



ERGOMETAL. **Manual de** **Ergonomía para** **Máquinas del** **Sector del Metal**

ERGOMETAL.
Manual de Ergonomía
para Máquinas del
Sector del Metal



© Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV)

Diseño, ilustración y maquetación: IBV

Impresión: La Gráfica ISG

I.S.B.N.: 978-84-95448-17-0

Depósito legal: V-1075-2010

Publicación de carácter científico y de divulgación

ERGOMETAL.

Manual de Ergonomía para Máquinas del Sector del Metal

Autores

Purificación Castelló Mercé*

Alfonso Oltra Pastor*

Pablo Pagán Castaño*

Rafael Sendra Pérez*

Javier Murcia Saiz**

José Miguel Corrales Gálvez**

Consuelo Casañ Arándiga***

Jorge Rodrigo Sánchez***

*Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV)

**Unión de Mutuas

***Unimat Prevención

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a todas las empresas que colaboraron en el estudio de campo: Vda. de G. Mari Montañana S.A., Funtubo S.A., Industrias Ochoa S.L., y Matricería de Inyección S.L. (MAIN).

Prólogo



Este manual persigue mejorar las condiciones de seguridad, salud, confort y eficiencia en las que se utilizan las máquinas y herramientas en el sector del metal optimizando los intereses de los trabajadores, de las empresas para las que trabajan e incluso de los fabricantes de las máquinas y herramientas que utilizan a través de la aplicación de conocimientos procedentes de la Ergonomía.

Este manual es el resultado de aplicar conocimientos interdisciplinarios para mejorar la calidad de vida de las personas, colaborando con la totalidad de los agentes sociales y económicos involucrados: las empresas, los trabajadores, las entidades que, como Unión de Mutuas, velan por la salud laboral de los trabajadores y la competitividad de las empresas, las asociaciones empresariales y los organismos de las administraciones públicas.

Hemos de felicitar a todos los que lo han hecho posible: a sus autores, porque de nuevo han culminado con éxito su esfuerzo, y al resto de participantes y colaboradores, porque sin su intervención habría perdido una gran parte de su valor.

Este manual es un ejemplo de la manera en la que el IBV trata de encontrar soluciones para mejorar la calidad de vida de las personas y procurar el éxito a las empresas que basan su competitividad en la capacidad de mejorar la calidad de vida de sus trabajadores y clientes.

Y es, además, una muestra de la efectividad metodológica con la que el IBV crea instrumentos que facilitan la difusión y aplicación real de conocimientos social y económicamente útiles.

Pedro Vera

Director del Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV)

Prólogo



Según ponen de relieve los datos de estos últimos años, el número de lesiones musculoesqueléticas en el medio laboral ha ido alcanzando una importancia considerable. Este tipo de trastornos suelen estar asociados a unas condiciones ergonómicas inadecuadas en el puesto de trabajo.

En nuestro país, los sobreesfuerzos representan el 31% del total de accidentes laborales con baja. Además, el 28% de las jornadas de trabajo perdidas se debe a este tipo de contingencia asociada a problemas ergonómicos en el entorno laboral. De hecho, es la causa de accidente con baja más frecuente y la causa de coste social y económico más importante.

En el sector del metal los accidentes asociados a estas condiciones ergonómicas inadecuadas son también los más numerosos, y se relacionan en gran parte con el uso de máquinas, herramientas y equipos de trabajo.

La preocupación por la mejora de la seguridad y salud laboral de nuestros trabajadores protegidos ha sido, históricamente, uno de los principales campos de actuación de Unión de Mutuas. La colaboración entre nuestra entidad y el Instituto de Biomecánica de Valencia para la mejora de las condiciones ergonómicas de los puestos de trabajo ha dado como fruto numerosas publicaciones técnicas preventivas dirigidas a ambos sectores de actividad.

La edición de esta nueva guía se enmarca en esta trayectoria de investigación conjunta aplicada a la mejora de la seguridad y salud de los puestos de trabajo en los principales sectores productivos de la Comunidad Valenciana.

Perseguimos la adecuación ergonómica de máquinas y herramientas de trabajo en el sector del metal, para mejorar la calidad de vida de los trabajadores, ayudar a la mejora de la competitividad y productividad de las empresas y facilitar el trabajo a los técnicos de prevención de riesgos. Estos son los objetivos fundamentales de este trabajo.

Juan Enrique Blasco

Director Gerente de UNIÓN DE MUTUAS



Índice

Objetivos del manual	11
Introducción	11
Estadísticas Laborales	12
Sobreesfuerzos en el sector	14
Justificación	15
Guía de verificación ergonómica	19
Presentación de la Guía	19
Guía	20
Cómo aplicar la guía de verificación	33
Aplicación de la Guía a máquinas del Sector	77
Resultados generales de la aplicación de la Guía de Verificación a máquinas del sector	77
Resultados de las preguntas clave	90
Principales problemas ergonómicos detectados en el estudio de campo	92
Fichas de las máquinas	
Amoladora de pedestal	
Amoladora portátil	
Centro de mecanizado CNC	
Cizalla-guillotina	
Fresadora	
Lijadora-pulidora	
Plegadora	
Prensa (para trabajo manual)	
Rectificadora plana	
Equipo de soldadura por resistencia	
Taladro de columna	

Torno paralelo

Tronzadora de cinta

Tronzadora de disco

Bibliografía

Objetivos del manual



La **Ergonomía del trabajo** tiene como objetivo analizar las tareas, equipos y modos de producción con la finalidad de evitar los accidentes y patologías laborales, disminuir la fatiga física y mental, y aumentar el nivel de satisfacción del trabajador. Y todo ello, con el consiguiente beneficio social y humano, así como económico asociados a un incremento de la productividad y a la disminución de los costes provocados por los errores, accidentes y bajas laborales.

Es por ello que 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.

INTRODUCCIÓN

Este **Manual** ha sido concebido con el objeto de ayudar y orientar a todos los agentes implicados en el sector del metal. El presente texto pretende poner a disposición de empresarios, fabricantes de equipos, técnicos y resto de personal implicado en la prevención de riesgos laborales, del sector del metal, un instrumento para la verificación ergonómica de máquinas-herramientas.

Este **Manual** está dirigido a la protección ergonómica de los usuarios de máquinas y herramientas en este sector, permitiendo evaluar y detectar factores de riesgo ergonómico para los trabajadores.

La **Guía de verificación ergonómica de máquinas**, que constituye el núcleo fundamental de este Manual, pretende ser una herramienta para la verificación de los requisitos en puestos de trabajo asociados a máquinas en el sector del metal.

Los objetivos que se pretende alcanzar con esta publicación son:

- Reducir los problemas ergonómicos asociados a la utilización de máquinas-herramientas en el sector.
- Proporcionar asistencia técnica en el ámbito de la prevención de riesgos de tipo ergonómico asociados al uso de máquinas a todos los agentes implicados en el sector.
- Facilitar criterios objetivos para la selección y compra de máquinas.
- Integración por parte de fabricantes de maquinaria y herramientas de los principios ergonómicos en el diseño y desarrollo de sus equipos.
- Y promocionar entre las diferentes entidades involucradas la prevención de riesgos laborales de tipo ergonómico.

El presente manual es el resultado de un proyecto de investigación llevado a cabo por **Unión de Mutuas** en colaboración con el **Instituto de Biomecánica de Valencia**, con el cual existe una estrecha vinculación desde hace muchos años. Fruto de anteriores colaboraciones han surgido otras herramientas y procedimientos dentro del ámbito de la Ergonomía, como es el caso del Método de referencia a nivel nacional Ergo/IBV® para la Evaluación de los Riesgos Ergonómicos asociados a la Carga física en el Trabajo, y el método ErgoMater, orientado a la definición de un procedimiento para la evaluación de riesgos asociados a la carga física en mujeres en periodo de gestación y a la descripción de medidas encaminadas a la adaptación del puesto de trabajo.

Este manual se compone de una **Guía de verificación ergonómica**, de una presentación de los **Resultados de la aplicación de la Guía en un estudio de campo** en empresas del sector, y de un conjunto de **Fichas** organizadas por tipo de máquina donde se recogen los principales problemas ergonómicos detectados en el estudio de campo y una serie de propuestas de mejora ergonómica. La guía de verificación se completa, además, con una manual para la aplicación del cuestionario.

La **Guía de verificación ergonómica** está basada, fundamentalmente, en la norma **UNE EN 614** sobre “*Seguridad de las máquinas: Principios de diseño ergonómico*”, esta norma establece una serie de principios ergonómicos que hay que seguir durante el proceso de diseño y proyecto de equipo de trabajo, especialmente de las máquinas.

ESTADÍSTICAS LABORALES

Según datos de las **Condiciones de Trabajo y Relaciones Laborales** presentadas en el **Anuario de Estadísticas Laborales y de Asuntos Sociales 2007** del MTAS, en la rama de actividad **Fabricación de productos metálicos excepto maquinaria** hubo en ese año 48.258 accidentes en jornada de trabajo con baja, lo que supuso un 3,1% más que el año anterior.

