos para la medida y evaluación de la carga de trabajo mental con fines orientativos, para discriminación y para medidas precisas. En este método se presentan los requisitos que deben cumplir este tipo de instrumentos. Esta norma es empleada por expertos en ergonomía para tener resultados confiables.

El proceso del trabajo o procesamiento de información, se describe de la siguiente forma:

- *Percepción de la información*: es la recepción de una serie de señales diversas, captadas por los diferentes sentidos del ser humano. La evidencia y visibilidad de señales, así como la incertidumbre espaciotemporal, son algunas variables de carga mental objetivas o de exigencia para el trabajador en su puesto de trabajo.

- *Interpretación de la información*: la información es transmitida hasta el cerebro, donde es procesada, identificada, decodificada e interpretada y produce en el organismo una reacción particular.
- *Toma de decisiones*: la persona, para poder ejecutar la acción requerida en su trabajo, elaborará inicialmente posibles respuestas y de ellas, elige la más adecuada, según su experiencia y formación.

También, se podría decir, que, la *carga mental,* es la cantidad de procesos requeridos que se realizan para conseguir un resultado concreto y considera los siguientes factores:

- Cantidad y complejidad de la información.
- Tiempo (para ejecutar la acción y que debe mantenerse la atención).
- Aspectos de capacidades individuales y ambientales (la capacidad de respuesta depende en cada persona de la edad, personalidad, interés, fatiga y tolerancia al ambiente como ruido, temperatura, iluminación, humedad, etc.).

Tabla 6.4
Fatiga mental

Fatiga Mental	Consecuencias
NORMAL (con descanso cesa)	Poca atención
	Cansancio
	Bajo rendimiento
CRÓNICA (continúa a pesar del descanso)	Irritabilidad
	Ansiedad
	Insomnio
	Mareos

(Llaneza, 2010)

Algunas actividades para evitar la fatiga mental son:

- Pausas cortas y frecuentes.
- Alternar con otro tipo de actividad que requiera menor atención.
- Reducir la carga de trabajo en la noche.

- Formar al trabajador cuando haya cambios tecnológicos, operativos u organizativos.
- Organizar los puestos de trabajo de manera que las tareas exijan a la persona un esfuerzo mental aceptable.

Durante el trabajo se pueden presentar episodios de sobrecarga cuantitativa, que se producen cuando el trabajador debe realizar muchas operaciones en poco tiempo y en otras ocasiones episodios de sobrecarga cualitativa, que se producen en situaciones o eventos en los que al trabajador se le solicita realizar actividades mentales o intelectuales excesivamente complejas en función de sus conocimientos o habilidades actuales. De la misma manera, se puede presentar lo contrario, que el trabajador tenga subcargas mentales *cuantitativas,* las cuales se producen cuando el trabajador tiene que realizar poco trabajo en su jornada laboral o *cualitativas,* cuando el trabajador debe realizar tareas demasiado sencillas.

Cualquiera de los 4 casos presentados previamente, se deben evitar en un puesto de trabajo, ya que se pueden presentar reacciones del organismo (alteración del ritmo cardíaco, de la actividad ocular, en la contracción muscular, en la actividad cortical-eléctrica del cerebro, etc.), situaciones de fatiga o pereza mental, en donde se produce una marcada disminución de la capacidad física y mental de un individuo, lo cual afecta no solo el desempeño laboral del individuo, sino que también, puede llegar a afectar sus condiciones fisiológicas o psicológicas (disminución de la atención, pensamiento lento, disminución en su motivación, aburrimiento, inestabilidad emocional, alteraciones del sueño, astenia, alteraciones psicosomáticas, etc.).

Para evaluar las condiciones de trabajo que pueden incidir sobre la salud mental y física de las personas que ocupan un puesto de trabajo determinado dentro de una empresa, se puede emplear el método LEST, presentado previamente o el método RNUR (o de perfil del puesto), desarrollado por la empresa RENAULT, en el que se analiza la carga nerviosa (exigencias del Sistema Nervioso Central) que tiene un trabajador durante la realización de una tarea (García & Hoyo Delgado, 2002). Además, existen algunos métodos y escalas específicas para la valoración de la carga mental; algunos

de estos son: escala de Cooper-Harper, escala de Bedford, escala de carga global (Overall Workload), Técnica de SWAT (Subjetive Assesment Technique), procedimiento NASA-TLX (Task Load Index) y el perfil de carga mental (Workload Profile).

6.4 FATIGA MENTAL

Toda actividad humana se compone de carga física y de carga mental. Acostumbramos a tipificar la actividad en función del predominio de una u otra. El trabajo y el tiempo libre forman un binomio importante a la hora de valorar la salud mental de los individuos. El primero, porque constituye uno de los ejes fundamentales alrededor del cual gira su vida, y el segundo, porque su salud mental se pone a prueba en el momento en el que se enfrentan a estos espacios.

Los trabajos pueden agruparse en manuales e intelectuales, es decir, trabajos que requieren esfuerzo físico, mecánico o intelectual. De la misma manera, se diferencian por la obtención de resultados de forma inmediata o diferida. En los trabajos de gratificación diferida, es necesario que pase un tiempo para poder percibir los resultados.

Son tantas las horas que pasa el ser humano trabajando, además de la intervención de otros factores, que acaba por establecer una relación afectiva con él. Todo trabajo, por desagradable que sea, acaba por ser vivido como algo propio y personal. El trabajo debe proporcionar, además de la satisfacción de la labor bien hecha, un sentimiento positivo de gusto por lo que se está haciendo. Entonces, el esfuerzo resulta un elemento gratificador.

En el trabajo intervienen diversos elementos: en qué consiste la tarea a realizar, para quién se hace, y quién se beneficia con ella. La situación ideal se presenta cuando los tres factores son favorables y se puede disfrutar del trabajo, pero en muchas ocasiones falla alguno de ellos: unas condiciones poco flexibles, un jefe incompetente o un sueldo insuficiente.

Resulta imposible prescindir del aspecto afectivo en las relaciones con las personas con quienes se trabaja. Son muchas las horas que comparten y muchas las oportunidades de sostener relaciones que, sin duda, no se dan a otros niveles. El trabajo es un buen elemento para favorecer la vida

afectiva del individuo, por lo que no se debe establecer una barrera entre la vida profesional y la afectiva. Algunas personas viven el trabajo como algo totalmente tedioso, algo de lo que se quieren librar, pero sin lograrlo. El absentismo[2] (Absentismo, 2019) tiene graves repercusiones en el individuo, además de las sociales y económicas.

El desarrollo tecnológico está potenciando el cambio de una actividad eminentemente física a otra de tipo psíquico, lo que da lugar a un aumento de los trabajos en los que predomina la actividad mental y en los que la actividad física se ha reducido a límites peligrosamente bajos.

6.4.1 Clasificación de la Fatiga Mental

Podemos clasificarla en dos categorías. En *primer lugar,* aparece un tipo de fatiga como una reacción homeostática dirigida a conseguir una adaptación con el medio ambiente. En este caso, el organismo buscará el reposo como medio de recuperación del equilibrio. El reposo en el trabajo se puede obtener, aparte de suprimiendo la actividad, mediante el cambio de esta, o sea, con la rotación de tareas, ubicando al operario en otro puesto con menos requerimientos.

El principal síntoma de este tipo de fatiga es una reducción del rendimiento de la actividad y un aumento de los errores. Se debe, entre otros factores, a la disminución de la atención, al pensamiento lento y a una falta de motivación (todos ellos auténticos peligros para el trabajador y para el propio sistema hombre-máquina, ya que si su nivel de activación baja, bajará la calidad y la cantidad de la producción). Fisiológicamente, se da una disminución del grado de activación del organismo del operario.

En *segundo lugar*, cuando una carga elevada de trabajo se va repitiendo durante largos períodos por un mal cronometraje, una disposición equivocada del nivel de exigencias de la tarea, una distribución errónea de las relaciones dimensionales del área de trabajo, un diseño equivocado de las relaciones informativas y de control, etc., puede aparecer la fatiga

[2] El absentismo laboral hace referencia a los periodos en que un empleado se ausenta de su puesto dentro del horario de trabajo por causas justificadas reconocidas legalmente (incapacidad temporal, permisos relacionados con la actividad sindical, etc.) o injustificadas (retrasos, salir a fumar, recados, cuidados de los hijos o de personas mayores, etc.).

crónica. Se da como resultado de un desequilibrio, durante un tiempo prolongado, entre la capacidad del organismo y el esfuerzo que debe realizar para dar respuesta a las necesidades del medio.

Sus principales síntomas no solo se sienten durante o después del trabajo, sino que se convierten en crónicos; entre ellos, cabe destacar los siguientes: inestabilidad emocional, irritabilidad, ansiedad, estados depresivos, alteraciones del sueño, astenia (decaimiento de la fuerza), alteraciones psicosomáticas, alteraciones cardíacas, algias o dolores, dolores de cabeza, problemas digestivos, problemas sexuales, e incluso llegar a intentos de suicidio, según últimos estudios.

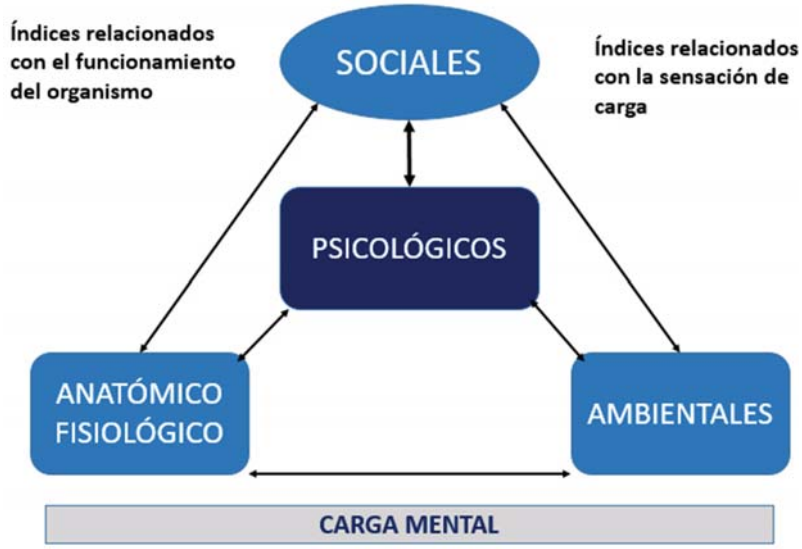
6.4.2 Indicadores de Fatiga Mental

Los indicadores de carga mental que utilizan los distintos métodos de evaluación se han determinado experimentalmente a partir de las reacciones del individuo frente a un exceso de carga; es decir, tomando como base las alteraciones fisiológicas, psicológicas y del comportamiento resultante de la fatiga.

Para la estimación de la fatiga mental suelen utilizarse indicadores fisiológicos (presión sanguínea, electroencefalograma, frecuencia cardíaca y su variación, frecuencia respiratoria, umbral de discriminación táctil, tiempo de reacción, entre otras); de conducta (referidos a la tarea primaria, como por ejemplo, tiempo de reacción, errores, olvidos, modificaciones del proceso operatorio, etc.; a la tarea secundaria o a conductas asociadas a la fatiga) y psicológicos (memoria, atención, coordinación visomotora, entre otros) (Fig. 6.10).

Sin embargo, para realizar un análisis completo, es necesario tener en cuenta la impresión subjetiva de fatiga, a partir de escalas o cuestionarios específicos, que deberán referirse a un período suficientemente amplio, de manera que se abarquen los posibles picos o valles de trabajo, evitando que las respuestas estén en función de una situación personal transitoria.

Fig. 6.10
Factores que intervienen en la carga mental



(Mondelo, Gregori, & Barrau, Ergonomía 1 Fundamentos, 1999)

Esta información debería conjugarse con los datos de salud disponibles, a fin de descartar la existencia de posibles patologías en las que la fatiga sea uno de los síntomas. Tras este descarte se podrán establecer las correlaciones existentes entre las exigencias del trabajo y la fatiga.

Para poder evaluar convenientemente la carga mental de un puesto de trabajo, debemos tener presentes dos tipos de indicadores:

- **Los factores inherentes a la tarea:** apremio de tiempo, complejidad-rapidez, esfuerzo de atención, precisión y minuciosidad, cantidad y complejidad de la información, interrupciones y fatiga percibida.
- **Su incidencia sobre el individuo:** alteraciones fisiológicas y psicológicas, comportamiento.

Consecuencias de la fatiga mental

- Dispersión de la atención (disociación, desconcentración).
- Disminución de la percepción y de la interpretación de las sensaciones (elevación de los umbrales sensoriales).

- Disminución de la capacidad de observación y de juicio. Lentitud en el proceso del pensamiento. Aumento de los tiempos de reacción.
- Crecientes dificultades en la expresión clara y metódica, oral y escrita (falta de coordinación entre el pensamiento y el lenguaje).
- Disminución del rendimiento en el trabajo intelectual (pruebas, experimentos).

6.5 ESTRÉS LABORAL

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

La intensidad, dificultad, duración y composición de los factores de estrés, como la distribución simultánea y sucesiva de estos requisitos específicos, producen un estrés combinado en el que todos los efectos exógenos del sistema de trabajo actúan sobre el trabajador. Este estrés combinado puede superarse activamente o soportarse pasivamente, dependiendo, en especial, del comportamiento del trabajador.

El enfoque activo conlleva actividades dirigidas hacia la eficacia del sistema de trabajo, mientras que el enfoque pasivo, produce reacciones voluntarias o involuntarias, que tienen como objetivo principal minimizar el estrés. La relación entre el estrés y la actividad, está relacionada de forma decisiva, con las características individuales y las necesidades del trabajador. Los principales factores que influyen son aquellos que determinan el rendimiento y están relacionados con la motivación y la concentración, que, a su vez, están relacionados con la disposición, la cual depende de las habilidades y aptitudes del trabajador.

El estrés relacionado con el comportamiento que se manifiesta en ciertas actividades produce individualmente distintas tensiones. Estas tensiones pueden manifestarse como una reacción de los indicadores fisiológicos o

bioquímicos (por ejemplo, como un aumento de la frecuencia cardíaca) o pueden ser perceptibles. Así, es posible clasificar las tensiones mediante una "escala psicofísica", que calcula la tensión tal como la percibe el trabajador. En un enfoque conductual, la existencia de tensiones también puede derivarse del análisis de una actividad. La intensidad con la que reaccionan los indicadores de la tensión (fisiológico-bioquímicos, conductuales o psicofísicos) depende, tanto de la intensidad, duración y combinación de los factores de estrés, como de las características individuales, la habilidad, las aptitudes y las necesidades del trabajador.

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

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

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

Cuando el proceso de adaptación tiene lugar más allá de los umbrales definidos, el sistema orgánico utilizado puede sufrir daños hasta el punto de ocasionar una pérdida parcial o total de su función. La disminución irreversible de las funciones puede ocurrir cuando el estrés es demasiado elevado (daño agudo) o cuando la recuperación es imposible durante un período prolongado (daño crónico). Un ejemplo típico de este tipo de daño es la pérdida de audición producida por el ruido. En la Tabla 6.5., se presentan algunas fuentes de estrés y los síntomas, tanto en el individuo como en la organización.

Tabla 6.5
Fuentes y síntomas de estrés

FUENTES DE ESTRÉS	SÍNTOMAS DE ESTRÉS
Propias Del Trabajo	INDIVIDUO
Rol en la Empresa	Cardiopatías coronarías
Relación de Trabajo	Enfermedades mentales.
Perspectivas de Ascenso	……
Clima Laboral	ORGANIZACIÓN
Organización Laboral	Huelgas prolongadas
Interrelación	Accidentes frecuentes y graves
Familia - Trabajo	Apatía Baja calidad de los productos

(Mondelo, Gregori, & Barrau, Ergonomía 1 Fundamentos, 1999)

Algunos de los síntomas que presenta un individuo con estrés son: elevada presión sanguínea, estado depresivo, consumo excesivo de alcohol, tabaco, irritabilidad, dolores diversos, entre otros. Ahora bien, dentro de una organización también se pueden observar algunos síntomas cuando existe un ambiente laboral estresante. Estos son: elevado ausentismo, rotación exagerada de puestos de trabajo, dificultad de relación laboral, baja calidad en productos y servicios, entre otros.

6.5.1 Tipos de Estrés

Dentro de lo que denominamos estrés aparecen dos clases: el eutrés y el distrés (Dresel , 2019).

El eutrés: cuando el organismo responde armónicamente respetando los parámetros fisiológicos y psicológicos de la persona, es decir, cuando la energía de reacción ante los estresores se consume biológicamente y físicamente estamos en presencia del denominado eutrés, o sea, podemos decir que es el estrés “bueno”, el necesario para que podamos seguir desarrollándonos como personas.

El distrés: estamos en presencia de lo que se denomina distrés o estrés "perjudicial", cuando el organismo no responde en forma suficiente a los estresores, o responde en forma exagerada, ya sea en el plano biológico, físico o psicológico, no pudiendo consumirse el exceso de energía desarrollada.

6.5.2 Las fases del distrés

Dentro del desarrollo del denominado estrés, en su faz patológica, o sea, al llamado distrés, se observan tres fases:

Fase 1. Reacción de alarma: cuando el organismo sufre una amenaza se estimula el hipotálamo (área del cerebro que produce "factores liberadores", que son sustancias que cumplen la función de mensajeros), llevando las señales de aviso (mediante el envío de sustancias) de haber recibido una alarma a las distintas zonas del cuerpo.

Fase 2. Estado de resistencia: cuando la amenaza que percibe el organismo se prolonga en el tiempo (amenaza por agentes lesivos físicos, químicos, biológicos o sociales), puede ocurrir un equilibrio dinámico u homeostasis entre el medio ambiente interno y externo de la persona, o una disminución en la capacidad de respuesta, debido al agotamiento de las glándulas del estrés. Si el organismo posee la capacidad suficiente para resistir durante mucho tiempo, no aparecerán problemas; de lo contrario, se avanzará a la tercera y última fase que es la de agotamiento.

Fase 3. Agotamiento: el agotamiento del organismo por una situación prolongada de estrés va a provocar un gran deterioro de las capacidades fisiológicas, y con ello, la enfermedad ingresa a esta última fase denominada, precisamente, de agotamiento. Las capacidades del organismo se reducen al mínimo y, por lo tanto, sucumbe fácilmente a los estresares, tanto externos como internos.

Ahora bien, el estrés laboral puede ser también de tipo *episódico* o *crónico*. Es episódico cuando se sufre el despido laboral. Se le denomina crónico cuando surge, debido al ambiente laboral, la sobrecarga del trabajo, las alteraciones de los ritmos biológicos, las responsabilidades, decisiones muy importantes, etc.

Las situaciones en que se puede desarrollar el estrés laboral dentro de las organizaciones son varias, ya que el trabajador está expuesto a diferentes agentes estresores que lo pueden llevar a sufrir cuadros de estrés laboral. Algunos ejemplos son:

- *Un ambiente laboral inadecuado.* Iluminación deficiente, alto nivel de ruido o ruidos intermitentes, excesivo nivel de vibraciones, presencia de contaminantes químicos en la atmósfera, altas o bajas temperaturas, trabajos en altura de alto riesgo, trabajos en instalaciones eléctricas, atmósferas mal ventiladas, trabajos en máquinas de alto riesgo.
- *Sobrecarga de trabajo.* Exigencias psicosensoriales violentas, simultáneas, numerosas, persistentes y variables, que producen: tensión nerviosa, fatiga, irritabilidad, crisis de decisión, ansiedad, confusión, desconcentración, entre otros.
- *Alteración de los ritmos biológicos.* Variación significativa del ciclo cardiaco y respiratorio, con lo que se genera: irritabilidad, disminución de la concentración, trastornos en el sueño, fatiga, ansiedad y modificaciones problemáticas en las relaciones sociales, conyugales y sexuales.

vResponsabilidades y decisiones muy importantes. Desarrollo de tareas jerárquicas muy importantes con un alto grado de responsabilidad, trabajo intelectual excesivo, trabajos con tensión psicológica continua, entre otros, lo que desencadena diversas manifestaciones psicosomáticas, trastornos del sueño, disminución del deseo sexual, impaciencia, pérdida de la iniciativa, dificultad en la toma de decisiones, adicciones, etc.

- *Estimulación lenta y monótona.* Generará distracción, falta de atención y un posible aumento de accidentes de trabajo.
- *Condiciones laborales inadecuadas.* Salarios bajos, una alimentación inadecuada e insuficiente, la ausencia de perspectivas de progreso, las pocas posibilidades de recreación, la presencia de una inestabilidad laboral por renovación de equipamientos o cambios en los procesos de producción, nueva disposición en las líneas de montajes, etc.

6.5.3 Prevención del Estrés Laboral

Son variadas las acciones que se pueden emplear para reducir el nivel de estrés en las organizaciones, a continuación, se indican las que se consideran más importantes:

1. Solicitar a un especialista el análisis de las condiciones de trabajo para identificar los aspectos estresantes y producir los cambios correspondientes.
2. Realizar controles médicos anuales para detectar patologías relacionadas con el estrés.
3. Capacitar al personal en el manejo del estrés.
4. Verificar que el volumen de trabajo que se debe desarrollar es compatible con las habilidades y capacidades de los recursos humanos con que cuenta la organización.
5. Tener en cuenta, al diseñar los puestos de trabajo, que los mismos puedan brindar el estímulo y las posibilidades a los trabajadores para que utilicen sus habilidades.
6. Definir claramente las misiones y funciones de cada puesto de trabajo y comunicárselas a los trabajadores.
7. Dar oportunidad a los trabajadores de participar en las decisiones y acciones que afectan a sus trabajos.
8. Mejorar las comunicaciones reduciendo las incertidumbres sobre el futuro de los trabajadores en los diferentes puestos de trabajo.
9. Proveer de oportunidades, para que haya interacción social entre los trabajadores y puedan volcar sus inquietudes sobre los trabajos que se están desarrollando.
10. Establecer las prioridades de los diferentes niveles organizacionales.
11. Concientizar a las personas de los peligros de la sobreestimulación o subestimulación laboral y la incidencia sobre la salud de los turnos rotativos.
12. Capacitar al personal para que conozca cómo ejercer un liderazgo resonante para el logro de un mejor aprovechamiento de la inteligencia emocional.

6.6 ASPECTOS PSICOSOCIALES

El riesgo psicosocial está presente en el trabajo y debe tratarse en la evaluación integral del puesto de trabajo. Algunas de las variables que son analizadas en este aspecto son *la participación, implicación y responsabilidad del trabajador; la formación, información y responsabilidad; la gestión del tiempo y la cohesión de grupo* (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) (Lehera Martín & Gongora Yerro, 2002). Este factor engloba todas aquellas condiciones relacionadas con la organización del trabajo, el contenido del trabajo y la realización de las tareas (Secretaría de Salud Laboral de CCCOO de Madrid, 2016).

Dentro del estudio de la *participación, implicación y responsabilidad*, se determina el grado de autonomía que tiene un trabajador para tomar decisiones sobre su trabajo y se contemplan los siguientes factores:

- Autonomía
- Trabajo en equipo
- Iniciativa
- Control sobre la tarea
- Control sobre el trabajador
- Rotación, supervisión
- Enriquecimiento de tareas.

En el estudio de la *formación, información y comunicación,* se determina el grado de interés personal que la organización demuestra por sus trabajadores, facilitando el flujo de información que estos requieren para el adecuado desarrollo de sus tareas. Para esto se contemplan los siguientes aspectos:

- Flujos de comunicación
- Acogida
- Adecuación persona-trabajo
- Reconocimiento
- Adiestramiento
- Descripción del puesto de trabajo
- Aislamiento

Para determinar la *gestión del tiempo*, se establece el nivel de autonomía que tiene el trabajador para determinar la cadencia y ritmo de su trabajo en la empresa. Se tienen en cuenta los siguientes factores:

- Ritmo de trabajo
- Apremio de tiempo
- Carga de trabajo
- Autonomía temporal
- Fatiga

Finalmente, para determinar la *cohesión de grupo* con los miembros del grupo de trabajo, se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Clima social
- Manejo de conflictos
- Cooperación
- Ambiente de trabajo

Otro aspecto que en algunas ocasiones se incluye en esta evaluación, es el *hostigamiento psicológico en el trabajo,* el cual hace referencia a aquellas situaciones en las que una persona o un grupo de personas ejercen un conjunto de comportamientos caracterizados por una violencia psicológica externa, de forma sistemática y durante un tiempo prolongado, sobre otra persona en el lugar de trabajo (Lehera Martín & Gongora Yerro, 2002).

El ser humano tiene un sistema límbico[3] donde las emociones están presentes y esto conlleva a la generación de conductas y personalidad (Psicología Online, 2020). Desde este punto de vista, se puede decir, que, cuando hay muchos individuos interactuando, todos son diferentes en sus reacciones, por lo que es importante conocer estas relaciones para el correcto ordenamiento laboral y un buen desempeño dentro de la empresa. Algunos ejemplos de riesgos psicosociales están asociados a: Organización del trabajo, estrés derivado del trabajo, sobrecarga muscular asociada a la fatiga física y mental, etc.).

En una empresa, el sistema hombre-máquina-ambiente, tiene un alto grado de complejidad, se suman al trabajo las relaciones laborales y las características individuales. Cuando las condiciones laborales son inadecuadas, es muy común que se presente el fenómeno del ausentismo y refleja una realidad latente ante la cual el ser humano siente, participa o se niega a interactuar o participar en este medio.

La evaluación de los factores psicosociales de los trabajadores requiere un poco más de tiempo y de cuidado dada la influencia de condiciones de la persona o la personalidad, y un temor por las consecuencias de los resultados; así, como la percepción del trabajador y la respuesta individual

[3] El sistema límbico es un complejo conjunto de estructuras que se hallan por encima y alrededor del tálamo, y justo bajo la corteza. Incluye el hipotálamo, el hipocampo, la amígdala y muchas otras áreas cercanas. Parece ser el principal responsable de la vida emocional, tiene mucho que ver con la formación de memorias.

ante determinadas condiciones del trabajo, junto con la influencia de los aspectos extra laborales. Ahora bien, el procedimiento de evaluación debe ser una práctica habitual para tener indicadores cuantitativos, globales y generales de este aspecto. Las conductas usualmente generadas son: motoras, paralingüísticas y verbales.

Los objetivos principales de la intervención psicosocial, al igual que las demás intervenciones son la reducción de efectos negativos en los trabajadores y en la empresa, esto incluye:

- Mejorar la comunicación
- Clarificar responsabilidades
- Gestión participativa
- Mejorar relaciones jerárquicas
- Fomentar el sentido de pertenencia
- Convivencia grupal
- Clarificación de roles sociales y jerárquicos
- Información y sensibilización
- Gestión y control del estrés
- Reincorporación participativa al trabajo

Los factores de riesgo psicosociales están relacionados con la organización del trabajo, el contenido del trabajo y la realización de las tareas laborales que puedan en algún momento generar riesgo de sufrir trastornos musculo-esqueléticos (TME). Otro factor a considerar, es el estrés en un puesto de trabajo, que es causado por una deficiente interacción persona-entorno, objetiva o subjetivamente. Algunos de los principales factores que dan lugar a desajustes en el entorno laboral (Secretaria de Salud Laboral de CCCOO de Madrid, 2016) (Moreno Jiménez & Báez León, 2010), son:

- *Sobrecarga cuantitativa*, es decir, ritmo de trabajo elevado, con demasiadas tareas que hacer en un corto tiempo, elevada presión de tiempo y flujo de trabajo repetitivo.
- *Insuficiente carga cualitativa*, es decir, tareas limitadas o de baja complejidad dentro de la jornada laboral.
- *Trabajos monótonos, repetitivos y rutinarios*, en este caso, la falta de variedad en las tareas afecta negativamente el estímulo, falta de demandas a la creatividad o a la solución de problemas, y escasas oportunidades de interacción social o crecimiento profesional.

- *Conflictos de roles*, que se presenta cuando las personas tienen asignados varios roles a la vez.
- *Falta de control sobre la propia tarea*, se presenta por una baja participación en la toma de decisiones, baja capacidad de control sobre la carga de trabajo y otros factores laborales o cuando es otra la persona que decide qué es lo que hay que hacer, cuándo y cómo.
- *Horarios.* Cambio de turnos, cambio nocturno, horarios inflexibles o imprevisibles, prolongadas jornadas de trabajo sin presencia de pausas activas en el transcurso del día.
- Escasos periodos de descanso y recuperación muscular.
- *Falta de apoyo social* por parte del jefe o de los compañeros de trabajo, así como familiares en casa.
- *Cultura Organizacional y funciones*, asociada a una mala comunicación interna, bajos niveles de apoyo, falta de definición de las propias tareas o de acuerdo con los objetivos organizacionales.
- *Relaciones interpersonales*, evidentes cuando se presenta aislamiento físico o social, escasas relaciones con los jefes o conflictos interpersonales y falta de apoyo social.
- *Estresores físicos*, estos pueden influir en el trabajador tanto física como químicamente.

En los puestos de trabajo se presentan otros factores de riesgo en el entorno laboral, como el uso de máquinas o equipos peligrosos, posibles contactos eléctricos, situaciones de energía radiante, espacios reducidos, superficies resbaladizas, pisos desiguales o con desniveles, equipos de protección individual anti ergonómicos, falta de orden, equipos de protección individual muy voluminosos que dificultan los movimientos y afectan la correcta visibilidad, calzado inestable, trabajo por turnos, etc. (ISTAS, 2015).

Otros factores de riesgo de tipo individual se consideran para mejorar las condiciones ergonómicas de las empresas son las dimensiones corporales (altura, talla, peso), el sexo y la edad, la experiencia laboral y la antigüedad en el puesto de trabajo, la formación recibida para el desempeño de la tarea, etc. Por ejemplo: la altura de una mesa de trabajo es la misma para

un trabajador que mide 1.50m que para uno que mide 1.90m; otro caso puede ser el desempeño y calidad en los procesos de un trabajador con 10 años de experiencia, que otro que está recién contratado.

Adicional a los aspectos mencionados previamente, los sobre esfuerzos mecánicos generan dolencias y lesiones que afectan diferentes tejidos de los individuos tales como huesos, músculos, cartílagos, tendones ligamentos, articulaciones completas e incluso puede acabar en afectaciones más severas a nivel nervioso o en el sistema circulatorio, que también están sometidos a esfuerzos de compresión, tracción, vibraciones, fatiga, entre otras cargas.

Las causas más comunes de riesgos laborales en los puestos de trabajo en las pequeñas y medianas empresas son:

- Mobiliario con dimensiones que no se ajustan a los trabajadores
- Espacios reducidos en los puestos de trabajo
- Desorden en áreas y puestos de trabajo
- Trabajo forzado, monótono y repetitivo
- Ritmo de trabajo elevado
- Distancias considerables de desplazamiento y transporte con y sin carga
- Manipulación manual de cargas pesadas y de difícil agarre
- Falta de equipos o herramientas mecánicas para la manipulación de cargas
- Falta de mantenimiento de los equipos, máquinas y herramientas de trabajo
- Falta de personal para labores en un área
- Falla en la distribución de los puestos de trabajo en líneas de producción
- Falta de capacitación sobre prevención de accidentes, riesgos laborales y ergonomía

- Contratación de personal no calificado para las labores del puesto de trabajo
- Deficiencias en la organización y distribución de trabajo
- Deficientes condiciones de iluminación, sonido, ventilación, entre otros
- Falta de implementación de pausas activas en los puestos de trabajo
- Uso equivocado de herramientas para el desarrollo de tareas
- Incorrecto diseño de controles, mandos, indicadores y elementos de acceso

Las anteriores son algunas de las múltiples causas de riesgos de trastornos en el sistema musculo-esquelético del ser humano, que deben ser evitadas en el momento de diseñar puestos de trabajo. Adicionalmente, para la valorar la importancia de estos riegos se deben considerar los siguientes factores (ISTAS, 2015) (Riihimaki, 1998):

- El tipo de actividad laboral con su riesgo asociado
- La duración o tiempo de exposición al factor de riesgo durante la jornada de trabajo
- La intensidad o magnitud del esfuerzo o carga al que está sometido un trabajador
- La frecuencia o número de veces que el riesgo está presente por unidad de tiempo

Para la identificación y evaluación de los factores psicosociales existe varios métodos, uno de ellos el método INSL, que se rige por la Norma Técnica de Prevención NTP 840 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), que es útil para identificar las condiciones psicosociales desfavorables en cada situación de trabajo evaluada, en la Tabla 6.6., se presenta la ficha técnica del método.

Tabla 6.6 (Cont.)

Tabla 6.6

Ficha técnica del método INSHT

FICHA TÉCNICA DEL MÉTODO INSHT	
Ámbito de aplicación	Dirigido a cualquier sector o tamaño de empresa
Clasificación del método	Idóneo como evaluación inicial
Metodología	Cuantitativa en lo que se refiere a cuestionario estandarizado, y cualitativa en lo referido al análisis del apartado de observaciones que acompaña a todos los ítems.
Variables analizadas	1. Participación, implicación, responsabilidad 2. Formación, información, comunicación 3. Gestión del tiempo 4. Cohesión de grupo
Herramientas del método	Cuestionario de aplicación individual de 30 ítems y una opción de respuesta personal. Hoja de datos de la empresa. Programa informático para su corrección.
Utilización del método	Sencillo, de fácil aplicación y corrección
Capacitación	Formación a nivel de Técnico Superior en PRL especialidad preventiva Ergonomía y Psicosociología Aplicada
Articulación de las medidas preventivas	Se presenta a modo de guía una serie de recomendaciones generales que deberán ser especificadas para cada realidad/situación particular

(Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo)

Este método considera parámetros como: presión de tiempos, esfuerzo de atención, fatiga percibida, sobrecarga, subcarga, percepción (subjetiva) de dificultad en la tarea, entre otras cosas, para identificar cuáles son los posibles efectos o consecuencias para el trabajador (García & Hoyo Delgado, 2002). Una de las consecuencias más estudiadas, es el cambio en el rendimiento de los trabajadores lo cual puede ser determinado de acuerdo a indicadores de rendimiento (índice de carga mental), el estudio de los métodos operacionales para realizar tareas, el método de doble tarea simultánea, entre otros.

En resumen, las exigencias a las que está expuesto un trabajador en un lugar de trabajo son con frecuencia distintas a las necesidades y capacidades de los individuos, lo que va a tender a generar estrés y problemas de salud, por lo que es importante hacer un buen diseño del puesto de trabajo para una persona o realizar diagnósticos oportunos de relaciones causa-efecto, que permitan identificar qué factores específicos deben modificarse o cambiarse, con el fin de mejorar las condiciones laborales de un trabajador a fin de generar el ambiente y las condiciones propicias para un adecuado desempeño que lleve a la empresa a lograr excelentes resultados.

Capítulo 7

Diseño de Puestos de Trabajo en Oficinas con Equipos de Computo

El trabajo en oficina es uno de los más desgastantes y es afectado de múltiples formas por el desarrollo tecnológico. La llegada de nuevas y variadas tecnologías a despachos y oficinas ha generado muchos cambios en la propia organización del trabajo.

En este sentido, no se trata únicamente del desarrollo de la tecnología telemática, 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 del medio ambiente.
- Tendencias en el individuo: necesidad de la flexibilidad, autoempleo, trabajador del conocimiento.
- Tendencias de la empresa: complejidad, dinamismo y competencia en el entorno; outsourcing, necesidades del cambio.

Para el diseño de los puestos de trabajo con pantallas de visualización (PVD), se deben tener en cuenta los diferentes elementos que están integrados en el mismo espacio de trabajo, es decir:

- El **equipo informático:** compuesto por la pantalla, el teclado, el mousse o ratón, la impresora o multifuncional, etc.
- La **configuración física del puesto**: compuesto por el mobiliario y el espacio físico con su distribución.

- El **medioambiente de trabajo**: relacionadas con parámetros de iluminación, temperatura, ruido, etc., que afectan el trabajo con PVD
- Los **softwares informáticos,** incluidos los sistemas operativos, aplicaciones y contenidos de internet
- La **organización del trabajo**, asociada a la cantidad de trabajo, así como las pausas activas.

Según la *Guía Técnica para la evaluación de riesgos derivados en el uso de pantallas de visualización del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo* (INSHT) (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2006), para que un trabajador sea considerado como un *usuario de pantalla de visualización de datos (PVD)*", debe estar en una de las siguientes situaciones (Madrid López & Cañas Delgado, 2015):

- Usar PVD al menos 4 horas al día o 20 horas a la semana.
- Usar PVD entre 2 y 4 horas diarias (10-20 semanales) y además debe cumplir 5 de los siguientes requisitos:
    - Que su trabajo dependa del equipo PVD, sin medios alternativos para conseguir los mismos resultados.
    - Que no pueda decidir voluntariamente usar o no el equipo PVD.
    - Que la empresa le exija disponer de formación o experiencia específica para usar el equipo.
    - Que el equipo se use habitualmente durante periodos continuados de 1 hora o más.
    - Que el equipo se use diariamente en la forma como se señala en el punto anterior.
    - Que el obtener información rápidamente usando el equipo sea un requisito importante del trabajo.
    - Que las necesidades de la tarea necesiten un nivel alto de atención

7.1 TRABAJO CON PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN DE DATOS (PVD)

En los últimos años la rápida difusión de las nuevas tecnologías ha introducido progresivamente en el mundo de las oficinas las computadoras personales y, en general, toda una serie de equipos que configuran lo que se

llama la ofimática, que además de originar una verdadera revolución en el mundo de las oficinas, deja como secuela toda una serie de trastornos sobre la salud de los trabajadores, 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, tienen unas solicitaciones en cuanto a carga física y mental que pueden llegar a desencadenan trastornos como la fatiga visual, síntomas de afecciones musculoesqueléticas y alteraciones de carácter psicológico.

Trastornos como la fatiga visual, síntomas de afecciones musculoesqueléticas y alteraciones de carácter psicológico han sido relacionados con la utilización sistemática durante largos períodos de las PVD, y han dado lugar a numerosos estudios en todo el mundo, tendientes a conocer el impacto que producen estos equipos sobre la salud de los trabajadores.

El problema se centra en los riesgos del sistema musculoesquelético de tipo postural o por la exigencia de movimientos repetitivos, gracias a la obligada posición sedente para el manejo de los teclados en la introducción de datos y los problemas de la carga mental de las tareas de oficina, causados por la sobredemanda intelectual y las características intrínsecas de la multitarea (Móndelo, 2013).

El trabajo con computadora, es aquel en el cual el operador tiene como herramienta principal una de ellas. Según el Real Decreto 488/1997, se define pantalla de visualización (PDV) como "una pantalla alfanumérica o gráfica, independiente del método de representación visual utilizado" (Instituto nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1997, p.2). Estas pantallas se conciben de forma genérica independientemente de la tecnología subyacente y el entorno en el que se utilicen (Madrid López & Cañas Delgado, 2015).

La diferencia fundamental con los trabajos de oficina tradicional, se centra en el hecho de que la información se presenta en plano vertical y su cantidad es elevada, por lo tanto, los sentidos y el sistema nervioso trabajan bajo una presión superior.

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

a) Trabajos con pantalla: donde hay recepción y salida de datos. La vista está fijada en la pantalla y el uso del teclado es menos importante. Elevada carga visual.
b) Trabajos con documentos: introducción de datos en la 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. Solicitaciones y fatiga en columna, músculos de la nuca, musculatura de los tendones de brazos y manos.
c) Trabajo mixto: conjugación de los anteriores.

Las características técnicas de las pantallas se muestran en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1
Características técnicas de la pantalla

Requerimientos de la directiva 90/270/CEEE para la pantalla
Caracteres de la pantalla 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 estable, sin fenómenos de destellos, centelleos y otras formas de inestabilidad.
El usuario de PVD podrá ajustar fácilmente la luminosidad 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.

(Móndelo, 2013)

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 suficientemente grandes para una buena legibilidad (Tabla 7.2).

Tabla 7.2
Dimensiones de una pantalla de computadora

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%

(Móndelo, 2013)

El problema de una pantalla demasiado pequeña, radica en forzar demasiado la vista y las malas posturas que soportan los hombros y el cuello. Para evitar dichos daños, la pantalla debe desplazarse y tener la posibilidad de rotación según el eje vertical, inclinándose al menos 20° hacia arriba y 5° hacia abajo. La idea principal es la flexibilidad, es decir, que se pueda adaptar fácilmente a la posición que les imponga el operador u operadores para su mayor comodidad.

En cuanto a la estabilidad de la imagen, los caracteres deben ser firmes, nítidos y sin centelleo. La frecuencia de fusión del centelleo debería alcanzar los 70 [Hz], aunque en pantallas con polaridad negativa (fondo oscuro con caracteres claros) puede ser inferior de 60 [Hz]. Estas medidas evitan que la mayoría de los operadores lo perciban como algo molesto. 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.

7.1.1 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.

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 esté comprendido entre 20 y 22 minutos de arco. El mínimo admisible (para lectura ocasional, notas de pie de página, etc.) es de 16 minutos de arco.

Para la distancia usual en el trabajo ante pantalla, entre 40 y 70 centímetros (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 4.5mm. Para lograr una relación anchura/altura de los caracteres y una legibilidad óptima se recomienda que la relación sea entre 0.7:1 y 0.9:1.

La anchura del trazo de los caracteres debe estar dentro del intervalo 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.

Para el formato se deben cuidar algunos puntos:

- Los caracteres deben estar formados como mínimo por una matriz de 7x9 pixeles. Si se quiere obtener una buena calidad en la forma del carácter, se necesita una matriz de 8x14 o superior.
- Debe haber uniformidad entre la altura y anchura de cada carácter, no debe variar más de 5% de las dimensiones nominales del carácter, independientemente del lugar de la pantalla donde se represente.
- La separación entre caracteres debe ser aproximadamente de 20% de la altura y no menor de 15%; la separación entre palabras debe ser superior al 60% y la separación entre líneas debería estar comprendida entre el 100% y el 150%. Esta separación tiene como funciones el aprovechamiento del espacio y el número de palabras que se puede reconocer en una mirada.

Los filtros como accesorio para las pantallas de la computadora cumplen una doble función:

- Absorber una posible emisión de radiaciones procedentes de la pantalla.
- Permitir una mejor visión de la pantalla mediante el reflejo y el incremento del contraste de la imagen.

Acerca del teclado, debe lograr que el usuario pueda localizar y accionar las teclas con rapidez y precisión, sin que ello le cause molestias o incomodidades. Debe ser suficientemente ligero para que el operador pueda moverlo fácilmente, pero debe evitarse que se desplace con facilidad. La movilidad de la parte numérica del teclado permite su adaptación tanto a diestros como zurdos.

- Si el diseño del teclado incluye un soporte para las manos, su profundidad debe ser al menos de 100 mm, desde el borde de la primera fila de teclas.
- La distancia del teclado al borde de la mesa debe ser mayor a 5 cm y al menos de 16 cm del centro del teclado al borde de la mesa.
- Si el teclado es muy alto, se incrementará el esfuerzo estático en brazos y espalda; por lo tanto, en estos casos es recomendable utilizar apoya-muñecas.
- El teclado debe estar constituido por tres grupos de teclas: grupo alfanumérico, grupo de control o de funciones y el grupo de numéricas, con una separación de al menos la mitad de la anchura de una tecla.

Existen otros dispositivos de entrada y salida como el mouse, joystick o palanca de control, *trackball* o bala rastreadora, pantalla táctil, entre otros.

Sobre las impresoras hay algunas características importantes:

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

  Si el nivel sonoro o el tránsito generado por personas que recogen "colas" de artículos son excesivos, puede molestar y distraer al personal, además de perder capacidad de concentración, generando 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 donde se 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.
- Es conveniente que la impresora avise cuando ha acabado de imprimir y sobre todo, cuando se vaya a terminar el papel.
- Las impresoras láser y fotocopiadoras tendrán un tratamiento específico para reducir sus emisiones de ozono a límites aceptables.

7.2 RIESGO ASOCIADOS AL TRABAJO CON COMPUTADORAS

Con respecto a los riesgos ergonómicos que puede tener una persona que en su puesto de trabajo interactúa con computadores es mínimo, no existe una patología laboral clara y grave derivada de este riesgo, es más un riesgo ergonómico de fatiga que de patología; sin embargo, la generalizada implantación del trabajo con ordenadores y el incremento en las horas del día en las que se usan los computadores en el sector de servicios, dentro del cual se incluyen las oficinas, hace que el posible riesgo derivado de ellos afecte a un número de trabajadores cada vez más elevado.

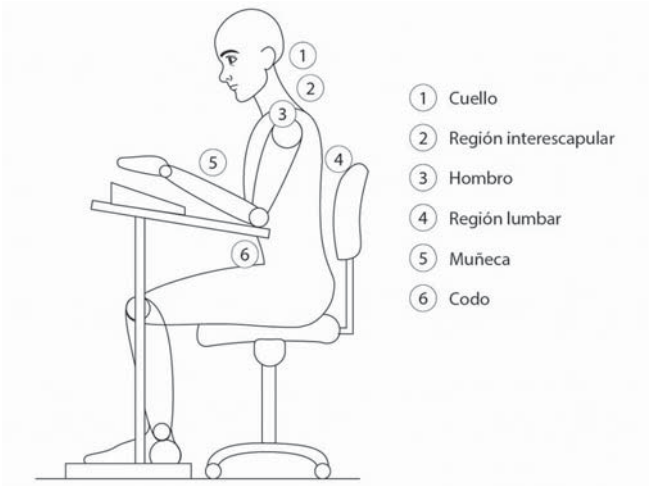
La elevada frecuencia de problemas relacionados con la utilización de video terminales hace que, a pesar de la poca gravedad de las lesiones, sea un punto de estudio de gran interés en el que hay mucho que avanzar. La *patología visual* (fatiga visual), también conocida como astenopia, puede definirse como una alteración funcional de carácter reversible en su inicio, debida a solicitaciones 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 y Puede tener origen extra-ocular, como las situaciones de estrés psíquico, cansancio, preocupaciones, convalecencias, entre otras. En estas situaciones hay 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 acomodativas y de convergencia.

Factores relacionados con la fatiga visual y el puesto de trabajo:

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

Cuando el uso prolongado de computadores en el trabajo, se combina con la adopción de malas posturas (Fig. 7.1), se producen alteraciones músculo – esqueléticas, que pueden convertirse en una situación incapacitante si no se hacen correctivos a tiempo. Las molestias óseo – articulares son también muy comunes y conocidas. Es frecuente que al analizar los puestos de trabajo se manifieste una combinación de ambas o alguna de las dos. El trabajador comúnmente describe las molestias osteoarticulares como dolores musculares, tensión o contractura muscular (Fig. 7.1).

Fig. 7.1
Localizaciones de los problemas posturales más frecuentes



(Móndelo, 2013)

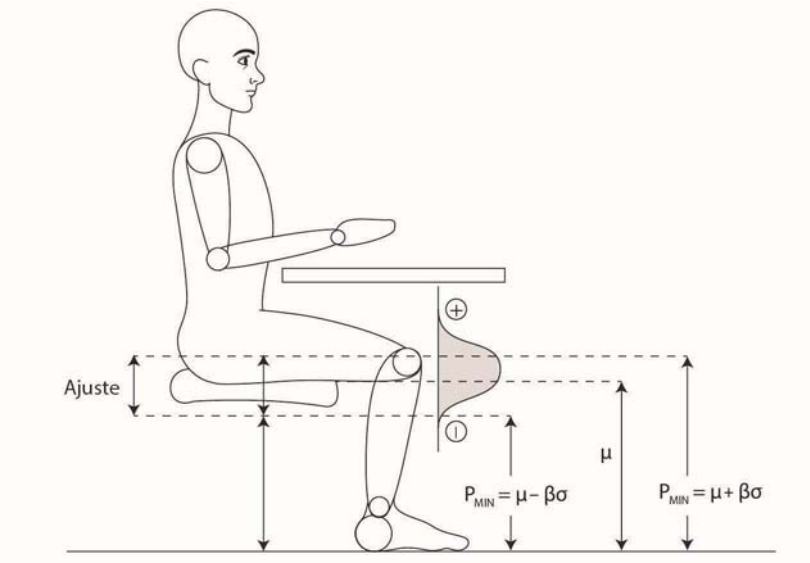
Los factores causales de riesgos ergonómicos son multifactoriales y predominan los siguientes aspectos:

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 común en usuarios que realizan captura de datos exclusivamente, así como en usuarios intensivos.
5. Satisfacción en el trabajo: algunas investigaciones muestran la importancia de este tema.

7.3 MOBILIARIO PARA EL PUESTO CON PVD

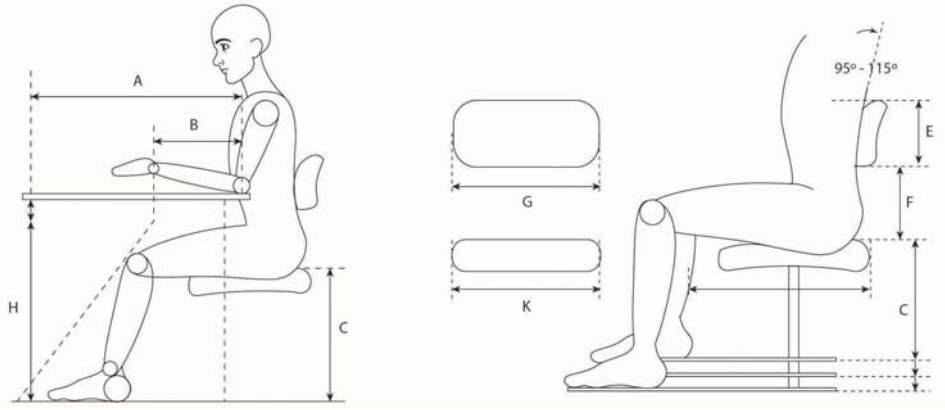
El diseño de mobiliario para puestos de trabajo con computadores presenta características específicas importantes. Los muebles que cumplen con una correcta función en las tareas de oficina convencional pueden provocar molestias posturales al reconvertirlos en estación de trabajo con computadoras.

Fig. 7.2
Asiento ajustable



(Móndelo, 2013)

Fig. 7.3
Diseño de puesto de trabajo

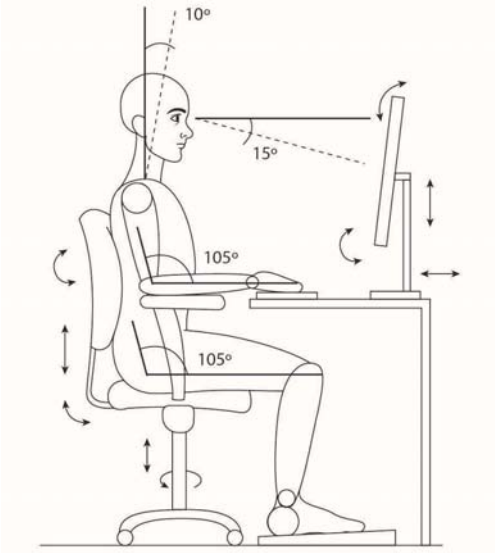


(Móndelo, 2013)

Este tipo de mobiliario incluye todo aquel destinado a diversas actividades propias del oficinista, algunos desarrollan tareas que no precisan de computadora o la ocupan un tiempo corto. En el trabajo de oficina convencional, el operario adopta en algunas tareas la postura antero – media, apoyándose en la mesa y en otras la postura posterior – media, apoyándose en el respaldo (Figuras 7.2 y 7.3). 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.

La postura erguida es la más recomendable 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; la postura con ligera inclinación hacia atrás, disminuye la presión en los discos intervertebrales pero aumenta la distancia de visión, se considera correcta para aquellas tareas que requieren de un trabajo con pantalla y para las que el factor distancia de visión no es excesivamente importante (Fig. 7.4).

Fig. 7.4
Postura para un trabajador con PVD



(Móndelo, 2013)

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

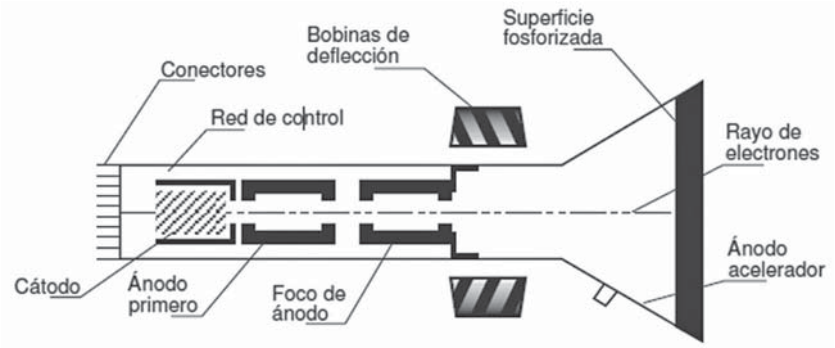
7.4 REQUISITOS DEL PUESTO DE TRABAJO CON PVD

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 (CRT) son quizá el sistema más común para la representación de imágenes. La mayoría de las pantallas de televisión y de computadoras existentes hoy en día están construidas a partir de un CRT. Los CRT 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 (Fig. 7.5). Cuando un electrón incide sobre la superficie, el fósforo libera energía en forma de luz.

Fig. 7.5
Tubo de rayos catódicos



(Móndelo, 2013)

Para formar las imágenes en la pantalla, el flujo de electrones se dirige sobre ella 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 CRT pueden producir imágenes de altísima resolución.

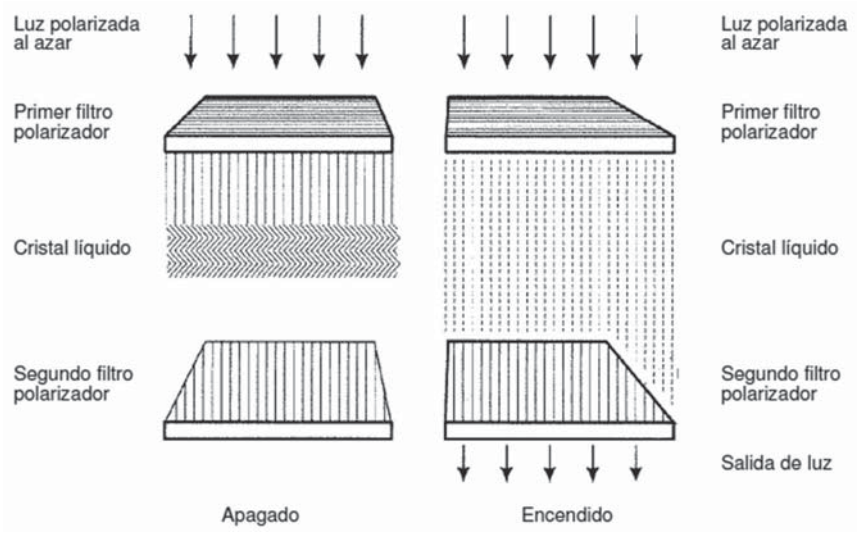
Otra ventaja de los CRT es que son mucho más fáciles de ver que los dispositivos de visualización del tipo LCD (pantallas de cristal líquido). La relación de contraste, es decir, la relación entre las áreas más claras y las áreas más oscuras es mucho mayor, de manera que los negros son realmente negros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

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 e infrarrojos, produciendo 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 CRT. La diferencia principal está en que los LCD 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 (Fig. 7.6). 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. 7.6
Funcionamiento de los monitores LCD



(Móndelo, 2013)

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

Los LCD en color que utilizan algunos televisores y los cascos visualizadores (realidad virtual), emplean la misma tecnología que los LCD 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 (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 LCD son una alternativa económica a los CRT en miniatura. Además, tienen la ventaja de que consumen menos energía. Pero, por otro lado, pueden ofrecer menos resolución que los CRT, lo que debe tenerse en cuenta según la tarea que se vaya a realizar y el rendimiento que se le quiera obtener.

Recomendaciones generales:

- El mobiliario debe tener dimensiones regulables que permitan su adaptación a las distintas actividades y usuarios, deben ser manipulables desde la postura sedente de modo seguro y factible, por lo menos en la parte del asiento y la del apoyo lumbar.
- Los sistemas de ajuste dinámico mejoran la adaptación de la silla a las diferentes actividades, aunque muy pocas personas se tomen la molestia de hacer los ajustes dimensionales a la actividad o la postura en que se hallen en cada momento, por ende, los mecanismos de desplazamiento automático de los elementos de la silla entran en consonancia con las variaciones posturales del usuario. Estos mecanismos de ajuste dinámico afectan principalmente a las inclinaciones de respaldo y asiento.
- El respaldo debe dar apoyo torácico y lumbar sin impedir por su tamaño la libertad de movimientos de 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 los glúteos y se permita el uso efectivo del respaldo.
- El respaldo debe bajar cuando se inclina hacia atrás.
- Es recomendable disponer de reposabrazos.

- Las sillas deben ser acolchadas.
- Las sillas de peana deben tener menos de 5 patas de apoyo en el suelo, se requiere también que la base de apoyo tenga un diámetro superior a 50 cm.
- Es obligatorio que las sillas dispongan de 5 ruedas y recomendable la posibilidad de giro.
- Es recomendable, aunque no imprescindible, que la altura de la mesa sea regulable.
- El reposapiés es necesario cuando la altura de la mesa no es regulable.
- Es importante tener holguras bajo la mesa.
- La estabilidad de la mesa debe ser lo suficientemente alta para que no se vuelque cuando se siente una persona normal en el borde.
- La mesa debe permitir situar cables sin que moleste al operador, ni afecte la estética del lugar de trabajo.
- Los bordes y esquinas salientes de la mesa deben ser redondeados.
- Los cajones son necesarios para los trabajos de oficina y el trabajador recurre a ellos con frecuencia.

7.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA PANTALLA

La norma técnica UNE-EN29241.3, proporciona una serie de recomendaciones para las pantallas de computadora; algunos requisitos no son directamente verificables por el usuario, quien, sin embargo, podría contrastarlos a través de las especificaciones del fabricante.

Requerimientos de la Directiva 90/270/CEE para la pantalla

- Los caracteres e imágenes 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 podrá ajustar fácilmente la luminosidad y el contraste entre los caracteres y el fondo de la pantalla, también podrá 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.

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'' para los portátiles, 12'' para los equipos de sobremesa, y se considera óptimo 14'' o 15''para tratamientos de texto y 19'' para trabajos de CAD (Tabla 7.3).

Tabla 7.3
Dimensiones de una pantalla de computadora

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%

(Móndelo, 2013)

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 lectoescritura 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 más grande que se pueda, de esta forma se mejora la calidad de la imagen y se reduce su aberración, aspectos que se potencian negativamente si esta es demasiado convexa.

Reglajes de la pantalla

La pantalla debe poder desplazarse y tener la posibilidad de rotación según el eje vertical, también debe poder inclinarse respecto al eje vertical en al menos 20 grados hacia arriba y 5 grados hacia abajo (Fig. 7.7).

Fig. 7.7
Reglajes que deben tener las pantallas



(Móndelo, 2013)

La idea principal es la de flexibilidad, es decir, que se pueda adaptar fácilmente a lo que imponga el operador.

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 ratos ociosos, 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 una base 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[1] de al menos 35 cd/m^2 para los caracteres; no obstante, el nivel preferido se sitúa en torno a 100 cd/m^2, 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:

$$\frac{Luminiscencia_{caracteres}}{Luminancia_{fondo}} \geq 3 \qquad (1)$$

$$\frac{Luminiscencia_{caracteres} - Luminancia_{fondo}}{Luminancia_{fondo}} \geq 5 \qquad (2)$$

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.

[1] La luminancia (candela por m^2, cd/m^2) permite garantizar el aspecto luminoso de una superficie cuando la miramos.

- 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, al someter al ojo a un trabajo de acondicionamiento excesivo.

Estabilidad de la imagen

Los caracteres deben ser estables, nítidos y con el menor centelleo posible. La frecuencia de fusión del centelleo recomendada alcanza los 70 Hz, aunque en pantallas con polaridad negativa (fondo oscuro con caracteres claros) puede ser inferior (60 Hz). 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.

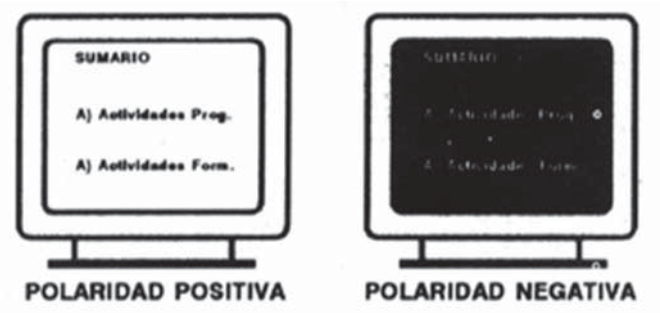
La sensibilidad del ojo a este efecto aumenta con el brillo de la imagen y más si su localización cae fuera de la zona de focalización del ojo. Se detecta a menudo si el operador mira la pantalla de reojo, y con más frecuencia si la imagen se visualiza con polaridad positiva (caracteres oscuros sobre 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 agudizan si existen 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. 7.8). Cada forma de polaridad presenta sus ventajas y limitaciones (Tabla 7.4).

Fig. 7.8
Polaridad de la pantalla



(Móndelo, 2013)

Tabla 7.4
Ventajas e inconvenientes del tipo de polaridad de la imagen

Polaridad positiva	Polaridad negativa
Reflejos menos perceptibles	Parpadeo menos perceptible
Bordes de caracteres más nítidos	Mejor legibilidad para personas con poca agudeza visual
Mayor facilidad para obtener el equilibrio de luminancias	Los caracteres se perciben mayores de lo que son realmente

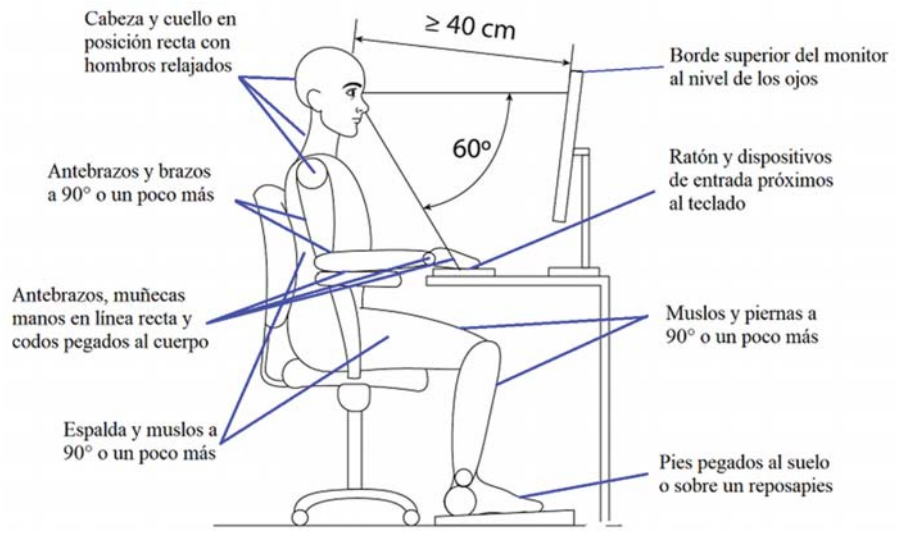
(Guía, 2020)

La colocación de la pantalla

Finalmente, en lo que concierne a la colocación de la pantalla, situar la pantalla a una distancia entre 50 y 60 cm (no menos de 40cm), ubicar la parte superior de la pantalla a una altura similar a la de los ojos, o ligeramente más baja, es decir entre los 5 y los 35° por debajo de la horizontal visual, para evitar posiciones forzadas del cuello (Fig. 7.9). Mantener la pantalla limpia, si el trabajador tiene algún problema visual, consultar al oftalmólogo y usar unas gafas para uso de ordenador, procurar trabajar con texto negro y fondo blanco para tener un mejor contraste, usar un atril a una distancia equivalente a la pantalla y a su misma altura para la lectura de documentos, evitando subidas y bajadas de la cabeza para reducir fenómenos de fatiga visual y cervical, ubicar la pantalla perpendicular a las ventanas, organizar la superficie de trabajo en la mesa de modo que la distancia más lejana no

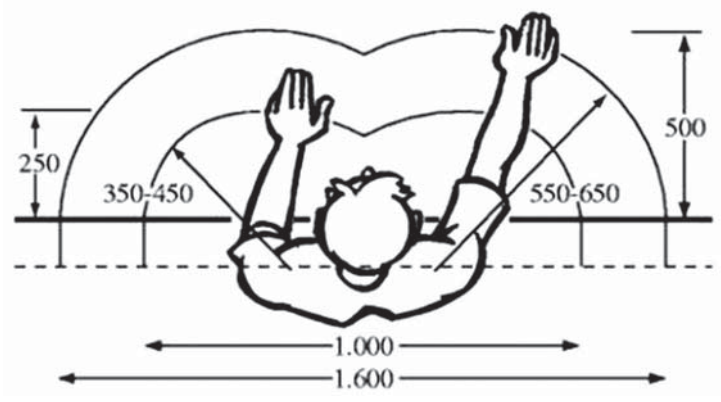
sea mayor a 60cm (Fig. 7.10). Además, se recomienda tener una postura corporal ergonómica que no contraiga o sobre-presione ninguna de las articulaciones, procurar que el cuerpo no esté aprisionado entre la silla y la mesa (Universidad de Málaga, 2007).

Fig. 7.9
Ubicación correcta de monitor, teclado y mouse en puesto de trabajo de oficina



(Autor)

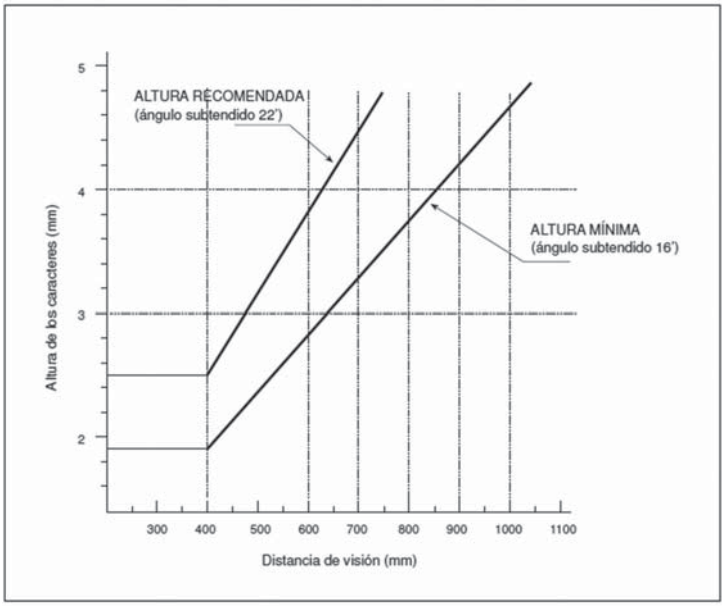
Fig. 7.10
Área de trabajo sobre una mesa



(Universidad de Málaga, 2007)

La altura de los caracteres depende de la distancia de visión, debe ser mínimo de 3.5 mm y como máximo de 4.5 mm (Fig. 7.11). Unos caracteres más pequeños requerirán de un esfuerzo excesivo del ojo que puede ir acompañado por posturas incorrectas del 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 solo podrá ver simultáneamente fragmentos muy pequeños de información.

Fig. 7.11
Alturas recomendadas de los caracteres para cada distancia de visión



(Móndelo, 2013)

Ángulos de visión

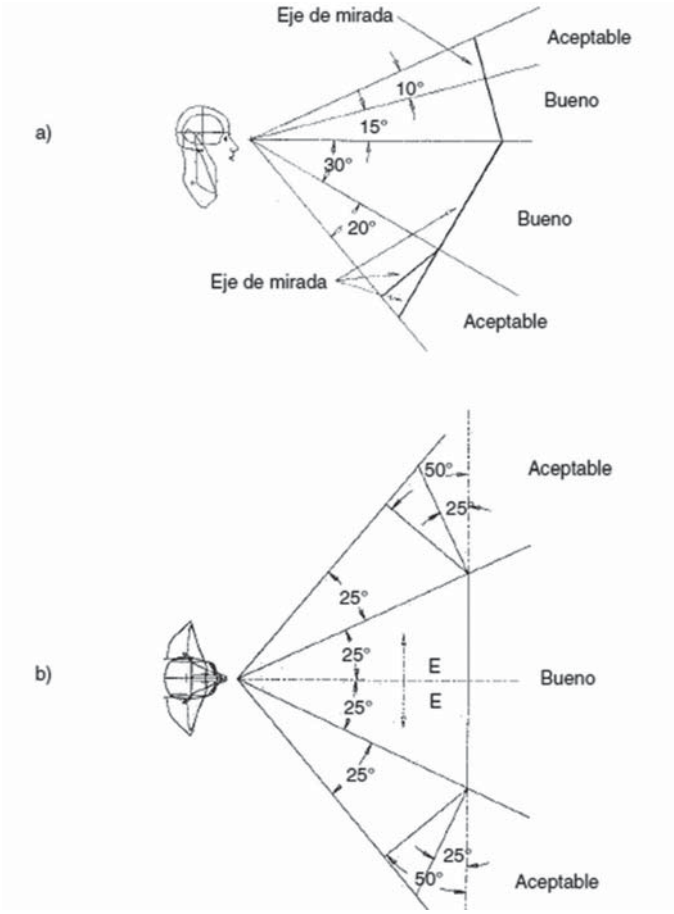
Casi todos los puestos de actividad a que se ven sometidas las personas, además de tener una implicación alta con el campo de visión, lo que lleva a que se tenga que analizar la posición de la cabeza y los ojos en las diferentes tareas que se deban desarrollar. Algunas veces al diseñar un puesto de trabajo, el elemento del que se parte para componer la arquitectura del puesto es precisamente la distancia entre el ojo y la mano, o la distancia del ojo a un punto crítico de la pieza. Los ángulos definidos

a continuación suponen el ojo inmóvil. Los límites angulares, en función del desplazamiento del globo ocular, son netamente superiores, tal y como se indica en la Fig. 7.12.

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

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

Fig. 7.12
Ángulos de visión: a) plano sagital, b) plano transverso



(Móndelo, 2013)

Los filtros

Este accesorio para las pantallas de ordenador ha 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: aunque prácticamente no existen radiaciones procedentes de las pantallas de rayos catódicos. Son 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. Aunque estos reflejos pueden corregirse con una orientación de la pantalla, una buena iluminación y una buena calidad de la superficie de la pantalla.

7.6 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO PARA LOS DISPOSITIVOS DE ENTRADA DE DATOS

Teclado y ratón se constituyen como elementos clave y órganos de control para introducir órdenes y datos en la computadora. Ambos se han convertido en algo indispensable, al menos de momento, mientras no se introduzcan nuevas posibilidades más naturales de enviar mandatos a las computadoras, tales como la comprensión mediante la voz y la escritura manual.

7.6.1 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. Para lo cual, debe cumplir con las características de la Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relativos a la Utilización de Equipos con Pantallas de Visualización (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2006) y que se acoge también al Real Decreto 488/1997 (Instituto nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1997). De igual modo, es importante tener en cuenta la NTP 242, que aborda el análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 1998).

El teclado en la mayoría de puestos de trabajo, es el principal dispositivo de introducción de datos y de preferencias debe cumplir con dos requisitos básicos, su movilidad y su independencia respecto del resto del equipo, para poder ubicarlo conforme a los cambios de postura del usuario en su puesto de trabajo.

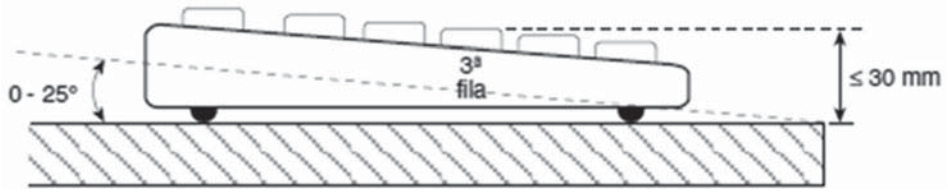
El teclado debe ser independiente de la pantalla, estable, y no se debe deslizar sobre su base; además, si es posible, es preferible que la parte numérica se pueda colocar de lado izquierdo o derecho de la parte alfanumérica, dependiendo de la mano dominante del usuario. Esta característica es especialmente interesante en aquellos trabajos con un alto contenido en la introducción de datos numéricos. El teclado independiente de la pantalla permite adaptar la posición del teclado a las características de la tarea y situarlo a una distancia confortable que permita que sea *flexible*.

Algunas de las principales características del teclado convencional son su altura, grosor e inclinación. La configuración errónea de estos parámetros influye en la adopción de posturas antiergonómicas, que pueden generar la aparición de trastornos musculotendinosos en los trabajadores. Para evitar estos riesgos ergonómicos, el diseño de los teclados debe cumplir con algunos de los siguientes requisitos (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2006) (Fig. 7.13):

- El cuerpo del teclado debe ser suficientemente plano con respecto a la superficie de trabajo.
- Se recomienda que la altura de la 3ª fila de teclas (la línea central del teclado -ASDFG...) no debe exceder los 30mm, respecto a la base de apoyo del teclado.
- La inclinación correcta del teclado deberá estar comprendida entre 0° y 25° con respecto a la horizontal y de preferencia, debe ser regulable (Fig. 7.13).
- El teclado debe ligero para moverlo fácilmente, pero suficientemente pesado para evitar que se deslice.
- Deberá tener un espacio suficiente delante del teclado para que el trabajador pueda apoyar en la mesa los antebrazos y las manos para evitar fatiga u otras lesiones posturales.

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, se debe habilitar un espacio similar en la mesa delante del teclado (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2006) y la primera fila deberá estar tan cerca como sea posible del borde frontal del teclado (usando la mesa como soporte de las manos). Utilizar un reposamanos adicional, es importante para reducir la tensión estática que se presenta en los brazos y en la espalda de los trabajadores.

Fig. 7.13
Angulación del teclado



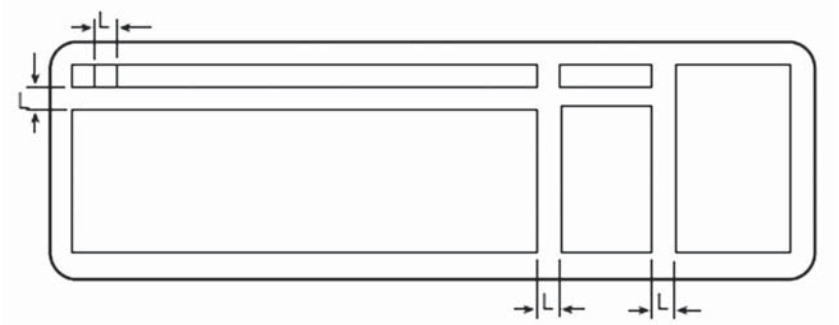
(Móndelo, 2013) (López Sánchez, 2020)

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. Estos parámetros hacen que se coloquen bien las manos, las muñecas y antebrazos evitando la fatiga muscular, sobre todo, en las muñecas, debido a la tensión en tendones y nervios. Si el teclado es muy alto, se incrementa el esfuerzo estático en brazos y espalda; por lo tanto, en estos casos es conveniente utilizar apoya-muñecas.

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 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 (*bloque alfanumérico, bloque numérico, teclas de cursor y teclas de función), claramente delimitados y separados entre sí (Fig. 7.14), con una separación de, al menos, la mitad de la anchura de una tecla (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2006).

Fig. 7.14
Distribución de un teclado



(Móndelo, 2013)

Características de las superficies y materiales del teclado

- Para asegurar la legibilidad de los símbolos de las teclas se recomienda la impresión de caracteres oscuros sobre fondo claro.
- El teclado debe tener un acabado mate, no reflectantes y ligeramente rugoso. Un acabado mate y rugoso evita en gran medida que se produzcan reflejos y además mejora la legibilidad de las teclas. Cuando existen reflejos en las teclas, el operador adopta posturas incorrectas para poder leerlas, lo que le lleva 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 produce fatiga muscular en el 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 5mm. Un hundimiento muy pequeño puede causar la inseguridad de saber si ha sido pulsada o no. 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 estará entre 18 y 20 mm (Fig. 7.14). Algunas teclas especiales de utilización muy habitual deben ser de tamaño superior (entrar, bloqueo de mayúsculas, tabuladores, barra espaciadora, etc.) y de un color diferente, a fin de evitar cualquier posible equivocación.
- Las teclas deberán incluir la letra ñ y los demás caracteres del idioma castellano, de acuerdo al Real Decreto 564/1993.
- La forma, tamaño y fuerza de accionamiento de las teclas, debe ser adecuado para que se puedan accionar de forma cómoda y precisa.

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, se sabrá que los dedos índices 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 se evita 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 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 perder tiempo en comprobar si realmente ha sido pulsada la tecla.

Nuevos teclados. Con el paso del tiempo se han detectado molestias osteomusculares debido a la ejecución de gestos repetitivos en los teclados. Para disminuir 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.

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 (Fig. 7.15). El aspecto de estos innovadores teclados es sorprendente, pero sin ninguna duda, el tiempo demostrará sus grandes ventajas (considerable incremento de la velocidad, ritmo de escritura, menor número de lesiones).

Fig. 7.15
Teclado con disposición anatómica



(Móndelo, 2013)

Además de la longitud de los dedos, debe tenerse en cuenta la posición más natural de muñecas y antebrazos. Existen nuevas disposiciones de las letras sobre el teclado, ajustando a las frecuencias de uso de cada idioma, 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.

7.6.2 Mouse o Ratón

Los ratones son lo suficientemente pequeños para caber en la palma de la mano y se asemejan a un ratón que se escabulle por la mesa, de ahí su nombre (también conocido como mouse, ratón en inglés). Existen ratones de uno, dos, tres botones e incluso más. Pero 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 (Fig. 7.16).

Fig. 7.16
Modelos de ratones o mouse



(Profesional Review, 2020)

Un ratón confortable requiere un ángulo de curvatura de unos 45° para que la mano descanse 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, existen dispositivos para zurdos y hasta para las personas con "manos grandes".

Algunos requisitos que deben cumplir los ratones son:

- ✓ 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 descanse 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.

- ✓ 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, este no debe situarse nunca entre la mano y la superficie de la mesa.

Existen otros dispositivos de entrada de datos tales como: joystick o palanca de control, *trackball* o bola rastreadora, pantalla táctil, entre otros.

7.7 RIESGOS PARA LA SALUD ASOCIADOS AL TRABAJO CON PVD

Cuando se trabaja en puestos de trabajo 8 horas al día o más según sea el caso, los individuos son propensos a padecer fatiga articular, dolores musculares, calambres, migraña, entumecimiento de piernas, dolor de ojos, etc. Sin embargo, cuando se adquieren malos hábitos relacionados con posturas antiergonómicas, pueden desencadenar una serie de enfermedades tales como: enfermedades cardíacas por falta de actividad física; diabetes y obesidad debida al sedentarismo; cáncer de colón por el tiempo prolongado en posición sedente; degeneración muscular debida a la falta de uso en el día; osteoporosis o problemas musculares como compresión articular o en el peor de los casos, muerte prematura por la existencia combinada de las anteriores condiciones de salud.

El problema se centra, especialmente, en los riesgos para el sistema musculoesquelético 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 el nivel de confort del usuario y la calidad de vida laboral. Para esto, se analizan 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.

Los resultados del análisis permitirán 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.

Para prevenir estas enfermedades, es importante tener buenos hábitos de trabajo respetando las pausas activas a lo largo del día; realizar estiramientos durante 10 o 15 minutos antes y después de la jornada laboral; procurar una buena postura en todas las partes del cuerpo, especialmente en ojos, cabeza, hombros, brazos, piernas, pies y columna vertebral; utilizar el mobiliario y los dispositivos o accesorios propios para el puesto de trabajo; mantener el área de trabajo organizada, entre otras.

Trastornos como la fatiga visual, afecciones musculoesqueléticas y alteraciones psicológicas han sido relacionadas con la utilización de PVD, 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.

7.7.1 Patología visual: la fatiga visual

La *fatiga visual o astenopia,* puede definirse como una alteración funcional, de carácter reversible en su inicio, debida a solicitaciones excesivas sobre los músculos oculares y de la retina, a fin de obtener una focalización fija de la imagen sobre la retina. Está fatiga visual asociada a PVD comúnmente se conoce como *síndrome visual informático* y está relacionado con problemas oculares y visuales con síntomas de tensión ocular, dolores de cabeza, visión borrosa de cerca y lejos, ojos rojos o secos, dolor de cuello o espalda, visión doble y sensibilidad a la luz (Madrid López & Cañas Delgado, 2015)

Se han podido constatar alteraciones en el órgano de la visión, en relación con una mala utilización de los equipos con PVD y a la existencia de patologías previas (miopía, astigmatismo, hipertensión, diabetes, etc.). También, puede aparecer en sujetos que pasan largos períodos de tiempo frente a PVD.

Algunos factores que intervienen en la aparición de la fatiga visual, relacionados con el puesto de trabajo son:

- ✓ Configuración del puesto y existencia de distancias de trabajo muy diversas.
- ✓ Calidad de imagen de la pantalla.
- ✓ Luminancia de las pantallas.
- ✓ Acomodación sostenida en visión cercana.
- ✓ Centelleos persistentes y contrastes invertidos.
- ✓ Borrosidad de los caracteres.
- ✓ Posición excesivamente vertical de la pantalla, que además está 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, variaciones de temperatura, corrientes de aire, etc.

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

7.7.2 Alteraciones o Trastornos Musculo-Esqueléticos

Las molestias óseo-articulares son también muy comunes y conocidas, tienen casi la misma frecuencia de aparición que las molestias visuales, incluso puede que se presente una combinación de ambas. El empleado comúnmente describe las molestias osteoarticulares 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. El trastorno más habitual asociado al uso de PVD es el síndrome del túnel carpiano. La frecuencia de estas manifestaciones va en continuo aumento.

Algunos factores causales de estas alteraciones son:

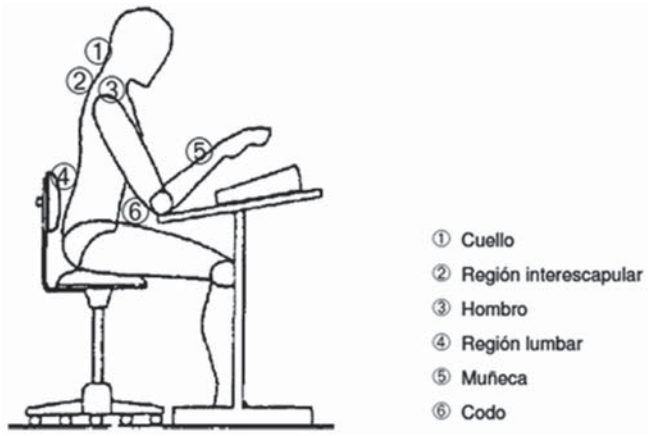
- ✓ Fallas ergonómicas en: silla, monitor, teclado, postura, ángulo de visión y reflejos.
- ✓ Errores en la organización del trabajo como: pausas, entrenamiento previo y horas de uso.
- ✓ Trabajos monótonos, repetitivos, con escasas variaciones de postura y alternancia de tareas.
- ✓ Tipo de tarea, tipo de usuario: es más común en usuarios que realizan exclusivamente entradas de datos, así como en usuarios intensivos.
- ✓ Satisfacción en el trabajo: algunas investigaciones muestran la importancia de este tema (aspectos psicosociológicos).