Según datos de las **Condiciones de Trabajo y Relaciones Laborales** presentadas en el **Avance de Estadísticas Laborales y de Asuntos Sociales 2008** del MTAS, en la rama de actividad **Fabricación de productos metálicos excepto maquinaria** hubo en ese año 42.827 accidentes en jornada de trabajo con baja, lo que supuso un 11,2% menos que el año anterior.

Según datos también facilitados por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales (**Estadísticas de accidentes de Trabajo de 2007**), los **accidentes con baja asociados a Sobreesfuerzo físico, trauma, psíquico, radiaciones, ruido, luz o presión** en esta rama de actividad fueron 15.898. **Esto significa que un 32,9% de los accidentes con baja en la Fabricación de productos metálicos en 2007 fueron debidos a sobreesfuerzos físicos, mostrando una tendencia al alza con respecto a años anteriores.**

En España, los accidentes laborales con baja codificados como sobreesfuerzo físico representaron en el año 2007 el 36,7% del total de accidentes, frente a un 33,2% en el 2006 y un 32,4% en el 2005. De lo que se deduce que este tipo de accidentes está incrementándose.

Existen diferentes datos que indican la importancia creciente que están adquiriendo en los últimos años los problemas asociados a unas condiciones ergonómicas inadecuadas del trabajo. Pero desafortunadamente no se dispone de datos específicos relativos a problemas en el ámbito de la Ergonomía, codificados generalmente como sobreesfuerzos físicos, en el sector relacionados con el uso de máquinas.

Según datos publicados por el INSHT en la **VI Encuesta de Condiciones de Trabajo**, el 30,7% de los trabajadores manifiesta alguna queja por **aspectos inadecuados del diseño**

Datos en %	Agricultura, ganadería, caza y pesca	Ind. Manufacturera y extractiva	Ind. Química	Metal	Otras Industrias	Construcción	Comercio, Hostelería	Transporte y Comunicaciones	Interm. financiera, Act. inmobiliarias, Serv. empresariales	Administración pública y Educación	Act. sanitarias y veterinarias; Servicios sociales	Otras actividades sociales y personales	Total
Poco espacio de trabajo	13,2	13,7	15,2	13,6	22,2	23,4	15,4	18,1	8,9	9,0	14,4	11,7	14,7
Alcances alejados del cuerpo	13,8	12,2	13,9	15,7	15,4	28,8	10,1	6,0	5,0	3,6	6,3	10,0	11,5
Acceso difícil para las manos	15,0	9,1	7,2	12,2	21,9	23,0	6,7	5,7	3,2	2,8	5,5	9,3	9,4
Silla muy incómoda	3,3	6,7	0,7	4,5	4,7	4,8	4,8	11,5	8,0	11,2	6,1	4,0	6,3
Iluminación inadecuada	6,1	7,8	13,8	6,3	8,2	11,8	5,4	5,7	6,0	6,1	5,0	4,7	6,8
Superficies inestables o irregulares	28,4	5,3	4,0	9,3	10,6	26,2	3,6	7,6	3,2	5,1	2,2	7,3	8,9

Base: Total trabajadores.

Categorías de respuesta: "Siempre o casi siempre" y "a menudo".

Las casillas sombreadas indican diferencias estadísticamente significativas.

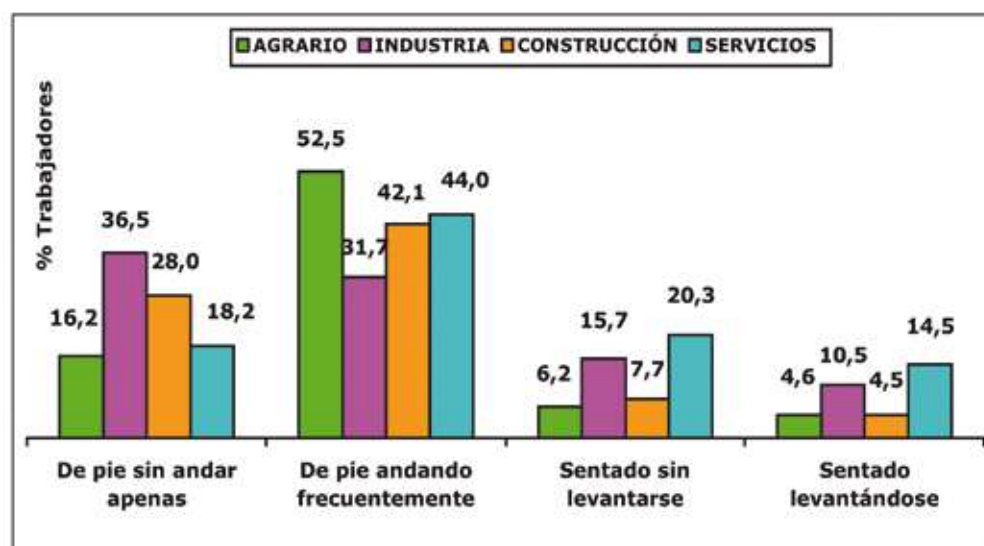
Figura 1. Aspectos inadecuados del diseño del puesto de trabajo por rama de actividad (Fuente:INSHT).

de su puesto de trabajo. Entre los aspectos inadecuados de diseño más señalados destacan: "disponer de muy poco espacio para trabajar con comodidad" (14,7%), y "tener que alcanzar herramientas, elementos u otros objetos de trabajo situados muy altos o muy bajos, o que obliguen a estirar mucho el brazo" (11,5%) (Figura 1).

En lo que respecta a la **carga física en el trabajo** la encuesta incluye los siguientes tres aspectos como indicadores de la misma: la posición habitual de trabajo, las demandas físicas de trabajo y la percepción de molestias músculo-esqueléticas derivadas del trabajo realizado.

Las **posiciones más habituales** de trabajo varían según el sector de actividad considerado, en Industria la posición más frecuentemente señalada es de pie sin andar apenas (36,5%), y le sigue a poca distancia la posición de pie andando frecuentemente (31,7%). (Figura 2).

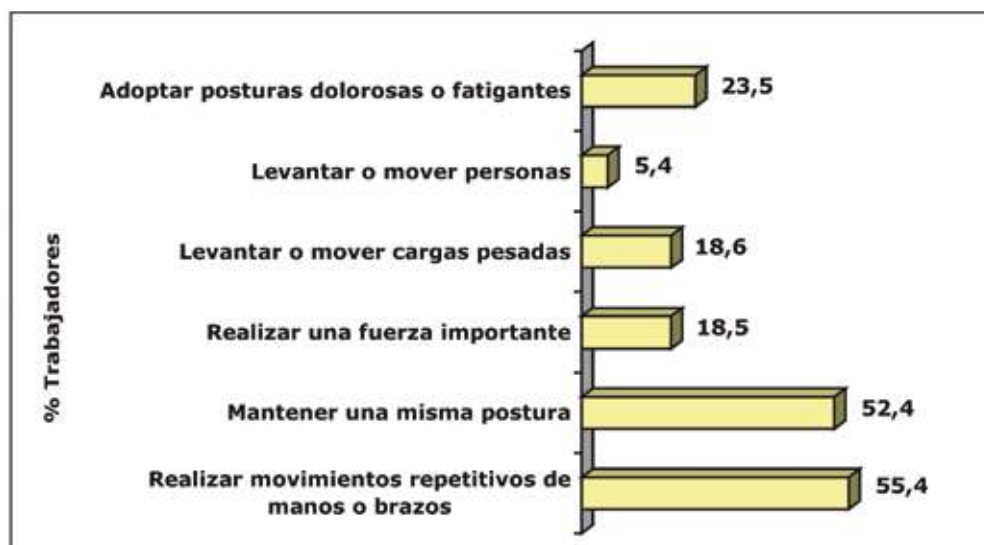
En la VI Encuesta se recogieron los siguientes tipos de **demandas asociadas a la carga física**: adoptar posturas dolorosas o fatigantes, levantar o desplazar cargas pesadas o personas, realizar una fuerza importante, mantener una misma postura y realizar movimientos repetitivos de manos o brazos. Se preguntó, además, por el tiempo de exposición a cada una de estas demandas: *siempre o casi siempre*, *a menudo*, *a veces*, *raramente* y *casi nunca o nunca*. Los resultados mostrados hacen referencia a demandas a las que el trabajador dice estar expuesto *siempre/casi siempre o a menudo*.



Base: Total de trabajadores.

Categorías de respuesta: Posición de trabajo adoptada en primer lugar.

Figura 2. Posiciones de trabajo más habituales según sector de actividad (Fuente:INSHT).



Base: Total de trabajadores.

Categorías de respuesta: "Siempre o casi siempre" o "a menudo".

Figura 3. Demandas físicas de trabajo (Fuente:INSHT).