Los síntomas que refieren los operadores de equipos con PVD, vienen dados básicamente como consecuencia de un mal diseño del puesto de trabajo que genera posturas incorrectas que fuerzan la dinámica articular (Fig. 7.17):

- Patología en la región cervical y lumbar.
- Patología en la articulación del hombro, codo y muñeca.

Otras patologías en relación con la postura.

Fig. 7.17
Localizaciones más frecuentes de los problemas posturales



(Móndelo, 2013)

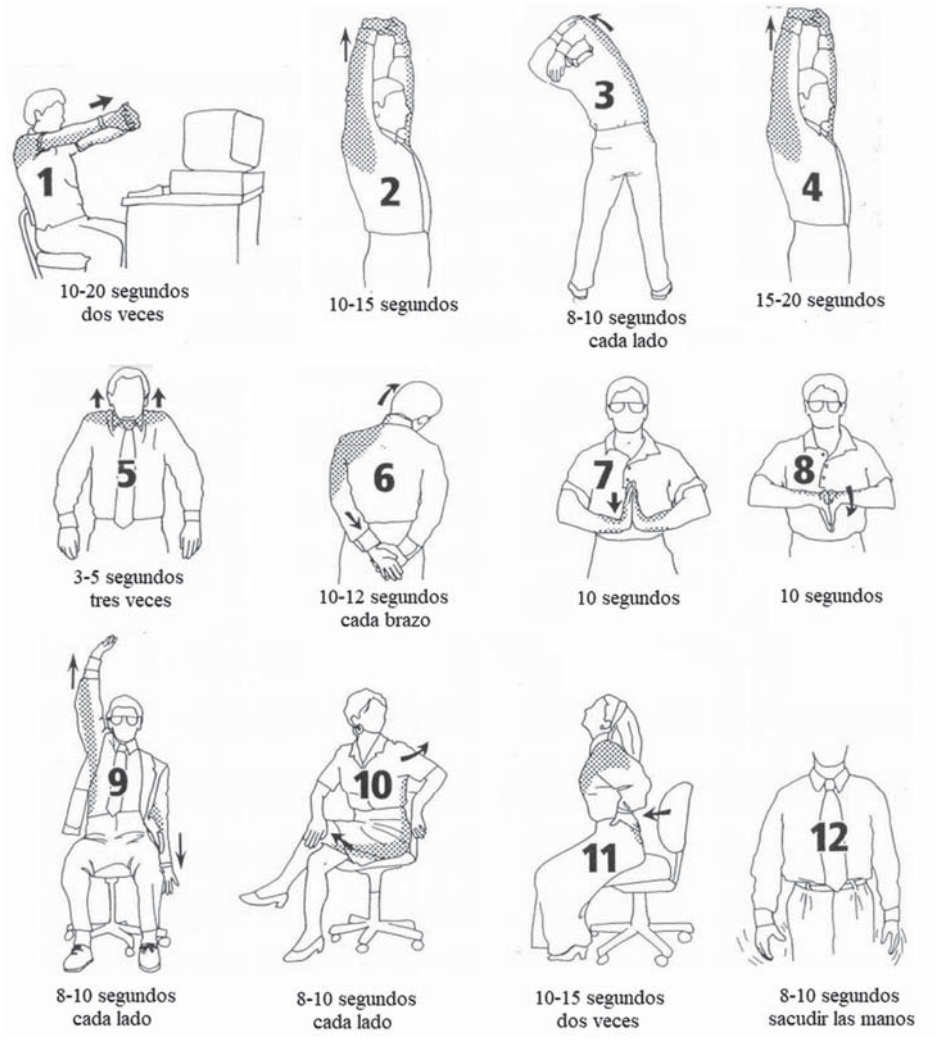
Los síntomas musculoesqueléticos se incrementan estadísticamente en: mujeres, trabajadores de entrada de datos, alta duración del trabajo, uso de lentes bifocales e inactividad física.

Adicional a las consideraciones presentadas previamente, cuando se trabaja con computadores y equipos de oficina, es necesario realizar otra serie de actividades de salud ocupacional complementarias, tales como:

- Eventualmente, ponerse de pie, mover la cabeza y el cuello, estirar las piernas y los brazos.
- Tomar descansos de 5 minutos cada hora para mirar objetos lejanos o realizar otra actividad de corta duración.
- Realizar ejercicios oculares prácticos como cerrar y abrir los ojos y llevar la mirada de izquierda a derecha.
- Lavarse las manos con agua fría para mejorar la circulación y aliviar molestias en muñecas y dedos.
- Realizar estiramientos de todo el cuerpo.

A continuación, en la Figura 7.18., se presentan algunos ejercicios de estiramiento corporal que se recomiendan para personas que trabajan frente a un computador (Servicio de Prevención de Riesdos Laborales (Suprema), 2017) y que pueden realizar de forma simple en sus puestos de trabajo y así evitar la aparición de tensión en el cuello, en los hombros, colores en codos, muñecas y dedos, en la parte inferior de la espalda o en las extremidades inferiores.

Fig. 7.18
Ejercicios de estiramiento corporal en el puesto de trabajo en oficina (Servicio de Prevención de Riesgos Laborales



(Suprema, 2017)

7.7.3 Alteraciones mentales o psicosociales

Este tema se aborda en otro capítulo como alteraciones pscicosociales, y está relacionado con el exceso de carga mental y la fatiga mental aparece cuando a un trabajador se le sobrecarga o por una infracarga. Este fenómeno

es frecuente en puestos de trabajo con PVD, ya que en muchos cargos se deben realizar multitareas y se está sujeto a diferentes interrupciones que generan fatiga mental.

La experiencia en evaluación de los riesgos psicosociales es muy limitada. 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.

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 y la situación personal que influyen tanto en la percepción de la realidad como en la respuesta a las distintas situaciones de trabajo.

Se pueden identificar algunas alteraciones psicosociales procedentes de puestos de trabajo con PVD, tales como:

- *Alteraciones psicosomáticas:* astenia, cefaleas, mareos, trastornos digestivos, temblores, trastornos del sueño e hipersudoración.
- *Alteraciones psicológicas:* insatisfacción, ansiedad, irritabilidad, alteraciones de la memoria, depresión, dificultad de concentración.

Las *intervenciones psicosociológicas* que se llevan a cabo en los puestos de trabajo son*:* clima y políticas laborales, política de tiempos y pausas, rediseño de los trabajos y las tareas, estímulo del autocontrol, estimulación de la participación, adecuada política de promoción de los trabajadores profesionales, información y formación continua.

Algunas acciones que se pueden tomar para disminuir estos riesgos derivados del trabajo con PVD (Instituto nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1997) (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2006) (Madrid López & Cañas Delgado, 2015), pueden ser:

- Garantizar el cumplimiento de los requisitos de diseño ergonómico de puestos con PVD.

- Garantizar la formación e información de los trabajadores usuarios de PVD (Art. 5 del Real Decreto 488/199/) (Instituto nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1997).
- Garantizar formas correctas de organización del trabajo.

La evaluación de los riesgos ergonómicos relacionados con los puestos de trabajo con PVD, se puede realizar a través de las tres perspectivas de la Guía Técnica del INSHT: *Verificación de los requisitos de diseño y acondicionamiento ergonómico de los elementos; La estimación de las cargas mental, visual y muscular asociadas al uso de PVD* y la *Determinación de situaciones de riesgo mediante la vigilancia de la salud*.

Otra forma, es a través de uno de los tres apartados del método ROSA (acrónimo de RAPID OFFICE STRAIN ASSESSMENT), es decir, Valoración Rápida del Esfuerzo en Oficinas. Este método permite hacer una evaluación específica de los riesgos que se pueden presentar en los puestos de oficina con las pantallas y periféricos. Este método trabaja con una lista de comprobación centrada en las posturas más comunes del puesto de trabajo en posición sedente, considerando los diferentes elementos que intervienen en la ejecución del trabajo, tales como: la silla, el teléfono, la pantalla de visualización de datos, el teclado, el mouse o ratón y otros periféricos y además tiene en cuenta la exposición con cada uno de ellos. Para la aplicación de este método, en primer lugar, se establece un diseño óptimo, así como las posturas ideales para el desarrollo del trabajo, y a partir de ahí puntúa el riesgo ergonómico según el desvío existente entre las posturas que realmente se adoptan y las descritas como ideales.

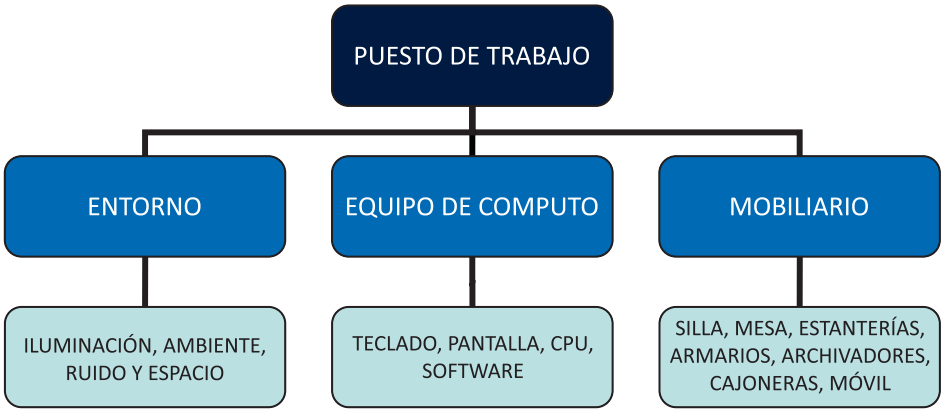
La aplicación del Método ROSA, comienza estableciendo un diseño óptimo, así como las posturas ideales para el desarrollo del trabajo, y a partir de ahí puntúa el riesgo ergonómico según el desvío existente entre las posturas que realmente se adoptan y las descritas como ideales (López Sánchez, 2020) (Diego Mas J. A., 2015).

Capítulo 8

Evaluación de Puestos de Trabajo mediante Software ERGOFI/IBV

En los lugares de trabajo existen diferentes factores que se deben tener en cuenta al momento de diseñar una actividad laboral. Estos se indican en la siguiente figura:

Fig. 8.1
Parámetros de evaluación en un puesto de trabajo



(Autor)

8.1 ENTORNO

Este aspecto se toma en cuenta, ya que la ergonomía de un puesto de trabajo no solo depende del mobiliario sino también de las condiciones ambientales en las que se desarrolle (Torres & Jaramillo, 2019), y deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- **Iluminación.** Debe ser adecuada no muy tenue ni muy brillante, para que permita leer y escribir con comodidad sin deslumbrar o generar un contraste muy alto con el entorno visual. Se recomienda que 500 Lux deba ser el nivel de iluminación general. Reforzada, preferentemente, por alguna otra más personal, como una lámpara; se debe tener en cuenta que la luz que se recibe debe mantener un equilibrio de las diferentes intensidades de luz. Se recomienda una relación de 10:1.

  Deslumbramiento directo. Se produce cuando se mira una superficie con un brillo excesivo (Fig. 8.2), para evitarlo se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

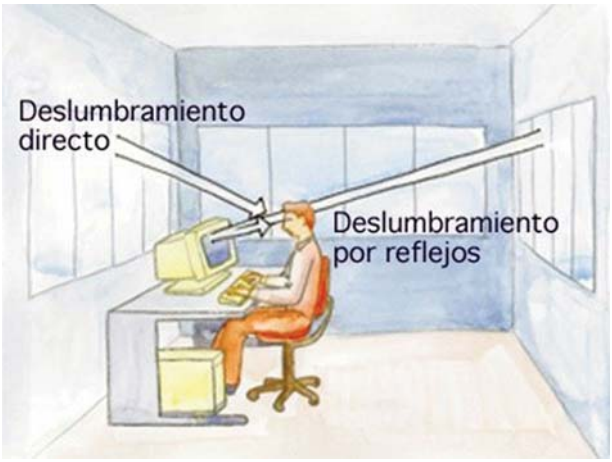
  ✓ Las ventanas deben disponer de dispositivos que permitan regular la luz exterior.
  ✓ Las lámparas del techo deben estar diseñadas para no producir deslumbramiento.
  ✓ La línea entre los ojos y la fuente de la luz deben formar un ángulo mayor de 30° respecto a la horizontal, con el fin de no mirar directamente la lámpara.
  ✓ Las lámparas del techo vistas desde un ángulo de 45° respecto a la horizontal deben tener una luminiscencia de 500 (candela/m^2), aunque es preferible no rebasar 200 (candela/m^2).

  Deslumbramiento por reflejos. Se produce por una luz reflejada sobre una superficie lisa (Fig. 8.2), por tanto:

  - Todos los elementos y superficies del entorno de trabajo deben tener un acabado mate.
  - Evitar las fuentes de luz intensa que puedan reflejarse.

    Usar pantallas de computadora con tratamientos de antirreflejo o usar un filtro delante de ella. Esta recomendación debe ir acompañada de las anteriores, ya que estos protectores están limitados ante fuentes de iluminación muy intensas. Se puede modificar la posición del monitor con el fin de evitar tanto el deslumbramiento directo como los reflejos.

Fig. 8.2
Tipos de deslumbramiento



(IBV, 2020)

Colores. El color del entorno influye en la percepción de la información visual y en la sensación de bienestar del trabajador, por lo tanto:

- Se recomiendan tonos claros y poco saturados para las paredes del entorno y superficies amplias.
- Si la tarea es monótona, conviene introducir colores estimulantes en el entorno.
- El brillo debe disminuir a medida que desciende la línea visual.
- Tomar en cuenta la perspectiva del trabajador.

Uniformidad temporal de la luz. Se da cuando algunas fuentes de iluminación, principalmente fluorescentes, parpadean constantemente, esto puede deberse a lámparas deterioradas o a una mala instalación. Lo recomendable es cambiar a lámparas que no sean fluorescentes o revisar que la instalación se encuentre en buen estado.

- **Ambiente térmico.** La temperatura y la humedad del ambiente alteran el desempeño del trabajador, por ello es importante tener en cuenta la temperatura a la cual se trabaja, aunque no para todos los puestos de trabajo se define la misma temperatura de confort.

Temperatura. Depende de la época del año y se considera aceptable para realizar una actividad laboral si está comprendida entre los siguientes intervalos:

- Invierno 20° C a 24° C
- Verano de 23° C a 26° C

Humedad. Al aumentar la humedad se produce un incremento de temperatura efectiva, además, si la humedad aumenta considerablemente se producen condensaciones y baja la calidad del aire. Por el contrario, con niveles muy bajos de humedad relativa se produce resequedad de la mucosa y de los ojos, esto se puede prevenir manteniendo un nivel de humedad relativa de entre 45% y 65%.

Velocidad del aire. Afecta a la sensación térmica y a la percepción de corrientes de aire por el trabajador, esta sensación se debe no solo a la velocidad del aire sino también a la temperatura y las turbulencias. Muchas veces la sensación de frío asociada al aire acondicionado, no se debe tanto a la temperatura del aire, sino a que el aire está saliendo con demasiada velocidad del difusor. Para evitar esto se recomiendan velocidades menores a 0.15 m/s.

Diferencia de temperaturas. Además de las características antes descritas se debe procurar mantener una temperatura homogénea en todo el lugar de trabajo. Las personas son muy receptivas a los cambios de temperatura de paredes y superficies verticales frías, para ello se recomiendan las siguientes temperaturas:

- ✓ Temperatura del suelo de 19° C – 20° C.
- ✓ Diferencia permisible de temperatura radiante desde el techo hasta el suelo: máxima 5° C.
- ✓ Diferencia permisible de temperatura radiante desde superficies verticales cerca del suelo: máxima 10° C.

- **Ruido.** Los efectos del ruido son muy conocidos por todos, ya que en los lugares de trabajo donde no se alcanza el nivel de ruido como para afectar la salud, sí existe el suficiente como para perturbar las comunicaciones y la atención. Los factores que afectan la calidad acústica en una oficina son los siguientes:

Nivel de ruido de fondo. Dependen del tipo de tarea y lugar. En lugares que se requiere mucha concentración y que no sean muy grandes, el límite de ruido está por debajo de 40 dB (A), pudiéndose aumentar hasta 45 dB (A). En tareas mecanizadas y locales múltiples el ruido no debe exceder en ningún momento 55 dB(A).

Tiempo de reverberación. Afecta el nivel sonoro que se alcanza en una sala ante unas fuentes de ruido dadas. Depende del volumen de la sala y de lo absorbentes que sean las paredes; a mayor tiempo de reverberación habrá más ruido y más perturbaciones. Por tanto, es conveniente tener un tiempo de reverberación de 0.5 s en salas pequeñas y de máximo 1 s para salas de 1000 m^3.

Para mejorar la calidad acústica de la oficina se pueden realizar las siguientes acciones:

- ✓ Disminuir el ruido ambiental: esto se puede lograr seleccionando equipos que hagan menos ruido o incrementando la absorción de techos y paredes.
- ✓ Optimizar la relación señal-ruido: sobre todo si se reduce el ruido en la banda de frecuencias de las conversaciones.

Además de las medidas de aislamiento destinadas a impedir que, entre ruido del exterior, las más efectivas se refieren a la reducción del tiempo de reverberación y la colocación de materiales absorbentes en paredes y techos.

- **Espacio.** Es importante que en el momento de hacer la distribución de los elementos que van a componer un lugar de trabajo se haga una buena distribución, ya que el ruido, los reflejos, las entradas naturales de luz, los espacios para trabajar en equipo o de forma individual dependerán de esta distribución, además de ser significativo por la convivencia, también determina el tamaño de las mesas, debido a que es importante contar con una mesa que tenga el espacio suficiente para poder trabajar, porque una mesa con poco espacio puede provocar muchos problemas ergonómicos.

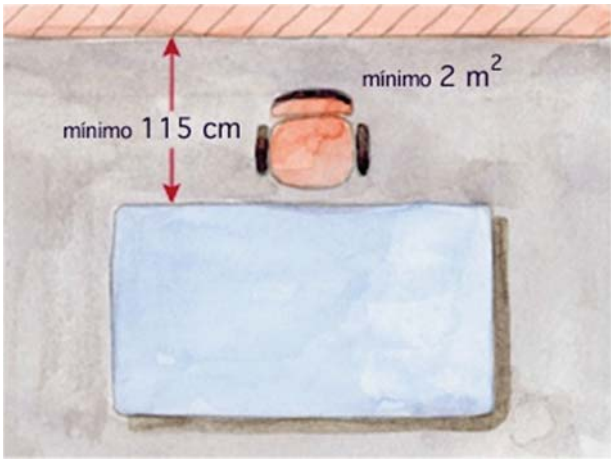
  Disposición de puestos en el lugar de trabajo. Se debe tener en cuenta la organización de la actividad, las exigencias de la tarea, las necesidades de comunicación y la interacción entre diferentes grupos de trabajo.

Vías de paso. El espacio entre mesas debe ser suficiente para que permita el libre tránsito y el acceso de los trabajadores a sus puestos. De ninguna forma deben ser obstruidos estos espacios con archiveros o algunos otros objetos que no permitan una evacuación rápida del lugar de trabajo.

Dimensiones. Se recomiendan las siguientes dimensiones relativas al espacio:

- ✓ Superficie libre en el entorno de la mesa donde se ubica la silla del trabajador mínima de 2 m^2, preferible 2.5 m^2.
- ✓ Distancia entre el borde de la mesa y la pared u obstáculo más cercano situado detrás del trabajador (para permitir moverse con la silla en el entorno de trabajo) mínima de 115 cm, preferible de 130 cm (Fig. 8.3).
- ✓ Volumen no ocupado 10 m^3/trabajador.
- ✓ Altura del techo mínima de 2.5 m, preferible de 3 m.

Fig. 8.3
Espacio de trabajo



(IBV, 2020)

Mamparas. Constituyen un elemento del mobiliario muy importante para la distribución del espacio y la separación entre puestos, las alturas recomendadas son:

- En posición sentada:
  - Máxima 110 cm con contacto visual.
  - Máxima 140 cm sin contacto visual.
- En posición de pie:
  - Máxima 140 cm con contacto visual.
  - Máxima 180 cm sin contacto visual.

8.2 EQUIPO DE CÓMPUTO

Siendo una parte importante de cualquier puesto de trabajo, los equipos de cómputo también deben ser tomados en cuenta en un estudio ergonómico (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013).

- **Pantalla.** Algunos de los requerimientos de la directiva 90/270/CEE para la pantalla son:
  - ✓ 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 podrá ajustar fácilmente la luminosidad y el contraste entre los caracteres y el fondo de la pantalla, también podrá 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.
- **Teclado:** *El teclado debe ser independiente de la pantalla*, estable, y no se debe deslizar sobre su base. Además, 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 debe ser lo suficientemente ligero para que el operador pueda moverlo fácilmente, pero suficientemente pesado para evitar que se desplace cuando lo 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.

Cuando el 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, la primera fila deberá estar tan cerca como sea posible del borde frontal del teclado (usando la mesa como soporte de las manos).

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 (Fig. 8.4). 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 apoya muñecas (si se utiliza continuamente).

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.

Colocación de la computadora (Fig. 8.4)

- ✓ Colocar la computadora en la zona central de la mesa.
- ✓ Situar el monitor y el teclado de modo que quede frente a él a una distancia mínima de 40 cm entre la pantalla y los ojos, preferible 50 cm, y el teclado a 10 cm del borde de la mesa para apoyar los antebrazos y usar el ratón.
- ✓ No colocar la computadora de manera que tenga que girar la cabeza más de 35 grados y nunca trabajar con el tronco girado.

  El borde superior de la pantalla debe quedar a la altura de los ojos como máximo.

- ✓ Si se aprecian reflejos en la pantalla debe eliminarse el problema en la fuente, poner cortinas en las ventanas, difusores en las lámparas, etc.

Fig. 8.4
Ubicación de la computadora



(IBV, 2020)

- **Ratón:** Algunas recomendaciones para el ratón son:
  - ✓ 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 descanse 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, este no debe situarse nunca entre la mano y la superficie de la mesa.

- **CPU y periféricos.** La norma UNE-EN ISO 9241, no contiene recomendaciones específicas sobre los aspectos a considerar en este tipo de elementos. Pero sí están sujetos a los requisitos generales de seguridad eléctrica establecidos en la norma UNE – EN 60950 y a las especificaciones de accesibilidad para personas con discapacidad que establece la norma UNE 139801 EX.

8.3 MOBILIARIO

Para este caso, se consideran los muebles más utilizados como lo son sillas, mesas, estanterías y armarios, entre los más importantes (Obregón Sánchez, 2016) (Mondelo , Gregori, & Barrau, 2013).

- **Silla.** Las sillas, junto con las mesas, son elementos de las oficinas muy importantes, ya que influyen en las posiciones que se adoptan mientras se trabaja (Fig. 8.5). La silla debe favorecer la buena postura del tronco, el cuello y los brazos. Estos factores están ligados a las dimensiones de la silla, fundamentalmente el asiento y respaldo; sin embargo, el confort, la prevención de la fatiga y las molestias músculo esqueléticas no solo dependen de la buena postura, la silla debe favorecer los cambios de postura y otros movimientos del trabajador.

Para las sillas se tienen las siguientes recomendaciones:

- ✓ *Estabilidad*: la silla debe ser estable en cualquier posición del respaldo, se debe garantizar que la silla no vuelque cuando el usuario apoye todo su peso sobre cualquier punto de esta.
- ✓ *Acabados:* deben estar exentas de cualquier rebaba o acabado con el que la persona pueda sufrir heridas.
- ✓ *Partes móviles:* deben ser seguras evitando que los dedos y manos puedan ser atrapados.
- ✓ *Relleno:* las posturas que se tomen dependen de la espuma, así como del grosor que se use en el asiento y respaldo. Son preferibles espumas de alta densidad.
- ✓ *Tapicería:* el confort térmico depende de la tapicería de la silla que deberá ser aislante del calor y absorber la humedad. Se prefieren fibras naturales porque absorben la humedad; la lana cumple con

los requisitos de confort térmico, las fibras sintéticas no son muy recomendables porque no permiten la transpiración.

- ✓ *Base de la silla:* la base debe permitir girar y tener apoyo de 5 ruedas, de esta manera se facilita la movilidad del usuario de una tarea a otra.

Fig. 8.5
Giro de la silla

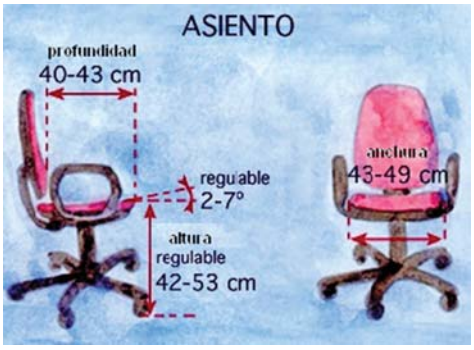


(IBV, 2020)

- ✓ *Movilidad de la silla*: debe ser sencillo mover la silla y desplazarse con la misma, esto dependerá del volumen de la silla, de su peso y de la calidad de sus ruedas.
- ✓ *Instrucciones de uso*: debe ser incluido un instructivo con esquemas e indicaciones de cómo se puede regular una silla para mayor comodidad.
- ✓ *Altura del asiento*: esta dimensión determina la posición del trabajo y la posibilidad de apoyar los pies en el suelo. La altura del asiento debe ser regulable, preferentemente entre 42 y 53 cm para poder adecuarla a la altura de la mesa. El accionamiento del mecanismo de regulación de altura debe ser accesible en la posición sentada y solo entrar en funcionamiento con la acción del usuario y no en forma accidental (Fig. 8.6).
- ✓ *Profundidad del asiento*: se trata de una dimensión clave para apoyarse adecuadamente en el respaldo sin notar presión en las corvas. Se recomienda una profundidad del asiento de entre 40 y 43 cm (Fig. 8.6).

- ✓ *Inclinación del asiento*: determina la posición de la pelvis y los niveles de flexión lumbar. Se recomienda una inclinación hacia atrás de 2 a 7°, esta posición proporciona un soporte más estable al cuerpo y evita la tendencia a deslizarse hacia adelante (Fig. 8.6).
- ✓ *Anchura del asiento*: se recomienda una anchura de entre 43 y 49 cm (Fig. .6).
- ✓ *Inclinación del respaldo:* se recomienda un ángulo de asiento respaldo entre 95° y 110°.

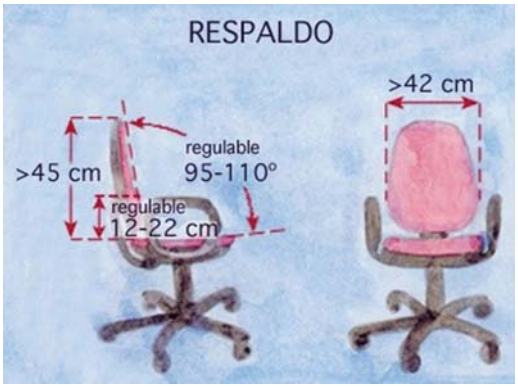
Fig. 8.6
Dimensiones del asiento



(IBV, 2020)

- ✓ *Altura del apoyo lumbar: e*l respaldo debe tener una suave prominencia para dar apoyo a la zona lumbar. Se recomienda una altura de entre 12 y 22 cm de altura sobre el asiento.
- ✓ *Altura del respaldo:* se recomienda una altura mayor a 36 cm.
- ✓ *Anchura del respaldo:* se recomienda una anchura del respaldo mayor a 42 cm (Fig. 8.7).
- ✓ *Sistema de contacto permanente del respaldo:* muchas sillas incorporan mecanismos que permiten que el respaldo quede suelto con cierta tensión de manera que acompaña a los movimientos de la espalda mientras el usuario se mueve. Para que este mecanismo sea efectivo, lo ideal es que el usuario pueda adecuarlo a sus necesidades.
- ✓ *Mecanismo sincro:* es un mecanismo que permite variar la inclinación del asiento y del respaldo de forma coordinada, de manera que se consigan las posturas más cómodas en cada inclinación del respaldo.

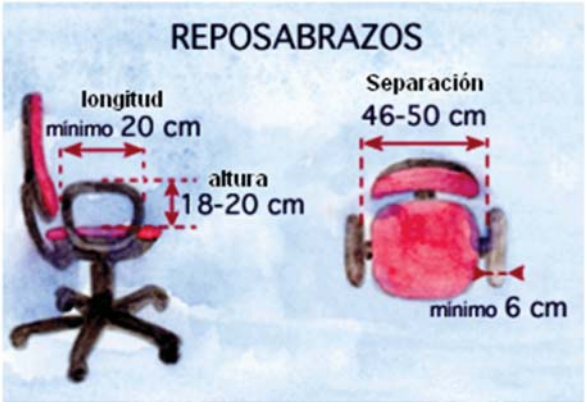
Fig. 8.7
Medidas del respaldo de la silla



(IBV, 2020)

- ✓ *Reposabrazos:* convine tener siempre reposabrazos, ya que facilita para levantarse y sentarse, además de aumentar el confort (Fig. 8.8).
- ✓ *Anchura del reposabrazos: m*áxima de 6 cm.
- ✓ *Separación entre reposabrazos:* entre 46 y 50 cm.
- ✓ *Longitud sutil del reposabrazos:* mínima 20 cm.
- ✓ *Altura del reposabrazos sobre el asiento:* si son fijos, entre 18 y 20 cm, es preferible que sean regulables en altura.

Fig. 8.8
Medidas del reposabrazos



(IBV, 2020)

- **Mesa:** La mesa, junto con la silla, son los elementos en los cuales se debe poner especial atención, ya que deben permitir el cambio de posiciones para trabajar. Específicamente la mesa debe ser lo suficientemente amplia para trabajar cómodamente con documentos, computadora, al leer o escribir. Para ello se tienen las siguientes recomendaciones:

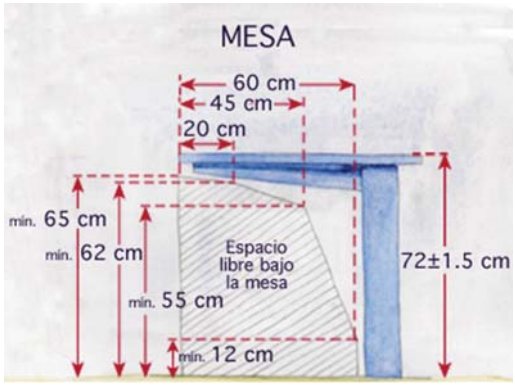
  - ✓ *Bordes, aristas y esquinas:* deben estar redondeados para evitar el peligro de accidentes o golpes, se recomienda un radio de 2 mm para la arista y 1 cm para las esquinas. Es importante que no haya salientes debajo del tablero, por el peligro de golpes en las rodillas al entrar o salir.
  - ✓ *Estabilidad:* debe garantizar una estabilidad y rigidez suficiente para soportar el peso de los equipos y de las personas que se apoyen. Debe cumplir con los estándares de la norma UNE-11022.
  - ✓ *Acabado y color:* los tableros deben tener acabado mate y color suave para favorecer el confort visual, deben evitarse las mesas de acabados brillantes porque reflejan mucho la luz, o los colores obscuros porque crean mucho contraste con los documentos.
  - ✓ *Materiales:* la superficie que queda en contacto con el usuario debe ser de baja transmisión térmica.

Dimensiones de la mesa (Fig. 8.9)

- ✓ *Altura de la mesa:* tanto para el tablero principal como para el secundario se recomienda una altura de 72 ± 5 cm. Es admisible una altura de 75 cm para los usuarios más altos.
- ✓ *Espacio libre sobre la mesa:* para no interferir con las piernas y la movilidad del usuario se recomiendan las siguientes dimensiones para el espacio libre debajo de la mesa de una oficina y en todas las superficies auxiliares.
- ✓ *Anchura libre:* mínima de 60 cm, preferible de 85 cm o más. *Altura libre:* en el borde frontal de la mesa mínimo de 65 cm, preferibles de 70 cm. A 20 cm del borde frontal; mínima de 62 cm, preferible de 70 cm. A 45 cm del borde frontal; mínima de 55 cm, preferible de 70 cm. A 60 cm del borde frontal; mínima de 12 cm.

- ✓ *Dimensiones del tablero de la mesa: a*unque no existen reglas ni dimensiones fijas para esta parte de la mesa, se recomienda que el tablero sea mayor de 1.44 m^2 con unas dimensiones de 180 x 80 cm, la profundidad deberá ser mayor de 90 cm.

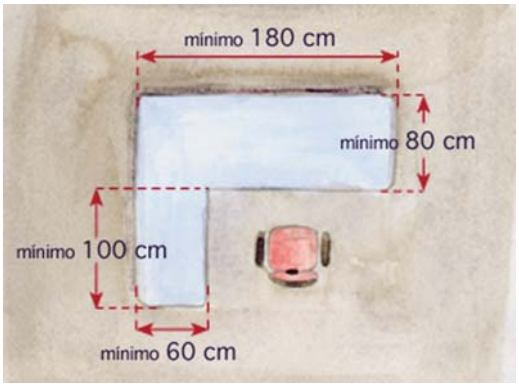
Fig. 8.9
Dimensiones de la mesa de trabajo



(IBV, 2020)

*Dimensiones del ala auxiliar: s*i se dispone de un ala auxiliar se recomienda una longitud mínima de 100 cm y una profundidad mínima de 60 cm, aunque si se va a colocar la computadora de este lado, se recomiendan 80 cm (Fig. 8.10).

Fig. 8.10
Dimensiones del ala auxiliar

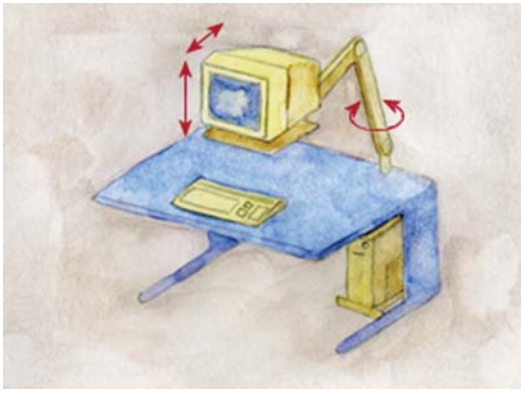


(IBV, 2020)

Complementos

- ✓ *Cajonera móvil:* el puesto debe tener al menos una cajonera móvil, los cajones deben tener guías metálicas con rodamientos y tope de apertura, debe estar garantizada la estabilidad del cajón al estar completamente abierto y su carga habitual.
- ✓ *Atril porta documentos:* se recomienda contar con uno, ya que facilita la lectura de documentos, así como la transcripción a la computadora; si se coloca a la altura de la pantalla se reduce el esfuerzo de acomodación visual. Se recomienda que la superficie sea opaca y de baja reflectancia, que tenga resistencia suficiente para soportar el peso de los documentos sin oscilaciones y que las aristas sean redondas.
- ✓ *Contactos eléctricos:* es recomendable que las mesas cuenten con contactos eléctricos con 4 enchufes, porque así no solo aumenta la comodidad, además aumenta la seguridad al evitar cables en el suelo o el uso de extensiones o ladrones. Debe cumplir con las condiciones de seguridad establecidas por el reglamento de baja tensión.
- ✓ *Soporte articulado para monitor del ordenador:* se trata de un complemento que permite retirar el monitor cuando no está siendo usado, no es necesario, pero si lo hay, debe cumplir con el ajuste de altura de la pantalla, distancia del usuario y giro (Fig. 8.11).

Fig. 8.11
Complementos del puesto de trabajo



(IBV, 2020)

- ✓ *Bandejas para documentos*: es recomendable su uso en lugares donde se maneje gran cantidad de documentos, ayuda a mantener el orden en la mesa y contribuye al mejor aprovechamiento de la superficie de trabajo.
- ✓ *No es aconsejable usar la bandeja extraíble del teclado:* este tipo de soporte limita el espacio debajo de la mesa y no ofrece suficiente superficie para trabajar con el ratón.
- ✓ *Orden.* Muchas veces el exceso de papeles en la mesa induce a trabajar en mala postura, para evitar este problema se deben conseguir complementos (estanterías, armarios, archivadores, cajonerías) que ayuden a mantener el orden.

- **Estanterías:** Las recomendaciones generales del almacenamiento son:
  - ✓ *Estabilidad:* debe estar garantizada la estabilidad de la robustez de la estantería; los estantes no deben deformarse con su carga habitual.
  - ✓ *Acabados:* los bordes, esquinas y aristas de la estantería que puedan entrar en contacto con el usuario deben estar redondeados para evitar lesiones.
  - ✓ *Configuración:* es preferible que la configuración del espacio destinado al almacenaje de artículos sea flexible, para poder cambiar su disposición en función de las necesidades de la tarea y del usuario.
  - ✓ *Artículos almacenados:* al distribuir los objetos que se almacenan en la estantería, hay que tener en cuenta la frecuencia de uso, el peso y forma de los mismos y de facilidad para identificarlos. Las recomendaciones son:
    - Disponer de los artículos más pesados o de uso más frecuentes en los estantes situados por debajo de los hombros y por encima de la cadera del usuario.
    - Reducir en lo posible el peso de los artículos almacenados para facilitar su manejo.
    - Reservar los estantes más altos para los objetos que llenen la parte trasera del estante y puedan asirse desde su borde.
    - Etiquetar los objetos almacenados con rótulos claros y simples.

Dimensiones de la estantería de pie

Para poder trabajar cómodamente con la estantería se recomiendan las siguientes dimensiones (Fig. 8.12):

Fig. 8.12
Dimensiones de estantería vertical



(IBV, 2020)

Dimensiones de los estantes sobre la mesa

Para poder trabajar cómodamente con las estanterías sobre la mesa se recomiendan las siguientes dimensiones (Fig. 8.13):

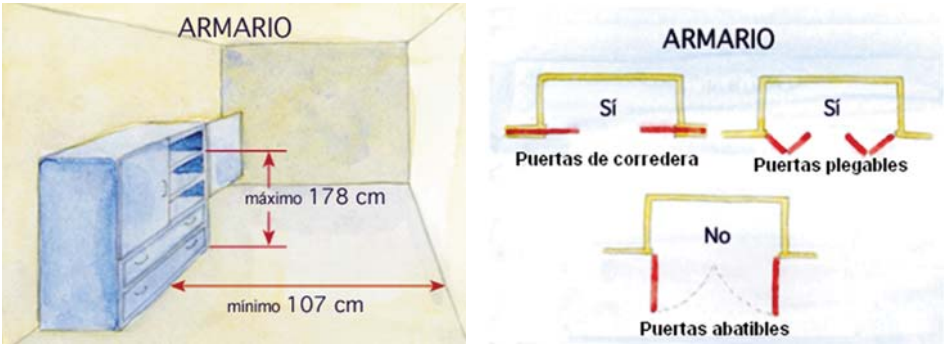
Fig. 8.13
Dimensiones de estantes sobre mesa



(IBV, 2020)

- **Armarios:** Para poder trabajar con los armarios es recomendable tener en cuenta las siguientes dimensiones (Fig. 8.14):

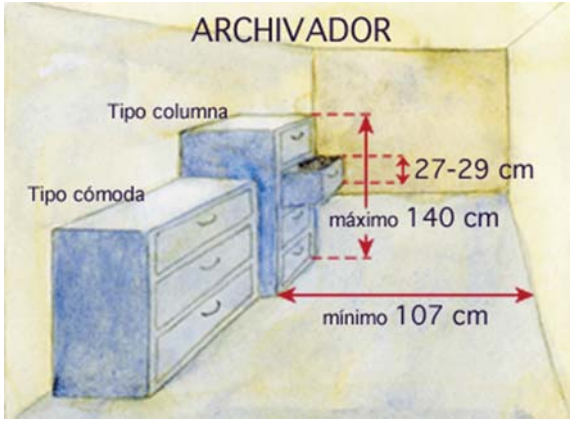
Fig. 8.14
Dimensiones para armarios



(IBV, 2020)

- **Archivadores:** Para poder trabajar cómodamente con los archivadores es necesario tener en cuenta las siguientes dimensiones (Fig. 8.15):

Fig. 8.15
Dimensiones de archivadores



(IBV, 2020)

Capítulo 9

Ergonomía en el Diseño y Manejo de Herramientas

La ergonomía estudia principalmente el entorno de trabajo o lugar de trabajo de una persona y quienes realizan dicho trabajo, es decir, los trabajadores. Uno de sus principales objetivos es adaptar el trabajo a las capacidades y posibilidades del trabajador y evitar que exista algún riesgo ergonómico en la actividad (PREVALIA, s-l-u-, 2013).

Las herramientas de mano representan una extensión de estas, y tienen la propiedad de incrementar su capacidad para: aplicar una mayor fuerza de agarre al sujetar un objeto, transmitir y ejercer mayor carga de impacto o permitir acciones tales como cortar o calentar (sierra de mano, cautín), entre otras más. Es por lo que se deben tomar precauciones al momento de diseñarlas.

Una herramienta se puede considerar ergonómica solo cuando se adapta a la tarea o a la labor que se está realizando y a la mano del usuario sin provocarle posturas forzadas que le causen tensión muscular, presiones de contacto dañinas u otros riesgos para la seguridad y la salud de la persona (Álvarez Valdivia & Araujo García, 2006), a nivel de los músculos, nervios, tendones, ligamentos, articulaciones, cartílagos, discos intervertebrales o vasos sanguíneos. Si una persona utiliza frecuentemente una herramienta que no se ajusta a su mano o que fue diseñada para otro uso, puede sufrir una lesión, tal como el síndrome del túnel carpiano, una tendinitis o una tensión muscular. Estas patologías no son provocadas por un solo evento, sino que son el resultado de movimientos repetitivos, realizados durante un largo periodo de tiempo.