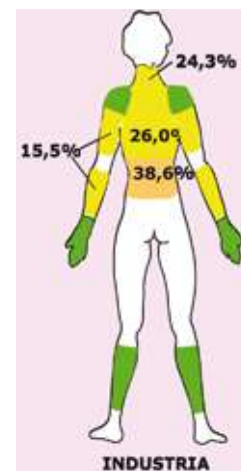


Figura 4. Molestias músculo-esqueléticas más frecuentes en Industria (Fuente:INSHT).

Las demandas físicas más señaladas por los trabajadores, y que predominan en todas las actividades, son "realizar movimientos repetitivos de manos o brazos" (55,4%) y "mantener una misma postura" (52,4%) (Figura 3). Aquí cabe señalar que la demanda "movimientos repetitivos de manos o brazos" destaca en Industria con un 64%.

Las molestias musculoesqueléticas más frecuentes en Industria se localizan en la espalda, con un 38,6% en la zona baja y un 26% en la zona alta (Figura 4).

SOBRESFUERZOS EN EL SECTOR

En la **Guía práctica para la implantación de un sistema de gestión de riesgos laborales. Sector Metal** (Unión de Mutuas, 1996) se describen los **riesgos más importantes y/o frecuentes** asociados a cada uno de los diferentes procesos industriales del sector, así como los principales **agentes generadores de riesgo**. La publicación recoge una relación de los riesgos detectados en los diferentes sectores de actividad y procesos que lo componen; la tabla 1 recoge los riesgos relacionados con la Ergonomía.

Como se puede observar en la tabla, los riesgos relacionados con la Ergonomía se encuentran referidos a los procesos, y no a las tareas. Esto es debido a que no se disponía, en el momento de la publicación, de datos procedentes de estudios más concretos.

En esta misma publicación, y dentro del apartado correspondiente a los principales **agentes generadores de riesgo**, se destacan los **accidentes en maquinaria**. Sin embargo, los riesgos que se presentan por la interacción hombre-máquina son en su mayoría de seguridad (contactos con la máquina o atrapamientos, cortes con objetos móviles y/o herramientas, proyección de partes de la máquina, proyección de materiales, ruido, vibraciones, etc.).

Tabla 1. Riesgos relacionados con la Ergonomía en el sector del metal.

Proceso	Posturas inadecuadas	Sobreesfuerzos	Movimientos Repetitivos
Recepción de materias primas		●	
Preparación de moldes y machos	●	●	●
Fusión y colada	●	●	●
Desmoldeo y rebarbado	●	●	●
Corte de productos básicos	●	●	●
Curvado y doblado	●	●	●
Soldadura	●	●	
Desbarbado y amolado	●	●	●
Mecanización por arranque de material (torneado, taladrado, fresado, cepillado, etc.)	●	●	●
Mecanización por deformación (embutición, troquelado, estampación, etc.)	●	●	●
Tratamiento térmicos	●	●	
Tratamiento de superficie y recubrimientos	●	●	●
Ensamblaje y montaje	●	●	●
Transporte interior y almacenamiento	●	●	
Mantenimiento	●	●	●
Oficinas	●		●

JUSTIFICACIÓN

Frente a la importancia creciente de los factores de riesgos laborales de tipo ergonómico deben establecerse líneas de actuación que contribuyan de manera óptima a su prevención. Dentro de las líneas de I+D en prevención de riesgos laborales se encuentran el desarrollo de procedimientos de identificación y evaluación de riesgos de tipo ergonómico, la generación de criterios de diseño de puestos de trabajo, máquinas y herramientas, y la realización de estudios sectoriales.

Dentro del ámbito ergonómico hacen falta procedimientos prácticos de trabajo, aunque en los últimos años se han desarrollado diferentes procedimientos de evaluación y prevención de riesgos laborales de tipo ergonómico.

Este Manual es un ejemplo del esfuerzo que se está realizando desde Unión de Mutuas por dotar de herramientas prácticas para la Prevención de Riesgos Laborales aplicables a un sector concreto.





Guía de verificación ergonómica



PRESENTACIÓN DE LA GUÍA

La **Guía de verificación ergonómica** consiste en un cuestionario organizado en bloques temáticos, mediante el cual se comprueban diferentes aspectos de la maquinaria con los que interactúa el trabajador y que pueden influir en el desempeño de la tarea.

Concretamente, los aspectos contemplados en la Guía de verificación ergonómica son:

Tabla 2. Aspectos recogidos en la guía de verificación.

1. El diseño considerando las dimensiones corporales y el comportamiento mecánico del cuerpo humano	
a	Dimensiones corporales
b	Posturas y movimientos corporales
c	Esfuerzo físico
2. Diseño de dispositivos de información y mandos	
d	Dispositivos de información
e	Mandos
3. Interacción con el ambiente físico de trabajo	
f	Ruido y vibraciones
g	Confort térmico
h	Confort visual
4. Interacciones en el proceso de trabajo	
i	Proceso de trabajo
5. Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas de trabajo	
j	Diseño de las tareas

El cuestionario de la Guía está basado en la norma **UNE EN 614** sobre “*Seguridad de las máquinas: Principios de diseño ergonómico*”, esta norma establece una serie de principios ergonómicos que hay que seguir durante el proceso de diseño y proyecto de equipo de trabajo, especialmente de las máquinas. Las diferentes cuestiones que se plantean en la lista, son desarrolladas en la Guía en base a diversas normas sobre Ergonomía.

En los dos apartados siguientes se presenta el cuestionario (“**Guía de Verificación Ergonómica para máquinas** del sector del Metal”) así como las instrucciones para su aplicación (“**Como aplicar la Guía de Verificación**”). Se recomienda antes de aplicar el cuestionario por primera vez, leer atentamente la guía de aplicación.

GUÍA

Guía de Verificación Ergonómica para máquinas del sector del Metal

Datos de la máquina/tarea	
Empresa:	Fecha:
Máquina:	Marca y modelo:
Tarea analizada:	

1. El diseño considerando las dimensiones corporales y el comportamiento mecánico del cuerpo humano

a. Dimensiones corporales		
1	¿La altura de utilización de la máquina está adaptada al trabajador y al tipo de trabajo a realizar?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
2	¿El espacio previsto para los brazos permite los movimientos necesarios para realizar la tarea?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
3	¿El espacio previsto para los pies permite el acercamiento correcto para realizar la tarea?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
4	En el caso de utilizar algún tipo de asiento, ¿el espacio previsto para las piernas permite los movimientos necesarios para realizar la tarea?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
5	La distancia entre la máquina y otros elementos del entorno, ¿posibilita los cambios de postura, así como el espacio necesario para todas las partes del cuerpo?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
6	En el caso de disponer de abertura de paso , ¿las dimensiones de la misma facilitan el paso de cuerpo?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
7	En el caso de disponer de aberturas de acceso, ¿las dimensiones de las mismas facilitan el acceso de la parte del cuerpo correspondiente? (Marcar la parte corporal para la que no se cumplen las recomendaciones) ☐ Cabeza ☐ Un antebrazo ☐ Parte superior del cuerpo ☐ Puño ☐ Ambos brazos ☐ Mano ☐ Ambos antebrazos ☐ Dedo ☐ Un brazo	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
8	¿Las empuñaduras del equipo están adaptadas a la mano y a las dimensiones de los trabajadores?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
9	¿Los pedales del equipo están adaptados al pie y a las dimensiones de la población trabajadora?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐

Instrucciones: Se analizarán mediante este bloque del cuestionario todas aquellas posturas y movimientos adoptados durante la utilización del equipo o sobre el equipo; no se contemplarán las posturas y movimientos asociados a alimentación y retirada de materiales. Se recomienda aplicar este bloque de **posturas y movimientos** a todas aquellas tareas o trabajos que se realizan en la máquina de forma habitual (piezas más usuales, modos de funcionamiento más frecuentes, etc.). Además, se recomienda analizar aquellas tareas que, aunque no se realizan habitualmente, presentan una mayor problemática desde el punto de vista ergonómico (p.e. reglajes, ajuste, etc.).

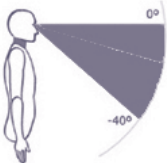
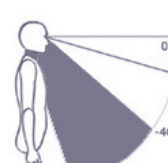
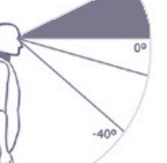
(Consultar la tabla adjunta, y en el caso de detectar alguna de las **posturas incorrectas**, marcarla y responder **INCORRECTO**).