9.1 HERRAMIENTAS DE MANO

Las herramientas de mano son artefactos que ayudan en la realización de trabajos específicos, se usan en infinidad de labores y se caracterizan por amplificar o reducir alguna de sus funciones, aumentando la utilidad de la misma, ya sea incrementando la fuerza, la precisión, la superficie de contacto, generando mayor potencia, ampliando la torsión y el impacto, como aislante térmico, etc.

Hay que diseñar las herramientas manuales conforme a prescripciones ergonómicas y la tarea a realizar. Unas herramientas manuales mal diseñadas, o que no se ajustan al trabajador o a la tarea por realizar, pueden tener consecuencias negativas en la salud y disminuir la productividad del operario al afectar estructura y pequeños grupos musculares (Fig. 9.1).

Para evitar problemas de salud y mantener la productividad del trabajador, las herramientas manuales deben ser diseñadas de manera que se adapten tanto a la persona como a la tarea. Unas herramientas bien diseñadas pueden contribuir a que se adopten posiciones y movimientos correctos y aumentar la productividad.

Fig. 9.1
Diseño correcto e incorrecto de herramientas manuales



(Seguridad en el Uso de Herramientas de Mano, 2019)

9.2 TIPOS DE HERRAMIENTAS

Existen diferentes tipos de herramientas manuales las de accionamiento manual o sin motor y las de accionamiento mecánico o con motor (Eléctricas, Neumáticas, Hidráulicas y de Combustión Interna) (Fig. 9.2) y para cada tipo es diferente el ángulo de aplicación de la fuerza. Por otro lado, las herramientas están formadas de dos partes fundamentales: la parte que actúa sobre el material y el mango (Fig. 9.3).

Fig. 9.2
Clasificación de herramientas manuales



(Autor)

Las herramientas tienen varias aplicaciones, según su diseño. Por ejemplo.

- Para cortar, apretar, sujetar y garrar, se pueden usar tijeras, alicates, cortadores.
- Para golpear, se pueden usar martillos.
- Para apretar y aflojar elementos, se pueden usar destornilladores y llaves de diferentes tipos.
- Para impulsar, se pueden usar destornilladores, llaves de mano, llaves para tuercas, llaves con mango en forma de T.
- Para remachar, cortar, ranurar o desbastar, se pueden usar escoplos, punzones y cinceles.
- Para martillear o golpetear, se pueden usar punzones, cinceles, punzones para clavos(Fig. 9.3).

Fig. 9.3
Tipos de herramientas: **a.** Para cortar, apretar, agarrar, **b.** Para golpear, **c.** Para impulsar y **d.** Para martillear o golpetear



(Presentación sobre herramientas para alumnos, 2019)

9.3 PRINCIPIOS GENERALES PARA DISEÑAR O SELECCIONAR UNA HERRAMIENTA MANUAL

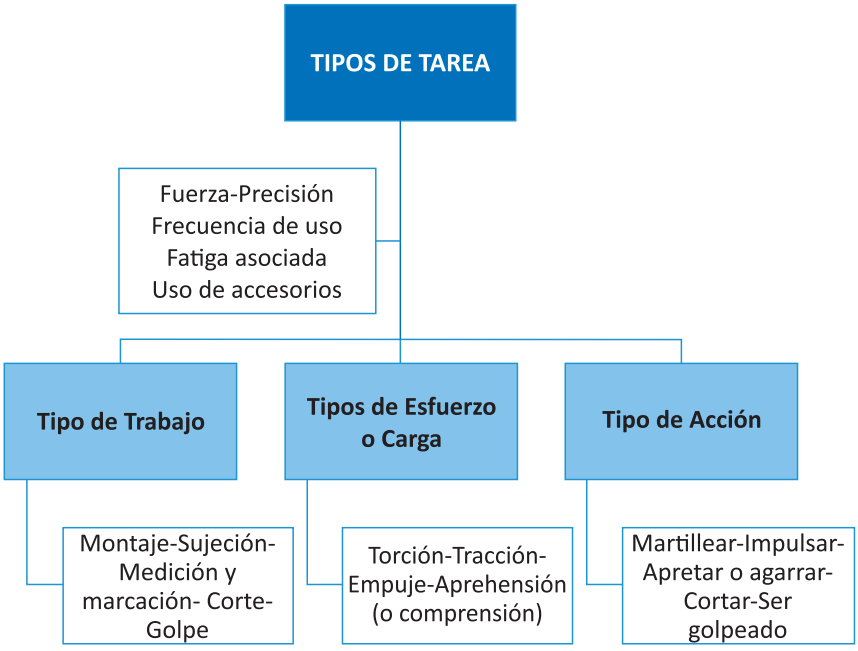
A nivel global, el diseño y selección adecuada de herramientas debe considerar los principios básicos que establecen las normas UNE-EN 614-1: principios de diseño ergonómico y UNA-ISO 6385: principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo. Con esta última, las herramientas manuales son una parte importante del sistema de trabajo.

Es relevante diferenciar los principios básicos para el diseño de las herramientas manuales y los principios para la selección de dichas herramientas. Para este proceso integral, es necesario llevar a cabo un estudio de las *características de la tarea a realizar,* luego realizar un *análisis postural y biomecánico* y finalmente un *análisis de la herramienta* como tal (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT, 2016).

Dentro de los aspectos que se deben analizar están el tipo y las características de la tarea o actividad a realizar (Fig. 9.4); el espacio y el ambiente de trabajo; la postura del cuerpo, así como del sistema muñeca-mano; naturaleza y fuerza de agarre; nivel de acoplamiento a la herramienta; forma, dimensión, peso y material de la herramienta; material y superficie del mango (Fig. 9.5 y Fig. 9.6); la frecuencia de utilización, o el número de veces y el tiempo que el trabajador va a utilizar la herramienta en la jornada laboral, entre otras.

Para *seleccionar el tipo de tarea a realizar*, se consideran dos criterios fundamentales: el tipo de tarea y el espacio-ambiente de trabajo. Para evaluar el espacio y ambiente de trabajo se debe analizar las condiciones de iluminación y termohigrométricas, así como el orden y limpieza. Por otro lado, se debe disponer de espacio suficiente para poder realizar la tarea de forma apropiada y comprobar que en este espacio no se tenga humedad relativa elevada o atmósferas enrarecidas.

Fig. 9.4
Criterios a tener en cuenta para la selección de una tarea.

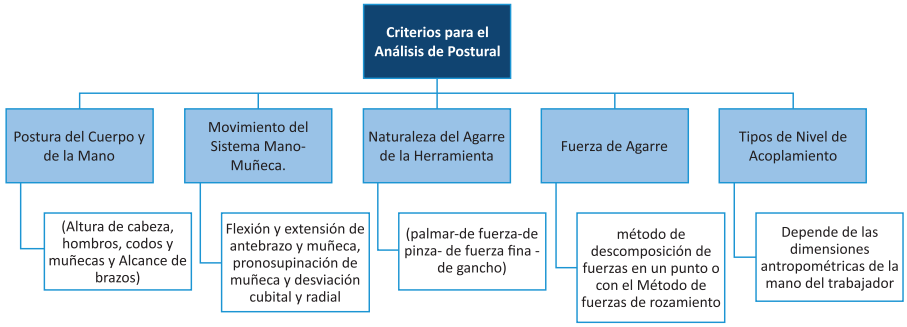


(Autor)

Dentro del análisis postural y biomecánico, se debe buscar que la postura de trabajo sea lo más cómoda posible y evitar posturas giradas e inclinadas. Para la postura específica del sistema mano-muñeca, es fundamental que el tamaño y forma de la empuñadura de la herramienta manual se adapte correctamente a la mano del operario para que no se generen presiones localizadas y genere afecciones como el túnel carpiano. Por otro lado, para analizar la fuerza de agarre, se hacen análisis y modelos biomecánicos para comprender y explicar cómo las fuerzas de tracción en los músculos pasar a ser fuerzas de agarre de objetos.

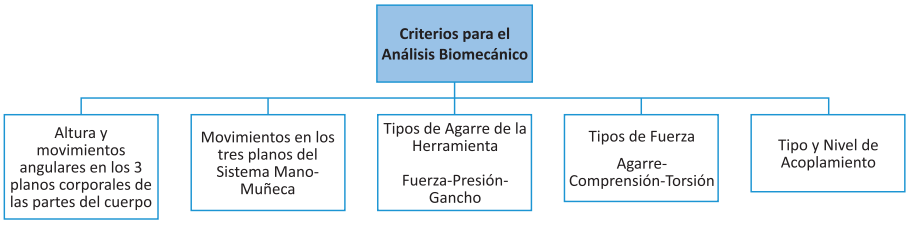
Finalmente, para valorar el acoplamiento de la herramienta a la mano se deben tomar medidas antropométicas de la mano del trabajador usuario de la herramienta, dado que la variabilidad interpersonal, no permite que existen medidas universales para diámetros y anchuras de las herramientas que sean válidas para toda la población.

Fig. 9.5
Criterios para el análisis postural en el uso de herramientas manuales.



(Autores)

Fig. 9.6
Criterios para el análisis biomecánico en el uso de herramientas manuales



(Autores)

En síntesis, la mejor herramienta manual es aquella que se adecua a la tarea que se va a realizar, se ajusta a la mano del operario y al espacio disponible de trabajo, reduce la fuerza muscular que la persona debe aplicar para realizar la tarea y, sobre todo, puede ser utilizada manteniendo una postura cómoda.

9.4 CÓMO SELECCIONAR UNA HERRAMIENTA

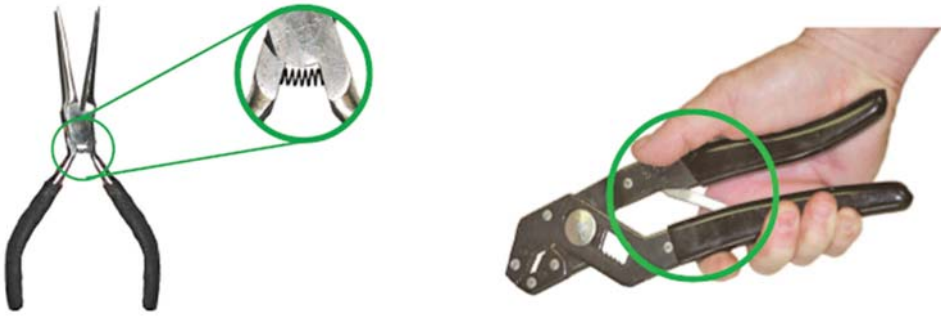
Todas las lesiones relacionadas con el uso de herramientas manuales se pueden reducir seleccionando elementos que se ajusten a la mano y a la tarea que va a realizar. Se debe partir del hecho de que las herramientas que se utilizan para trabajos de fuerza requieren mucho esfuerzo físico y por el contrario los trabajos de precisión (o exactitud) no lo requieren. Sin embargo, a continuación, se presentan algunas sugerencias a la hora de seleccionar y adquirir una herramienta manual (Una Guía para la selección de herramientas de mano, 2019):

- Busque que la herramienta se ajuste al espacio disponible en el puesto de trabajo para evitar la adopción de posturas forzadas durante la actividad.
- Si necesita usar herramientas con mango para trabajos de fuerza, seleccione una que sienta cómoda en su mano, con un mango de diámetro entre 30 a 50 milímetros y si lo desea aumente el diámetro del mango, poniendo una funda antideslizante. De esta forma la herramienta se ajusta a la mano para aumentar y distribuir la superficie de presión sobre las estructuras anatómicas de la misma.
- Si necesita usar herramientas con dos mangos para trabajos de fuerza, seleccione una herramienta que tenga una distancia entre mangos de mínimo 50 mm cuando está completamente cerrada y no más de 88 mm cuando está completamente abierta. Ahora bien, cuando esta actividad la debe realizar varias veces durante varios días, es conveniente que se use mejor una herramienta tipo grapa, un sujetador o alicate con traba, para evitar sobre esfuerzos manuales (Fig. 9.7).
- Si necesita usar herramientas con mango para trabajos de precisión o exactitud, seleccione una herramienta, con un mango de diámetro entre 6 a 13mm.

- Si necesita usar herramientas con dos mangos para trabajos de precisión o exactitud, seleccione una herramienta con una distancia entre mangos mínima de 25 mm cuando está completamente cerrada y no más de 75 mm cuando está completamente abierta.

Si necesita usar herramientas con dos mangos para cortar, agarrar o apretar, es aconsejable que seleccione una herramienta con mangos que se abran automáticamente mediante un sistema de resorte.

Fig. 9.7
Herramientas con apertura por resorte



(Una Guía para la selección de herramientas de mano, 2019)

- Si requiere una herramienta para operaciones que requieran apretar o aflojar con la mano de forma recurrente o repetitiva, es aconsejable seleccionar herramientas que dispongan de muelle recuperador para facilitar la apertura del mango (Fig. 9.7).

Se debe seleccionar una herramienta que no tenga un mango rígido de bordes afilados ni impresiones de dedos (Fig. 9.8), por el contrario, se deben buscar mangos con extremos redondeados para evitar presiones localizadas en la palma de la mano. Por otro lado, no son recomendables los mangos que tienen alojamiento para los dedos. Los materiales más adecuados para el mango de las herramientas es madera, plástico o goma y los no recomendados son los de plástico duro o metal.

Fig. 9.8
Herramientas con borde afilado e impresiones de dedos



(Una Guía para la selección de herramientas de mano, 2019)

- Preferiblemente, seleccione herramientas recubiertas en el mando con un material suave o recubrir el mango con una funda acolchonada (Fig. 9.9), también es necesario que el mango sea de un material aislante térmico y poseer topes y guardas adecuados.

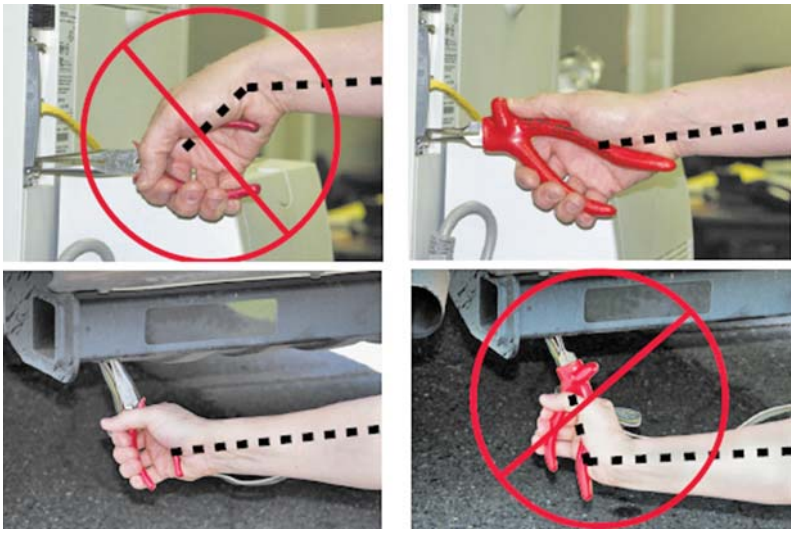
Fig. 9.9
Ejemplos del uso de herramientas con ángulo recto y curvo



(Una Guía para la selección de herramientas de mano, 2019)

- Seleccione una herramienta con un ángulo de trabajo que le permita manipularla con la muñeca recta (Fig. 9.10). Cuando necesite aplicar fuerza en dirección horizontal, use herramientas con mango curvado o tipo pistola si el trabajo se realiza a la altura del codo y cuando necesite aplicar fuerza en dirección vertical, use herramientas con mango recto para trabajar a la altura del codo y tipo pistola para trabajar por debajo de la cintura.

Fig. 9.10
Ejemplos del uso de herramientas con ángulo recto y curvo



(Una Guía para la selección de herramientas de mano, 2019)

- Si requiere herramientas para el uso de diferentes operarios, seleccione una que le permita trabajar con las dos manos (para diestros y zurdos), que, a su vez, en operaciones repetitivas, la herramienta le permita a la persona alternar la mano con la que usa la herramienta, reduciendo la fatiga muscular. La herramienta se debe usar en la mano preferida o dominante lo que le brindará mayor destreza. La mayoría de las personas (cerca de un 90%) en todas las culturas y en ambos sexos son diestras.
- Para la aplicación de fuerzas elevadas, seleccione una herramienta con un mango más largo que la parte más ancha de la palma de su mano (entre 100 y 150 mm de longitud) (Fig. 9.11), para evitar que la punta del mango ejerza presión en nervios y vasos sanguíneos en la palma de la mano.

Fig. 9.11
Relación entre la palma de la mano y la longitud del mango



(Una Guía para la selección de herramientas de mano, 2019)

- Para un óptimo agarre, seleccione una herramienta con un agarre de superficie antideslizante, si la herramienta no la tiene, es necesario colocarle una funda para asegurar un buen agarre.
- La herramienta manual debe ser usada con una sola mano, por lo que el peso de esta debe estar por debajo de 1Kg y su centro de gravedad debe estar alineado con el centro de la mano de sujeción.
- Cuando el uso de la herramienta es frecuente y repetitiva, se deben buscar herramientas cuya fuerza y movimientos se realicen de forma mecánica y no manual, d esta forma se evita la aparición de trastornos músculo esqueléticos.

9.5 PRINCIPIOS SOBRE ASIR

Existen tres principios del diseño de herramientas de mano que se refieren a los mangos:

Principio 1. Usar un mango fuerte para hacer fuerza y uno de menor rigidez para dar precisión

Existen diferentes tipos de mangos de herramientas de mano, sin embargo, los más importantes son el mango fuerte y el de precisión. La dirección de la línea de fuerza establece tres subcategorías del mango fuerte:

- **Fuerza paralela al antebrazo**. La manera de agarrar la herramienta se realiza con los cuatro dedos a un lado del mango y el pulgar lo rodea por el otro lado. La fuerza para realizar la tarea se aplica en la misma dirección del antebrazo (Fig. 9.12). La pueden tipificar una sierra de mano, una plancha eléctrica, un taladro eléctrico de mano, un mango

en “Y” para pala, el asa de una maleta o una pistola. Al mango fuerte a menudo se le llama *mango de pistola.* Los músculos pueden aplicar la fuerza a lo largo del eje del antebrazo o pueden oponerse a la fuerza (taladro eléctrico, asa de maleta, pistola). Hay dos brazos de fuerza producidos *(a)* por la acción de la herramienta y *(b)* por el peso de la misma. Alineando el mango por debajo del centro de gravedad (de equilibrio) de la herramienta se minimizan los momentos de torsión innecesarios y se permite la visión a lo largo de la herramienta para mejorar la precisión. Si el peso de la herramienta es pequeño (una herramienta ligera, una que está suspendida o una que se desliza por una superficie) y su fuerza es elevada, debe ponerse el mango en la parte posterior.

Fig. 9.12
Fuerza en paralelo



(Ergo Prevención , 2019)

- **Fuerza formando ángulo con el antebrazo**. Aunque siempre se requiere el firme control, el ángulo de fuerza difiere de acuerdo con la herramienta. Es importante que el agarre de la herramienta permita que la mano del operario ejerza la cantidad máxima de fuerza y que todos los dedos circunden el mango; de esta forma hacer más eficiente el movimiento. La herramienta puede estar más arriba que la mano (Fig. 9.13) o más abajo (piqueta, cortador de pizzas); la muñeca puede estar flexionada (martillo, caña de pescar, raqueta de tenis) o rígida (piqueta, pinzas, desarmador mecánico), por ejemplo, un martillo, un hacha, una piqueta para hielo, un escoplo, un cortador de pizzas y unas pinzas (asir inverso). Cuando la herramienta está más arriba que la mano, la muñeca está en “primera velocidad” y la parte superior de la herramienta se

mueve más que la inferior. Cuando la herramienta está más abajo que la mano, la muñeca está en "tercera" el movimiento se reduce en la extremidad, pero la fuerza aumenta en la muñeca. La precisión adicional se obtiene a costa de una pérdida en la fuerza de agarre.

Fig. 9.13
Fuerza en ángulo



(Ergo Prevención , 2019)

Momento de torsión alrededor del eje del antebrazo. La extensión del eje del antebrazo se proyecta a lo largo del cuarto dedo (Fig. 9.14), por ejemplo, un sacacorchos con mango en T. Un problema común del momento de torsión lo constituyen la superficie de sujeción y la palanca insuficiente. Las perillas de las puertas son con frecuencia un problema, porque los arquitectos proporcionan una esfera pulimentada y al mismo tiempo esperan que el usuario produzca el momento de torsión confiando en la fricción.

Fig. 9.14
Fuerza de torsión



(Ergo Prevención , 2019)

Por otro lado, existen los mangos de precisión, que son utilizados frecuentemente para realizar tareas de detalle. Se dividen en dos subcategorías:

- **Los mangos de precisión interna.** Tienen tres características: primera, asir de pellizco entre el pulgar y el primer dedo (o más el segundo dedo) (Fig. 9.15); segunda, apoyo para reducir el temblor de la herramienta mediante el dedo meñique y la superficie de la mano; y tercera, el mango pasa por debajo del pulgar y queda por tanto "interno" con respecto a la mano, por ejemplo, un cuchillo de mesa, navaja de afeitar, lima, entre otros.

Fig. 9.15
Precisión interna



(Ergo Prevención , 2019)

Al empujar o tirar el mango de la herramienta, por lo general, está paralelo a la superficie de trabajo. Si se requiere rotación, como en un desarmador pequeño, el mango tiende a quedar perpendicular al trabajo. La necesidad de hacer fuerza a lo largo del eje de la herramienta se puede reducir mediante un mango con mejores características de sujeción (mango de fuerza), donde el pulgar o el meñique pueden adoptar otra posición. Si se apunta a lo largo de la superficie superior de un cuchillo se logra más fuerza y mayor precisión.

- Los mangos de precisión externa. Estos mangos proveen un buen control para tareas que requieren de precisión y exactitud. Tienen también tres características. Asir de pellizco entre el pulgar y el primer dedo (o entre el pulgar y el primero o el segundo dedo) (Fig. 9.16), igual que en los de precisión interna. Sin embargo, el segundo apoyo es el costado del

segundo dedo o la piel de la base del pulgar. El mango pasa sobre el pulgar y es por consiguiente externo con respecto a la mano. En general, el mango forma cierto ángulo con la superficie de trabajo, por ejemplo, lápiz, cuchara y palillos.

Fig. 9.16
Precisión externa



(Autor)

Principio 2. El mango debe tener el grosor, la forma y la longitud adecuados

Las herramientas de un solo mango tienen forma de tubos y se miden por la longitud y el diámetro del mango. Estas herramientas tienen dos extremos: uno trabaja en el material y el otro está en la mano (mango). Greenburg y Chaffin (1977), recomendaron que el diámetro del mango de fuerza fuese entre 50 y 85 mm, preferiblemente hacia los 50. Si los mangos se mueven aproximándose entre sí, la separación inicial máxima debe ser de unos 100 mm (para manos del tamaño más grande) y la separación inicial mínima debe ser de unos 50 mm (la fuerza de la herramienta es baja durante el cierre) (Figuras 9.17 y 9.18). Las Herramientas tipo alicate, se miden por la longitud de los mangos y la distancia entre los mangos o asas. Si el diámetro es demasiado grande, los dedos no se superponen, no habrá "cierre" y el esfuerzo aumenta marcadamente. Si el diámetro es demasiado pequeño, el área de fricción será insuficiente y el mango penetrará en la mano.

Fig. 9.17
Herramientas para tareas de fuerza



(Ergo Prevención , 2019)

Fig. 9.18
Herramientas para tareas de precisión



(Ergo Prevención , 2019)

Principio 3. Diseñar la superficie del mango de modo que sea compresible, lisa y no conductora

- **Superficie compresible**. Un piso compresible (madera o alfombra), es más cómodo para los pies y las piernas que uno no compresible (concreto). Un mango de material compresible es más cómodo para la mano (la madera es el material preferido; el caucho y el plástico

compresibles son aceptables), amortiguan la vibración e impiden que la mano resbale sobre el mango. Se debe evitar el plástico duro y el metal descubierto. Los mangos compresibles con un coeficiente de fricción elevado pueden ser útiles, por ejemplo, cinta enrollada en un bate de béisbol.

- **Superficie lisa.** Así como un cuchillo corta triturando —la fuerza ejercida sobre un área muy pequeña produce una presión elevada. En igual forma, los bordes agudos y las esquinas de las herramientas son como cuchillos para la mano. El radio de las herramientas debe ser de más de 3 mm, aunque de 6 o de 9 mm es mejor. A los mangos de metal se les debe recubrir con plástico o con cinta para suavizar los bordes agudos y separar las superficies de corte. El plástico o la cinta hacen también que el mango sea compresible y no conductor. La uniformidad de la superficie ayuda a la limpieza. Aunque las ranuras en el mango aumentan la fricción, penetran en la mano. Sí es importante que el instrumento no resbale, es posible aumentar el coeficiente de fricción de la mano con diversas sustancias o usando guantes.
- **Superficie no conductora**. Los mangos no deben conducir electricidad ni calor. Por fortuna, los materiales con buena resistencia eléctrica soportan también el paso del calor. Recordemos que los remaches metálicos en el mango pueden ser conductores, aunque el resto del mango sea de material no conductor.

Otro factor importante en las herramientas de mano es su forma, la cual se rige bajo dos principios fundamentales:

Principio 1. *Tener en cuenta los ángulos que forman el antebrazo, el mango y la herramienta*

Siempre se debe buscar que la máquina se ajuste al hombre y no que el hombre se adapte a la máquina. La mano se mantiene pequeña y flexible gracias a que los músculos que la mueven están situados en el antebrazo voluminoso. Los dedos son movidos por tendones que van desde los dedos, pasando por los huesos de la muñeca (túnel carpiano), hasta los músculos. Esos tendones rozan contra los huesos si se mueven mientras

la muñeca está doblada y producen tenosinovitis. El movimiento de los tendones mientras la muñeca está derecha es menos molesto. La posición más cómoda de la mano es la que adopta al saludar de mano.

Las quemaduras por contacto (conducción) o por proximidad (radiación), se pueden reducir aumentando la distancia entre la mano y la superficie caliente. Si el asa o el mango son de tal forma que la mano no se puede retirar (el asa de la taza para café), aumenta el tiempo de contacto. Por tal razón, conviene diseñar los instrumentos (tales como las espátulas) para reducir el contacto accidental con superficies calientes.

Las pinzas a menudo se abren insertando el dedo índice detrás del eje. En ocasiones, el dedo sufre un pellizco. Una solución, es abrir la herramienta mediante un resorte. Otra posibilidad consiste en abrir las pinzas con el dedo meñique por la parte posterior del mango y no con el índice en el punto de presión. Otra más, usada con las tijeras, es meter los dedos por un aro de modo que puedan tirar de las hojas en lugar de insertarlos entre los dos mangos para empujar.

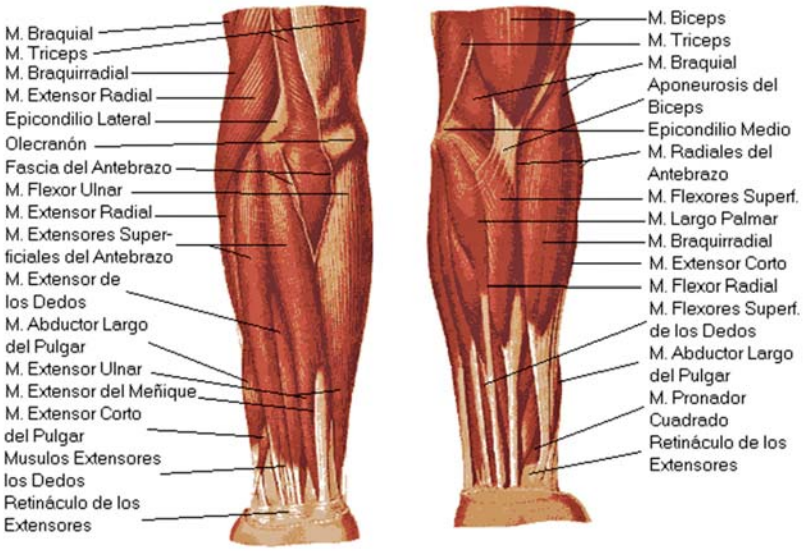
Los mangos de herramienta, sobre todo los que cierran o están articulados, deben dejar una abertura de por lo menos de 25 mm cuando están completamente cerrados (Greenberd & Chaffin, 1977).

***Principio 2**. Usar el grupo adecuado de músculos*

En el antebrazo se encuentran los músculos pronadores y supinadores, encargados de hacer girar la muñeca y la mano, los flexores y extensores de los dedos (Fig. 9.19) y otros propios de la mano; están ubicados en la palma y en el dorso de la misma para realizar movimientos de apertura y cierre de la mano, así como de asir (Fig. 9.20).

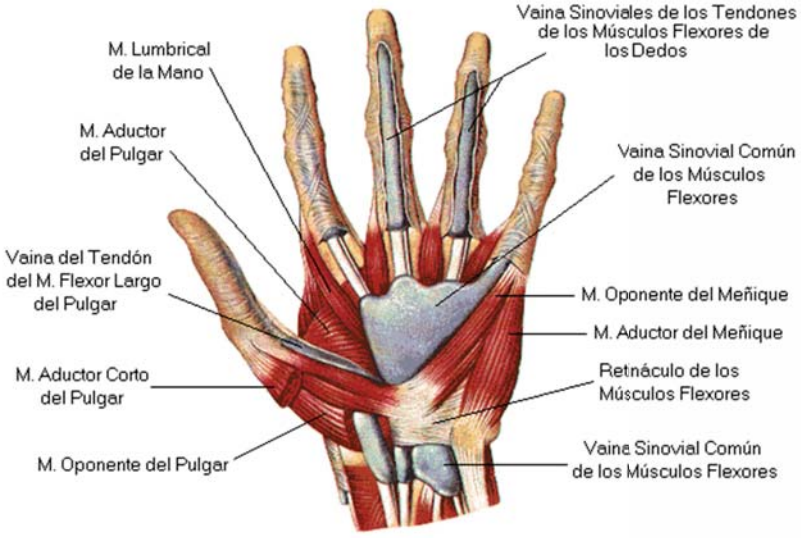
Los músculos que cierran la mano son más fuertes que los que la abren, debido a las múltiples actividades de asir realizadas comúnmente. Como los que abren la mano son relativamente débiles, no se deben usar repetidamente. Se debe poner un resorte para abrir las hojas de las herramientas de mano. Los músculos que cierran la mano pueden vencer fácilmente la resistencia del resorte al cerrar. Un resorte libre o uno que se suelta mediante un retén puede entregar energía con rapidez, aunque haya estado comprimido durante largo tiempo.

Fig. 9.19
Músculos del antebrazo



(Músculos, 2019)

Fig. 9.20
Músculos de la muñeca y mano



(Músculos, 2019)

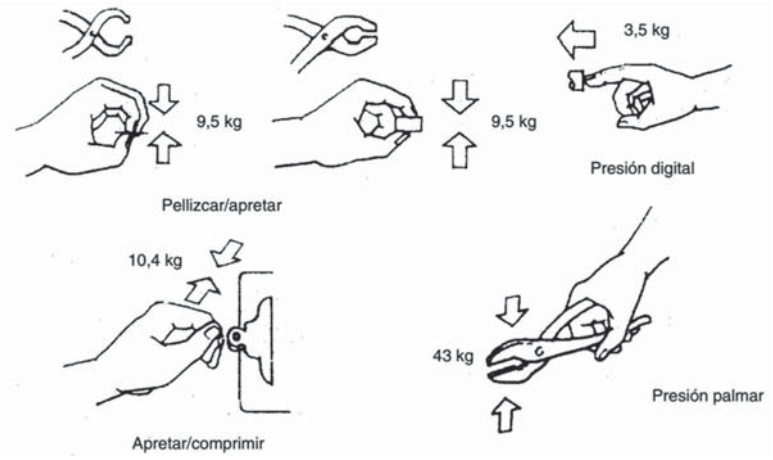
Para evitar sobrepresiones en las manos se debe tener en cuenta: el tiempo de uso, la fuerza de prensión y la superficie de contacto de la herramienta. La primera viene fijada por la necesidad de agarre de la herramienta, la única variable a manipular es la superficie de contacto, ya que si es suficientemente amplia reducirá la compresión y distribuirá las presiones por un área de piel mayor, lo que minimizará los traumatismos articulares y enfermedades en el trabajador.

Por lo tanto, se debe extremar el cuidado en el diseño y uso de las empuñadoras de las herramientas para evitar la compresión excesiva sobre las áreas sensitivas de la mano que puedan llevar a la inflamación de las vainas tendinosas, a comprometer la irrigación sanguínea y a compresiones excesivas de nervios críticos.

Por otra parte, no se debe olvidar que existen trabajos que requieren el uso de guantes, ya sea durante toda la operación, durante una parte o durante algunas estaciones del año; en todos los casos se deben analizar los mangos y los propios guantes, ya que un diseño equivocado puede llevar a que el operario actúe sin ellos, lo que incrementará la probabilidad de un accidente.

Existen valores límites de fuerzas soportadas por las manos según el tipo de movimiento que hace con la herramienta (Fig. 9.21).

Fig. 9.21
Valores de fuerzas



(Ergo Prevención , 2019)

9.6 PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE ELEMENTOS DE SUJECIÓN MECÁNICA

Los elementos de sujeción mecánica son usados para mantener dos o más elementos juntos, las tuercas y los tonillos son los más usados en la industria en proyectos de tipo mecánico. Sin embargo, antes de seleccionar cualquier tipo de elemento de sujeción se deben tener claros algunos aspectos (Mott, 2006), tales como:

- ¿Qué materiales se van a unir en el sistema? Si se van a unir piezas metálicas, lo más aconsejable es usar pernos, de los cuales de hablará más adelante.
- ¿Cuál es el espesor o grosor del material que se va a unir?, ya que esto influye en la longitud del sujetador, que está directamente relacionado con la seguridad de la conexión.
- ¿Cuáles son los requisitos de fuerza y peso que debe resistir el sistema?, ya que no es lo mismo asegurar elementos usados para manualidades que para estructuras de máquinas industriales.
- ¿Los elementos a unir estarán ubicados en exteriores o en interiores?, esto afecta el material y el acabado de las piezas a utilizar.

Los sujetadores mecánicos son dispositivos cuya función es unir (o sujetar) mecánicamente dos o más objetos y se clasifican en *permanentes*, como los remaches, que una vez fijados se quedan en este lugar y si se quitan se destruyen. Por otro lado, están los *no permanentes*, los cuales se pueden montar, desmontar y reutilizar fácilmente según se requiera. Los sujetadores no permanentes, se pueden dividir en:

- *Sujetadores generales,* tales como las llaves, pasadores, anillos de retención, etc.
- *Sujetadores roscados:* son los más utilizados para ensamblar componentes, tales como pernos, tornillos, espárragos, tornillos de fijación, etc.

Birlo, en el lenguaje automotriz, es el nombre que se le da ex profeso al tornillo que sujeta el rin en el conjunto del sistema de rodamiento de un vehículo compuesto por mazas, baleros, discos, tambores y flechas, ya sea

sujetándose al encordado de un tambor, o al encordado de la maza que entra en el balero en la mayoría de los casos. Cuando son birlos fijos, estos entran a presión en los agujeros del tambor o en la maza y se sujeta el rin a ellos con tuercas.

Existen diferentes tipos de birlos (Fig. 9.22), como los llamados de seguridad, que, reducen el riesgo de robo de rines; estos birlos de seguridad normalmente se ofrecen con una llave única, que si es extraviada se complica el desmontaje de las llantas, volviéndose un problema a la hora de una pinchadura o cambio de llanta. La colocación de birlos o tuercas con diferentes asientos ocasionaría desbalanceo o rines flojos, situación que puede ocasionar accidentes.

Hay que tener claro que los birlos son diferentes a las tuercas de seguridad (Fig. 9.23). Un birlo, es un tornillo largo y grueso que une la maza de la rueda, el sistema de frenos y el rin y una tuerca, es el elemento que se encarga de hacer presión junto con el birlo para mantener todo unido en su lugar y es esta pieza la que según requerimientos se reemplaza por una tuerca de seguridad para evitar el robo de las llantas de un vehículo. Los tornillos se utilizan para sujetar varias piezas por medio de la rosca, que presiona a las piezas, unas sobre otras. Puede desempeñar varias funciones: de montaje, de presión, de fijación, de guía, etc.

Una tuerca es la contraparte de un tornillo, son los complementos de los tornillos en la fijación de piezas, a través del cual pasa el vástago del tornillo con igual paso. Tienen dos funciones: sujetar elementos o transformar movimientos. En la mayoría de los casos, los pernos y las tuercas se usan juntos para sujetar dos o más piezas que tienen agujeros sin rosca. Los tipos de tuercas más utilizados a nivel industrial son las hexagonales regulares, sin embrago existen diferentes tipos de tuercas y se usan según la aplicación (Fig. 9.22).

Fig. 9.22
Diferentes modelos de birlos y tuercas



(Grupo Redosa, 2020) (SODIPER, s.f.)

Fig. 9.23
Tuercas y birlos de seguridad (arriba tuercas de seguridad y abajo birlos de seguridad)



(Aeromexico, 2020)

El número de birlos para la fijación del rin a la masa del automóvil varía dependiendo del tipo de rin. Ejemplo: 4, 5, 6 u 8 birlos (Fig. 9.24).

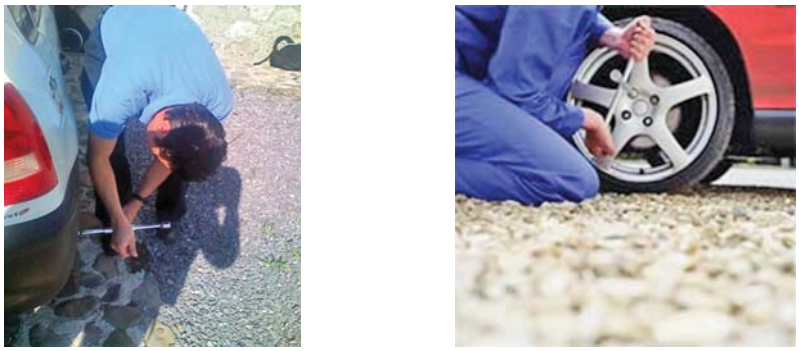
Fig. 9.24
Ejemplos de rines con diferente número de birlos



(Rines, 2020) (OMEGALFA, 2020)

Ergonómicamente, el apriete de birlos en llantas de automóvil se hace, por lo general, con una cruceta (Fig. 9.25). El diseño de esta herramienta hace que el usuario tenga que ejercer cargas físicas altas, posturas incorrectas (biomecánicamente hablando) y un alto gasto energético. La posición y forma en la que se aflojan o se aprietan los birlos depende de la palanca o par aplicado por la persona; pero en la mayoría de los casos, esta no considera los principios ergonómicos y biomecánicos que requiere la actividad, lo que produce frecuentemente lesiones musculares.

Fig. 9.25
Forma correcta e incorrecta de las posturas para utilizar una cruceta



INCORRECTO CORRECTO

(Cómo cambiar una llanta, 2020)

9.7 PATOLOGÍAS Y MICROTRAUMATISMOS REPETITIVOS

Teniendo en cuenta que los trabajadores normalmente solo utilizan la mano con la que tienen destreza para el uso de sus herramientas manuales, se hipertrofia la musculatura de ese hemicuerpo y aunque no haya fatiga, se pueden ocasionar a menudo molestias osteomusculares, semejantes a las que se ven en la práctica de deportes asimétricos (Fig. 9.26).

Fig. 9.26
Deportes asimétricos (tenis, pádel, squash)



(Squash, 2019) (Pádel, 2019) (Tenis, 2019)

Un buen diseño y una buena selección de las herramientas a usar para una tarea o actividad específica es la primera y mejor medida preventiva a aplicar para el uso adecuado de las mismas, sin embargo, de nada sirve adquirir herramientas adecuadas si no se emplean correctamente. En Colombia, se cuenta con un marco legal en cuanto a Salud Ocupacional y Seguridad para el trabajo. A continuación, se presentan algunas leyes relacionadas:

- Ley 9 de 1979 Presenta el Marco Legal de la Salud Ocupacional en Colombia
- Ley 52 de 1993 en donde se aprueba el Convenio 167 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) sobre seguridad y salud en la construcción
- Ley 100 de 1993 En la que se regula la estructura de la seguridad social en Colombia (El Régimen de Pensión, Atención en Salud y el Sistema General de Riesgos Laborales)
- Ley 320 de 1996 en donde se aprueba el Convenio 174 de la OIT sobre prevención de accidentes industriales mayores y la recomendación 181 sobre prevención
- Ley 378 de 1997 por medio de la cual se aprueba el Convenio No. 161 de la OIT sobre los servicios de salud en el trabajo (Organización Internacional del Trabajo (OIT), 2021), adoptado por la 71 reunión de la Conferencia General de la OIT, en Ginebra, 1985
- Ley 776 de 2002 Presenta la organización, administración y prestaciones en el Sistema General de Riesgos Profesionales
- Ley 1562 del 11 de julio de 2012 En la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones relacionadas con Salud Ocupacional (Congreso de Colombia, 2012)

Con el paso del tiempo, la aparición de molestias en las zonas de hombros, codos y mano-muñeca de carácter acumulativo van apareciendo. Estas enfermedades tienen su origen, sobre todo, en la realización frecuente de excesiva extensión y flexión o desviación radial o cubital de la muñeca, por posturas de flexión, extensión y abducción exageradas de los brazos unidas a una repetitividad excesiva de la tarea, que cobran mayor importancia

cuando además aparecen ligadas a esfuerzos excesivos. Se puede decir, que la suma de una mala postura, exceso de fuerza y repetitividad configurarían el círculo de fatiga para que la persona esté expuesta a un traumatismo.