Datos de la máquina/tarea	
Empresa:	Fecha:
Máquina:	Marca y modelo:
Tarea analizada:	

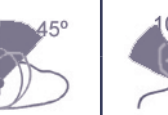
b. Posturas y movimientos corporales

10	¿La máquina permite adoptar posturas aceptables de cabeza y cuello durante la realización de la tarea?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P. ☐
----	---	---

CABEZA Y CUELLO: Flexión/Extensión

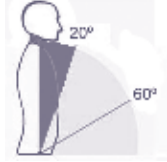
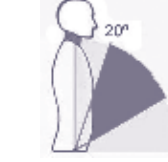
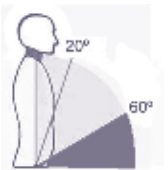
 CORRECTO	 ☐	 ☐	CORRECTO < 2 veces/minuto períodos cortos de tiempo INCORRECTO ☐ ≥ 2 veces/minuto ☐ sostenida o estática, o mucho tiempo
--	--	--	---

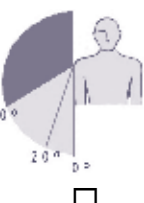
CABEZA Y CUELLO: Flexión lateral/Torsi3n

 CORRECTO	 ☐	CORRECTO < 2 veces/minuto períodos cortos de tiempo INCORRECTO ☐ ≥ 2 veces/minuto ☐ sostenida o estática, o mucho tiempo
---	---	---

11	¿La máquina permite adoptar posturas aceptables de tronco durante la realización de la tarea?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P. ☐
----	--	---

TRONCO: Flexión/Extensión

 CORRECTO	 ☐	 ☐	CORRECTO < 2 veces/minuto períodos cortos de tiempo o estática con apoyo INCORRECTO ☐ ≥ 2 veces/minuto ☐ sostenida o estática sin apoyo, o mucho tiempo
			CORRECTO < 2 veces/minuto con apoyo períodos cortos de tiempo con apoyo INCORRECTO ☐ < 2 veces/minuto sin apoyo ☐ ≥ 2 veces/minuto ☐ sostenida o estática, o mucho tiempo

TRONCO: Flexión lateral/Torsión		
 CORRECTO	 ☐	CORRECTO < 2 veces/minuto períodos cortos de tiempo INCORRECTO ☐ ≥ 2 veces/minuto ☐ sostenida o estática, o mucho tiempo
12	¿La máquina permite adoptar posturas aceptables de los brazos durante la realización de la tarea?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P. ☐
BRAZOS: Flexión/Extensión		
 CORRECTO	 ☐	CORRECTO < 2 veces/minuto 2-10 veces/minuto en períodos cortos de tiempo sostenida o estática con apoyo INCORRECTO ☐ ≥ 10 veces/minuto ☐ ≥ 2 veces/minuto durante mucho tiempo ☐ sostenida o estática sin apoyo
 ☐	 ☐	CORRECTO < 2 veces/minuto períodos cortos de tiempo INCORRECTO ☐ ≥ 2 veces/minuto ☐ sostenida o estática, o mucho tiempo
13	¿La máquina permite adoptar posturas aceptables del codo durante la realización de la tarea?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P. ☐
CODO: Flexión/Extensión		
 CORRECTO	 ☐	CORRECTO < 2 veces/minuto períodos cortos de tiempo INCORRECTO ☐ ≥ 2 veces/minuto ☐ sostenida o estática, o mucho tiempo
14	¿La máquina permite adoptar posturas aceptables de la muñeca durante la realización de la tarea?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P. ☐
MUÑECA: Flexión/Extensión, Inclínación lateral y Giro		
 CORRECTO	 ☐	CORRECTO < 2 veces/minuto INCORRECTO ☐ ≥ 2 veces/minuto ☐ sostenida o estática

15	¿La máquina permite adoptar posturas aceptables de las piernas durante la realización de la tarea?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P. ☐
PIERNAS		
		CORRECTO - De pie con las piernas rectas, con desplazamientos cada < 2 horas - De pie flexionando las rodillas < 2 veces/minuto - De pie con el peso corporal distribuido sobre ambas piernas - Sentado manteniendo la curvatura de la espalda - De rodillas o en cuclillas poco tiempo
 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐		INCORRECTO ☐ De pie con las piernas rectas, con desplazamientos cada ≥ 2 horas ☐ De pie flexionando las rodillas ≥ 2 veces/minuto ☐ De pie con las rodillas flexionadas de forma estática ☐ De pie con el peso corporal sobre una pierna ☐ De rodillas o en cuclillas de forma estática o mucho tiempo

Instrucciones: Se recomienda aplicar este bloque de **Esfuerzo físico** a todas aquellas tareas o trabajos que se realizan en la máquina de forma habitual. Además, se recomienda analizar aquellas tareas que, aunque no se realizan habitualmente, presentan una mayor problemática desde el punto de vista ergonómico (p.e. reglajes, ajustes, etc.).

Datos de la máquina/tarea	
Empresa:	Fecha:
Máquina:	Marca y modelo:
Tarea analizada:	

c. Esfuerzo físico		
Manipulación Manual de Cargas (MMC)		
16	Las cargas que se manipulan durante la tarea ¿son inferiores al peso máximo recomendado? (En caso de incumplimiento, indicar la situación que corresponda) ☐ Población general: peso máximo 25 kilos. ☐ Mujeres, trabajadores jóvenes y mayores: peso máximo 15 kilos. ☐ Trabajadores entrenados (situaciones aisladas): peso máximo 40 kilos. En caso de incumplimiento, marcar cuándo se da: ☐ Alimentación ☐ Proceso ☐ Retirada ☐ Ajuste/reglaje ☐ Otros	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
17	Las alturas de manipulación de la carga ¿están por debajo de los 175 cm? En caso de incumplimiento, marcar cuándo se da: ☐ Alimentación ☐ Proceso ☐ Retirada ☐ Ajuste/reglaje ☐ Otros	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
18	En el caso de que se manipulen cargas superiores a los 3 kilos, ¿la frecuencia de los levantamientos es inferior a... 9 levantamientos/minuto en MMC de larga duración (2-8 horas)? 11 levantamientos/minuto en MMC de duración media (1-2 horas)? 13 levantamientos/minuto en MMC de corta duración (< 1 hora)?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐

c. Esfuerzo físico (Cont.)

Manipulación Manual de Cargas (MMC) (Cont.)

19	La siguiente lista de verificación permite determinar situaciones de riesgo tolerable mediante una evaluación rápida y sencilla. Si se incumple alguno de los ítems de la lista sería necesario evaluar con mayor detalle la tarea de manipulación. Procedimiento simplificado para la detección de riesgo por MMC: ☐ Las cargas que se manipulan son superiores a 6 kg. ☐ Se levantan cargas o partes móviles de la máquina superiores a 3 kg por encima del hombro o por debajo de las rodillas. ☐ Se levantan cargas o partes móviles de la máquina superiores a 3 kg alejadas del cuerpo (a más de 63 cm). ☐ Se levantan cargas o partes móviles de la máquina superiores a 3 kg con el tronco visiblemente girado (más de 30°). ☐ Se levantan cargas o partes móviles de la máquina superiores a 3 kg más de 1 vez por minuto durante la jornada laboral. En caso de incumplimiento, marcar cuándo se da: ☐ Alimentación ☐ Proceso ☐ Retirada ☐ Ajuste/reglaje ☐ Otros	☐ PROCEDE EVALUAR
20	En el caso de que se manipulen cargas o partes móviles de la máquina entre dos personas ¿su peso es inferior al peso máximo recomendado en estos casos? ☐ Población general: peso máximo 33 kilos. ☐ Mujeres, trabajadores jóvenes y mayores: peso máximo 20 kilos. En caso de incumplimiento, marcar cuándo se da: ☐ Alimentación ☐ Proceso ☐ Retirada ☐ Ajuste/reglaje ☐ Otros	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
21	En el caso de que se manipulen cargas o partes móviles de la máquina con una sola mano ¿su peso es inferior al peso máximo recomendado en estos casos? ☐ Población general: peso máximo 15 kilos. ☐ Mujeres, trabajadores jóvenes y mayores: peso máximo 9 kilos. En caso de incumplimiento, marcar cuándo se da: ☐ Alimentación ☐ Proceso ☐ Retirada ☐ Ajuste/reglaje ☐ Otros	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
22	<i>(Aplicar este punto cuando proceda. Consultar la Guía)</i> ¿Se proporcionan elementos técnicos auxiliares para mejorar las condiciones de manipulación? En caso de incumplimiento, marcar cuándo se da: ☐ Alimentación ☐ Proceso ☐ Retirada ☐ Ajuste/reglaje ☐ Otros	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐

23	En el caso de que se manipulen cargas o partes móviles de la máquina sentado ¿su peso es inferior a 5 kg?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
24	En el caso de que se realicen transportes manuales de cargas ¿el peso acumulado transportado a lo largo de la jornada laboral sobrepasa el límite recomendado?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
Fuerzas		
25	En el caso de que se realicen empujes o arrastres de cargas o partes móviles de la máquina (bastidores, carros, etc.) ¿el esfuerzo requerido para su realización es considerado ligero o normal? <i>(Marcar la parte corporal para la que no se cumple)</i> ☐ Dedos ☐ Brazos ☐ Pies ☐ Cuerpo completo ☐ Manos ☐ Piernas ☐ Tronco	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
26	En el caso de que la fuerza física necesaria no pueda ser aplicada ¿está previsto el uso de medios mecánicos auxiliares?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
27	En el caso de realizarse movimientos de precisión estos no requieren de la aplicación de fuerza.	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐

2. Diseño de dispositivos de información y mandos

d. Dispositivos de información		
Información visual (pantallas, indicadores analógicos, marcadores digitales, ...)		
28	¿La ubicación de los dispositivos de información visual permite su detección e identificación de forma rápida y segura?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
29	¿Los dispositivos de información visual permiten una interpretación de la información clara e inequívoca?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
30	¿El ritmo y sentido de las variaciones de información visual mostradas al trabajador son compatibles con el ritmo y sentido de las variaciones de información en la fuente que la origina (mandos, procesos, máquina ...)?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
Información sonora (señales tonales, alarmas, mensajes ...)		
31	¿Los dispositivos de información sonora facilitan su detección e identificación de forma rápida y segura?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
32	¿Los dispositivos de información sonora permiten una interpretación de la información clara e inequívoca?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
Presentación de la información		
33	¿Se proporciona únicamente la información necesaria al operador?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
34	¿Se tiene en cuenta la prioridad y frecuencia de cada elemento de información?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
35	¿Se observa la necesidad de algún dispositivo de información (visual o sonora) para llevar a cabo la tarea?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
e. Mandos		
36	¿El tipo de mandos se corresponde con los requisitos de las tareas de control a ejecutar?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
37	¿La función de cada mando es fácilmente identificable y distinguible de la función de los mandos adyacentes?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
38	¿El desplazamiento de los mandos está de acuerdo a la naturaleza de control a realizar?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
39	¿Los mandos de uso frecuente están situados al alcance inmediato de las manos o de los pies del operador?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
40	¿La parada de emergencia está al alcance inmediato de operador?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐

e. Mandos (Cont.)		
41	¿Se ha tenido en cuenta en la distribución de los mandos el orden de las operaciones a realizar y su significado para garantizar una operación inequívoca y funcional?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
42	¿El mando de arranque está proyectado, seleccionado y dispuesto de tal manera que se evita su operación involuntaria ? ¿Y el resto de mandos?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
43	Las máquinas de tipo o función similar, ¿mantienen la misma distribución de mandos?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
44	¿Cómo califica el trabajador el esfuerzo físico necesario para accionar los mandos: ligero, normal o pesado? (Marcar INCORRECTO en el caso de que algún mando sea calificado como pesado) ¿Qué mandos/s?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐

3. Interacción con el ambiente físico de trabajo

Instrucciones: Previo a la realización de este punto, y los diferentes bloques que lo constituyen, investigar si se han realizado mediciones ambientales en el puesto y, en su caso, seguir las recomendaciones indicadas en los informes.

f. Ruido y vibraciones		
Aplicación: Se debe aplicar este bloque si no se han realizado mediciones en el puesto, o las hay y están por debajo de los límites establecidos. Si las mediciones superan los límites estipulados marcar directamente como INCORRECTO .		
45	Las emisiones de ruido de la máquina no resultan molestas ni inseguras, de manera que el trabajador no percibe ningún ruido que le resulta molesto o le limita el desarrollo normal de las tareas (le impide escuchar señales sonoras importantes, impide su concentración, etc.) <i>(En el caso de contestación negativa marcar el tipo de ruido que percibe el trabajador)</i> ☐ El ruido es constante y molesto durante todo el día. ☐ Existen variaciones periódicas del nivel de ruido acusadas y molestas. ☐ Hay ruidos de impacto frecuentes, molestos o que producen sobresaltos. ☐ En determinados periodos horarios el nivel de ruido es molesto. ☐ Otras:..... <i>(En el caso de contestación negativa indicar la fuente de ruido, si la puede determinar)</i> ☐	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
46	¿Durante el uso del equipo se percibe transmisión de vibraciones al trabajador?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
g. Confort térmico		
Aplicación: Se debe aplicar este bloque si el equipo incide, o puede incidir, sobre el ambiente térmico (temperatura, humedad o generación de corrientes de aire). En el caso de que no incida, no procede aplicar las preguntas de este bloque.		
47	¿La temperatura es adecuada? <i>(En el caso de contestación negativa indicar lo que proceda)</i> ☐ Frío (Invierno) ☐ Frío (Primavera/Otoño) ☐ Calor (Verano) ☐ Calor (Primavera/Otoño)	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
48	¿La máquina incide sobre la humedad ambiental por la emisión de vapores o líquidos? <i>(En el caso de contestación negativa indicar lo que proceda)</i> ☐ Ambiente demasiado seco ☐ Ambiente demasiado húmedo	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
49	¿La máquina genera corrientes de aire que pueden ocasionar molestias al trabajador?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
h. Confort visual		
Aplicación: Se debe aplicar este bloque siempre.		
50	El nivel de iluminación en la posición habitual de trabajo es apropiado para la realización de la tarea.	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐

h. Confort visual (Cont.)		
Aplicación: Se debe aplicar este bloque siempre.		
51	Desde la posición habitual de trabajo en la máquina se ha tenido en cuenta que no existan oscilaciones de luz .	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
52	Desde la posición habitual de trabajo se han evitado deslumbramientos o brillos molestos.	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
53	En la zona de trabajo se ha asegurado que no existen sombras que pueden dar lugar a confusiones.	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
54	Se ha tenido en cuenta que ninguna parte móvil de la máquina genere efecto estroboscópico . (En el caso de contestación negativa indicar la parte de la máquina para la cual se produce este efecto):	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
55	El contraste para la tarea es adecuado, no existiendo grandes diferencias de luminosidad entre los elementos del puesto.	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
56	Se discriminan los colores correctamente.	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
57	Para la realización de ajustes y reglajes en la máquina, ¿se ha dispuesto iluminación auxiliar regulable en previsión de que la iluminación ambiental sea insuficiente?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐

4. Interacciones en el proceso de trabajo

i. Proceso de trabajo		
58	Se ha tenido en cuenta que ningún elemento del equipo de trabajo obstaculice la visión al operador durante la realización de alguna tarea.	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
59	Se ha evitado que el ritmo de trabajo del operador esté ligado al ciclo de trabajo de una máquina automática o semiautomática o a un dispositivo transportador. Y en el caso de que lo esté, es considerado correcto por el trabajador.	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
60	El equipo permite su utilización por operadores diestros y zurdos .	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
61	Las herramientas y equipos portátiles tienen una forma adecuada a la forma de la mano y permiten al operador utilizar movimientos naturales del cuerpo durante su uso.	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
62	Las herramientas y equipos portátiles que tiene que sostener el trabajador durante su utilización requieren de un esfuerzo adecuado. (En caso de incumplimiento, indicar la situación que corresponda) ☐ Peso superior a 2,3 kilos. ☐ Si se trata de tareas de precisión: peso superior a 0,4 kilos. ☐ Fuerza de accionamiento, de gatillos o pulsadores, elevada. ☐ Otras:.....	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
63	Las herramientas y equipos portátiles con accionamiento manual tienen los mandos fundamentales dispuestos de forma que el operador no tiene que soltar las empuñaduras para accionarlos.	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐

5. Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas de trabajo

j. Diseño de las tareas		
64	¿Se dispone de un manual de instrucciones de la máquina?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
65	¿El trabajador ha recibido formación específica sobre el manejo de la máquina ?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐
66	En el caso de haya un equipo de trabajadores, ¿se ha distribuido la carga de trabajo equitativamente entre los operadores?	CORRECTO ☐ INCORRECTO ☐ N.P ☐

NOTAS	
Número	Nota

CÓMO APLICAR LA GUÍA DE VERIFICACIÓN

Durante la aplicación de la **Guía de Verificación** es normal que surjan dudas relativas a los conceptos y criterios manejados en las preguntas. Con el fin de objetivar las preguntas y aclarar dudas se ha elaborado este apartado del Manual, que pretende ayudar al analista a determinar sin incertidumbres las respuestas a las cuestiones que se le plantean.

Para ello, se ha desarrollado para cada pregunta de la Guía, una instrucción breve para su aplicación (primer párrafo en negrita) y una explicación-justificación ergonómica del aspecto valorado así como recomendaciones a considerar. **Es de destacar que la mayoría de las recomendaciones dadas, especialmente las dimensionales, son valores de referencia o guía que han sido extraídos de normas, no siendo de obligado cumplimiento.** Además, se ha incluido normativa de referencia en muchos de los puntos de la Guía.

A continuación, se recogen cada una de las preguntas que configuran la Guía.

1. El diseño considerando las dimensiones corporales y el comportamiento mecánico del cuerpo humano

a. Dimensiones corporales

1 (CLAVE)	¿La altura de utilización de la máquina está adaptada al trabajador y al tipo de trabajo a realizar?
--------------	---

Observar el tipo de tarea que realiza el trabajador en la máquina y, siguiendo las recomendaciones de la tabla 3, comprobar que el trabajador utiliza el equipo a una altura adecuada.

Tabla 3. Recomendaciones de alturas de trabajo.