Otras causas de patologías están relacionadas con golpes y cortaduras en las manos o extremidades superiores ocasionadas por un mal uso de la herramienta, golpes, cortes o pinchazos en el cuerpo o en los ojos debida a la proyección de materiales de trabajo o de las herramientas, lesiones musculoesqueléticas causadas por sobreesfuerzos, adopción de posturas y movimientos forzados o por quemaduras debido a contactos eléctricos (directos o indirectos).

Algunos síntomas que se presentan cuando una herramienta está afectando la salud de una persona son: hormigueo u adormecimiento, dolor muscular, inflamación articular, cambios en el color de la piel de las palmas o yema de los dedos, disminución en la fuerza de apriete de la mano, fatiga muscular frecuente, dolor al realizar algún movimiento, sensación de bloqueo articular, entre otros. Es importante estar alerta a la aparición de cualquiera de estos síntomas, ya que estos, no aparecen de forma inmediata, sino que se desarrollan de forma silenciosa con el paso del tiempo y cuando el daño está causado ya la condición del operario puede ser grave y requerir de posibles cirugías (Instituto Nacional de Salud y Seguridad Opupacional, 1998).

A continuación, se presentan algunas de las patologías más frecuentes asociadas al mal uso o mal diseño de las herramientas, estas son:

1. **Tendinitis**: es la inflamación del tendón, por compresión o rozamiento repetitivos (Fig. 9.27). Puede suceder en las vainas tendinosas y los tejidos vecinos, o en las uniones con el hueso y el músculo y puede limitar la capacidad de movimiento. El ejemplo más conocido es la tendinitis escápula-humeral (lesión del manguito rotador) por trabajar en alturas que están por encima de los hombros.

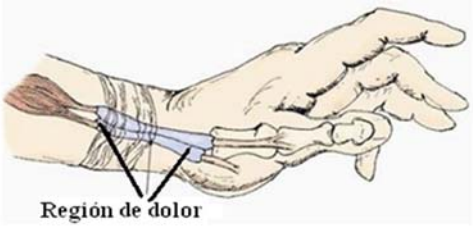
Fig. 9.27
Tendinitis del tendón de Aquiles



(Tendinitis, 2019)

2. **Teno sinovitis**: es la inflamación de las vainas tendinosas y de la cápsula articular (sinovial). Los extensores de los tendones sirven de lubricante cuando pasan por encima las articulaciones y la falta de lubricación genera una fricción del tendón sobre la funda. Afecta frecuentemente a la parte posterior de la muñeca y el más conocido es el síndrome De Quervain (Fig. 9.28).

Fig. 9.28
Teno sinovitis De Quervain



(Tenosinovitis De Quervain, 2019)

3. **Síndrome del túnel carpiano**: el nervio mediano, en su recorrido desde el antebrazo a la mano, pasa a través del túnel carpiano junto con los tendones flexores de los dedos, así como también el plexo vascular que irriga la mano (Fig. 9.29). El uso repetido de herramienta con la muñeca en posiciones extremas puede ocasionar la inflamación y dilatación de

los tejidos a su paso por el estrecho canal óseo, así como la compresión del nervio mediano. La respuesta del organismo es la alteración sensitiva y motora de los músculos inervados por el nervio mediano, con el acompañamiento de hormigueo, endurecimiento y dolor en el miembro superior afectado.

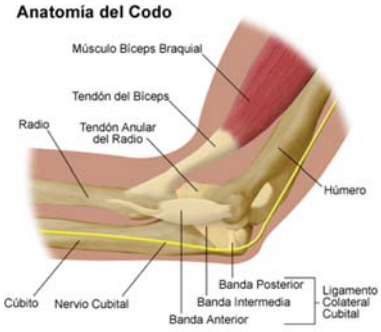
Fig. 9.29
Síndrome de túnel del carpo



(Síndrome del Túnel Carpiano, 2019)

4. **Epicondilitis:** es la inflamación dolorosa del codo por la realización de trabajos repetitivos con objetos o por movimientos repetidos de cargas pesadas asociado a la flexo-extensión de la muñeca (hiperextensión y pronosupinación con carga), también es conocido como "codo de tenista" o "codo ama de casa" (Fig. 9.30).

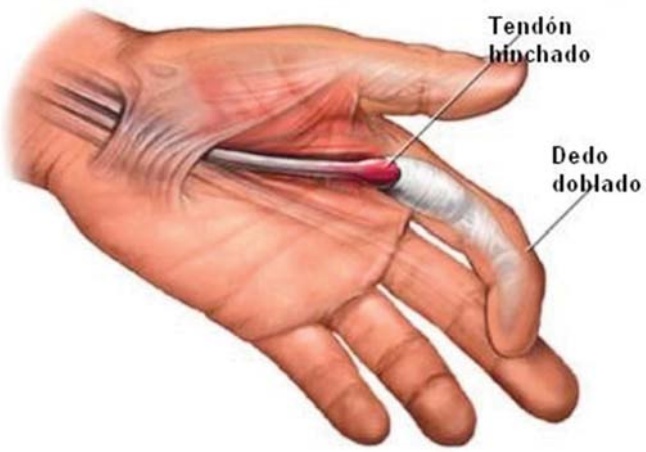
Fig. 9.30
Anatomía del codo



(Codo, 2019)

5. **Dedo disparador:** también conocido como engatillado o en resorte. Es el desarrollo de un nódulo en el tendón flexor al que lega la vaina. Se produce porque no se abarca bien la herramienta y en vez de presionar el interruptor con la falange media del dedo se presiona con la distal (Fig. 9.31).

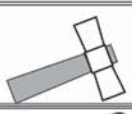
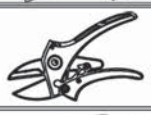
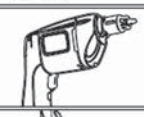
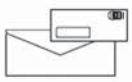
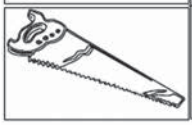
Fig. 9.31
Dedo disparador



(Dedo Disparador, 2019)

Existe una correlación positiva entre algunas profesiones y problemas fisiológicos, de ahí que se pueda generar una tabla taxonómica en la que aparezcan reflejadas las tres variables (Tabla 9.1): Actividad desarrollada, movimientos frecuentes y trastornos. En síntesis, el diseño ergonómico, la adecuada selección y el uso correcto de las herramientas manuales son los tres aspectos primordiales para la prevención de la mayoría de accidentes y lesiones musculoesqueléticas que se presenta en el sector laboral.

Tabla 9.1
Tipo de trabajo, patologías y factores ocupacionales

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

(Pedro Mondelo E. G., 2013)

Para evitar este tipo de lesiones, se recomienda establecer actividades, estrategias o programas preventivos que eliminen el riesgo de lesión. Sin embargo, lo primero es hacer un bueno diseño ergonómico de la herramienta manual de trabajo para que la tarea se realice de forma eficaz, saludable y segura. Otros aspectos a tener en cuenta son: la calidad de los materiales con los que está hecha la herramienta, estado y conservación de la herramienta, uso adecuado o incorrecto de la herramienta, transporte (seguro o peligroso) de las herramientas, organización del puesto de trabajo, formación de los trabajadores, entre otros.

Capítulo 10

Aplicación de la Ergonomía en el Rediseño de Máquinas

Las máquinas son dispositivos inventados por el hombre para ayudarlo a realizar trabajos con un menor esfuerzo. La aplicación de los principios de ergonomía al diseñar máquinas contribuye a aumentar la seguridad del operario y de la actividad laboral, reduciendo así el estrés y los esfuerzos físicos de las personas que la manipulan, mejorando la eficacia y la fiabilidad del funcionamiento, minimizando con esto la probabilidad de errores en todas las fases de utilización de la máquina.

Se deben observar los siguientes parámetros de diseño al asignar funciones al operador y movimientos o rutinas a la máquina:

- ✓ Dimensiones del cuerpo del o los operarios de la máquina.
- ✓ Movimientos y posturas forzadas en la utilización de la máquina.
- ✓ Magnitud de los esfuerzos y amplitud de movimientos.
- ✓ Ruido, vibraciones y efectos térmicos.
- ✓ Ritmos de trabajo repetitivos.
- ✓ Iluminación localizada en las zonas de trabajo.
- ✓ Diseñar órganos de accionamientos visibles, identificables y maniobrables con seguridad.
- ✓ Diseñar y colocar las señales, cuadrantes y visualizadores de tal forma que la presentación de la información pueda ser detectada, identificada e interpretada convenientemente desde el puesto de mando sin dificultad alguna.

En definitiva, los sistemas de trabajo diseñados de manera ergonómica favorecen la seguridad y la eficacia, mejoran las condiciones de trabajo y de vida, y compensan los efectos adversos sobre la salud y el rendimiento del ser humano.

Es recomendable tomar en cuenta los siguientes aspectos como parámetros ergonómicos en el diseño de una máquina:

Respecto a las dimensiones corporales:

a) La altura de utilización u otras dimensiones funcionales de la máquina que deben ser regulables para adaptarse al operador y al tipo de trabajo.
b) El tipo, la situación y las posibilidades de regulación de los asientos, ya que deben ser apropiados a las dimensiones y actividades a realizar.
c) Tener espacio suficiente que permita los movimientos necesarios para realizar las tareas.
d) Empuñaduras y pedales adaptados a la anatomía funcional de la mano o del pie.
e) Que los órganos de accionamiento estén situados al alcance inmediato de las manos o de los pies.

Respecto a la postura:

a) Se evitarán posturas indeseables (ergonómicamente).
b) Las máquinas deben permitir cambios ocasionales de la postura del operador.
c) Facilitar una postura de trabajo conveniente, así como un soporte apropiado para el cuerpo, que evite posturas no equilibradas y sobreesfuerzos físicos.
d) Para trabajo pesado, el plano de la mesa debe ser algo menor que la altura de los codos, para trabajo ligero deberá coincidir con la altura de los codos y para trabajo de precisión debería ser más alta que la altura de los codos.

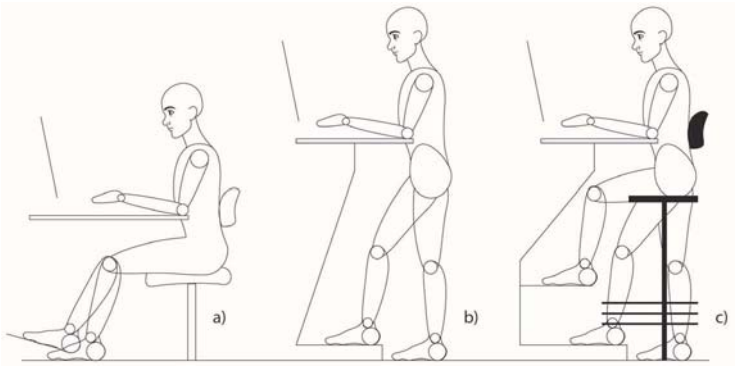
Respecto a los movimientos del cuerpo:

a) El equipo de trabajo no obligará al operador a permanecer inmóvil durante su uso.
b) Se evitarán movimientos repetitivos que puedan provocar lesiones o enfermedades.
c) Movimientos con gran precisión deben requerir fuerzas pequeñas para su ejecución.
d) En manipulaciones de gran precisión se proporcionarán elementos técnicos auxiliares.
e) Se evitará la aplicación de fuerzas que exijan movimientos de rotación o posturas forzadas de las articulaciones del brazo o de la mano.

Respecto al puesto de trabajo:

a) La altura del plano inferior de las mesas de trabajo debe permitir que el individuo sentado pueda introducir sus piernas por debajo de la mesa sin esfuerzo alguno y cómodamente, con la máxima movilidad posible, incluso que exista la posibilidad de poder cruzar las piernas (Fig. 10.1a).
b) El volumen del espacio abajo de la mesa debe permitir que se puedan extender las piernas y moverlas con comodidad cuando lo necesite o desee el operario (Fig. 10.1).

Fig. 10.1
Posturas de trabajo a) Sentado b) De pie c) De pie/sentado



(Ergonómicos, 2020)

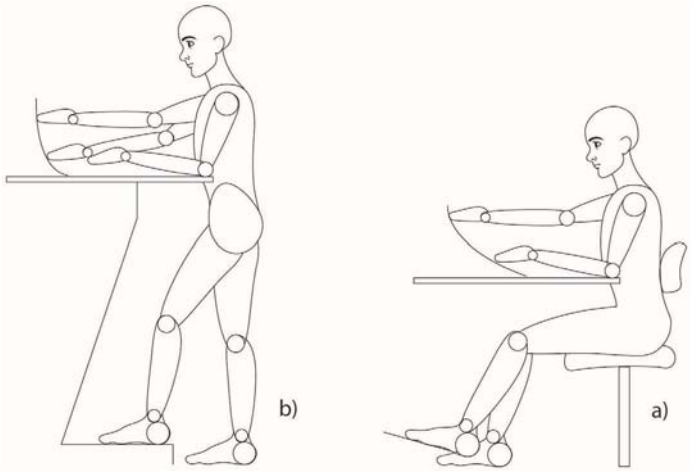
Respecto a los esfuerzos físicos:

a) Cuando la fuerza física necesaria para realizar las tareas sea excesiva, se preverá el uso de medios mecánicos auxiliares que faciliten la ejecución de las actividades.
b) Se evitará cualquier tensión muscular estática empleándose un sistema adecuado.
c) Se aprovechará donde sea posible el peso propio del individuo u otras soluciones.
d) Los órganos de accionamiento, mandos, empuñaduras y pedales del equipo de trabajo deberán requerir un esfuerzo físico tan pequeño como sea posible.
e) Se evitará todo desequilibrio de los esfuerzos entre el tronco y miembros del cuerpo.
f) El reparto de las masas de los equipos de utilización manual debe asegurar una zona de trabajo adecuada, respetando las normas de seguridad y movilidad.

Respecto a los alcances máximos y las áreas de actividad (Fig. 10.2):

a) La anchura y profundidad del plano superior de la mesa dependerá del alcance máximo de los brazos en la dirección requerida; y quedarán establecidas por una semicircunferencia con centro en el hombro.
b) Dependiendo de la tarea que se deba desarrollar (precisión o esfuerzo), la semicircunferencia deberá trazarse desde el brazo dominante.
c) Las áreas óptimas se reducen con las necesidades de precisión, fuerza y cadencia.

Fig. 10.2
Alcances y áreas de actividad



(Ergonómicos, 2020)

Respecto a los conocimientos técnicos del operario:

a) Cualquier información que se dé al operador debe ser de fácil comprensión.
b) La información que se requiera debe ser clara para no confundir al operador.
c) La información se presentará de forma que el operador pueda entenderla y usarla fácilmente.
d) La información dispuesta en sistemas interactivos, iconos, símbolos y comandos será coherente en apariencia y función.

Para todos los puntos anteriores, se requiere de un patrón de comparación para saber si las dimensiones y las cualidades de la máquina cumplen con los parámetros ergonómicos necesarios, para esto, se requiere de los datos de las medidas antropométricas; aunque en México no se cuenta con estas medidas para su población para la mayoría de estudios o investigaciones, se toman como referencia las usadas en España.

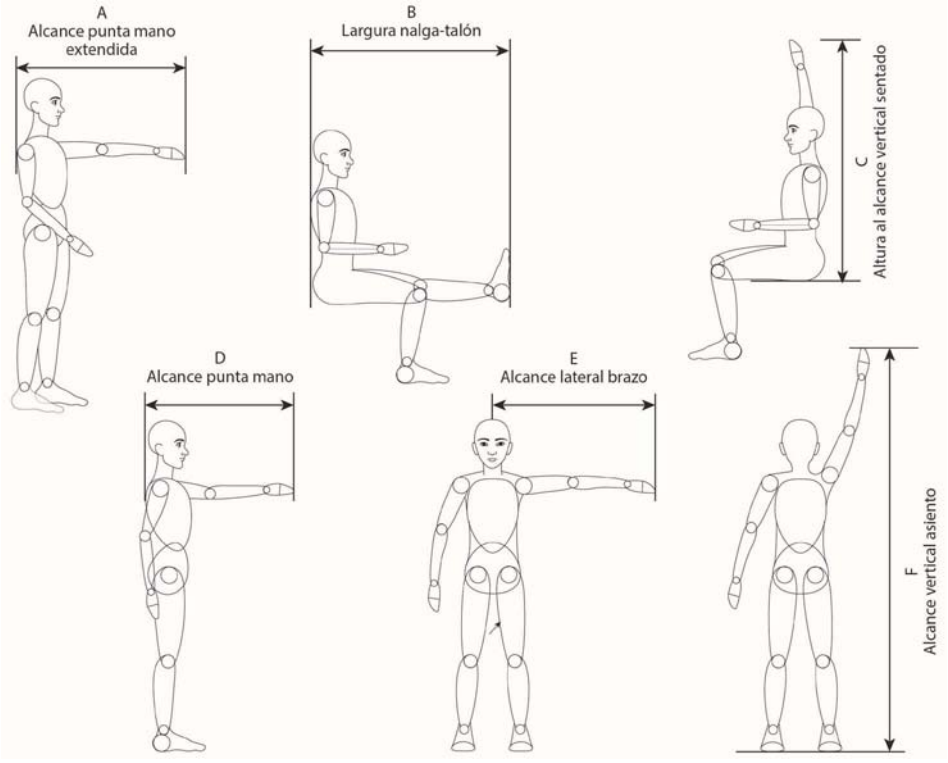
A continuación, se presentan algunos de los datos y tablas antropométricas divulgados por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España, *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo* (NTP 226, 2019).

Tabla 10.1
Dimensiones funcionales del cuerpo de hombres y mujeres adultos, según edad, sexo y selección de percentiles

		A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	F (cm)
95	Hombres	97.3	117.1	131.1	88.9	86.4	224.8
	Mujeres	92.2	124.5	124.7	80.5	96.5	213.4
5[1]	Hombres	82.3	100.1	149.9	75.4	73.7	195.1
	Mujeres	75.9	86.4	140.2	67.6	68.6	185.2

(NTP 226, 2019)

Fig. 10.3
Alcances frontales y laterales



(Ergonómicos, 2020)

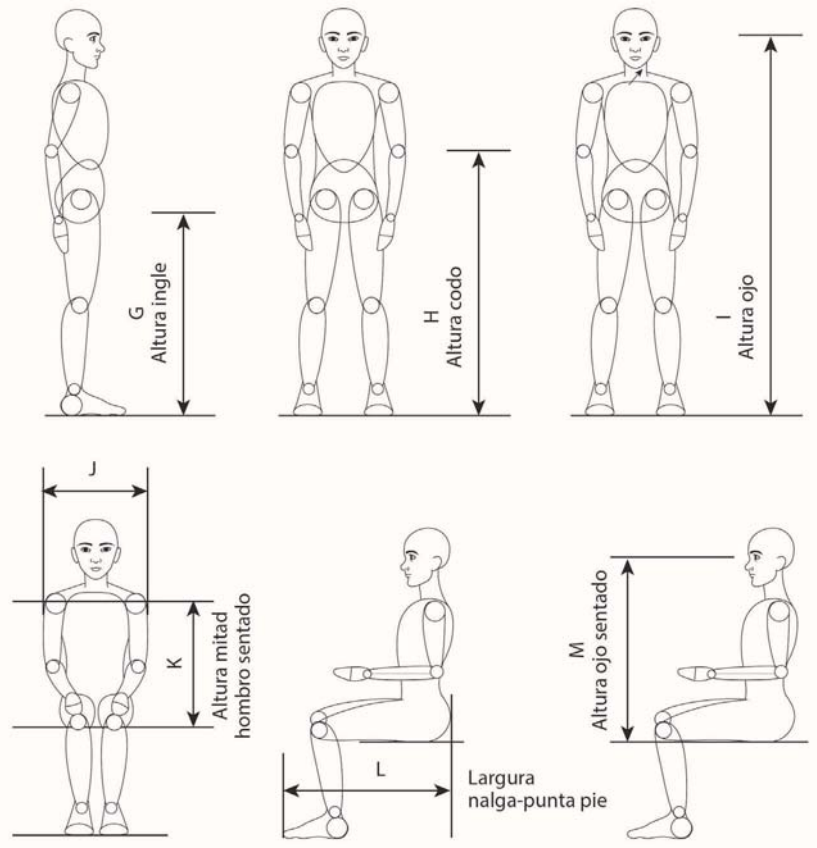
1 95 y 5 percentil

Tabla 10.2
Dimensiones estructurales del cuerpo en hombres y mujeres adultos, según edad, sexo y selección de percentiles

		G (cm)	H (cm)	I (cm)	J (cm)	K (cm)	L (cm)	M (cm)
95	Hombres	91.1	120.1	174.2	52.6	69.3	94.0	86.1
	Mujeres	81.3	110.7	162.8	43.2	62.5	94.0	80.5
5	Hombres	78.2	104.9	154.4	42.2	60.2	81.3	76.2
	Mujeres	68.1	98.0	143.0	37.8	53.8	68.6	71.4

(NTP 226, 2019)

Fig. 10.4
Alturas anatómicas



(Ergonómicos, 2020)

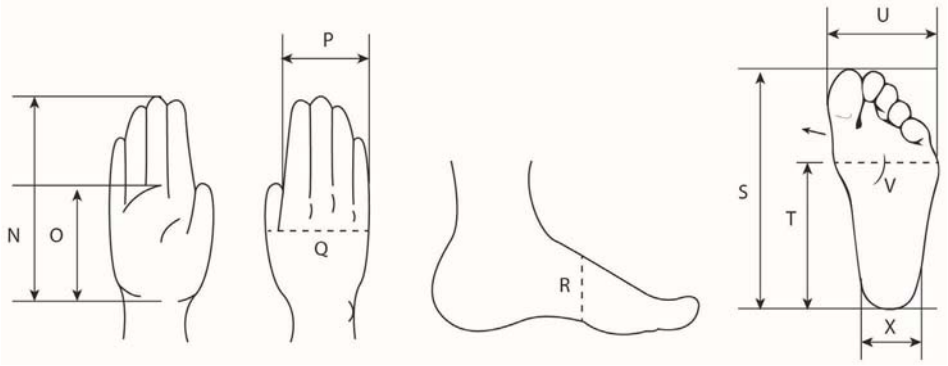
Tabla 10.3
Dimensiones en cm, de mano y pie de hombres y mujeres adultos según percentiles

	N	0	P	Q*	R*	S	T	U	V	X
95	20.5	11.8	9.6	23.1	37.8	29.1	21.4	10.6	27	7.3
5	17.8	10	8.2	20	23.8	25.1	18.2	9	22.9	6.1

*Perímetro, unidades en cm.

(Ergonómicos, 2020)

Fig. 10.5
Medidas anatómicas de manos y pies



(Ergonómicos, 2020)

Otro parámetro de diseño está relacionado con los *Tipos de mando*. Estos se pueden clasificar bajo diferentes principios; según la función (Tabla 10.4), estarían clasificados de la siguiente forma:

Tabla 10.4
Clasificación del tipo de mando

Métodos utilizados para momentos concretos	Mandos utilizados para acciones continuas
Activación Entrada de datos Selección (de un punto determinado)	Selección continua (ejemplo: frecuencia de radio) Control continuo (intervención continuamente en la máquina, por ejemplo: para mantener un nivel de actividad)

(Principios y Procedimientos, 2020)

Según el tipo de acción a desarrollar, podrá ser más indicada la selección y utilización de un tipo de mandos u otros (Tabla 10.5).

Tabla 10.5
Tipos de mandos de control y sus funciones

Tipo de control	Accionamiento puntual			Accionamiento continuo	
	Activación	Entrada de datos	Selección	Selección continua (cualitativa)	Control continuo
Pulsador manual	Excelente	Bueno	No recomendado	No aplicable	No aplicable
Pulsador de pie	Bueno	No aplicable	No recomendado	No aplicable	No aplicable
Interruptor de palanca	Bueno, pero propenso a activación accidental	No aplicable	Bueno	No aplicable	No aplicable
Interruptor giratorio	Utilizable. Pueden confundirse posiciones	No aplicable	Excelente	No aplicable	No aplicable
Botón	No aplicable	No aplicable	Pobre	Bueno	Regular
Manivela	Solo si hay que hacer mucha fuerza	No aplicable	No aplicable	Regular	Bueno
Volante	No aplicable	No aplicable	No aplicable	Bueno	Excelente
Palanca	Bueno	No aplicable	Bueno	Bueno	Bueno
Pedal	Regular	No aplicable	No aplicable	Bueno	Regular

(Principios y Procedimientos, 2020)

De acuerdo con el esfuerzo exigido a la acción del mando es más recomendable un tipo de mando que otro, en la Tabla 10.6., se da a conocer la mejor adecuación de los diferentes controles, según la acción requerida.

- Mandos que exigen un esfuerzo muscular pequeño, accionados fácilmente con los dedos (botones, teclas, interruptores).
- Mandos que exigen un cierto esfuerzo muscular, haciendo intervenir grupos importantes de músculos de los brazos y piernas (palancas, manivelas, volantes y pedales).

Tabla 10.6
Adecuación de los mandos a la acción requerida

Tipos de control		Rapidez	Precisión	Fuerza
	MANIVELA Pequeña Grande	 Buena Pobre	 Pobre No adecuada	 No adecuada Buena
	VOLANTE	Pobre	Bueno	Utilizable
	BOTÓN	No utilizable	Regular	No utilizable
	PALANCA Horizontal Vertical (Perpendicular al acuerpo) Vertical (Siguiendo el cuerpo) Joystick	 Buena Buena Regular Buena	 Pobre Regular Regular Regular	 Pobre Corta: pobre Larga: buena Regular Pobre
	PEDAL	Bueno	Pobre	Bueno
	PULSADOR	Bueno	No utilizable	No utilizable

Tabla 10.6 (Cont.)

	INTERRUPTOR GIRATORIO	Bueno	Bueno	No utilizable
	INTERRUPTOR DE PALANCA	Bueno	Bueno	Pobre

(NTP 226, 2019)

Para determinar el mando a utilizar, así como su tamaño y dimensiones, se recomienda considerar las dos variables requeridas en el mando, la acción que cumple el mando y la función que se requiere, además, estos factores deberán corresponderse con los datos antropométricos de los miembros del cuerpo a utilizar. Cuando se diseñen, se deben considerar si se utilizan o no prendas de protección personal, principalmente guantes y botas de seguridad, con objeto de dimensionar su tamaño con una mayor holgura que permita un buen manejo del mando. Habrá que tener en cuenta que los guantes influyen en la habilidad del operario y en la percepción de la textura de las manos.

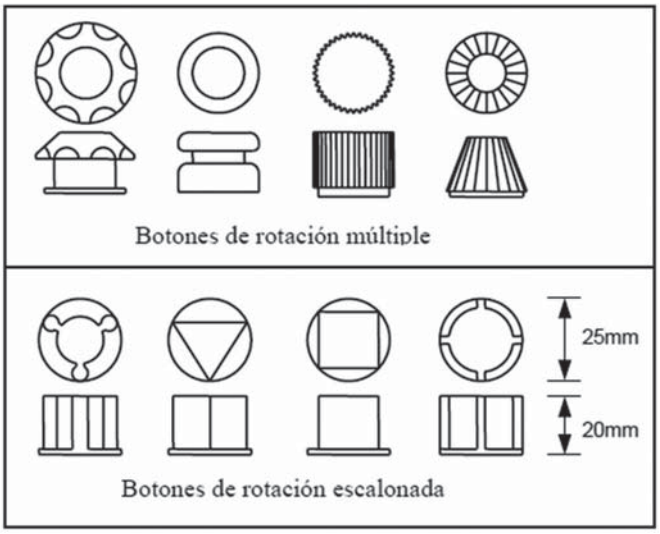
En general, los mandos están diseñados para personas con predominio de la mano derecha, por lo que las personas zurdas pueden encontrar dificultades en su manejo, creándoles un estado de fatiga. Esto exigiría hacer una reconsideración de la forma de los mandos y de la dirección de los movimientos (una versión para diestros y una para zurdos). En estos casos es fundamental valorar los requerimientos de la tarea y las posibles consecuencias de los errores a cometer, para que el puesto de trabajo pueda adaptarse lo máximo posible a las capacidades del individuo.

Identificación y detección de los mandos

Los cuadros de control están provistos de diferentes dispositivos o mandos de información táctil, los cuales utilizan el estado de una superficie y el relieve o contorno de objetos que pueden ser tocados para transmitir información. Es importante que los mandos puedan ser identificados y detectados sin dificultad. Para ello deberán cumplir con los siguientes criterios:

- Los objetos o mandos deberán tener configuración geométrica sencilla y que sea fácilmente diferenciada de la de otros mandos (Fig. 10.6).

Fig. 10.6
Diferenciación de los mandos según configuración geométrica



(Principios y Procedimientos, 2020)

- Generalmente, el mando será proyectado para ser utilizado con las manos y situado al alcance del operador.
- La textura o el material empleado (liso, estriado, rugoso, etc.) puede ayudar a identificarlo, especialmente cuando una operación se realiza "a ciegas", sin fijar la vista en el mando.
- No deberán tener aristas ni esquinas afiladas.
- El color está indicado cuando se encuentra en el campo visual; si la iluminación es tenue deberá disponerse de iluminación localizada.
- La diferencia de tamaño ha de ser tal que puedan distinguirse fácilmente unos de otros.
- Las diferentes formas deben permitir una identificación de los mandos sin ambigüedad, para actuar sobre las diferentes funciones de la máquina. No deben utilizarse más de cinco elementos de formas diferentes.

- Deberá tenerse en cuenta en el diseño del mando, el uso de guantes por el operador, que verá considerablemente reducida su sensibilidad.

10.1 VALORACIÓN FUNCIONAL DE FUERZAS MUSCULARES USADAS PARA LA MANIPULACIÓN DE MÁQUINAS

Con el fin de estudiar los esfuerzos a los que está sometido el ser humano en el ámbito laboral, se hicieron estudios que poco a poco se fueron transformando en parte importante en el momento de diseñar puestos de trabajo. Posteriormente pasaron a ser normas, que, si bien no han sido avaladas por organismos como ASME y ASTM, sí son reconocidas y utilizadas internacionalmente.

Tal es el caso de normas como: Association Française de Normalisation (AFNOR), Reichsausschusses für Arbeitszeitermittlung (REFA), UNE, *National Institute of Safety and Health* (NIOSH), Regímenes de trabajo y descanso con barrera de tensión térmica (REGI), *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), *Ergonomic Layout and Optimization of Manual Work Systems* (ERGOMAS), etc. Cada una de ellas estudia los puestos de trabajo y la mejor manera en que estos deben ser diseñados y construidos, tomando en cuenta diferentes puntos de vista, por ejemplo, las normas UNE son una serie de normas que van enfocadas a hacer más seguras las máquinas con que interactúan los seres humanos en el trabajo. AFNOR y REFA son normas que se enfocan más en las posiciones y esfuerzos que realiza una persona en el momento de realizar alguna actividad laboral.

10.1.1 El Método AFNOR

Desarrollado por la *Association Française de Normalisation* (AFNOR), muestra los límites de esfuerzo recomendados por la acción sobre herramientas, controles y útiles, excluidos los esfuerzos hechos por el transporte de cargas con desplazamiento corporal del trabajador (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013).

Este método se aplica sobre las acciones básicas, en esfuerzos mantenidos por menos de 7 segundos y en un volumen espacial aceptable, por lo cual no es una evaluación de la carga de trabajo global.

Este método calcula esfuerzos máximos teniendo en cuenta las características más generales de una persona, y se apoya en un esquema denominado ábaco (Tabla 10.7), donde se pueden identificar posiciones y tipos de esfuerzos de un individuo. Se basa en el cálculo del límite recomendado y la función del percentil de estudio, donde se grafican diferentes curvas de acuerdo con la posición del operario en el puesto de trabajo y de las características propias del esfuerzo.

Reglas de corrección para la Tabla 10.7

- Para los esfuerzos señalados con un asterisco (*), dividir entre dos el valor obtenido en los ábacos, si estos esfuerzos no son realizados en el volumen del trabajo BUENO, sino con un volumen ACEPTABLE.
- Para esfuerzos realizados con las dos manos:

  Multiplicar por 2 el valor obtenido para una mano si el esfuerzo se realiza de pie. Mantener el valor obtenido para una mano si el esfuerzo se realiza sentado.
- Para el esfuerzo de empujar en postura sentado, en ausencia de respaldo que sirva de apoyo, utilizar los valores J en lugar de B y los valores F en lugar de A.
- Para un esfuerzo de tracción en postura sentado, en ausencia de un punto de apoyo para los pies, utilizar los valores L en lugar de G.

Tabla 10.7
El ábaco del método AFNOR para identificación de esfuerzos

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

(Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013)

En algunos casos, se hacen correcciones a los valores obtenidos de un ábaco en función de:

- Si el esfuerzo no se ejerce dentro de un volumen espacial de trabajo bueno o aceptable.
- Si en posición de pie, el esfuerzo se ejerce con las dos manos.
- Si el asiento tiene o no respaldo o apoya pies.

Las Variables del Método AFNOR

El límite de fuerza recomendado está dado en función de la **frecuencia horaria del esfuerzo** y de las **condiciones posicionales** en el lugar de trabajo. Las consideraciones antropométricas de la norma se resumen en un cuadro de identificación de los esfuerzos y de la posición de trabajo. En este cuadro se asignan las diferentes curvas del ábaco en función de las variables que se presentan en la Fig. 10.7, para obtener una gráfica como la de la Fig. 10.8.

Fig. 10.7
Las variables del método AFNOR

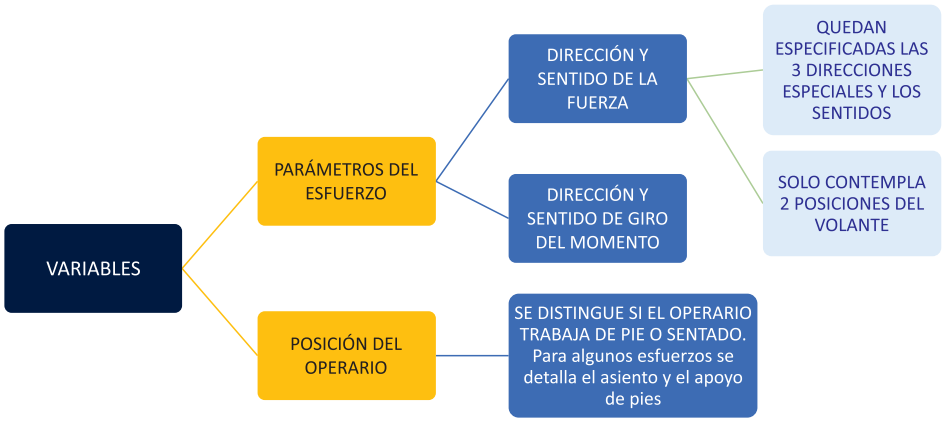
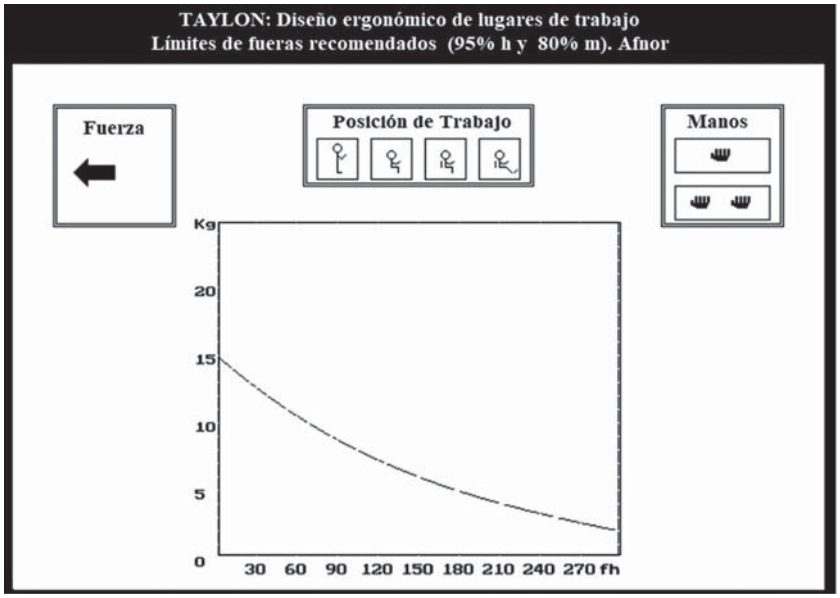


Fig. 10.8
Ábaco de AFNOR que relaciona fuerza, frecuencia horaria, posición de trabajo y número de manos empleadas en la actividad laboral



(Mondelo , Gregori, & Barrau, 2013) (Forteza de la Rosa & Ramírez Farto, 2017)

El método de AFNOR, tiene carácter de norma, sin embargo, cabe resaltar, que es el más limitado en cuanto a antropometría. Las variables posicionales y posturales consideradas son pocas y las correcciones por otros factores influyentes, poco rigurosas.

De todos los esfuerzos que se pueden encontrar en un puesto de trabajo, la norma francesa estudia de manera completa las fuerzas, pero de forma escasa los momentos de giro. El aspecto que marca la diferencia positivamente respecto a los otros métodos es la distinción posicional en el lugar de trabajo: de pie o sentado (dentro de la posición de sentado con o sin apoyo lumbar), y si se ejerce fuerza con los pies. Esta consideración, que es la primera decisión que se toma a la hora de diseñar cualquier puesto de trabajo, está bien detallada. Para completar esta evaluación se incorporan las posibles variantes en el asiento; esto es de gran utilidad en la elección del mobiliario idóneo para ese puesto de trabajo.

Sin embargo, como ya se mencionó, no toma en consideración las relaciones dimensionales, esto es parte de la hipótesis de un patrón único de medidas antropométricas. Además, la norma AFNOR, no estudia las diferentes posturas que puede tomar la persona; de pie o sentada. Se presupone que el operario adoptará la más cómoda para realizar el esfuerzo. Esta hipótesis subyacente al método, y a menudo utilizada por otras metodologías, es totalmente falsa pues, en muchas ocasiones no es posible adoptar una postura ideal, aunque se quiera, ya sea por falta de entrenamiento, formación o pericia en el desarrollo de una actividad; o por culpa de un diseño erróneo.

Por el momento, el método AFNOR, solo tiene en cuenta la frecuencia del esfuerzo y no se determina la influencia de la duración de la jornada laboral, ni el horario. Del resto de variables relevantes, no se considera ni la edad, ni la preparación física de la persona, y solo se trata la variable sexo, con la presentación de diferentes gráficos de resultados según el percentil de trabajo.

Operativamente, la norma AFNOR, es sencilla y no presenta ninguna dificultad, ni de cálculo ni de interpretación. Para aplicar el método AFNOR, se utiliza comúnmente el software TAYLOR (Mondelo , Gregori, & Barrau, 2013), el cual está desarrollado para el diseño ergonómico de lugares de trabajo y permite determinar los límites de fuerzas recomendados para realizar una actividad, por un tiempo determinado y bajo condiciones específicas (fuerza, posición de trabajo, número de manos empleadas en la actividad, peso manipulado y frecuencia) (Fig. 10.8).

10.1.2 El Método REFA

Este método tiene sus origines en Berlín, el 30 de septiembre de 1924, y su tarea es recoger, examinar y ordenar todo en cuanto a la determinación de los tiempos de trabajo, tanto en las empresas como en la literatura especializada, y hacerlo accesible a todo público.

El manual del método REFA se redactó contemplando todas las normas o códigos y leyes vigentes y está disponible para aconsejar a toda organización con el fin de mejorar la competitividad de las empresas. Este método es uno de los más completos en el campo, ya que hace una evaluación que

abarca desde las fuerzas, hasta el estudio del ruido, pasando por métodos de trabajo, las condiciones visuales, controles, e indicadores, clima, etc. En esta práctica se trabajarán los límites admisibles para las fuerzas, momentos y manutención manual (Mondelo , Gregori, & Barrau, 2013) (Método RULA, 2020).

Hipótesis y campo de aplicación del Método REFA

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

El método deja claro que los resultados obtenidos serán válidos para los esfuerzos con o sin movimiento, pero no para los movimientos con impulso o en los casos en que exista carga simultánea de diversos sistemas musculares. Los límites admisibles para las fuerzas y los momentos de giro se calculan en relación con el lugar de trabajo, definido por el grupo de usuarios y las características de la actividad. Como base para el cálculo se toman las fuerzas máximas medida en hombres de aproximadamente 30 años de edad. La situación específica se contempla mediante la aplicación de factores. Si en un lugar de trabajo las fuerzas y los momentos de giro que tiene que ejercer la persona no superan los límites calculados, no habrá ningún riesgo de sobre-solicitación.

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

Variables que considera el método REFA

El cálculo del límite admisible de esfuerzo se basa en valores de referencia tabulados según el sistema muscular y los valores de entrada. El punto de acción de la fuerza es la interfaz entre la persona y la máquina, la herramienta o el objeto y generalmente está situado en la palma de la mano o en la planta del pie.

En el caso particular de las fuerzas ejercidas por el brazo se sigue una estructura con cinco parámetros de entrada:

- Posición de la mano
- Rotación del hombro
- Altura de trabajo
- Ángulo del codo
- Dirección de la fuerza

Para el transporte de cargas se determina una fuerza máxima en función de la talla de la persona y de la distancia horizontal a que se tiene sujetado al peso, y se corrige para obtener la fuerza de referencia con factores que contemplan: las alturas de agarre, la frecuencia con que se repite la actividad, el número de manos usadas y las tareas secundarias (Tabla 10.8). En estos cálculos no se emplearán modelos matemáticos. Todo se reporta según se precisa más adelante.