ALTURAS DE UTILIZACIÓN DE EQUIPOS	
Tipo de trabajo a realizar	Altura de trabajo recomendada
Manipulación de piezas no muy pesadas, con un nivel medio de fuerza y precisión Empujar o arrastrar	Ligeramente por debajo de la altura de codos de pie (Figura 5).
Tareas de precisión	Ligeramente por encima de la altura de codos preferiblemente sentado.
Tareas pesadas con aplicación de fuerza Tareas de manipulación de piezas pesadas	Entre la altura de los nudillos y la altura de los codos; el trabajador debería de estar de pie. La máxima fuerza de levantamiento se puede hacer cuando el objeto está a la altura de los nudillos.
Controles sobre paneles verticales	Entre la altura de los codos y la de los hombros. Considerar también los requisitos visuales.

A la hora de definir la **altura óptima** para trabajar se tiene que tener en cuenta que ésta depende del tipo de tarea que se realice. Cuanto más baja es la altura del plano de trabajo, más debe inclinarse la espalda al trabajar y la tarea resulta más penosa. Así, las tareas pesadas que implican manejo de cargas (por ejemplo, manipulación de piezas de grandes dimensiones en prensa) exigen planos de trabajo más bajos que las tareas de precisión (por ejemplo, el perforado de piezas en taladros de columna, o el tratamiento de piezas pequeñas en la pulidora), donde los antebrazos necesitan apoyo y la pieza u objeto debe estar cerca de la cabeza por motivos de agudeza visual.

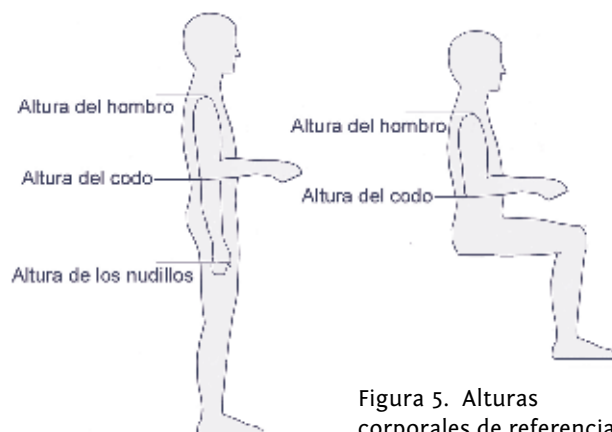


Figura 5. Alturas corporales de referencia.

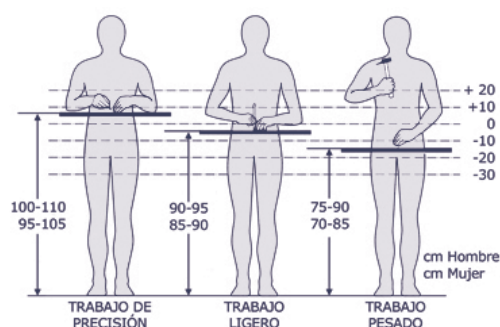


Figura 6. Alturas recomendadas para trabajar de pie.

En la figura 6, y a modo de orientación, se muestran las alturas recomendadas, tanto para mujeres como para hombres, en tres situaciones de las planteadas en la tabla anterior.

a. Dimensiones corporales

2
(CLAVE) ¿El espacio previsto para los brazos permite los movimientos necesarios para realizar la tarea?



Figura 7. Zonas de alcance recomendadas para una posición fija.

Observar si el trabajador puede alcanzar todos los elementos del área principal de trabajo sin adoptar posturas forzadas de brazo o tronco (estiramiento del brazo, inclinación o giro del tronco, extensión del brazo, etc.).

Con carácter general se recomiendan los siguientes alcances (Figura 7) en función de la intensidad de uso de los elementos alcanzados:

- Emplazar todos aquellos elementos de trabajo de “uso intensivo” en el **área de alcance principal** (área con un radio de alcance máximo de 40 cm). Los elementos con un uso más frecuente serán emplazados tan cerca y tan al frente como sea posible.
- Y el resto de elementos, con un “uso más ocasional”, en la **zona de alcance secundaria** (con un radio de alcance máximo de 60 cm).
- Aquellos elementos que requieran esfuerzo físico deberán de estar emplazados en la zona de alcance más cómoda.

En lo referente a las alturas consultar **punto 1**. Restringiendo el espacio a la abertura de acceso límite, que permite alargar ambos brazos, para alcanzar algo o para efectuar ciertas operaciones en una máquina, consultar el **punto 7**.

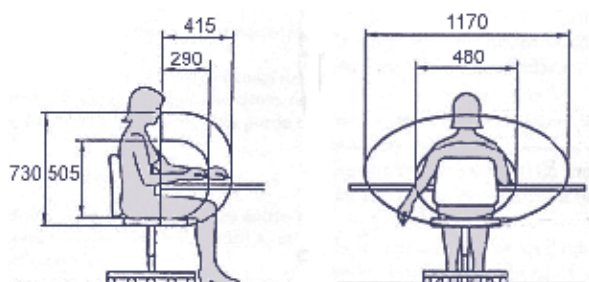


Figura 8. Zonas de trabajo máxima y recomendada para postura sentada.

Por otro lado, la norma **UNE EN 14738** nos indica que para garantizar una postura de trabajo adecuada es recomendable proporcionar espacio suficiente para favorecer la movilidad de los brazos. Dicha norma considera **dos zonas de trabajo**, una recomendada y otra máxima; teniendo en cuenta en ambos casos la postura sentada por su alcance más restringido. En la figura 8 vienen recogidas las dimensiones correspondientes a estas dos zonas de trabajo, recogidas en la norma.

a. Dimensiones corporales

3 ¿El espacio previsto para los pies permite el acercamiento correcto para realizar la tarea?

Comprobar que el trabajador puede acercarse a la máquina correctamente sin que sus pies topen contra la parte inferior de la misma, o tenga que girarlos para poder arriarse al área de trabajo.

Se debe proporcionar espacio suficiente para las extremidades inferiores cuando se trabaja frente a una máquina. Esto es especialmente importante cuando la máquina requiere

que el trabajador esté manipulando la pieza o parte de la máquina durante el proceso (por ejemplo, en la tronzadora de cinta o en fresadora). En otros casos (por ejemplo, el torno paralelo) el trabajador se desplaza lateralmente respecto a la máquina por lo que el espacio se debe garantizar en el sentido de avance. En la norma **UNE EN 14738** se dan recomendaciones sobre requisitos de espacio libre para los pies.

Postura de pie (Figura 9):

Es recomendable favorecer el acercamiento del trabajador a la máquina garantizando un espacio o hueco para albergar los pies. Los **requisitos mínimos** de espacio para los pies recogidos en la norma son los siguientes:

- Profundidad de espacio para los pies: 21 cm
- Altura de espacio para los pies: 23 cm

Esta última dimensión deberá incrementarse, si es el caso, con la altura de reposapiés o plataformas.

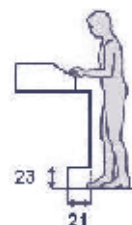


Figura 9. Espacio libre para los pies de pie.

a. Dimensiones corporales

4 (CLAVE)	En el caso de utilizar algún tipo de asiento, ¿el espacio previsto para las piernas permite los movimientos necesarios para realizar la tarea?
--------------	--

Observar si el trabajador tiene espacio suficiente para las piernas y adopta una postura sentada correcta; no siendo correcto que esté sentado con las piernas o el tronco girado, ni alejado del área de trabajo.

Se debe proporcionar espacio suficiente para las piernas cuando se trabaje sentado frente a una máquina. Dependiendo de la postura principal de trabajo adoptada, se tendrá que habilitar mayor o menor hueco para garantizar una correcta aproximación y alcance al área de trabajo. En la norma **UNE EN 14738** se dan **recomendaciones** sobre requisitos de espacio libre para las piernas.

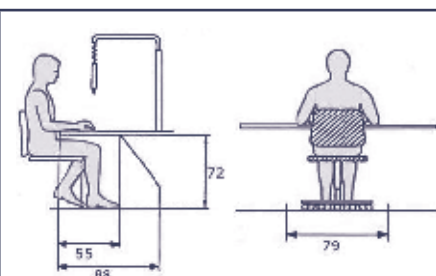


Figura 10. Espacio libre para las piernas sentado.