Tabla 10.8
Factores de corrección de fuerza máxima

FACTOR PARA EL USO DE MANOS	
LEVANTAMIENTO CON UNA MANO	0.6
LEVANTAMIENTO CON LAS DOS MANOS	1
FACTOR PARA CANTIDAD DE PERSONAS (levantamiento de cargas)	
LEVANTA UNA SOLA PERSONA	1
LEVANTAN DOS PERSONAS	0.85
FACTOR PARA TAREAS SECUNDARIAS	
LEVES	1
MODERADAS	0.9

Tabla 10.8 (Cont.)

SEVERAS	0.8
GRUPO DE USUARIOS (Factores de corrección lineal tomando en cuenta el sexo)	
HOMBRES	1
MUJERES/MUJERES Y HOMBRES	0.85

(Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013)

Estos valores de referencia son corregidos con factores lineales para tener en cuenta otros más relevantes como la condición física, si es individual o no, y sirven para: dominar la influencia del género, aunque se debe procurar diseñar para ambos sexos; sin embargo, para los trabajos pesados se deberán tener en cuenta ciertas restricciones.

Para determinar la influencia de la preparación física es necesario considerar la constitución física del individuo. El valor de planeación normal es 1 aunque se contempla la modificación desde el 80% al 140% del valor de referencia, según el área de aplicación.

También, se determina la influencia de la edad y de la actividad: la edad de la persona no restringirá el valor máximo del factor de corrección.

Para establecer el esfuerzo desarrollado, se tiene en cuenta toda tensión muscular interrumpida. En este método se distinguen dos tipos de esfuerzos: dinámico y estático. Se entiende por *esfuerzo dinámico* aquel trabajo muscular con claro movimiento, pero sin impulso, o el trabajo muscular realizado muy lentamente o sin movimiento por un tiempo inferior a 0.1 minutos. Se puede dividir en:

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

En este caso, el tiempo de cálculo que se toma como base para determinar los valores límite es el tiempo transcurrido entre el primer y el último esfuerzo del sistema muscular considerado. Si los esfuerzos se interrumpen por más del 50% del tiempo anterior, comenzará un nuevo tiempo de cálculo (Tabla 10.9):

Tabla 10.9
Aproximaciones de tiempo entre el primer y el último esfuerzo

Tiempo de cálculo	Aproximación
De 0 hasta 1 h 15 min	1 h
De 1 h 15 min hasta 5 h	4 h
De 5 h a 9 h	8 h

(Mondelo,Gregori, & Barrau, 2013)

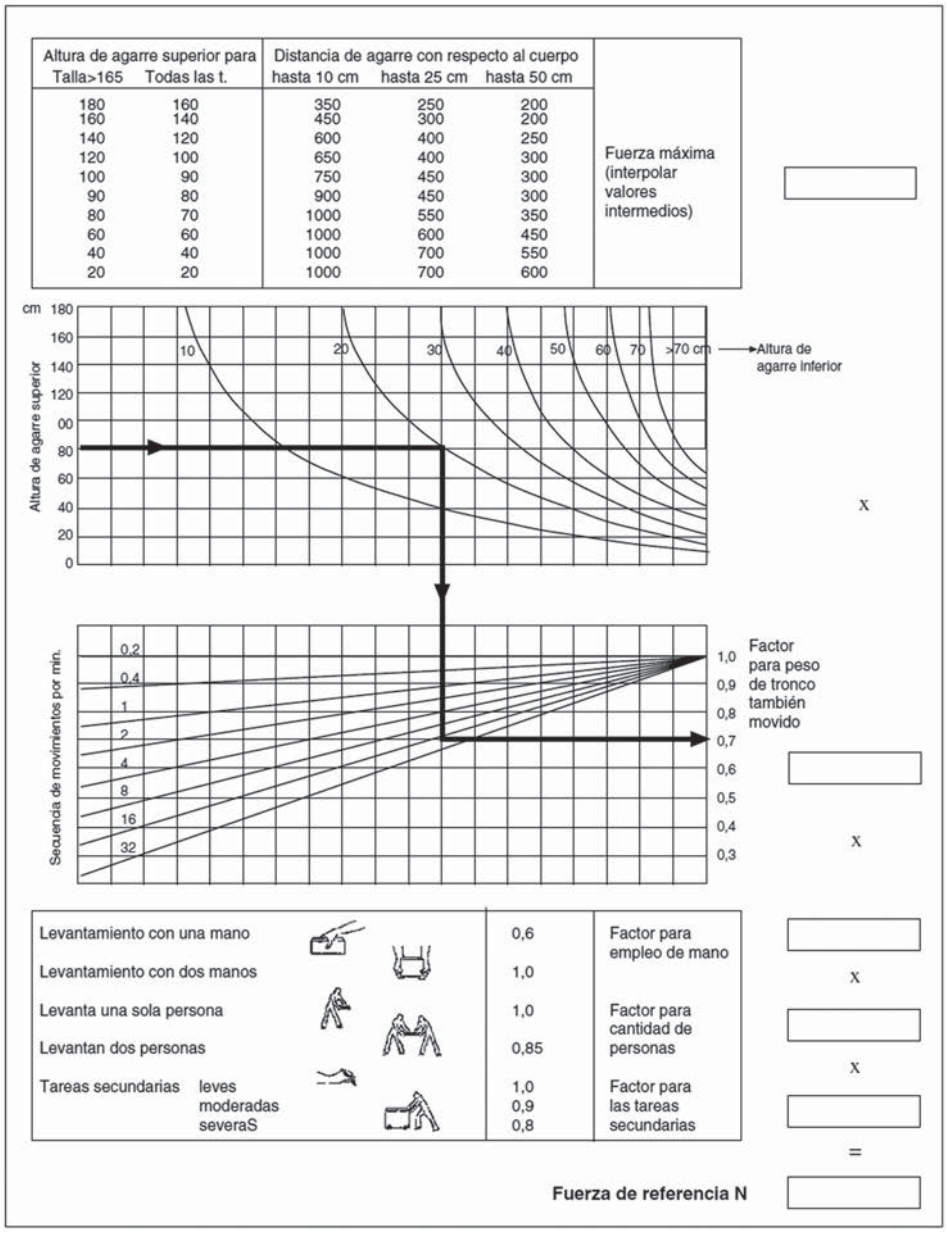
La frecuencia es la cantidad de esfuerzos para cada tiempo transformado a una, cuatro u ocho horas (siempre a ocho horas en caso de actividad dinámica unilateral). Por otra parte, se entiende como *esfuerzo estático*, el trabajo muscular sin movimiento o con movimiento muy lento de no menos de 0.1 minutos de duración. El tiempo de ciclo de fuerza t_{cf} es la suma resultante del tiempo de la tensión muscular t_t y el tiempo sin tensión estática que normalmente lo sigue.

Para obtener la fuerza de referencia se requiere de los siguientes datos: talla (estatura), altura de agarre superior, altura de agarre inferior, distancia de agarre con respecto al cuerpo, secuencias de movimientos por minuto, si la carga es levantada por una persona o entre dos personas, si se levanta con una mano o con las dos manos, si las tareas secundarias realizadas son leves, moderadas o severas.

A continuación, se detalla la aplicación del método REFA y el uso de la Fig. 9.9:

1. Se ingresa en el primer cuadro de la hoja de datos el valor de la altura de agarre superior y la distancia de agarre con respecto al cuerpo y se obtiene la fuerza máxima; pero como esta es afectada por otras variables se multiplica por otros factores siguiendo la secuencia mostrada en la Fig.9.9.
2. A continuación, este resultado se multiplica por: el factor para el empleo de mano (con una o dos manos), el factor para cantidad de personas (una o dos) y por el factor para las tareas secundarias (leves, moderadas o severas).
3. Al multiplicar esos datos, se obtendrá finalmente la fuerza de referencia N a la que está sometida la persona, en su actividad laboral.

Fig. 10.9
Hoja de datos SIEMENS para la determinación de fuerzas de referencia para el levantamiento de cargas a mano en posición vertical sin impulso



(Mondelo , Gregori, & Barrau, 2013).

Capítulo 11

Biomecánica y Ergonomía Aplicada

Con el fin de estudiar las fuerzas que se presentan en una persona al momento de realizar alguna actividad, así como sus repercusiones, se ha hecho uso de los principios de la mecánica newtoniana, la biomecánica, la anatomía, la antropometría y la fisiología, todo esto con el fin de evaluar si la actividad puede o no ser perjudicial para la persona que la realice.

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

La estructura interna de los músculos determina la fuerza que pueden producir, así como la distancia sobre la que pueden contraerse. El resultado de una contracción muscular depende además de los puntos de unión de un músculo sobre el segmento óseo del esqueleto, ya que el ángulo con el que un músculo ejerce una tracción sobre una palanca ósea sirve para establecer sus componentes de rotación y tracción.

Por otro lado, se debe considerar el punto de aplicación, o sea, la distancia entre el punto donde un músculo está unido a un hueso y el eje articular, lo cual determina el valor del momento de la fuerza que puede producirse. Cuando dos o más músculos actúan sobre un mismo hueso, el resultado final de la fuerza desarrollada por cada músculo depende de sus ángulos de tracción y de sus posiciones con respecto al eje articular.

11.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE BIOMECÁNICA

La *Biomecánica*, es una disciplina que se enfoca en estudiar la influencia que suponen las fuerzas mecánicas sobre la estructura del cuerpo humano durante su actividad o resultante de la interacción entre ambos. Y para ello, se apoya en las ciencias de Fisiología y la Antropometría. En este capítulo, se trabajará una de sus ramas, la Biomecánica Ocupacional, que es la que se encarga de estudiar el cuerpo humano como si fuera una máquina para evaluar posibles daños por tensiones musculares debidas a la adopción de posturas inadecuadas y forzadas, al desarrollar su actividad laboral con las herramientas y máquinas que utiliza en su puesto de trabajo (López Sánchez, 2020).

Se analizarán las posibles cargas y esfuerzos que un trabajador ejecuta o aplica para la realización de sus tareas. En el caso del trabajo en oficina, donde la mayor parte de la jornada laboral se mantiene en una postura estática en posición sedente, se identificarán fuerzas y torques que sostienen y ejercen las estructuras musculoesqueléticas del trabajador, especialmente en el tronco superior (espalda, cuello y muñecas).

Uno de los conceptos básicos en mecánica es la fuerza. Una fuerza puede ser de superficie o de cuerpo. Las fuerzas de cuerpo están dadas por la presencia de campos (gravitacional, magnético, eléctrico). El peso de un cuerpo representa la fuerza debida a la aceleración de la gravedad y es el resultado de la presencia, en este caso de un campo gravitacional. Por el contrario, la fuerza ejercida a una masa por un objeto que se deposita en ella representa una interacción por contacto.

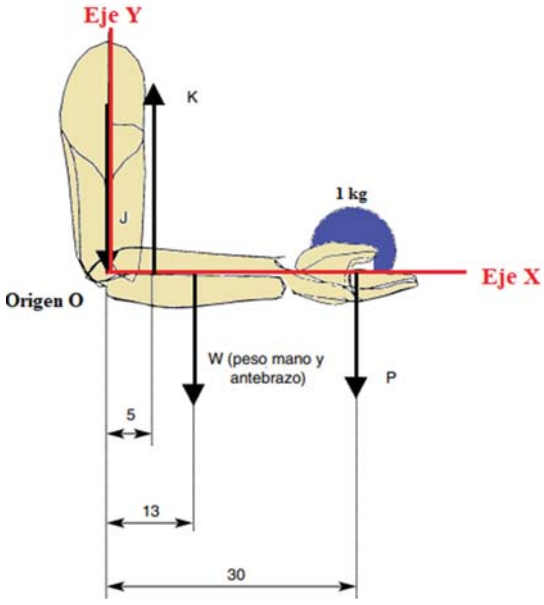
Para obtener la descripción completa de una fuerza, independientemente de la naturaleza que origina, se debe conocer, además, la línea de aplicación o línea de acción.

Como el efecto es diferente, según se empuje o se tire, el sentido de la acción se convierte en un parámetro esencial en el análisis. Finalmente, el último factor significativo que se debe determinar es el punto de aplicación de la fuerza.

Las cuatro características de una fuerza son, magnitud, línea de acción o dirección, sentido y punto de aplicación. Para describir una fuerza es necesario conocer estos cuatro parámetros (Fig. 11.1). Por lo tanto, si se

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

Fig. 11.1
Diagrama de cuerpo libre del brazo Modificada



(Mondelo , Gregori, & Barrau, 2013)

Observando la Fig. 11.1 y suponiendo que la persona sostiene una bola que pesa 10 N, se obtiene:

$$\sum M_O = 0 \qquad (1)$$

$$(0.13m \times W) + (0.3m \times P) - (0.05m \times K) = 0$$

Dado que W = 20 N y P = 10 N, entonces:

$$(0.13m \times 20N) + (0.3m \times 10N) = (0.05m \times K)$$

despejando se obtiene que:

$$K = 112N$$

Ahora, haciendo sumatoria de fuerzas en el eje Y, se puede obtener la fuerza de reacción en la articulación del codo (J):

$$\sum F_y = 0 \qquad (2)$$

$$K - J - W - P = 0$$

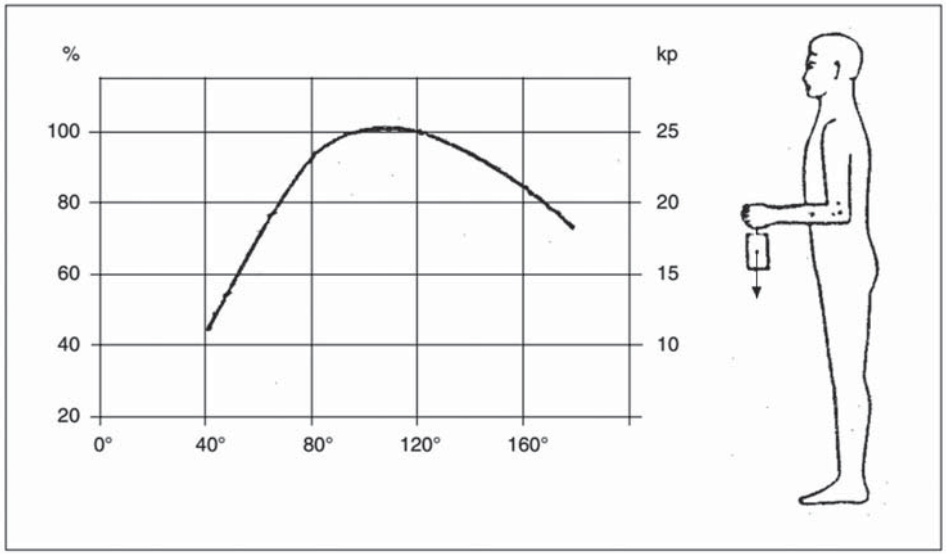
$$J = 112N - 20N - 10N$$

$$J = 82N$$

En este ejemplo se comprueba que al soportar una carga de 10 N en la mano con una flexión de codo de 90° provoca un incremento de la fuerza de reacción en la articulación.

Al cambiar el ángulo del codo, varían las fuerzas generadas por su flexión (Fig. 11.2). Se deben considerar los datos de la Tabla 11.1, en donde cada segmento corporal tiene su peso: mano, antebrazo, brazo, cabeza, etc., en términos porcentuales del peso total del sujeto. Es importante calcular el centro de gravedad para poder resolver matemáticamente las ecuaciones 1 y 2.

Fig. 11.2
Fuerzas de flexión en el codo



(Mondelo , Gregori, & Barrau, 2013)

Tabla 11.1
Porcentaje de los segmentos corporales respecto a la masa del cuerpo

SEGMENTO	HOMBRES	MUJERES
CABEZA	8.26	8.20
TRONCO COMPLETO	55.10	53.20
TÓRAX	20.10	17.02
ABDOMEN	13.06	12.24
PELVIS	13.66	15.90
MIEMBRO SUPERIOR COMPLETO	5.77	4.97
BRAZO	3.25	2.90
ANTEBRAZO	1.87	1.57
MANO	0.65	0.50
ANTEBRAZO Y MANO	2.52	2.07
MIEMBRO INFERIOR COMPLETO	16.68	18.43
MUSLO	10.50	11.75
PIERNA	4.95	5.35
PIE	1.43	1.33
PIERNA Y PIE	6.18	6.68

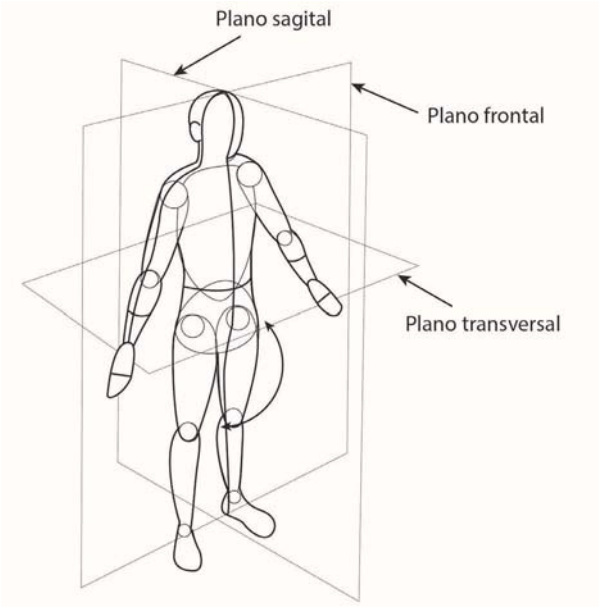
(Oviatt Björn, Cohen Philip, & Portamianos Gerasimos, 2019)

Otro elemento crítico por considerar, es el espacio recorrido por los segmentos corporales implicados en las tareas. Para hacer un análisis del recorrido se deben conocer las coordenadas de un punto, respecto a un sistema de referencia, generalmente (X, Y, Z), ya que para estudiar movimientos es imprescindible conocer la posición inicial en que comienza el movimiento, la posición final, así como una serie de posiciones intermedias que adopta el cuerpo o el segmento corporal durante el recorrido, para así hallar la ley del movimiento del segmento implicado y poder establecer la posición del punto del sistema en cualquier instante.

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

Generalmente se utilizan tres planos de referencia (corporales) para estudiar la movilidad en cada articulación con respecto a las coordenadas X, Y, Z: el plano frontal que divide al cuerpo en parte anterior y posterior (plano X-Y); el plano sagital que lo separa en dos mitades, derecha e izquierda (plano Y Z); y el plano horizontal o transversal (paralelo al suelo) que lo corta en parte superior e inferior (plano X-Z) tal como aparece en la Fig. 11.3. Este sistema convencional de planos y de coordenadas de referencia facilita la descripción de los movimientos de los segmentos del cuerpo, y permite definir exactamente cualquier punto en el espacio. Cabe recordar que los planos se definen considerando a la persona de pie, son perpendiculares entre ellos, pasan por el teórico centro de gravedad, y obviamente son planos de referencia anatómica.

Fig. 11.3
Planos de referencia



(Humanes Copado & Cogolludo Sánchez, 2019)

Por otro lado, es importante saber, **¿qué es la palanca mecánica?** Una palanca mecánica es una barra rígida que gira sobre un punto fijo (eje) o punto de apoyo; la porción de la palanca se encuentra entre el punto de apoyo y el peso, denominada brazo de palanca o de potencia. La relación

entre el brazo de resistencia y esta comúnmente se denomina *eficiencia mecánica*. También se puede decir que, una *palanca* es una máquina simple, constituida por una barra rígida que se mueve sobre un punto de apoyo en la que intervienen dos fuerzas, una resistente y otra motriz o potencia.

Las palancas sirven para lograr una ventaja mecánica al aplicar una fuerza pequeña sobre una gran resistencia. La fuerza generalmente se logra con un brazo de potencia corto y un brazo de resistencia largo, un ejemplo serían los bates de béisbol, los palos de hockey, las raquetas de tenis etc., son óptimo para lograr velocidad dado su amplitud de movimiento. Los instrumentos tales como carretillas, tenazas y palancas de hierro tienen por objeto disminuir los brazos de resistencia y aumentar los brazos de potencia, logrando una ventaja mecánica al permitir un mayor rendimiento con una menor fuerza muscular, en este caso con un detrimento de la velocidad.

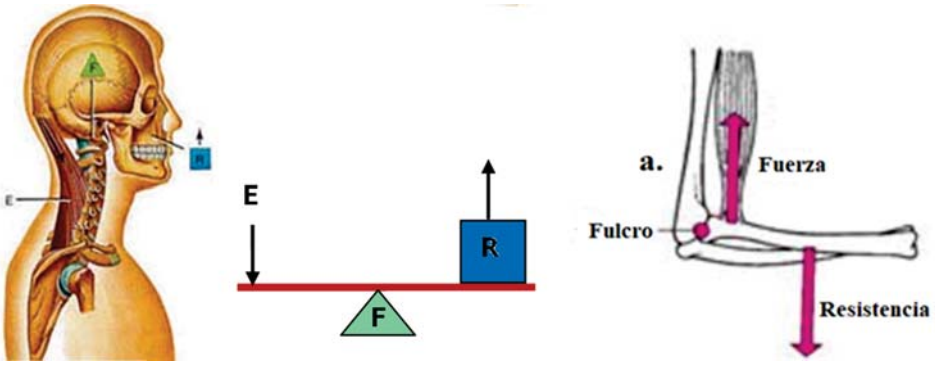
Para el estudio de los sistemas de palancas en el aparato locomotor se requiere identificar los elementos anatómicos que forman parte de la palanca:

- *Fulcro*: es un punto fijo o engranaje.
- *Potencia*: es el motor del movimiento a estudiar, es decir, el músculo que provoca el movimiento.
- *Resistencia*: es el elemento que se opone al movimiento.

Existen tres tipos de palancas, clasificables según las posiciones relativas de la fuerza y la resistencia con respecto al punto de apoyo:

- **Palancas de primer grado.** Tienen el punto de apoyo situado entre la fuerza y la resistencia. También se le llama palanca de equilibrio, por ejemplo, las tijeras, el sube y baja, etc.; estas palancas sacrifican la fuerza en función de la velocidad, el ejemplo típico en el cuerpo humano sería el psoas-ilíaco (músculo que se encuentra en la cavidad abdominal y la parte anterior del muslo). Otros ejemplos serían la articulación occipitoatloidea (apoyo), músculos extensores del cuello (potencia) y el peso de la cabeza (resistencia) (Fig. 11.4).

Fig. 11.4
Palancas de primer género

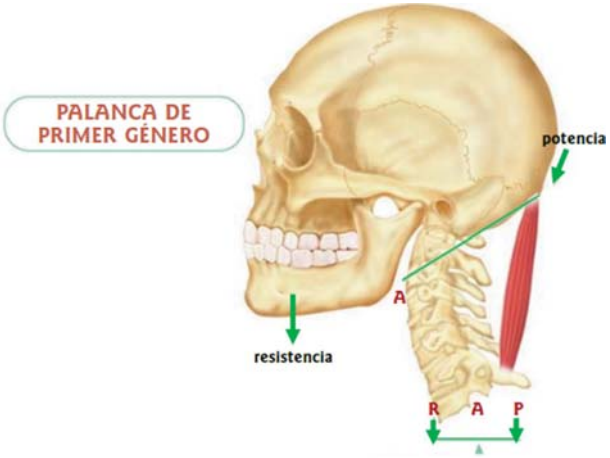


(Palancas, 2020) (Gómez & Beltrán , 2011)

Extensión de cuello (Fig. 11.5)

- F = punto de apoyo de la cabeza: articulación Atlas y axis
- R = peso de la cabeza, localizado en su baricentro
- P = musculatura extensora del cuello, inserción en la nuca

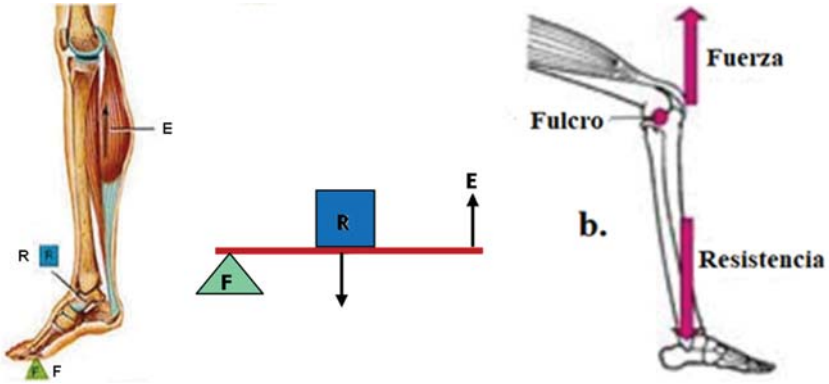
Fig. 11.5
Extensión del cuello



(Hall & Guyton, 2016)

- **Palancas de segundo grado.** La resistencia se encuentra entre el punto de apoyo y la potencia, en este caso se sacrifica velocidad para ganar fuerza, como por ejemplo la carretilla, los rompenueces, etc.; en el cuerpo humano casi no se encuentran este tipo de palancas, pero un ejemplo sería la apertura de la boca contra una resistencia o la articulación tibio-tarsiana (apoyo), músculos extensores del tobillo (potencia) y peso del cuerpo (resistencia) (Fig. 11.6).

Fig. 11.6
Palancas de segundo género



(Palancas, 2020) (Gómez & Beltrán , 2011)

Extensión plantar en el pie (Fig. 11.7)

- F = punto de apoyo del pie en el suelo
- R = articulación tibioperoneo-astragalina, baricentro donde se localiza todo el peso el cuerpo.
- P = musculatura extensora del tobillo localizada en el punto de inserción del tendón de Aquiles en el calcáneo.

Palanca de poder

- Tiene ventaja mecánica, es decir, la resistencia obtenida por la fuerza ejercida.
- Con una potencia de magnitud moderada se pueden mover grandes cargas.
- Amplitud del movimiento limitado.

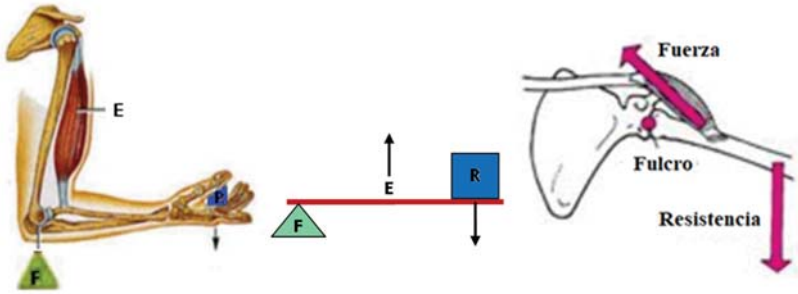
Fig. 11.7
Extensión plantar del pie



(Hall & Guyton, 2016)

- **Palancas de tercer grado.** En este caso la fuerza se encuentra entre el punto de apoyo y la resistencia. El tercer tipo es notable porque la fuerza aplicada debe ser mayor que la fuerza que se requeriría para mover el objeto sin la palanca, por ejemplo, el resorte que cierra la puerta de vaivén, este es el tipo de palanca más frecuente en el cuerpo humano, ya que permite que los músculos se inserten cerca de las articulaciones y generen movimientos amplios y rápidos, pero con un detrimento de la fuerza. Un ejemplo es la articulación del codo (apoyo), músculos flexores del codo (potencia) y peso del antebrazo y la mano (resistencia) (Fig. 11.8).

Fig. 11.8
Palancas de tercer género



(Palancas, 2020) (Gómez & Beltrán , 2011)

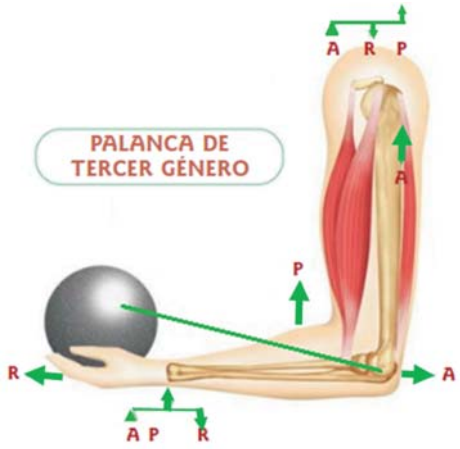
Flexión de codo (Fig. 11.9)

- F= articulación del codo
- R = peso del antebrazo y objetos que mantengamos
- P = musculatura flexora del codo, inserción en el cúbito del bíceps braquial
- B = brazo

Palanca de velocidad

- **Br** = brazo de resistencia, distancia del fulcro al punto de aplicación de la resistencia
- **Bp** = brazo de potencia, distancia del fulcro al punto de aplicación de la resistencia.
- Br siempre es mayor que Bp.

Fig. 11.9
Flexión del codo



(Hall & Guyton, 2016)

Es importante recalcar que se utiliza la distancia horizontal entre el eje y el esfuerzo o la resistencia, más que simplemente la distancia a lo largo de la palanca, lo que significa que la palanca será mayor cuando una parte del cuerpo se aleje de la horizontal. Por lo tanto, en la determinación de la fuerza también influirán:

- *La eficacia mecánica*: las palancas arriba estudiadas.
- *El brazo de potencia*: un brazo de potencia largo proporciona a la palanca una ventaja mecánica en el sentido de capacitarla para levantar cargas pesadas; un brazo de potencia corto determinará una desventaja mecánica en el levantamiento de cargas pesadas.
- *El brazo de resistencia*: un brazo de resistencia largo es una desventaja para levantar cargas pesadas, pero es ventajoso para los movimientos veloces y para imprimir aceleración a los objetos livianos; un brazo de resistencia corto proporciona a la palanca una ventaja en el levantamiento de pesas.
- *La inercia*: se ha de aplicar más fuerza a un objeto detenido que a uno en movimiento, se ha de aplicar más fuerza para detener bruscamente un objeto que para detenerlo gradualmente, cuando realizamos levantamiento de pesas, cuando vencemos la inercia nos resulta más fácil finalizar el movimiento.
- *El ángulo de tracción*: influye notablemente en la aplicación de la fuerza, una tracción en un ángulo de 90° con la palanca proporciona la mayor eficiencia mecánica.
  * Ángulo de 90°: fuerza máxima del 100 %
  * Angulo de 180°: pérdida máxima del 40%
  * Ángulo de 25°: pérdida máxima del 75%
- *Condiciones de estiramiento*: cuanto mayor estiramiento muscular se tenga, mayor será la amplitud de movimiento y mayor capacidad para la aplicación de la fuerza.
- *La temperatura muscular*: influye en la tensión muscular, un músculo contraído anteriormente y con un calentamiento previo se podrá contraer con mayor tensión muscular.

Torque o Par

En mecánica newtoniana se denomina momento de fuerza, torque, o par, respecto a un punto fijo b, a la magnitud que viene dada por el producto vectorial de una fuerza por un vector, también llamado radio vector; su unidad en el Sistema Internacional de Unidades es Newton*metro [N·m].

Si se denomina ***F*** a una fuerza, aplicada en un punto *a*, su momento ***T*** respecto a otro punto *b* (Torres Guzman & Ramírez Ahedo, 2020), viene dado por la ecuación:

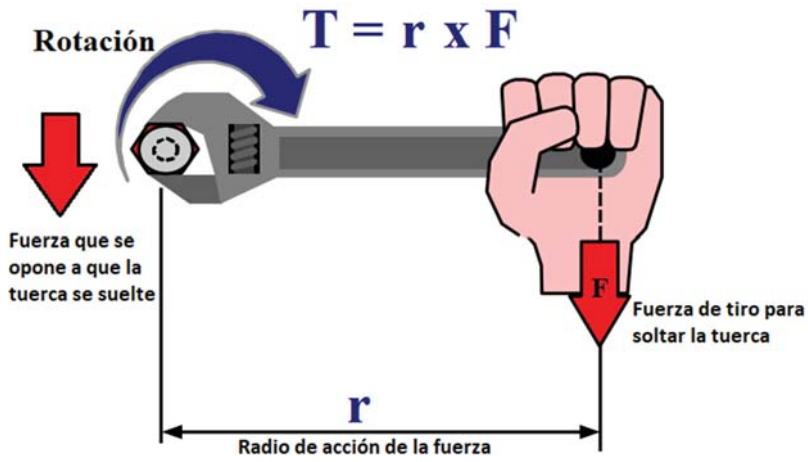
$$T = R_{ab} \times F \qquad (1)$$

Donde:

> R_{ab} es el vector director que va desde *b* a *a* (radio, cruceta o palanca). Por la propia definición del producto vectorial, el momento ***T*** es un vector perpendicular al plano (birlo o tuerca) formado por ***F*** y $\boldsymbol{R}_{ab}$.

Ejemplo. La fuerza que se aplica a la cruceta para apretar o soltar los birlos de las llantas o para colocar un tornillo en una máquina (Fig. 11.10).

Fig. 11.10
Torque o par de fuerzas



(Autor)

Existe una herramienta llamada **torquímetro** (Fig. 11.11), que permite apretar un tornillo con un torque determinado, generalmente es una llave de tubos con un brazo de palanca y una aguja que está en el centro y hay una escala graduada, entonces, a medida que se comienza a apretar y hacer fuerza en la barra, la aguja se va moviendo sobre la escala graduada y va indicando el troque que se está aplicando en ese momento dado.

En la actualidad incluso los hay con indicadores digitales en una pantalla de LCD y con botones para selecciona las unidades de torque requeridas (libra/pie, newton/metro, kgf/metro, etc.), son muy usados en la extracción de pernos y otros sujetadores con diferentes entradas de dado.

Fig. 11.11
Torquímetros (a. manual y b digital)



a b

(Torquímetro, 2020) (Torquímetro Digital, 2020)

Dependiendo del elemento a apretar o soltar, de la aplicación, del tamaño de rosca, el material del birlo y las dimensiones de este, se debe aplicar un torque de apriete específico. A continuación, en la Tabla 11.2., se presentan algunos ejemplos, según la norma NMX-D-136-ct-1988.

Tabla 11.2
Pares de apriete para birlos en rines de automóviles y camiones ligeros

APLICACIÓN	Tamaño de la rosca [mm] – N°. de vueltas por 25.4 [mm]	Tamaño de la rosca [in] – N°. de vueltas por in (a)	PAR DE APRIETE EN SECO	
			N·m	ft·lbf
Rines con centro integrado que se monten en camiones ligeros.	11.1 – 20 12.7 – 20 14.3 – 18 15.9 – 18	7/16 – 20 1/2 – 20 9/16 – 18 5/8 – 18	110 – 120 110 – 120 150 – 165 170 – 185	80 – 90 80 – 90 110 – 120 125 – 135
Rines con centro integrado que presenten conos acuñados hacia adentro o hacia afuera y que usen tuercas con cono para sujeción.	14.3 – 18 15.3 – 18	9/16 – 20 5/8 – 18	240 – 250 240 – 250	175 – 185 175 – 185

Tabla 11.2 (Cont.)

Rines con centro integrado que presenten conos acuñados hacia adentro o hacia afuera y que usen tuercas con ceja plana para sujeción	15.3 – 18	5/8 – 18	370 – 385		275 – 285	
Rines con centro integrado que se monten en el vehículo piloteados con agujero-centro.	14.3 – 18 34.9 – 16 19 – 16 22.2 – 14	9/16 – 18 11/8 – 16 3/4 – 16 7/8 – 14	Tuerca 1 pieza 165 – 340 410 – 440 610 – 640	Tuerca 2 piezas 340 – 410 410 – 470 470 – 540	Tuerca 1 pieza 120 – 250 300 – 320 450 – 470	Tuerca 2 piezas 250 – 300 300 – 350 350 – 400
Rines con centro integrado que presenten asiento esférico en el agujero birlo y que usen tuerca con asiento esférico.	19 – 16 22.2 – 16	3/4 – 16 1 1/8 – 16	610 – 640 610 – 640		450 – 470 450 – 470	
Rines con centro integrado que presenten asiento esférico para su montaje y que se usen en camiones pesados.	23.8 – 12	15/16 – 12	1020 – 1040		750 – 770	
Rines de artillería birlos y tuercas. Tornillos y tuercas.	15.9 – 11 19 – 10 15.9 – 11 19 – 10	5/8 – 11 3/4 – 10 5/8 – 11 3/4 – 10	200 – 240 240 – 300 240 – 270 370 – 400		150 – 175 175 – 225 180 – 295 270 – 295	

(Norma, 2020)

a) Para aplicación y tamaños no mostrados, usar los pares de apriete recomendados por el fabricante de rines o el fabricante de vehículos.

b) El par de apriete debe ser inspeccionado y restituido a su valor inicial periódicamente durante el curso del desarrollo de la prueba en orden de compensar el desgaste entre las superficies de ensamble de tuercas y agujeros para birlo.

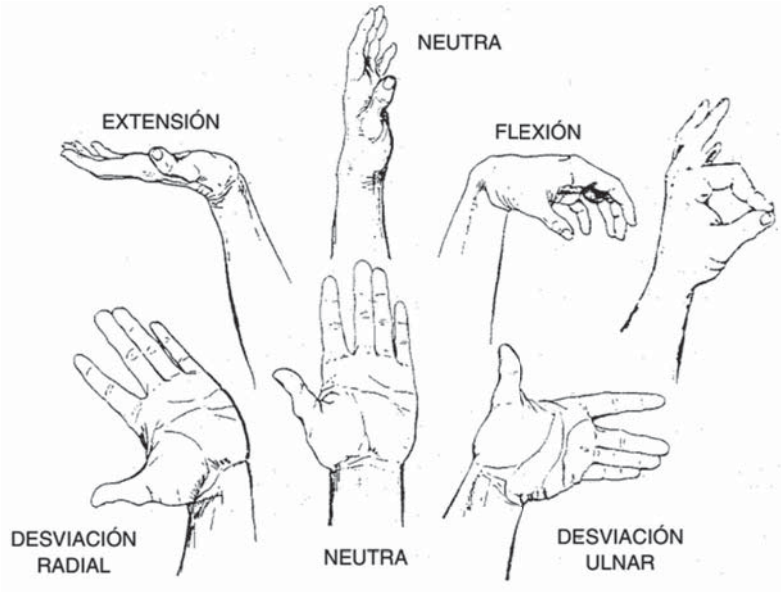
11.2 TIPOS DE MOVIMIENTOS DE LOS MIEMBROS DEL CUERPO

Algunos de los movimientos que hacemos con los brazos, las piernas, las manos y otros miembros se consideran básicos (Fig. 11.12). Con su denominación en biomecánica, son:

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

Esencialmente, estos movimientos están descritos en términos del funcionamiento de los músculos, y de la dirección de los movimientos respecto al cuerpo. Para medirlos se debe tener siempre presente las diferencias individuales, incluidos los efectos de la condición física, sexo, edad, peso, estatura, las limitaciones funcionales subyacentes a una tarea, etcétera.

Fig. 11.12
Muestra de diferentes posturas de la mano y la muñeca



(Mondelo , Gregori, & Barrau, 2013)

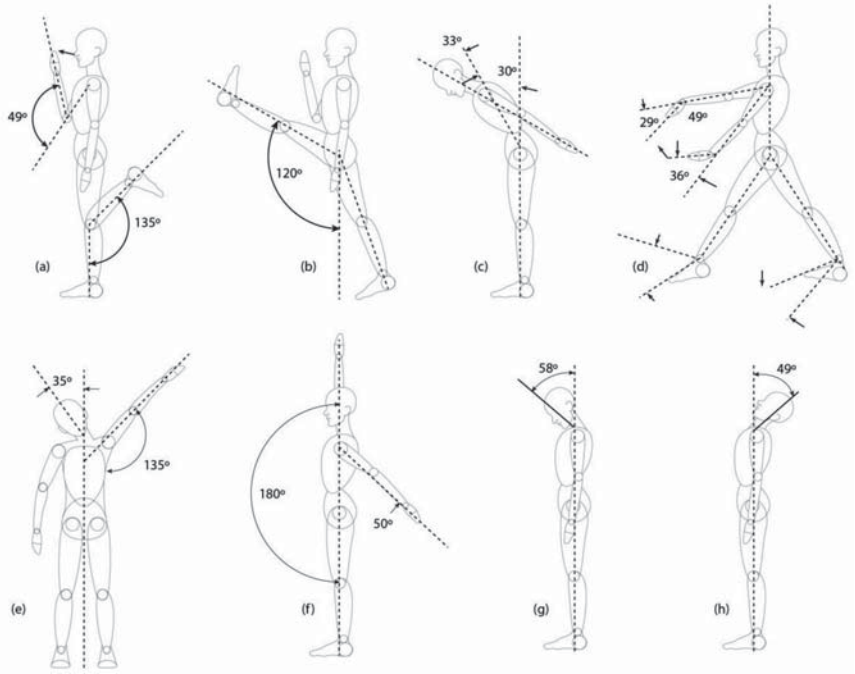
Ángulos Límites

Los movimientos que se pueden realizar con las articulaciones tienen unos ángulos límites (Fig. 11.13), fuera de los cuales no se puede llevar ningún miembro, se pueden caracterizar los ángulos con unos valores de referencia que agrupan a la mayoría de la población, excepción hecha de algunas patologías específicas que pueden aumentar la elasticidad de contorsionistas o de roturas de huesos mal soldadas. Estos ángulos pueden servir como referencia inicial en el análisis de algunas tareas, o en el uso de ciertos artefactos.

Ángulos de Confort

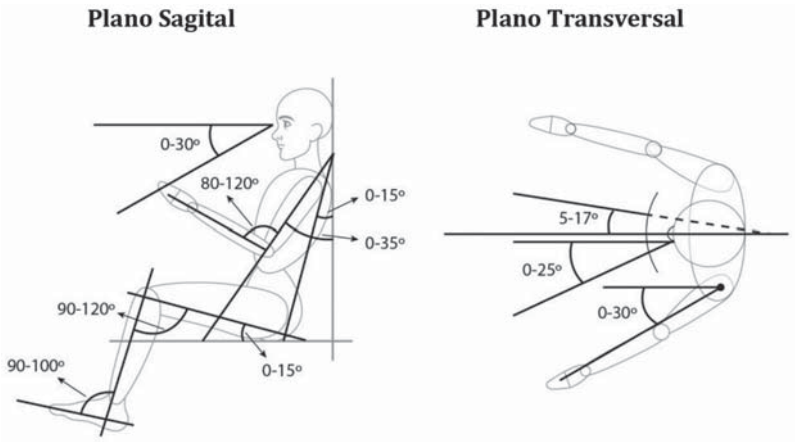
Al analizar los movimientos, se deben estudiar los valores de confort de los ángulos que tienen las diversas articulaciones (Figuras 11.14 y 11.15), fuera de los cuales el trabajo a realizar es más difícil, penoso o incluso peligroso para las personas. Cabe destacar que los ángulos de confort dependerán también de la edad, el entrenamiento físico, las diferencias anatómico-funcionales, entre otros.

Fig. 11.13
a, b, c, d Ángulos límites relevantes. c, d, e, f Ángulos límites en posición de pie



(Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013)

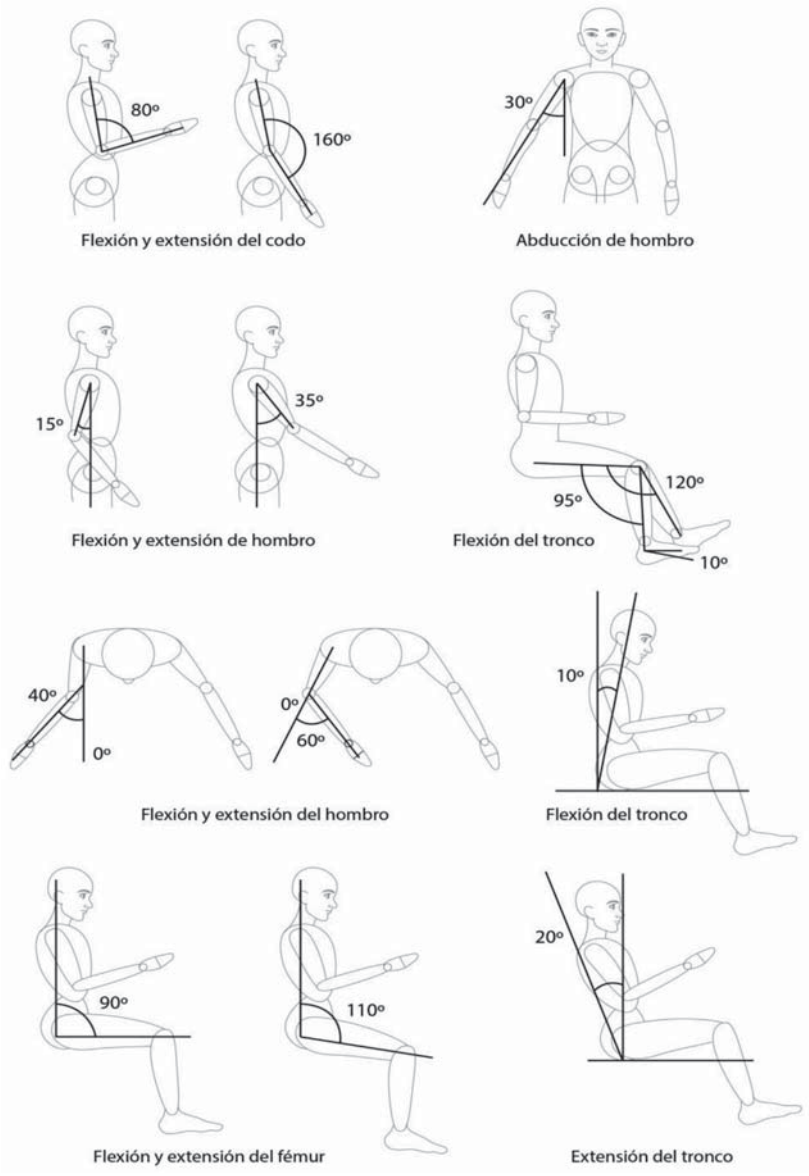
Fig. 11.14
Ángulos de comodidad



(González Galarzo, 2013)

Para el buen diseño del puesto en sedestación, se deben tener en cuenta los ángulos de confort, y entre ellos el de abducción del hombro.

Fig. 11.15
Principales ángulos de confort



(Llaneza Álvarez, 2009)

Los ángulos de confort proporcionan los límites mínimos y máximos de apertura de las articulaciones en las que estas no están sometidas a tensiones mayores de lo normal (Fig. 11.15). Entre ellos, es importante tener en cuenta el ángulo de abducción del hombro, sobre todo, en el desarrollo de tareas de pequeños montajes. El menor gasto energético se consigue con un ángulo de abducción cercano a los 10° (Gil Hernández , 2018).

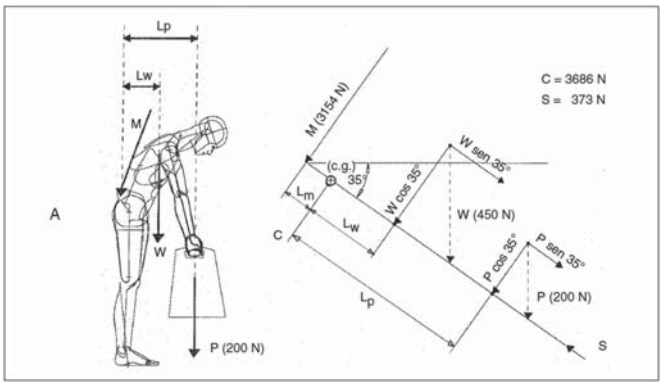
El plano de trabajo en las tareas de sedestación debe situarse también teniendo en cuenta las características de la propia tarea a realizar. Por ejemplo, la altura en un trabajo de precisión será mayor que en uno de lecto-escritura o de mecanografía, que requiere una altura menor.

La altura de la mesa va a estar íntimamente relacionada con la altura de la silla, el espesor de la superficie de trabajo y la medida del grosor del muslo. Es la diferencia de altura o la distancia entre el plano de trabajo y el asiento lo que va a determinar la postura, de forma que, si al menos una es regulable, la postura se podrá acomodar mejor y guardar los ángulos de confort de las articulaciones.

Ejemplo del Cálculo de un Levantamiento Inclinado

Uno de los problemas más frecuentes en ergonomía al diseñar los puestos de trabajo es proyectar los límites de los esfuerzos a que se verán sometidos los operarios en la manipulación de cargas. A continuación, se presenta un ejemplo de las fuerzas que soportaría el disco vertebral si el sujeto de la Fig. 11.16 tuviera que realizar esa tarea.

Fig. 11.16
Ejemplo de un levantamiento inclinado



(Nordin, 2004)

Suponiendo los valores que se dan a continuación, tres son las fuerzas que actúan en la columna vertebral y al nivel lumbosacro:

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

Además, se debe considerar dos momentos de giro (W x Lw y P x Lp) que se originan por las fuerzas (W y P) y sus distancias hasta el centro instantáneo.

Si el brazo de giro para P (Lp) es de 40 cm, entonces el brazo de giro para W (Lw) es de 25 cm.

El momento para el equilibrio (M x Lm) estará producido por (M) y su distancia al centro instantáneo.

El brazo de giro (Lm) es de 5 cm. Si recordamos que Σ Mc.g. = 0, tenemos:

$$M \cdot 0.05m = W\cos 35° \cdot 0.25m + P\cos 35° \cdot 0.4m$$

$$M = \frac{450\cos 35° \cdot 0.25m + 200\cos 35° \cdot 0.4m}{0.05m}$$

De donde M = 3153.73 N

Si el disco vertebral está inclinado 35°, (W y P) se descomponen en una componente de compresión (W cos35°) y (P cos35°) respectivamente, y en una componente de cizallamiento (W sen35°) y (P sen35°) respectivamente.

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

$$\sum F_i = 0 \qquad (2)$$

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

$$C = 3153.73 + 450\ \cos 35° + 200\ \cos 35°$$

$$C = 3686.18N$$

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

$$\sum F_i = 0 \tag{4}$$

$$\sum F_X \rightarrow Wsen35° + Psen35°$$
$$S = Wsen35° + Psen35°$$
$$S = (450N \cdot sen35°) + (200N \cdot sen35°)$$
$$S = 372.82N$$

La resultante sobre el disco (R) será:

$$R = 3705N$$

La dirección de R se determina mediante:

$$sen(a) = \frac{C}{R} \tag{5}$$
$$sen(a) = \frac{3686N}{3705N} = 0{,}9964$$
$$a = 84.2$$

Así, la línea de aplicación de R forma un ángulo de 84.2° con la inclinación del disco. Como podemos comprobar el cálculo es laborioso y, además, este ejemplo está muy simplificado, ya que usualmente los operarios manipulan cargas de tamaños y pesos muy diferentes, con centros de gravedad cambiante; de ahí, que el transporte y la manipulación de cargas deba ser tratado de forma global y considerando el máximo de variables pertinentes al caso, tales como cadencia, estado físico de la persona, peso máximo, alturas de agarre y de desprendimiento, giros del raquis, duración de la tarea, temperatura de la carga, entre otros.

De todas formas y como medida preventiva, se observa que en un área donde se desarrollan actividades físicas pesadas, aparecen problemas de lumbalgias, cervicalgias, etc., lo primero que se debe intentar, es reducir al máximo el riesgo, ya sea mediante el rediseño de la tarea (cambiando ritmos, cadencias y pausas de trabajo, rotando a los operarios y ampliando el tipo de tareas, cambiando las formas y el peso de las cargas, etc.); rediseñar el puesto de trabajo y su entorno (reducción de los sobreesfuerzos

musculares, los movimientos repetitivos, las posturas forzadas de las articulaciones; cambiando las variables micro climáticas); o bien se puede cambiar o rediseñar las herramientas (variaciones de formas, reducción de pesos, automatización, etc.); y, obviamente, bajo controles administrativos típicos tales como formación del personal, ejercicio físico, selección de operarios, etc.

Capítulo 12

Ergonomía, Discapacidad y Diseño de Puestos de Trabajo

En el proceso de rehabilitación de las personas en condición de discapacidad, se hace la inclusión integral del individuo al campo laboral, sentimental y cultural, entre otros. La ergonomía sirve como herramienta fundamental para cumplir este objetivo de inclusión, ya que es un campo multidisciplinario que relaciona armoniosamente las características individuales y poblacionales de los seres humanos y su entorno. En todas las aplicaciones de la ergonomía se busca: *adaptar o acondicionar los productos, herramientas, espacios y entorno en general, para mejorar el confort y la eficiencia, seguridad y bienestar de las personas*.

Para cumplir con lo anterior, es necesario retomar el principio de diseño en el cual *el entorno y todo lo que lo compone es lo que se debe adaptar al individuo y no esté al entorno*. Los diseñadores de puestos de trabajo deben tener presente el uso de la ergonomía para garantizar el confort de la persona en condición de discapacidad, la cual tiene capacidades y discapacidades que se deben considerar para evitar que al desarrollar sus actividades laborales corra riesgos.

La discapacidad es una condición única para cada individuo, lo que hace que cada persona tenga un proceso de rehabilitación, habilitación e inclusión muy diferente. Esto hace necesario que en el momento de iniciar la inclusión laboral del individuo se haga una valoración integral de este para poder diseñar o rediseñar su puesto de trabajo y se potencialicen las capacidades conservadas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las "deficiencias" se producen como consecuencia de la pérdida o anormalidad de una estructura o función psicológica, fisiológica o anatómica

del ser humano. Cuando las deficiencias provocan una restricción en la capacidad para realizar una actividad dentro del margen que se considera normal para un ser humano, se está ante una "discapacidad" que puede ser auditiva, visual, neuromotora o intelectual (Fig. 12.1). Cuando como consecuencia de haberse producido una discapacidad se produce una situación de desventaja para el individuo que limita su desempeño normal (depende de la edad, etnia, género, nivel de estudios, entre otros), se está en presencia de una "minusvalía" (Deficiencia, 2019). Las deficiencias motoras pueden ser de origen muscular, esquelético, neurológico o de otro tipo que afectan a la función motora del sujeto (postura, movimiento, fuerza, alcance, destreza, etc.).

Fig. 12.1
Simbología para tipos de discapacidad



(Tipos de discapacidad, 2020)

Algunos ejemplos son:

- En el cuello/tronco: trastornos de curvatura de la columna vertebral, del disco intervertebral, parálisis de la musculatura de esta región, etc.
- En las extremidades superiores e inferiores: artritis, deformidad, acortamiento, parálisis, amputación parcial o total, etc.
- De equilibrio: parálisis, trastorno del sistema vestibular del oído interno, etc.

Las *deficiencias cardiovasculares/pulmonares,* afectan la resistencia física por fatiga, dificultad para respirar, alteración de la presión arterial, etc., como ejemplo: enfermedad coronaria, enfisema pulmonar y otras condiciones circulatorias o respiratorias.

Los *mareos, desmayos y convulsiones,* también afectan el trabajo. Incluye los episodios espontáneos o los desencadenados por las condiciones del entorno (ruido, destellos de luz, paso rápido de objetos iguales y otros), que ocasionan una pérdida momentánea de la conciencia, el equilibrio o el control voluntario de lo que uno hace, por ejemplo: accidente cerebral transitorio, epilepsia, diabetes, ataque de vértigo, síncope cardíaco, etc.

Las *alergias* relacionadas con el trabajo incluyen los trastornos respiratorios por inhalación del agente (polvo, polen, etc.) y los cutáneos por contacto de la piel con el desencadenante de la reacción alérgica (metales, disolventes, etc.), por ejemplo: asma alérgica y eczema alérgico[1], entre otros (E.A.C., 2019).

Las *visuales,* afectan la función visual del sujeto, como: glaucoma, cataratas, entre otras.

Las *auditivas,* afectan a la función auditiva del sujeto, como: limitación auditiva o sordera total.

Las *del tacto,* afectan la función del tacto. Incluye la dificultad para percibir sensaciones de contacto, temperatura, dolor, presión o vibraciones a través de la piel, como: enfermedad neurológica, diabetes, etc.

Las *del habla,* que afectan la función del habla. Incluyen hablar con dificultad o utilizar comunicación no verbal, como: sordomudez, defectos en la forma de hablar, etc.

Las *psíquicas,* afectan la capacidad para procesar información. Incluye la dificultad para recibir, interpretar, recordar o actuar según la información que se recibe, tales como: retraso mental, trastornos del aprendizaje, senilidad, etc.

Existen otras deficiencias como la renal, digestiva, metabólica, desfiguradora, etc.

[1] El Eczema Alérgico de Contacto (E.A.C.), podría definirse como una respuesta inflamatoria de la piel, mediada inmunológicamente, frente a agentes extraños adquiridos por penetración percutánea.

La mayoría de las personas en condición de discapacidad, requieren de una "ayuda técnica" que es un dispositivo concebido para conseguir que aquellas personas tengan una herramienta que les facilite desarrollar sus actividades cotidianas y puedan alcanzar un mayor nivel de independencia y autonomía, como son: órtesis, prótesis, ayudas para caminar, ayudas visuales, auditivas, implantes, etc. Existen diferentes tipos de ayudas técnicas. A continuación, se presentarán algunas de estas:

Órtesis. Es un dispositivo externo que modifica las condiciones estructurales y funcionales del sistema neuromuscular o del esqueleto. Pueden ayudar en la curación de una parte del cuerpo proporcionando alivio. También se aplica después de lesiones (deportivas) en los ligamentos, articulaciones o huesos. En caso de lesiones que no sanan, las órtesis proporcionan alivio apoyando la parte del cuerpo afectada. Pueden compensar parcialmente las funciones perdidas y ayudar a evitar daños posteriores causados por posturas incorrectas o desgaste de partes del cuerpo afectadas. Algunos ejemplos son: collarín, calzado ortopédico, corsé ortopédico, etc. Se clasifican en:

- *Órtesis pasivas:* son no articuladas y sirven para mantener en reposo algún segmento corporal. Su función principal es postural o inmovilizadora; previenen, corrigen e impiden deformidades (Fig. 12.2).

Fig. 12.2
Ejemplos de órtesis pasivas



(Ortopedía Mainar, 2019)

- *Órtesis dinámicas:* son articuladas y permiten o asisten determinados movimientos, facilitando la acción de músculos debilitados o el movimiento articular en una determinada posición (Fig. 12.3).

Fig. 12.3
Ejemplos de órtesis dinámica



(Institut Sant Joan, 2020)

- Las ó*rtesis funcionales* están diseñadas para mejorar la función del individuo y pueden ser estáticas o dinámicas, según se requiera (Fig. 12.4).

Fig. 12.4
Ejemplos de órtesis funcionales



(Centro Ortoédico, Pérez Galdós, 2019)

Las *órtesis* tienen efectos secundarios como:

- Erosiones en piel como consecuencia de alteraciones de sensibilidad cutánea.
- Roce en bordes de las órtesis cuando no están bien adaptadas a los límites anatómicos (pliegues de flexión).

- Dermatitis por contacto o exceso de sudoración.
- Úlceras por presión debidas al apoyo sobre prominencias óseas no modeladas adecuadamente.
- Lesiones por fricción en tejidos blandos.
- Debilidad o atrofia muscular.
- Retracción muscular o rigidez articular en la zona inmovilizada, sobre todo en el codo cuando no se utiliza correctamente.
- Dificultad en retorno venoso si la órtesis tiene cinchos muy apretados.

Prótesis. Son una extensión artificial que reemplaza una parte del cuerpo que falta por diversas razones, sustituye físicamente un miembro, órgano o tejido del cuerpo. Existen endoprótesis (prótesis internas) y exoprótesis (prótesis externas). El principal objetivo de una prótesis es sustituir una parte del cuerpo que ha sido amputada o de la cual se carece desde el nacimiento, cumpliendo idealmente con las mismas funciones de la parte original. Algunos ejemplos son: piernas y brazos artificiales, prótesis dentales, oído, entre otras.

También, se pueden utilizar con fines estéticos como las prótesis oculares de vidrio, manos, piernas, etc.

Las prótesis se pueden dividir en *mecánicas* que tienen movilidad limitada; *mioeléctricas* que tienen sensores de movimiento, funcionan a través de las señales eléctricas recibidas de la contracción muscular; y *estéticas* que sirven para simular "estéticamente" alguna parte del cuerpo en caso de carecerla.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de prótesis:

Miembros artificiales (Fig. 12.5)

Fig. 12.5
Ejemplos de prótesis como miembro artificial



(Ortho Mex, 2019)

Prótesis auditiva o auxiliares auditivos (Fig. 12.6)

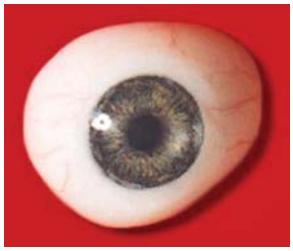
Fig. 12.6
Prótesis auditiva



(Prótesis Auditiva, 2019)

Prótesis oculares (Fig. 12.7)

Fig. 12.7
Prótesis ocular



(Prótesis Ocular, 2019)

Prótesis dental (Fig. 12.8)

Fig. 12.8
Prótesis dental



(Prótesis Dental, 2019)

12.1 DISEÑO DE PUESTO DE TRABAJO PARA PERSONAS EN CONDICIÓN DE DISCAPACIDAD

La ergonomía puede evaluar diferentes criterios y se ayuda principalmente de la antropometría, en donde cada individuo es diferente y además está en constante cambio, esto también tiene una aplicación directa para las personas discapacitadas. Por otro lado, se tiene la evaluación sistemática del entorno ambiental, como la temperatura, humedad, iluminación, niveles sonoros y de ruido, vibraciones, barreras arquitectónicas, etc.; cabe destacar que las personas con discapacidad son más sensibles a algunos de estos factores. Finalmente, evalúa la carga mental, el desenvolvimiento psicosocial, la carga física y las repercusiones fisiológicas.

Para seleccionar y adaptar puestos de trabajo con un enfoque ergonómico para personas en condición de discapacidad, es necesario analizar puntualmente los requisitos de la labor y las capacidades del sujeto para satisfacerlos, comparar ambos tipos de información, detectar ajustes o desajustes y proponer medidas de mejora. Por otro lado, es importante tener en cuenta los riesgos derivados del trabajo a los que se ve sometido el trabajador, ya que, en muchas ocasiones, puede representar un problema todavía mayor que el originado por el desajuste entre demandas y capacidades. Asimismo, las actividades de evaluación y prevención de riesgos asociados a las condiciones laborales suelen ser consideradas en las acciones encaminadas a la inclusión laboral de las personas con discapacidad.

Para que el diseño del puesto de trabajo sea adecuado para personas en condición de discapacidad, se requiere:

- Analizar las características del trabajo y del sujeto utilizando criterios y niveles de valoración similares, para facilitar la comparación de la información y la interpretación de los resultados obtenidos. Dicho análisis debe incorporar funciones físicas, sensoriales y psíquicas relacionadas con el área de trabajo.
- Se debe evaluar el riesgo derivado de la actividad laboral. Este aspecto es de extrema importancia, para evitar el aumento de las deficiencias ya existentes y la aparición de nuevas deficiencias debidas a las malas condiciones de trabajo.
- La opinión del trabajador debe ser considerada tanto en la solución del problema como en la identificación del mismo.

Finalmente, los elementos esenciales que deberán cumplirse en esta labor son:

- *Favorecer la variedad de tareas*: es importante que el trabajador alterne tareas que requieran esfuerzo físico con otras menos exigentes.
- *Postura de trabajo*: no se debe estar en una postura forzada.
- *Herramientas*: se deben adaptar al trabajador en cuanto aspecto, uso, tamaño, mando, etcétera. Incluir también dispositivos de protección.
- *Manejo de cargas:* limitar el uso de cargas.
- *Controlar el entorno ambiental*.
- *Seguridad e higiene*: se deben adaptar las instrucciones, indicadores y carteles de modo que cualquier persona con discapacidad los perciba y comprenda. Contar con equipo de protección y seguridad.

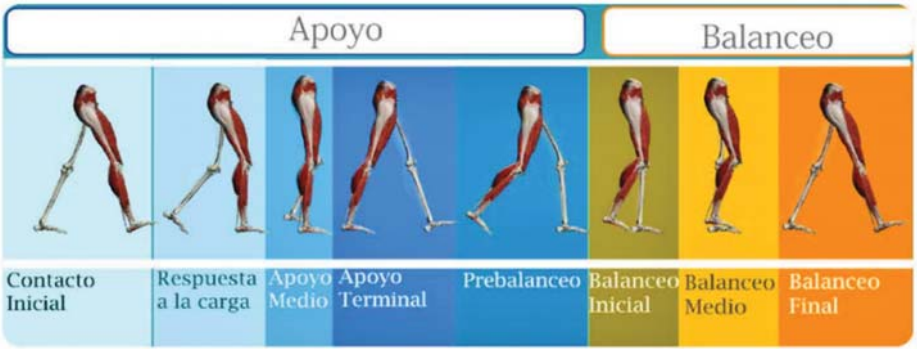
Capítulo 13

Análisis de la marcha humana

Durante la gran mayoría de actividades cotidianas tanto de trabajo como de esparcimiento, las personas llevan a cabo procesos de desplazamiento de un lugar a otro, por lo que dentro de la ergonomía el análisis de la marcha humana es un tema de gran interés. A continuación, en este capítulo se presentará lo más relevante de este fenómeno.

La marcha humana se puede definir como la "traslación progresiva del cuerpo producida por movimientos coordinados y rotatorios de diferentes segmentos corporales" (Yañez Arias, 2018 p. 7), o como un proceso de locomoción en donde el cuerpo humano, en posición erguida, se mueve hacia adelante y su peso es soportado alternativamente por ambas piernas (Reira Campillo, 2020) (Mora Amérigo & De Rosa Pérez, 1998) (Ramiro, Brizuela, & Llana, 1995). También, es una sucesión de pasos (Ueda & Yuichi, 2016), siendo el este el conjunto de fenómenos que se producen entre el apoyo de un talón y el apoyo sucesivo del talón contralateral, mientras que el ciclo de la marcha es el conjunto de acciones realizadas y fenómenos producidos desde el contacto del talón con el suelo (apoyo del talón, o *heel* strike) que corresponde al 0% del ciclo, hasta el siguiente contacto del mismo talón con dicho plano de apoyo, en el 100% del ciclo (Fig. 13.1) (Mora Amérigo & De Rosa Pérez, 1998) (Ramiro, Brizuela, & Llana, 1995) (Martínez Nova, 2009)

Fig. 13.1
Fases principales del ciclo de marcha humana



(Ducroquet, Ducroquet, & D, 2019)

El estudio de la marcha ha sido de gran interés desde tiempos remotos, por lo que los métodos para su evaluación han evolucionado constantemente. Se han perfeccionado las técnicas para su análisis, se han desarrollado nuevos métodos (análisis tridimensional mediante filmación con cámara de vídeo, estudio de las fuerzas con plataformas dinamométricas o con plantillas instrumentadas; electromiografía para conocer la acción muscular durante las distintas fases del ciclo de la marcha y espirometría para calcular el gasto de energía) que permiten: valorar los diferentes parámetros de la marcha de forma objetiva; apreciar los factores que pueden modificarla; diagnosticar alteraciones del patrón de marcha en diversas patologías, lesiones traumáticas, etc.; realizar un seguimiento de pacientes; observar la evolución de los mismos; valorar la efectividad de los tratamientos, la recuperación tras una intervención quirúrgica, la necesidad de ayudas técnicas, etc. (Joséphe Bossan, 2019) (Collado Vázquez, 2002).

Con frecuencia, durante la deambulación se transportan cargas de mayor o menor peso distribuidas de distintas formas: en bolsas, carros de compra, carteras, mochilas, carretillas, maletas, etc., las cuales modifican el patrón de marcha normal e incluso pueden producir lesiones o empeorar una patología ya existente (Sánchez Lacuesta , 1999) (Ducroquet, Ducroquet, & D, 2019).

El ser humano necesita conseguir una postura estable en bipedestación antes de iniciar la marcha. En la posición bípeda la estabilidad mecánica se basa en el soporte músculo esquelético que se mantiene gracias a los reflejos

posturales y a la integración de los estímulos tanto aferentes visuales, vestibulares, como a los propioceptivos. Las respuestas posturales son contracciones sinérgicas, coordinadas por los músculos del tronco, de las extremidades que corrigen, pero también por los que controlan el balanceo corporal y permiten el mantenimiento de la postura vertical del cuerpo. Conseguido este equilibrio, puede iniciarse la locomoción o capacidad para mantener un paso rítmico y estable (Ramos Sánchez, 2000).

Mientras el cuerpo se desplaza sobre la pierna de soporte, la otra pierna se balancea hacia adelante como preparación para el apoyo siguiente. Uno de los pies se encuentra siempre sobre el suelo y en el período de transferencia del peso del cuerpo de la pierna retrasada a la adelantada existe un breve intervalo de tiempo durante el cual ambos pies descansan sobre el suelo, a este período se le conoce como *doble apoyo* (13.2)(Martínez Nova, 2009) (San Gil Sorbet, 2001).

El pie, es un elemento fundamental para la comprensión de los mecanismos del paso. Por su localización está destinado a recibir toda la carga del cuerpo. Sirve de soporte al peso corporal durante el apoyo estático o en la fase de apoyo de la marcha. No se trata únicamente de una plataforma de apoyo estable y firme, sino que también se adapta a la forma y relieve de la superficie del terreno.

Cuando se aumenta la velocidad de la marcha los períodos de apoyo bipodal se van reduciendo, y al correr son reemplazados por breves intervalos en los que los dos pies se encuentran en el aire (fases de vuelo) (Martínez Nova, 2009) (San Gil Sorbet, 2001).

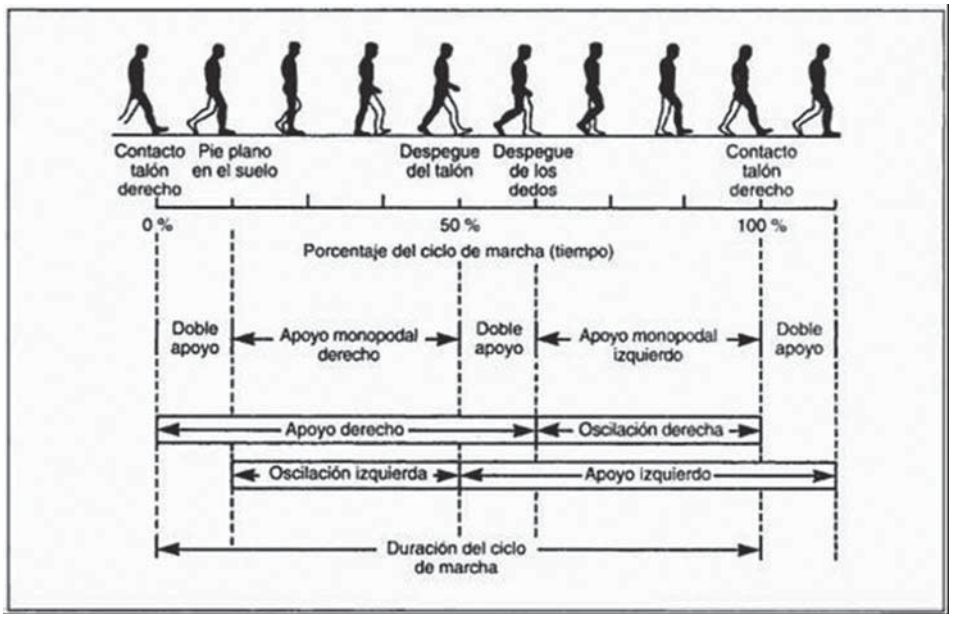
El sujeto cuando camina se desplaza de un punto a otro y durante esta acción el cuerpo puede asimilarse a una masa sometida a traslaciones que imprimen los miembros inferiores y que sufre la acción de la gravedad, la inercia y la aceleración. Durante el desplazamiento han de vencerse resistencias y esto ocasiona un gasto de energía (Joséphe Bossan, 2019).

La marcha es un proceso aprendido y no el desarrollo de un reflejo innato (Daza Lesmes , 2007). Cada persona muestra en su desarrollo unas características propias que están determinadas por diversos factores tales como la masa y longitud de los distintos segmentos corporales (Joséphe Bossan, 2019) (San Gil Sorbet, 2001) (Daza Lesmes , 2007).

13.1 DEFINICIÓN DE CICLO DE MARCHA

Un ciclo de marcha es el intervalo comprendido entre dos choques de talón sucesivos de un mismo pie (Collado Vázquez, 2002). Un ciclo está formado por dos pasos. En una zancada cada pie pasa por una fase de apoyo y una fase de oscilación (Fig. 13.2) (Ueda & Yuichi, 2016) (Martínez Nova, 2009) (San Gil Sorbet, 2001) (Daza Lesmes , 2007). En términos generales y clínicos, la fase de apoyo comienza con el contacto del talón y termina cuando este mismo pie deja el suelo, y comprende alrededor del 60% del ciclo de marcha y la fase de balanceo sucede cuando el pie ya no está en contacto con el suelo y permanece en balanceo hacia adelante para dar el siguiente paso, y corresponde al 40% restante del ciclo de marcha (CM) (Yañez Arias, 2018).

Fig. 13.2
Fases del ciclo de marcha humano



(Casado Aycart, 2020)

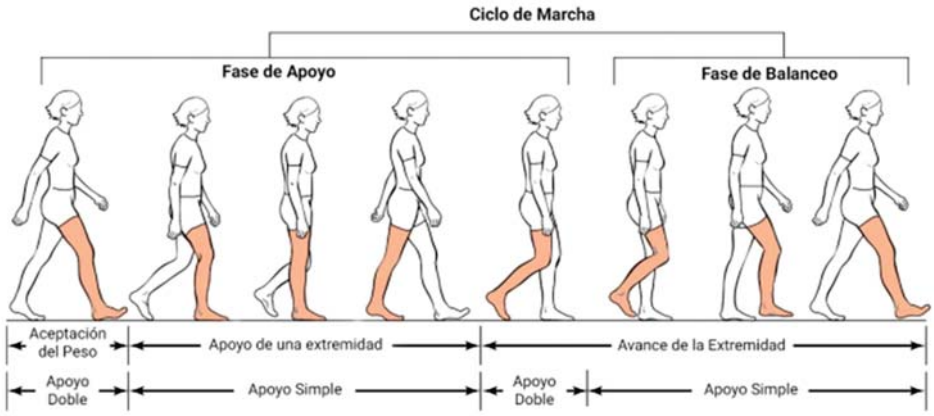
El ciclo se mide en segundos (San Gil Sorbet, 2001) (Daza Lesmes , 2007) y la duración de un ciclo es algo superior a un segundo. Para Lehman y De Lauter oscila entre 1.03 ± 0.1 segundos (Sánchez Lacuesta , 1999).

13.1.1 Periodo de Apoyo

Es la parte del ciclo de la marcha en el que el pie contacta con el plano de apoyo (Fig. 13.2). Comienza cuando el talón choca con el suelo y termina con el despegue del antepié. Representa en términos generales, aproximadamente 60% del ciclo (San Gil Sorbet, 2001) (Daza Lesmes , 2007).

Durante la marcha pueden presentarse dos tipos de apoyo, el **apoyo bipodal** en donde ambos pies están en contacto con el suelo y el **apoyo monopodal** en donde un solo pie se encuentra en contacto con el suelo, mientras que el otro se halla en período de oscilación o balanceo (Fig. 13.3.) (Reira Campillo, 2020) (Daza Lesmes , 2007) (San Gil Sorbet, 2001)

Fig. 13.3
Fases de apoyo y oscilación durante la marcha



(Yañez Arias, 2018)

El apoyo plantar se puede dividir en cuatro fases sucesivas de acuerdo con la secuencia de contacto de los pies: *choque del talón; apoyo del talón o contacto incial (heel strike) (0-2% CM), borde externo y antepié (foot flat)(7-10% CM); apoyo del antepié (midstance)(30% CM), y despegue del antepié (heel off) (40% CM), finalizando por el dedo gordo (toe off) (60% CM)* (Fig. 13.4). Viladot, realizó un estudio óptico-cinematográfico en el pasillo de espejos de Duecrocquet sobre 200 pies normales y pudo observar que la forma clásica de desarrollo del paso solo tiene lugar en

el 30% de los individuos. En el 70% de los casos restantes el desarrollo del paso tiene lugar en forma descrita por Leièvre (Fig. 17.2): *choque del talón; apoyo del talón y antepié; apoyo del talón, antepié y apoyo fugas del Borde externo; apoyo del antepié, y despegue del antepié finalizando por el dedo gordo* (Martín Nogueras, Calvo Arenillas, Orjuela Rodríguez, Barbero Iglesias, & Sánchez Sánchez, 1999)(Viladot Voegeli, 2001).

Fig. 13.4
Fases de apoyo plantar



(Viladot Voegeli, 2001)

Estas fases de apoyo plantar han sido confirmadas en la actualidad mediante la baropodometría electrónica.

En resumen, durante la marcha el pie normal se comporta como si fuese cavo, y solo existe un apoyo muy rápido del borde externo. El 30% de pies que se apoyan en la forma clásica tienen una cierta insuficiencia de la bóveda plantar.

13.1.2 Período de Oscilación o Balanceo

Es la parte del ciclo de la marcha en que el pie no está en contacto con el suelo, comienza tras el despegue del antepié y finaliza cuando el talón vuelve a contactar con el plano de apoyo (Fig. 13.3 y 13.5). Consta de tres momentos: el *balanceo inicial (early swing)* que comienza cuando el pie deja el suelo y continua hasta el balanceo medio, punto en el que la extremidad oscilante está directamente debajo del cuerpo (60-73%CM). Luego se tiene el *balanceo medio (midswing)* que ocurre cuando la extremidad que se balancea pasa frene a la extremidad en apoyo, coincidiendo con el apoyo

medio del otro pie (73-87%CM) y termina con el *balanceo terminal (late swing)*, que ocurre cuando la extremidad está desacelerando en preparación para el próximo contacto (87-100%CM) (Yañez Arias, 2018). La fase de oscilación o balanceo representa aproximadamente 40% del ciclo de la marcha (Collado Vázquez, 2002) (Martínez Nova, 2009) (San Gil Sorbet, 2001) (Daza Lesmes , 2007).

Fig. 13.5
Fases de apoyo y oscilación y sus características



Fases de la marcha	IC Initial Contact Apoyo inicial	LR Loading Response Respuesta a la carga	MST Mid Stance Apoyo medio	TST Terminal Stance Apoyo final	PSW Pre Swing Fase de pre balanceo	ISW Initial Swing Balanceo inicial	MSW Mid Swing Balanceo medio	TSW Terminal Swing Balanceo final
Ciclos de la marcha	0 %	0 - 12 %	12 - 31 %	31 - 50 %	50 - 62 %	62 - 75 %	75 - 87 %	87 - 100 %
Cadera	20° flexión	20° flexión	0° flexión	-20° hiperextensión	-10° hiperextensión	15° flexión	25° flexión	20 ° flexión
Rodilla	0 %	20° flexión	0° - 5° flexión	0° - 5° flexión	40° flexión	60° - 70° flexión	25° flexión	0° - 5° flexión
Tobillo	0 %	5° - 10° flexión plantar	5° flexión dorsal	10° flexión dorsal	15° flexión plantar	5° flexión plantar	0°	0°
Actividad muscular	M. quadrizeps femoris M. tibilais anterior M. gluteus medius M. gluteus maximus Ischiocrurale Muskulatur	M. quadrizeps femoris M. tibilais anterior M. gluteus medius M. gluteus maximus M. adductor Magnus M. tensor fascia latae M. tibialis posterior M. peroneus longus	M. gastrocnemius M. soleus	M. soleus M. gastrocnemius M. flexor digitorum lorigus M. flexor hallucis longus M. tibialis posterior M. peroneus longus M. peroneus brevis	M. soleus M. gastrocnemius M. rectus femoris M. adductor longus	M. extensor hallucis longus M. flexor hallucis longus M. sartorius M. iliacus M. tibialis anterior	M. semimenbranosus M. semitendinosus M. biceps femoris M. tibialis anterior	M. quadriceps femoris M. semitendinosus M. semimembranosus M. biceps femoris M. tibialis anterior
Funciones	• contacto del talón con el suelo	• absorción del impacto en la rodilla y el tobillo • transferencia de carga y estabilidad en la cadera • movimiento adelante mediante heel rocker	• movimiento delante controlado de la tibia • traslado del centro de gravedad hacia adelante mediante ankle rocker	• extensión dorsal controlada del tobillo elevándose el talón del suelo	• flexión pasiva de la rodilla de 40° • flexión plantas del tobillo	• flexión de la rodilla de al menos 55° para suficiente altura sobre el suelo	• creciente flexión de la cadera a 25° • extensión dorsal del tobillo hasta la posición cero	• extensión de la rodilla hasta flexión neutra • preparación para la fase de apoyo

(San Gil Sorbet, 2001)

Velocidad de la marcha: es la distancia que recorre el cuerpo por unidad de tiempo determinado y se mide en centímetros o metros por segundo (Sánchez Lacuesta , 1999). La velocidad media de la marcha adoptada espontáneamente por adultos sanos de entre 18 y 64 años de ambos sexos, puede variar entre 1.28 y 1.40 m/s (Sánchez Lacuesta , 1999), y se observan diferencias según sexo y edad (Mora Amérigo & De Rosa Pérez, 1998) (Tabla 13.1), La velocidad depende de la longitud y el tiempo de zancada. También se puede relacionar con la **cadencia de la marcha** que es el número de ciclos o pasos que da una persona en una unidad de tiempo (Collado Vázquez, 2002); se suele medir en ciclos o pasos por minuto (Daza Lesmes , 2007). En un adulto normal, la cadencia suele ser de 90 pasos/min; si la marcha es lenta, la cadencia puede ser de 70 pasos/min; y en marchas rápidas puede alcanzar de 130-150 pasos/min (Reira Campillo, 2020) (Yañez Arias, 2018)(Tabla 13.1).

Longitud de la zancada: es la distancia entre dos choques de talón consecutivos de un mismo pie (Fig. 13.6). Se mide en centímetros o en metros (Tabla 13.1) (Sánchez Lacuesta, 1999) (San Gil Sorbet, 2001). Lehman considera que es de aproximadamente 156 cm y la mitad para la longitud del paso.

Tabla 13.1
Valores normales de distintos parámetros de la marcha

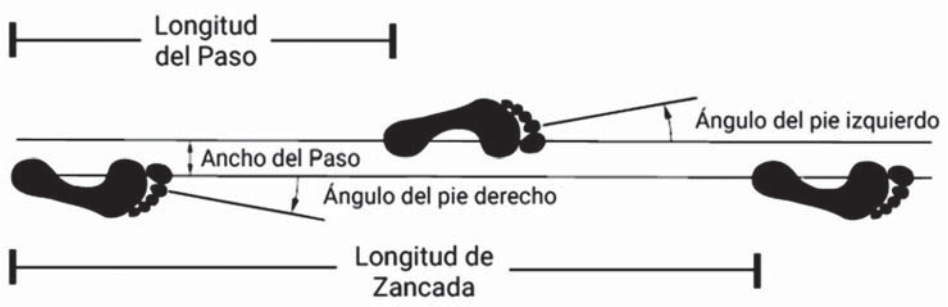
	Velocidad [m/s]	Cadencia [pasos/min]	Longitud de la zancada [m]
	Varón / Mujer	Varón / Mujer	Varón / Mujer
Murray (1964,1970)	1.53 1.30	117 117	1.57 1.33
Chao (1983)	1.20 1.10	102 108	1.42 1.22
Kadaba (1990)	1.34 1.27	112 115	1.41 1.30
Perry (1992)	1.43 1.28	111 117	1.46 1.28

(San Gil Sorbet, 2001)

Longitud del paso: distancia entre ambos pies cuando estos contactan con el suelo (Fig. 13.6) que se mide en centímetros (Collado Vázquez, 2002). En un hombre de 170 cm de altura la longitud del paso normalmente es de 75 a 85 cm (Reira Campillo, 2020). Los sujetos de mayor altura, y

concretamente aquellos cuyas extremidades inferiores son más largas, darán pasos de mayor longitud (Viladot Voegeli, 2001). La longitud del paso puede variar por influencia de diversos factores, por ejemplo, la edad, sexo, estatura, patologías, fatiga, transporte de carga, dolor, etc. (Viladot Voegeli, 2001). Cuando la longitud del paso es normal e igual en ambos lados, el ritmo de marcha será normal y armónico (Daza Lesmes , 2007).