Postura sentada (Figura 10)

El hueco recomendado para albergar las piernas cuando se trabaja sentado frente a una máquina, debería tener las siguientes dimensiones según norma:

- Altura: 72 cm
- Anchura: 79 cm
- Profundidad: 55 cm (a la altura de la rodilla) y 88 cm (para las piernas y pies)

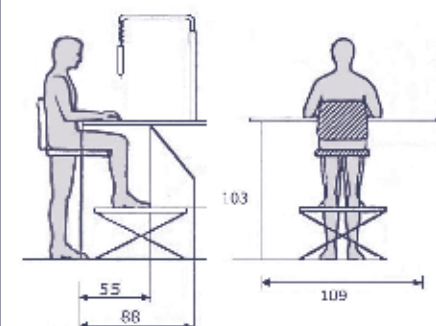
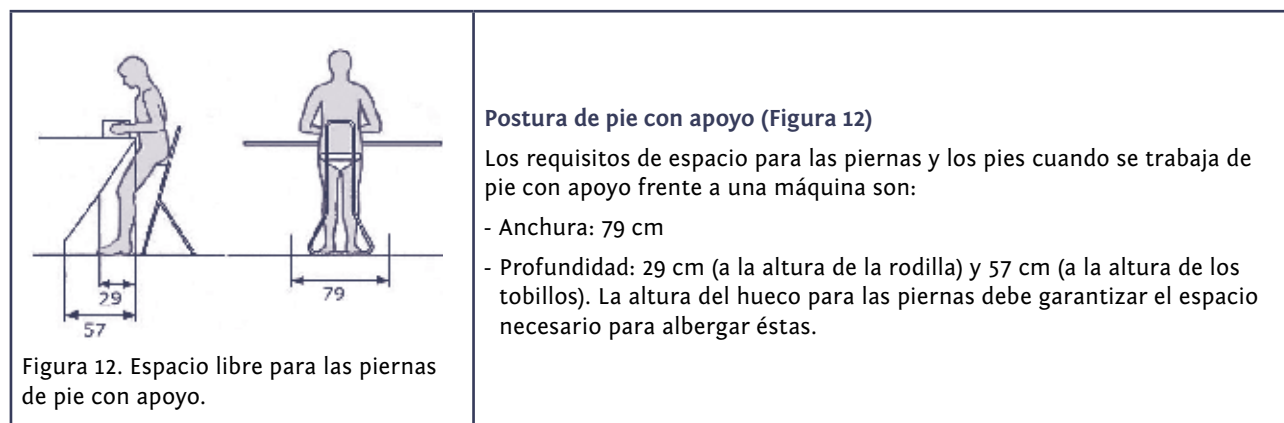


Figura 11. Espacio libre para las piernas sentado en alto.

Postura sentada en alto (Figura 11)

Los requisitos de espacio para las piernas y los pies cuando se trabaja sentado en alto frente a una máquina son:

- Altura del espacio para las piernas a partir del suelo: 103 cm
- Anchura para el acceso al asiento: 109 cm
- Profundidad: 55 cm (a la altura de la rodilla) y 88 cm (para las piernas y pies)



a. Dimensiones corporales

5 (CLAVE) La distancia entre la máquina y otros elementos del entorno, ¿posibilita los cambios de postura, así como el espacio necesario para todas las partes del cuerpo?

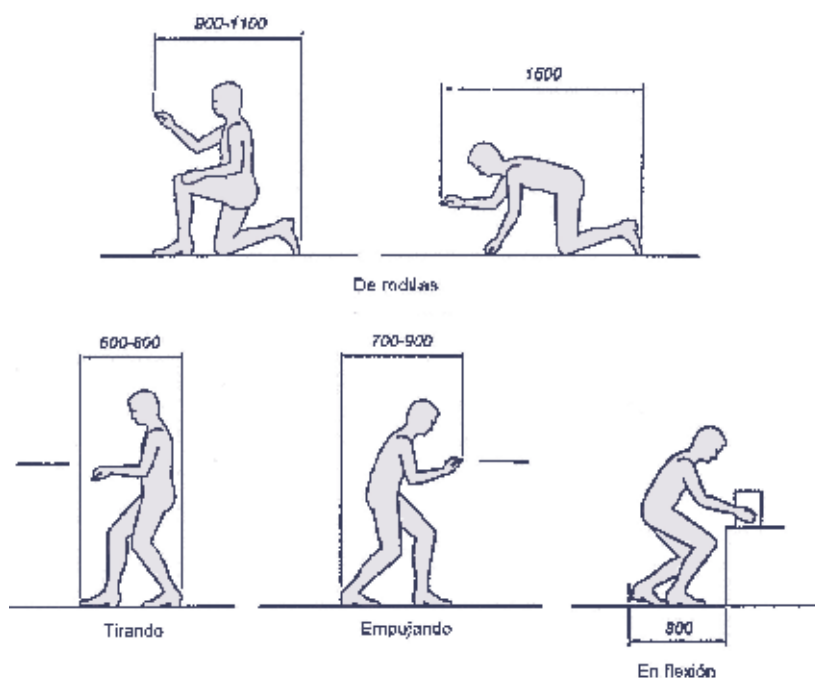


Figura 13. Espacio libre para determinadas posturas de trabajo (mm).

Verificar que el espacio entre la máquina y cualquier elemento es, como mínimo, de 800 mm (Real Decreto 486/1997: Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo), siendo recomendable 1100 mm.

En casos particulares, son necesarios requisitos de espacio adicional para diferentes posturas dinámicas del cuerpo, que pueden adoptarse durante la operación de la máquina o, bien en operaciones de mantenimiento o limpieza.

A modo orientativo, la norma **UNE EN 14738** recoge en uno de sus anexos una serie de recomendaciones sobre holguras para determinadas posturas.

Se trata de una serie de posturas di-

námicas del cuerpo que requieren de espacio adicional; seguidamente se describen estas posturas así como el espacio libre recomendado para las mismas (Figura 13):

- De rodillas con acceso alto (espalda recta): 90-110 cm
- De rodillas con acceso bajo (espalda inclinada): 150 cm
- Tirando de una carga: 60-80 cm
- Empujando una carga: 70-90 cm
- Cogiendo una carga a baja altura (con flexión de rodillas): 80 cm

Siempre que sea posible se proporcionarían espacios más amplios.

a. Dimensiones corporales

6	En el caso de disponer de abertura de paso , ¿las dimensiones de la misma facilitan el paso de cuerpo?
---	---

Comprobar que las dimensiones de la abertura de paso en el equipo garantizan la entrada del cuerpo completo del trabajador a través de la misma.

Las **aberturas de paso en máquinas** permiten la entrada del cuerpo completo de una persona para efectuar determinadas operaciones. Para su determinación se ha tenido en cuenta el caso más desfavorable que son los sujetos más grandes (Tabla 4).

En las dimensiones anteriores se ha tenido en cuenta el uso de calzado y ropa de trabajo, así como el movimiento del cuerpo. En la tabla 5 vienen recogidos algunos suplementos para circunstancias particulares.

Tabla 4. Dimensiones mínimas para aberturas de paso (en cm).

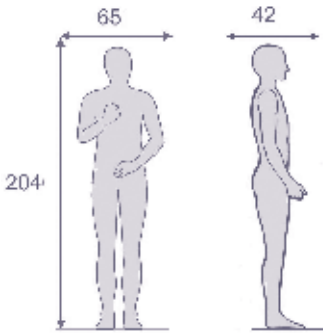
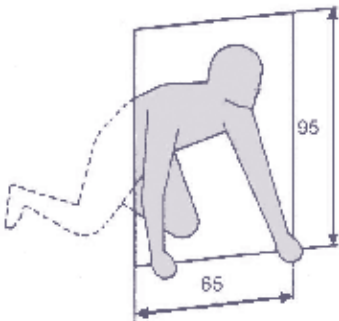
ABERTURAS DE PASO		
Tipo de abertura de paso	Dimensión mínima (alto x ancho) en cm	
Abertura de paso de frente en posición erguida	204 x 65	 Figura 14. Abertura de paso en posición erguida.
Abertura de paso lateral en posición erguida	204 x 42	
Abertura para entrada de rodillas	95 x 65	 Figura 15. Abertura de paso para entrada de rodillas.

Tabla 5. Requisitos espaciales adicionales para las aberturas de paso.

Casco	+ 6 cm
Ropa gruesa y equipos de protección individual	+ 10 cm
Transporte de personas heridas	+ 20 cm

a. Dimensiones corporales

7

En el caso de disponer de **aberturas de acceso**, ¿las dimensiones de las mismas facilitan el acceso de la parte del cuerpo correspondiente?

Comprobar que las dimensiones de la abertura, o aberturas, de acceso en el equipo garantizan el paso correcto de la parte del cuerpo del trabajador que corresponda (cabeza, tronco, brazo, mano, etc.).

Una **abertura de acceso en una máquina** es un orificio a través del cual la persona puede inclinarse hacia delante o alargar el brazo para alcanzar algo, así como extender alguna parte del cuerpo (cabeza, brazo, mano, dedo, etc.) para efectuar ciertas operaciones durante su trabajo.

En la tabla 7 vienen recogidas las dimensiones límite recomendadas en norma para aberturas de acceso. Sin embargo, antes de establecer una abertura de acceso conviene tener en cuenta otras opciones como la posibilidad de abrir las máquinas, o de retirar las piezas de la máquina para su recuperación. Esto es especialmente importante cuando la tarea exige el acceso frecuente.