Fig. 13.6
Longitud de paso

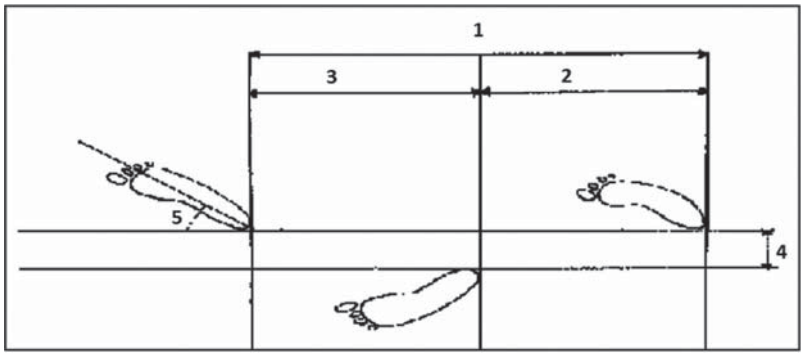


(Yañez Arias, 2018)

Anchura del paso: separación lateral entre los apoyos de ambos pies (Suárez, 2017). Se mide en centímetros (Fig. 13.6 y 13.7). En un varón con una talla de 170 cm la anchura del paso, al caminar sobre terreno llano, suele ser de 5 o 6 cm (Daza Lesmes , 2007) (Viladot Voegeli, 2001). Si la anchura es superior a 10 cm hace pensar en la presencia de alguna patología de origen cerebral o vestibular, que provoca una alteración del equilibrio, diabetes o neuropatía periférica por un déficit sensitivo, entre otras. Cualquiera que sea la causa, el paciente separa los pies para aumentar la base de apoyo y mantener mejor el equilibrio durante la marcha o la posición bípeda.

Ángulo del paso: es el ángulo entre la línea media del pie y la dirección de progresión (Fig. 13.6 y 13.7). En condiciones normales mide 15° aproximadamente (Sánchez Lacuesta , 1999).

Fig. 13.7
Parámetros del ciclo de marcha (1. Longitud de zancada 2. Longitud de paso derecho 3. Longitud de paso izquierdo 4. Anchura del paso y 5. Ángulo del paso)



(Viladot Voegeli, 2001)

Cuando se produce el **choque de talón,** este contacta con el suelo y marca el principio y el final del ciclo, y cuando se produce el **despegue del dedo gordo** del suelo, se indica el final del período de apoyo y el comienzo del período de oscilación (San Gil Sorbet, 2001).

Factores que modifican la marcha

Cada individuo tiene una forma peculiar de caminar y correr, incluso se puede llegar a identificar a una persona por su manera de andar o por el sonido de sus pasos (Daza Lesmes , 2007). Sin embargo, existen algunos factores que afectan la marcha humana, tales como:

- **Naturaleza del suelo**. El ser humano camina de forma distinta según el tipo de terreno sobre el que se desplace: parque, alfombra, calle empedrada, arena, subida y bajada de pendientes, etc. Caminar descalzo sobre la arena de la playa, subir unas rocas o andar por el monte es beneficioso para la bóveda plantar, pues le permite ejercer su capacidad de adaptación a las irregularidades del terreno.
- **Calzado.** Tiene un significado funcional y protector contra heridas, golpes, humedad y frío (Joséphe Bossan, 2019). El calzado ideal ha de amortiguar los impactos durante la marcha o la carrera (Martínez Nova, 2009), controlar los movimientos del pie, proporcionar una adecuada sujeción del pie y al mismo tiempo permitir movimientos de los dedos y optimizar la relación pie-suelo (adaptación,

adhesividad), cuando el sujeto camina o cuando lleva a cabo una actividad deportiva. Las características del calzado que más influyen en la marcha son: tacón, capacidad de amortiguación, peso del calzado, material, control de movimientos y tamaño (Ramiro, Brizuela, & Llana, 1995).

13.2 TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE LA MARCHA HUMANA

La marcha humana se puede estudiar de diversas formas. Los **métodos cinemáticos** estudian la dinámica del movimiento sin ocuparse de las fuerzas que lo originan (Viladot Voegeli, 2001). Algunas técnicas para el estudio de la cinemática son:

- **Inspección visual.** La marcha puede estudiarse por simple observación del individuo mientras camina. Es de gran utilidad el pasillo de espejos de Ducroquet, que consta de un conjunto de cinco espejos que permiten al observador visualizar simultáneamente todos los planos del individuo mientras camina.
- **Fotografía.** Método complementario del anterior. Se emplea la técnica de exposición múltiple con una velocidad de 26 imágenes por segundo, o la exposición prolongada que permite recoger en una sola imagen varias fases del movimiento.
- **Cinematografía.** Se filma al individuo mientras camina y al analizar los fotogramas, se pueden apreciar las características del movimiento que tiene lugar cada cincuentava parte de segundo, si se utilizan cámaras habituales. Con cámaras especiales pueden alcanzarse velocidades de 400 fotogramas por segundo.
- **Video.** Método con las mismas bases del anterior. Tiene la ventaja de ser mucho más económico, pero la desventaja de no conseguir las mismas velocidades ni la misma calidad de fotografía que con la cinematografía. Conectados a una computadora suministran información cuantitativa del movimiento.
- **Cinerradiología.** Por este método, complementario del anterior, se obtienen películas de radiología de determinadas articulaciones mientras se mueven. Tiene la ventaja de que proporciona una

descripción muy buena de la cinemática articular, pero el inconveniente de que solo pueden realizarse en el periodo de apoyo de la extremidad, ya que el aparato de rayos X y la cámara no pueden seguir al paciente en el periodo de oscilación.

- **Acelerómetros.** Miden la aceleración de las diversas partes del cuerpo. Se utilizan para valorar la dinámica del centro de gravedad del organismo o de un segmento determinado. Este método se utiliza habitualmente en asociación con métodos fotográficos.
- **Goniométricos y electrogoniométricos.** Aplicados sobre la extremidad, miden la movilidad angular de una articulación determinada durante la marcha.
- **Captores plantares.** Colocados en diversos puntos de la planta del pie directamente o bien a través de un calzado o plantilla adecuados, captan los momentos en que contacta cada parte de la planta con el suelo y la secuencia de estos.

También, se utilizan **métodos cinéticos**, con los cuales se estudian las fuerzas que se producen durante la marcha. Algunos de estos son:

- **Plataforma de fuerzas.** Registra las fuerzas verticales, laterales, anteroposteriores y de torsión que ejercen sobre el suelo durante la marcha. Se expresan en porcentajes del peso corporal.
- **Captores fijos en el pie.** Perfeccionamiento de los empleados en cinemática, miden no solo el momento y tiempo del contacto, sino también la intensidad de la presión que soportan. El inconveniente de usar captores es que altera la normalidad de la marcha.
- **Baropodómetros.** Se utilizan para analizar las presiones ejercidas en cada punto de la planta del pie a través de una plataforma.

Referencias

Absentismo. (11 de septiembre de 2019). *¿Cómo combatir el absentismo laboral?* . Obtenido de http://www.laboris.net/static/em_rrhh_absentismo.aspx.

Aeromexico. (13 de julio de 2020). Obtenido de https://automexico.com/mantenimiento/birlos-y-tuercas-de-seguridad-para-llantas-aid5334

Águila Soto, A. D. (s.f.). *Procedimiento de Evaluación de Riesgos Ergonómicos y Psicosociales.* Almería: Universidad de Almería. Obtenido de https://w3.ual.es/GruposInv/Prevencion/evaluacion/procedimiento/descargacompleta.pdf

Álvarez Valdivia, A., & Araujo García, C. (2006). *Guia para la Selección de Herramientas Manuales.* Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Arthritis Foundation. (2018). *Arthritis Foundation*. Recuperado el 22 de marzo de 2018, de http://espanol.arthritis.org/espanol/ejercicio/ejercicios-acuaticos/ejercicios-acuaticos-ejemplos/ejemplos-ejercicios-acuaticos-jacuzzi/ejercicios-jacuzzi-caderas/

Barone, L. R. (s.f.). *Anatomía y Fisiología del Cuerpo Humano.* Obtenido de https://issuu.com/joseacer1001/docs/anatom_a_y_fisiolog_a_del_cuerpo_humano/45

Cabeza, M. A., Cabeza, M. E., & Corredor, E. (2008). Evaluación de la iluminación en los puestos de trabajo de una empresa petrolera. *Visión Gerencial*(1), 33-44. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545878003.pdf

Casado Aycart, M. (20 de junio de 2020). *Análisis de la marcha en Biomecánica: Calibración funcional de la articulación de la cadera*. (U. d. Sevilla, Editor) Obtenido de https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/44651/TFG_MTeresa%20Casado%20Aycart.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Castillo Martínez , J. A. (2010). *Ergonomía fundamentos para el desarrollo de soluciones ergonómicas.* Universidad del Rosario.

Castillo Rodríguez, A. C., Fillaos Peralta, R. A., & Pineda Pravia, I. (2016). *Manual de Ergonomía, Higiene y Seguridad Ocupacional en la empresa La Corona Cigars S.A.* . Estelí: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2012). Cap.12 Fundamentos de la Radiación Térmica. En Y. A. Cengel, & A. J. Ghajar, *Transferencia de Calor y Masa*. México: McGrawHill.

Center, R. U. (2 de abril de 2018). *Columna Vertebral*. Recuperado el 3 de mayo de 2020, de http://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh/niosh-ayuda.php.

Centre National de la Recherche Scientifique . (noviembre de 2020). Obtenido de http://www.cnrs.fr/

Centro Ortoédico Pérez Galdós. (agosto19 de 2019). *Centro Ortoédico Pérez Galdós S.L.* Obtenido de http://www.ortopediaperezgaldos.com/index.php/articulo/57. Fecha

Clemente Ibáñez, M. (1991). Enfernedades profesionales del oído. *Revista Medicina y Seguridad del Trabajo*(152).

Codo. (25 de septiembre de 2019). Obtenido de http://www.reshealth.org/images/greystone/sm_0153.gif.

Collado Vázquez, S. (2002). *Análisis de la marcha humana con plataformas dinamométricas. Influencia del transporte de carga.* Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Cómo cambiar una llanta. (10 de octubre de 2020). Obtenido de http://pedroblog1986.blogspot.com/2009/08/como-cambiar-una-llanta.html.

Congreso de Colombia. (11 de julio de 2012). Ley 1562 de 2012. *Ley 1562 de 2012*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Congreso de Colombia. Obtenido de https://tecnicoocupacional467283.jimdofree.com/normatividad-vigente/

Dalmau Pons, I., & Nogareda Cuixart, S. (199)). *NTP 451: Evaluación de las condiciones de trabajo: métodos generales.* Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España.

Dasi, M. C. (2007). En *Evaluación de riesgos posturales en: Laboratorio de Ergonomía* (págs. 65-94). España: Alfaomega.

Daza Lesmes , J. (2007). *Evaluación clínico-funcional del movimiento corporal humano.* Médica Panamericana.

Dedo Disparador. (25 de septiembre de 2019). Obtenido de http://services.epnet.com/GetImage.aspx/getImage.aspx?ImageI7704

Deficiencia. (9 de agosto de 2019). Obtenido de https://www.um.es/discatif/METODOLOGIA/Egea-Sarabia_clasificaciones.pdf

Diego Mas, J. A. (2015). *Evaluación de puestos de trabajo en oficinas mediante el método ROSA.* Obtenido de http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rosa/rosa-ayuda.php

Diego Mas, J. A. (2015). *Evaluación ergonómica del levantamiento de carga mediante la ecuación de Niosh*. (U. P. Valencia, Editor) Obtenido de https://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh/niosh-ayuda.php

Diego-Mas, J. A., Poveda-Bautista, R., & Garzon-Leal, D.-C. (march de 2015). Influences on the use of observational methods by practitioners when identifying risk factors in physical work. *Ergonomics, 58*(10), 1-23. doi: 10.1080/00140139.2015.1023851

Dresel , W. (2019). *El impacto del estrés: Estrategias para detener al enemigo moderno.* (G. E. Uruguay, Ed.) Uruguay: Penguin Random House .

Ducroquet, R., Ducroquet, J., & D, P. (2019). *Evaluación de la Marcha Normal y Patológica*. Obtenido de https://es.slideshare.net/opazomed/6-evaluacin-marcha-normal-y-patolgica

E.A.C. (9 de agosto de 2019). *El Eczema Alérgico de Contacto*. Obtenido de https://www.actasdermo.org/es-eccema-alergico-contacto-por-clorocresol-articulo-S0001731012002736

Efdeportes. (s.f.). Recuperado el 20 de marzo de 2020, de http://www.efdeportes.com/efd84/somato.htm

Ergo Prevención . (6 de julio de 2019). *Herraminetas de mano*. Obtenido de http://www.ergokprevencion.org/Organizador/Doc/Herramientas%20K%20V01.pdf.

Ergonomía en Español, LEST: Fundamentos del método. (23 de abril de 2020). Obtenido de http://www.ergonautas.upv.es/metodos/lest/lest

Ergonómicos, P. (25 de julio de 2020). *Principios ergonómicos generales para aplicar en el diseño de máquinas seguras bajo normativa europea*. Obtenido de http://departamentos.unican.es/digteg/ingegraf/cd/ponencias/242.pdf.

Ergonomics Glossary. (12 de abril de 2020). Obtenido de https://3a2vzv37nkuw3esf6a3u2t7s-wpengine.netdna-ssl.com/emcis/wp-content/uploads/sites/185/2018/07/ergonomics-risk-factor-ergonomics-glossary.pdf

Espectro Electromagnético. (20 de mayo de 2020). Obtenido de http://uapas1.bunam.unam.mx/ciencias/efecto_doppler/

European Standards. (10 de mayo de 2020). *BS EN 547-1:1996+A1:2008 Safety of machinery.* . Obtenido de https://www.en-standard.eu/bs-en-547-1-1996-a1-2008-safety-of-machinery.-human-body-measurements-principles-for-determining-the-dimensions-required-for-openings-for-whole-body-access-into-machinery/

Farrer Velázquez, F., Minaya Lozano, G., Niño Escalante, J., & Ruiz Ripollés, M. (1995). *Manual de Ergonomía.* Madrid, España: MAPFRE S. A. Obtenido de https://machete2000.files.wordpress.com/2012/05/01-manual_de_ergonomia_introducci_n1.pdf

Forteza de la Rosa , A., & Ramírez Farto, E. (2017). *Teoría, Metodología y Planificación del Entrenamiento: De lo ortodoxo a lo contemporáneo.* Wanceulen .

G C, D. (mayo de 2005). Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Ocupational Medicine, 55*(3), 190-199. doi:10.1093/occmed/kqi082.

G Li, B. (mayo de 1999). Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods. *Ergonomics, 42*(5), 674-695. doi: 10.1080/001401399185388.

García Molina, C., Page del Pozo, Á., & Tortosa Latonda, L. (2000). *Evaluación de riergos asociados a la carga física en el sector comercio-alimentación.* Instituto de Biomecánica de Valencia –IBV.

García, O. S., & Hoyo Delgado, M. d. (2002). *La Carga Mental de Trabajo.* Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e HIgiene en el Trabajo. Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/96076/carga+mental+de+trabajo/2fd91b55-f191-4779-be4f-2c893c2ffe37

Gil Hernández , F. (2018). *Tratado de medicina del trabajo.* Elsevier Health Sciences.

Gómez, M., & Beltrán , S. P. (2011). Momento angular en al fase de despegue de la barra en el levantamiento de pesas en la modalidad de arranque. *Revista Digital EFDeportes*. Obtenido de https://www.efdeportes.com/efd160/despegue-de-la-barra-en-el-levantamiento-de-pesas.htm

González Galarzo, M. C. (2013). Exposición a carga física en el trabajo por ocupación:una explotación de los datos en matrizz empleo -exposición española (MATEMESP). *Revista Especializada en Salud Pública, 87*(6). Recuperado el 22 de mayo de 2020, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272013000600005

Greenberd, L., & Chaffin, D. (1977). *Workers and Their Tools.* USA.

Grupo Redosa. (13 de julio de 2020). Obtenido de https://www.gruporedosa.com.mx/refacciones/direcci%C3%B3n-tracci%C3%B3n/

Guadalupe Flores, R. H. (2007). Aplicación de la ergonomía para el diseño de EPP con características antropométricas. *IX Congreso Internacional de Ergonomía.* México. Recuperado el 20 de octubre de 2020, de http://www.semac.org.mx/archivos/9-24.pdf

Guía. (20 de mayo de 2020). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos con pantallas de visualización*. Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relativos+a+la+utilizaci%C3%B3n+de+equipos+con+pantallas+de+visualizaci%C3%B3n/53afc279-7923-4cdb-a644-f9424f13f578

Hall, J., & Guyton, H. (2016). *Tratado de fisiología médica.* España: Elsevier.

Hernández Díaz, A., & González Méndez, B. (septiembre de 2007). Alteraciones auditivas en trabajadores expuestos a ruido industrial. *Medicina y Segfuridad del Trabajo, 53*(208). Obtenido de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2007000300003

Hernández Fernández, J. O., & Lucio González, L. Á. (11 de marzo de 2014). *Evaluación de los niveles de.* Obtenido de https://www.uv.mx/cosustenta/files/2014/06/ANALISIS-LATEX_VERSION-FINAL.pdf

Hidalgo, M. C. (2012). *Prevalencia de lesiones en columna lumbar por sobreesfuerzo en trabajadores de la construcción en tareas de soldadura y albañilera en la constructora ARQ CONCEPT deciante la aplicación de la ecuación NIOSH.* Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica de Ecuador. Recuperado el 23 de abril de 2020, de https://docplayer.es/18833043-Pontificia-universidad-catolica-del-ecuador-facultad-de-enfermeria-carrera-de-terapia-fisica.html

Higrómetro PCE-444. (10 de octubre de 2020). Obtenido de https://www.pce-instruments.com/colombia/instrumento-medida/medidor/higrometro-kat_70012.htm

Humanes Copado, A., & Cogolludo Sánchez, E. (2019). *Análisis y biomecánica del movimiento (Valoración de la condición física e intervención en accidentes.* Editex.

Hurrel. (1988). *OIT.* Wisner.

IBV. (1 de octubre de 2020). Software ERGOFI/IBV. España.

Illuminating Engineering Society. (2018). *IES Method for Evaluating Light Source Color Rendition.* New York: Illuminating Engineering Society.

INSHT - Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (diciembre de 2015). *Posturas de Trabajo - Evaluación del Riesgo.* Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/96076/Posturas+de+trabajo.pdf/3ff0eb49-d59e-4210-92f8-31ef1b017e66

Institut Sant Joan. (9 de junio de 2020). *Institut Sant Joan. Instituto Interdisciplinar de Ortopedia y Fisioterapia*. Obtenido de http://institutsantjoan.com/ortesis-pie-tobillo/.

Instituto Nacional de Salud y Seguridad Opupacional. (1998). *Una Guía para la Selección de Herramientas de Mano No-Energizadas.* Cincinnati: Instituto Nacional de Salud y Seguridad Opupacional.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2016). *Herramientas Manuales: Criterios Ergonómicos y de Seguridad Para su Selección.* Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Obtenido de https://www.aepsal.com/wp-content/uploads/2017/02/Herramientas-Manuales.pdf

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1997). *Real Decreto 486/1997*. Obtenido de http://noticias.juridicas.com/base_datos/Laboral/rd486-1997.html

Instituto nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1997). *Real Decreto 488/1997 sobre disposisicones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equiipos que incluyen pantayas de visualización.* Madrid: Instituto nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Obtenido de https://riesgoslaborales.saludlaboral.org/wp-content/uploads/2017/02/488_pvd.pdf

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2006). *Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de Los Riesgos Relativos a la Utilización de Equipos con Pantallas de Visua.* Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Obtenido de https://riesgoslaborales.saludlaboral.org/wp-content/uploads/2017/02/guia_pvd.pdf

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (s.f.). *Documento elaborado por el Grupo de trabajo sobre Trastornos Musculoesqueleticos de la CNSST.* Gobierno de España. Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/150112/MetodosEvaluacion-v+271014.pdf/f0f8301e-a00d-4235-ab5d-dc93b9dbb9a9

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (s.f.). NTP 840 . *El método del INSL para la identificación y evaluación de factores psicosociales*. Navarra, España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. (2019). *Carga Mental.* Madrid: INSST.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (1998). *NTP 242 Ergonomía: análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas.* Madrid: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (1997). NTP 501 Ambiente Térmico: inconfort térmico local, de https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_501.pdf/24b8f22e-7ce7-43c7-b992-f79d969a9d77

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (1998). NTP 503 Confort Acústico: el ruido en oficinas.

ISSTE. (23 de marzo de 2018). *Reglas de seguridad e higiene del ISSTE*. Recuperado el 10 de mayo de 2020, de https://www.gob.mx/issste/es/acciones-y-programas/seguridad-e-higiene-en-el-trabajo

ISTAS. (2015). *Factores de riesgo ergonómico y causas de exposición Módulo 3.* Madrid: Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales. Obtenido de https://istas.net/sites/default/files/2019-12/M3_FactoresRiesgosYCausas.pdf

Joséphe Bossan, M. (2019). *El arte del Zapato.* Parkstone International.

Kamina, P. (2002). *Anatomía General.* España: Panamericana.

Karl Ulrich, S. E. (2013). *Diseño y Desarrollo de Productos* (Quinta ed.). México, México: MacGraw-Hill.

Laboratoire d'economie et de sociologie du travail. (13 de mayo de 2020). Obtenido de http://www.lest.cnrs.fr/article.php3?id_article=228

Largero, M. B. (2018). *Ergonomía. Alcance y límite de los principales métodos.* Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Chihuahua. Recuperado el 15 de mayo de 2020, de https://issuu.com/margarito9/docs/alcance_y_limite_de_los_principales

Lehera Martín, M., & Gongora Yerro, J. J. (2002). *Factores Psicosociales-Identificación de Situaciones de Riesgo.* Navarra: Instituto Navarro de Salud Laboral. Obtenido de https://w3.ual.es/GruposInv/Prevencion/evaluacion/procedimiento/F.%20Factores%20Psicosociales.pdf

Lineart. (2020). *TM-30-18.* Obtenido de https://www.lineartlighting.com/es/tm-30-18-ies-method-for-evaluating-light-cri/

Llanera, J. (2008). *Ergonomía y Psicología Aplicada: Manual para la Formación del Especialista.* España: Lex Nova.

Llaneza Alvarez, J. (2009). *Ergonomía y Psicosociología Aplicada Manueal para la Formación del Especialista* (12 ed.).

Llaneza Ávarez, J. F. (2008). *Ergonomía y Psicosociología Aplicada. Manueal para la Formación Del Especialista* (8 ed.). Valladolid, España: Lex Nova. Recuperado el 3 de mayo de 2020, de Llaneza Francisco J. (2010) Las Técnicas de Ergonomía en Ergonomía y Psicosociología Aplicada. Editorial Lex Nova, Valladolid- España. ISBN: 9788498981193. pp. 200-261.

López Borja, C. F., & Luna Totocayo, E. C. (2017). *Repercusión de la inaplicación de la antropometría estática en la salud de los trabajadores de la Red de Salud Arequipa Caylloma.* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa.

López Sánchez, M. D. (2020). Análisis Ergonómico del Puesto de Trabajo de Administrativo. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

Madrid López, I. R., & Cañas Delgado, J. J. (2015). Ergonomía. En J. Moreno Pérez, & C. Molina Navarrete, *Tratado de prevención de riesgos laborales. Teoría y práctica* (1 ed.). Tecnos. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277006419_Ergonomia

Madrid López, I., & Cañas Delgado, J. J. (2015). *Ergonomía.* Granada: Universidad de Granada.

Martín Nogueras, A., Calvo Arenillas, J. C., Orjuela Rodríguez, J., Barbero Iglesias, F. J., & Sánchez Sánchez, C. (enero de 1999). Fases de la Marcha Humana. *Revista iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología, 2*(1), 44-49. Obtenido de https://www.elsevier.es/es-revista-revista-iberoamericana-fisioterapia-kinesiologia-176-articulo-fases-marcha-humana-13012714

Martínez Nova, A. (2009). *Modificaciones baropodométricas en el antepié después de la cirugía percutánea del Hallux Valgus.* Universidad de Extremadura. Servicio de Publicaciones.

Merino, J. M., & Muñoz Repiso, L. (junio de 2013). La percepción acústica: Física de la audición. *Rervista de Ciencias*(2), 19-26.

Método RULA. (1 de junio de 2020). Obtenido de http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php.

Ministerio de Minas y Energía. (30 de marzo de 2010). *Resolución Número 180540.* Obtenido de https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/20729-7853.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social. (2016). *Análisis de Situación de la Salud Auditiva y Comunicativa en Colombia Convenio 519 de 2015.* Bogotá: Ministerio de Salud y Protección Social.

Mondelo , P. R., Gregori, E., & Barrau, P. (2013). *Ergonomía 3. Diseño de puestos de trabajo* (Segunda ed.). (U. P. Cataluña, Ed.) Barcelona, España: Mutua Universal - Alfaomega. Recuperado el 1 de octubre de 2020

Móndelo, P. (2013). *Ergonomía 4. el trabajo en oficinas.* (U. P. Cataluña, Ed.) Barcelona, España,: Mutua Universal, UPC.

Mondelo, P., Gregori, E., & Barrau, P. (1999). *Ergonomía 1 Fundamentos.* España: IBV Universidad Politécnica de Valencia.

Mondelo, P., Gregori, E., Blasco, J., & Barrau, P. (2013). Método NIOSH. En P. Mondelo, E. Gregori, J. Blasco, & P. Barrau, *Ergonomía 3. Diseño de Puestos de Trabajo* (Segunda ed.). Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña.

Mora Amérigo, E., & De Rosa Pérez, R. (1998). *Fisioterapia del aparato locomotor.* Síntesis.

Moreno Jiménez, B., & Baez León, C. (2010). *Factores y Riesgos Psicosociales, formas, consecuencias, medidas y buenas prácticas.* Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid.

Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas.* México: Prentice Hall.

Moya, E. M. (2010). *Sistema de Acondicionamiento Térmico para Áreas de Oficinas: destinado a espacios cerrados de hsata cincuenta metros cúbicos.* (I. T. Rica, Ed.) Cartago, Costa Rica. Recuperado el 20 de mayo de 2020, de https://core.ac.uk/download/pdf/60991268.pdf

Muñoz, J. (2011). *Antropometría en Ergonomía* (Terecra ed.). Antioquia: Universidad de Antioquía.

Músculos. (20 de septiembre de 2019). Obtenido de http://www.intecap.edu.co/web-basico/wb-ariasnancy/m_tronco.htm

National Institute for Occupational Safety and Heath. (2 de abril de 2018). *NIOSH*. Recuperado el 12 de mayo de 2020, de http://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh/niosh-ayuda.php

Nordin, M. (2004). *Biomecánica básica del sistema musculoesquelético* (3 ed.). McGraw-Hill.

Norma. (25 de octubre de 2020). *Norma para apriete de Birlos*. Obtenido de https://www.puromotores.com/13115935/especificaciones-de-los-birlos-de-torque.

NTP 175. (1987). *NTP 175: Evaluación de las Condiciones de Trabajo: el método L*. (M. d. España, Ed.) Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/326801/ntp_175.pdf/a4b6ba18-37cd-43ea-95a3-763d00d9e4c3

NTP 226. (25 de octubre de 2019). *NTC 226 Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad*. Obtenido de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_226.pdf.

Obregón Sánchez, M. (2016). *Fundamentos de ergonomía*. Obregón Sánchez María Guadalupe. Grupo Editorial Patria.

OIT. (2001). Factores Psicosociales y de Organización. En *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Madrid, España: Chantal Dufresne, BA. Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+34.+Factores+psicosociales+y+de+organizaci%C3%B3n

OMEGALFA. (10 de octubre de 2020). *Catálogo Partes para Remolques*. Obtenido de https://www.facebook.com/Partes-para-Remolques-1921629654526559/photos/a.198702920465327 0/3411305948892248

Orellana Toro, H. P. (2015). *Evaluación Ergonómica de los Puestos de Trabajo en la Industria de Elaborados de Camarón y las Propuestas de Mejora*. Guayaquil - Ecuador: Universidad de Guayaquil.

Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2021). *C161- Convenio sobre los servicios de salud en el trabajo, 1985*. Obtenido de Organización Internacional del Trabajo (OIT): https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C161

Organizzación Mundial de la Salud. (2 de marzo de 2021). *Sordera y pérdida de la audición*. Obtenido de https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss

Ortho Mex. (13 de agosto de 2019). *Protesistas y Ortesistas*. Obtenido de http://www.quebarato.com.mx/clasificados/protesis-piernas-y-brazos-artificiales__1344523.html.

Ortopedía Mainar. (9 de agosto de 2019). *Ortopedía Mainar*. Obtenido de http://www.ortoweb.com/web/vista/index.php?modulo=navega&file=ficha&id=4742.

Oviatt Björn , S. S., Cohen Philip, S. D., & Portamianos Gerasimos, K. A. (2019). *The Handbook of Multimodal-Multisensor Interfaces* (Vol. 3). Morgan & Clay.

Pádel. (20 de octubre de 2019). Obtenido de http://www.lavozdigital.es/interactivo/imagenes_galerias/campeonato_padel_san_fernando/imagenes/111106_padel_roman027.jpg

Palancas. (25 de abril de 2020). *Sistemas Mecánicos en el Cuerpo Humano: Palancas*. Obtenido de https://sites.google.com/site/bionicamartavalero/biomecanica-y-hueso.

Pedro Mondelo, E. G. (2013). Diseño Físico: Antropometría y Biomecánica. En E. G. Pedro Mondelo, *Ergonomía 4. El trabajo en oficinas* (págs. 81-119). Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña-UPC.

Pedro Mondelo, E. G. (2013). *Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico* (UPC ed.). (U. P. Cataluña, Ed.) España: Mutua Universal. Recuperado el 25 de junio de 2020, de https://books.google.com.co/books/about/Ergonom%C3%ADa_2.html?id=dEFpBgAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Pedro R. Mondelo - Enrique Gregori - Joan Blasco - Pedro Barrau. (2001). En U. P. Cataluña (Ed.), *Método NIOSH en: Ergonomía 3. Diseño de puestos de trabajo.* (Segunda ed., págs. 110-114). Barcelona, España: Alfaomega.

Presentación sobre herramientas para alumnos. (25 de julio de 2019). Obtenido de http://www.slideshare.net/avargaso/presentacin-sobre-herramientas-para-alumnos.

PREVALIA CGP, S. L. U. (2008). *Prevención de Riesgos Musculoesqueléticos Derivados de la Adopción de Posturas Forzadas.* Madrid: Aosciación de Empresarios,Comerciantes y Autónomos de Colmenar Viejo. Obtenido de https://saludlaboralydiscapacidad.org/wp-content/uploads/2019/05/Prevenci%C3%B3n-de-riesgos-musculoesquel%C3%A9ticos-derivados-de-la-adopci%C3%B3n-de-posturas-forzadas-1.pdf

PREVALIA, s-l-u-. (2013). *Riesgos Ergonómicos y Medidas Preventivas en las Empresas Lideradas por Jóvenes Empresarios.* Madrid: Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales. Obtenido de http://www.ajemadrid.es/wp-content/uploads/aje_ergonomicos.pdf

Principios y Procedimientos. (20 de julio de 2020). *Principios y Procedimientos de Diseño de Mandos de Máquinas y Equipos de Trabajo*. Obtenido de http://www.ingegraf.es/pdf/titulos/COMUNICACIONES%20ACEPTADAS/P5.pdf.

Profesional Review. (25 de julio de 2020). *Tipos de ratones para PC, diseños y sus características*. Obtenido de https://www.profesionalreview.com/2020/07/25/tipos-de-ratones-para-pc-disenos-y-caracteristicas/

Prótesis Auditiva. (9 de agosto de 2019). Obtenido de https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-protesis-auditivas-implantables-S0716864016301171

Prótesis Dental. (19 de agosto de 2019). Obtenido de http://www.fabiolaarcila.com.co/wp-content/53376_false_teeth1.jpg.

Prótesis Ocular. (19 de agosto de 2019). Obtenido de http://www.opticalupinacci.com/images/protesis04.jpg.

Psicología Online. (23 de mayo de 2020). *El sistema nervioso 'emocional'*. Obtenido de https://www.psicologia-online.com/el-sistema-nervioso-emocional-1171.html

Ramiro, J., Brizuela, G., & Llana, S. (1995). *Guía de recomendaciones para el diseño de calzado*. Valencia, España: Instituto de Biomecánica de Valencia.

Ramos Sánchez, M. (2000). *Utilidad del análisis tridimensional de la marcha como sistema evaluador del estado clínico y funcional de pacientes sometidos a artroplastia de rodilla*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.

Reira Campillo, M. (15 de mayo de 2020). *El pie normal y su patología*. Obtenido de https://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2019/xxiii04/04/n4-203-211_ManoliRiera.pdf.

Ricardo Rivas, R. (2007). *Ergonomía en el diseño y la producción industrial*. Buenos Aires: Nobuko.

Riihimaki, H. (1998). Sistema musculoesquelético. . En OIT, & OIT (Ed.), *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. (Vol. 1). Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/161958/Cap%C3%ADtulo+6.+Sistema+musculosquel%C3%A9tico

Rines. (5 de octubre de 2020). *Todo lo que querías saber de rines y no encontrabas donde investigarlo*. Obtenido de https://es.slideshare.net/MaverickFerrutti/todo-sobre-rines.

Rodríguez Pozo, A. (s.f.). Factores Ergonómicos. En A. Rodríguez Pozo, *Prevención de Riergos Ergonóicos y Psicosociales Asociados a Becarios de Investigación* (págs. 11-48). Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Obtenido de http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5403/

Rothmore, P., Aylward, P., Oakman, J., Tappin, D., Gray, J., & Kamon, J. (march de 2017). The stage of change approach for implementing ergonomics advice – Translating research into practice. *Applied Ergonomics, 59*, 225-233. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003687016301867?via%3Dihub

RULA (Rapid Upper Limb Assessment). (23 de marzo de 2018). Recuperado el 10 de marzo de 2020, de https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php

San Gil Sorbet, M. A. (2001). *Análisis dinámico de la marcha. Estudio de los centros de presión sobre la huella plantar. Influencia de los distintos calzados.* Alcalá, España: Universidad de Alcalá de Henares.

Sánchez Daza, N. J., & Cañón Pinilla, A. T. (2018). *Identificación de las patologías auditivas y factors de riesgo asociados en los teleoperadores de una central de llamadas en Bogotá-Colombia.* Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Sánchez Lacuesta , J. (1999). *Biomecánica de la marcha humana normal y patológica.* Valencia, España: Instituto de Biomecánica de Valencia. Martín Impresores, SL.

Secretaria de Salud Laboral de CCCOO de Madrid. (2016). *Métodos de Evaluación Ergonómica.* Madrid: Secretaria de Salud Laboral de CCCOO de Madrid.

Seguridad en el Uso de Herramientas de Mano. (20 de junio de 2019). Obtenido de http://www.1a3soluciones.com/DOCUMENTOS/ARTICULOSTITULARES82H.htm.

Servicio de Prevención de Riesdos Laborales (Suprema). (2017). *Consejos para trabajar con PCs.* Obtenido de https://www.uma.es/prevencion/navegador_de_ficheros/navegador_de_ficheros/descargar/Area%20Ergonomia/consejosparatrabajarconpcs.pdf

Síndrome del Túnel Carpiano. (25 de septiembre de 2019). Obtenido de http://www.reshealth.org/sub_esp/yurhealth/healthinfo/default.cfm?pageID=P04199

Sirvent Belando, J. E., & Garrido Chamorro, R. (2009). *Valoración antropométrica de la composición corporal: Cineantropometría.* Universidad de Alicante.

SODIPER. (s.f.). *Catálogo SODIPER*. Obtenido de http://www.sodiper.cl/wp-content/themes/sodiper/catalogo.pdf

Somatotipos. (s.f.). Recuperado el 23 de marzo de 2020, de https://www.foroatletismo.com/nutricion/tipos-corporales-y-somatotipo/

Squash. (20 de octubre de 2019). Obtenido de http://www.andandara.com/Deportesyocio/index_archivos/squash_1.jpg,

Suárez, J. (2017). *Aparato Locomotor en Anatomía Humana para Estudiantes de Ciencias de la Salud.* España: Elsevier.

Tendinitis. (20 de septiembre de 2019). Obtenido de http://www.baseamado.com/salud/tendinitis.htm

Tenis. (20 de septiembre de 2019). Obtenido de http://www.vootar.com/imgs/elementos/1239978319_Tenis.

Tenosinovitis De Quervain. (25 de septiembre de 2019). Obtenido de http://cetecma.favshare.com/previews.php/VARIOS/tenosinovitis%20de%20.jpg.jpeg.

Tipos de discapacidad. (9 de junio de 2020). Obtenido de http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/a120104i1.gif.

TIPOS DE MOUSE (RATÓN) Y SUS CARACTERÍSTICAS. (18 de julio de 2020). Obtenido de https://www.enemigofinal.com/tipos-de-mouse-raton-y-sus-caracteristicas/

Torquímetro. (21 de octubre de 2020). *Cómo funsiona un Torquímetro*. Obtenido de https://como-funciona.co/un-torquimetro/

Torquímetro Digital. (25 de octubre de 2020). *Torquímetro Digital*. Obtenido de https://suministrosenmetrologia.com/productos/medidores-de-par-torcional/torquimetro-digital-acc-serie-tw/

Torres Guzman, J. C., & Ramírez Ahedo, D. A. (25 de octubre de 2020). *Medición Primaria de Par Torsional*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/242752792_MEDICION_PRIMARIA_DE_PAR_TORSIONAL

Torres, J. L., & Jaramillo, O. (2019). *Diseño y análisis del puesto de trabajo.* Universidad.

Tortosa, L., García Molina, C., Page, A., & Ferreras, A. (2009). *ErgoDis/IBV Métodos de adaptación ergonómica de puestos de trabajo para personas con discapacidad* . Valencia, España: Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV.

Ueda, J., & Yuichi, K. (2016). Ueda Jun, Yuichi Kurita. Human Modeling for Bio-Inspired Robotics:. *Mechanical Engineering in Assistive Technologies. Academic Press.*

Una Guía para la selección de herramientas de mano. (25 de septiembre de 2019). Obtenido de http://www.dir.ca.gov/dosh/dosh_publications/HandToolsSP.pdf

UNE. (01 de diciembre de 2017). *UNE-EN ISO 7250*. Obtenido de https://www.normativa-iso-une-pdf.com/descarga/pdf/une-en-iso-7250-12017/#Titulo_de_la_norma

Universidad de Málaga. (octubre de 2007). *Servicio de Prevención de Riesgos Laborales (Sepruma).* Obtenido de https://www.uma.es/prevencion/navegador_de_ficheros/navegador_de_ficheros/descargar/Area%20Ergonomia/manipulacion_manual_cargas.pdf

Viladot Voegeli, A. (2001). *Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor.* Barcelona: Springer-Verlag Ibérica.

Yañez Arias, S. A. (2018). *Estudio Comparativo de Sistemas de Análisis de Marcha Basados en Sensores Inerciales y Cámaras Infrarrojas.* Concepción: Universidad de Concepción. Obtenido de http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/359/1/Tesis_estudio_comparativo_de_sistemas.Image.Marked.pdf

Este libro se terminó de imprimir en diciembre de 2021 en los talleres de Editorial Jotamar S.A.S. Tunja, Boyacá, Colombia.

Colección Académica UPTC N.º 51

En todo proceso de diseño de cualquier máquina, herramienta, puesto de trabajo, etc., se deben aplicar los principios de la ergonomía, para que se logre una adecuada relación usuario-objeto-entorno, que potencialice las capacidades de cada elemento del sistema.

Este libro consta de 13 capítulos, en los cuales se presenta información de los principios teórico-conceptuales de la ergonomía y la biomecánica aplicados al diseño y evaluación ergonómica de herramientas, máquinas y puestos de trabajo. Aquí, el lector podrá encontrar las principales variables antropométricas (posiciones, alcances, posturas y superficies de trabajo) que afectan el puesto de trabajo de un individuo. Se exponen conceptos de biomecánica y ergonomía relacionados con la marcha humana y la discapacidad, así como algunas normas, métodos y herramientas para la evaluación de riesgos ergonómicos, desde diferentes perspectivas. Igualmente, se entregan las bases para el diseño, manejo y evaluación (física y psicosocial) de los puestos de trabajo con el uso de equipos de cómputo, máquinas, herramientas y de otros productos.

ISBN: 978-958-660-596-0

Uptc
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
VIGILADA MINEDUCACIÓN
Vie
Vicerrectoría de Investigación y Extensión
Dirección de Investigaciones
EDITORIAL UPTC