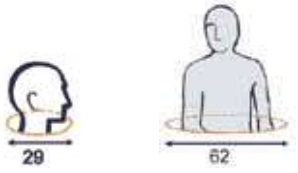
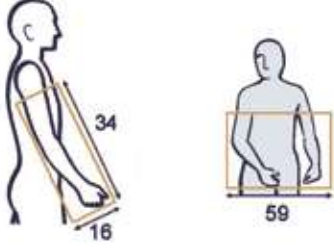
Este aspecto es especialmente importante en el caso de las tareas de preparación (por ejemplo en los cambios de herramienta) así como en tareas de reparación y mantenimiento.

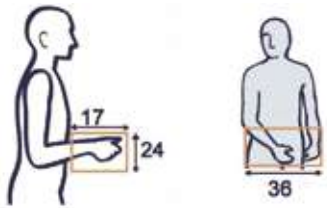
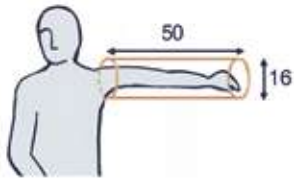
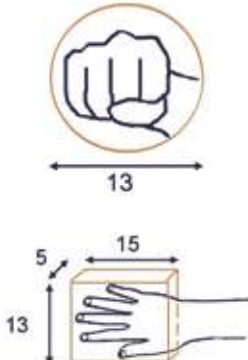
Al igual que en el punto anterior, para establecer las dimensiones límite recomendadas, se ha tenido en cuenta el uso de calzado y ropa de trabajo, así como el espacio para el movimiento del cuerpo (han sido considerados los suplementos, correspondientes en cada caso, establecidos en la norma **EN 547-2**). En la tabla 6 vienen recogidos algunos suplementos a añadir a estas dimensiones para circunstancias particulares:

Tabla 6. Requisitos espaciales adicionales (en cm) para las aberturas de acceso.

Casco	+ 6 cm
Ropa gruesa o que puede ser dañada por contacto	+ 10 cm
Equipos de protección individual (casco, protectores auditivos contra el ruido, gafas de protección, máscaras, etc.)	+ 10 cm
Equipos de protección de la mano	+ 2 cm

Tabla 7. Dimensiones límite recomendadas para aberturas de acceso (en cm).

Tipo de abertura de acceso	Dimensión límite recomendadas (cm)
Para la cabeza hasta los hombros (inspección) Dimensión considerada: longitud de la cabeza Para la partes superior del cuerpo y los brazos Dimensión considerada: anchura entre codos	 El diagrama muestra dos siluetas humanas. La primera, en perfil, indica la longitud de la cabeza con una línea horizontal y el valor 29. La segunda, de frente, indica la anchura entre los codos con una línea horizontal y el valor 62.
Para ambos brazos (hacia delante y hacia abajo) Dimensiones consideradas: distancia entre codos, grueso del brazo y alcance del brazo	 El diagrama muestra dos siluetas humanas. La primera, en perfil, indica la distancia entre los codos con una línea diagonal y el valor 34, y el grueso del brazo con una línea horizontal y el valor 16. La segunda, de frente, indica la anchura entre los codos con una línea horizontal y el valor 59.

Tipo de abertura de acceso	Dimensión límite recomendadas (cm)
Para ambos antebrazos (hacia delante y hacia abajo) Dimensiones consideradas: grueso y alcance del antebrazo, diámetro de los dos antebrazos.	
Lateral para un brazo hasta el hombro Dimensiones consideradas: diámetro y alcance lateral del brazo	
Para un antebrazo hasta el codo Dimensiones consideradas: anchura de la mano y alcance del antebrazo	
Para el puño Dimensión considerada: diámetro del puño Para la mano plana hasta la muñeca Dimensiones consideradas: anchura, espesor y longitud de la mano	
Para el dedo índice Dimensiones consideradas: anchura y longitud del índice	

a. Dimensiones corporales

8	¿Las empuñaduras del equipo están adaptadas a la mano y a las dimensiones de los trabajadores?
---	---

Verificar que las dimensiones fundamentales de las empuñaduras del equipo cumplen con las recomendaciones básicas:

- Longitud mínima: 10 cm.
- Diámetro comprendido entre 3-5 cm si se precisa fuerza, y entre 0,8-1,6 cm si se requiere de precisión.

Una empuñadura o mango debe optimizar la transmisión de fuerzas entre la mano y la máquina o herramienta (tronzadora de disco, torno paralelo, fresadora, etc.). El ancho de la mano es de aproximadamente 7,1 cm para una mujer de talla pequeña y 9,7 cm para un hombre de talla grande; así para agarres de potencia donde los cuatro dedos están en contacto, **100 mm es una longitud mínima razonable**, pero 12,5 cm resulta más confortable. Si el mango es cerrado, o es necesario el uso de guantes la longitud mínima recomendada es de 12,5 cm.

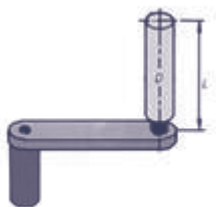


Figura 16.
Empuñadura.

En lo referente al **diámetro** recomendable, puede variar con la tarea y con el tamaño de la mano del operador. Así para **agarres que precisan fuerza se recomienda un diámetro de 4 cm**; debiendo estar comprendido en el rango de 3-5 cm. El error más común es usar diámetros de mango demasiado pequeños. **Para agarres que requieren de precisión el diámetro recomendado es de 1,2 cm**; siendo aceptable un rango entre 0,8-1,6 cm. (Para ampliar información, consultar **punto 60**).

a. Dimensiones corporales

9	¿Los pedales del equipo están adaptados al pie y a las dimensiones de la población trabajadora?
---	--

Observar si el trabajador tiene espacio suficiente para apoyar el pie en los pedales para pie completo. Y en el caso de pedales accionados con la punta del pie, observar que el acceso es correcto.

En la tabla 8 vienen recogidas las dimensiones de acceso recomendadas para pedales, éstas han sido extraídas de la norma **UNE EN 547-2**. Además, se han considerado las correcciones correspondientes al calzado y al espacio para facilitar los movimientos.

Tabla 8. Dimensiones recomendadas para el acceso con el pie.

Acceso a pedales	Dimensión recomendadas
Para un pie (completo) Dimensiones consideradas: anchura y longitud del pie	
Para pedales accionados por la punta del pie Dimensiones consideradas: altura del tobillo, anchura y longitud del pie	

1. El diseño considerando las dimensiones corporales y el comportamiento mecánico del cuerpo humano

b. Posturas y movimientos corporales

Se analizarán mediante este bloque (del punto 10 al 15) todas aquellas posturas y movimientos adoptados durante la utilización del equipo o sobre el equipo. Evaluándose los diferentes segmentos corporales siguiendo el procedimiento marcado por la norma **UNE EN 1005-4** (*Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 4: Evaluación de las posturas y movimientos de trabajo en relación con las máquinas*). No se contemplarán las posturas y movimientos asociados a alimentación y retirada de materiales.

Se recomienda aplicar este bloque de **posturas y movimientos** a todas aquellas tareas o trabajos que se realizan en la máquina de forma habitual (piezas más usuales, modos de funcionamiento más frecuentes, etc.). Además, se recomienda analizar aquellas tareas que, aunque no se realizan habitualmente, presentan una mayor problemática desde el punto de vista ergonómico (p.e. reglajes, ajuste, etc.).

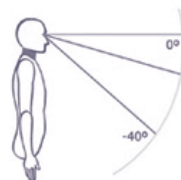
Como ayuda a la aplicación de este bloque se puede recurrir a la grabación en vídeo de las diferentes tareas. La filmación de las tareas facilita la posterior codificación de los diferentes segmentos corporales, así como la identificación de posturas inadecuadas asociadas al uso del equipo.

10 (CLAVE)	¿La máquina permite adoptar posturas aceptables de cabeza y cuello durante la realización de la tarea?
---------------	---

Observar si las posturas de cabeza y cuello adoptadas por el trabajador durante la realización de la tarea son aceptables.

La norma **UNE EN 1005-4** considera como posturas aceptables de cabeza y cuello las siguientes:

- Aquella en la cual la línea de visión del trabajador está comprendida entre la horizontal (tomada a la altura del ojo) y 40° por debajo de ésta.
- Aquella en la cual la línea de visión del trabajador está por debajo de 40° de la horizontal con baja repetitividad (< 2 veces por minuto) y en períodos cortos de tiempo.
- Flexión lateral del cuello poco visible (10° o menos).
- Flexión lateral del cuello claramente visible (mayor de 10°) con baja repetitividad (< 2 veces por minuto) y en períodos cortos de tiempo.
- Torsión (giro) del cuello inferior a 45°.
- Torsión del cuello superior a 45° con baja repetitividad (< 2 veces por minuto) y en períodos cortos de tiempo.



Inclinación lateral



Giro (torsión)

Figura 17. Zonas para la línea de visión (dirección de la mirada), para la flexión lateral y torsión del cuello.

b. Posturas y movimientos corporales

11 (CLAVE)	¿La máquina permite adoptar posturas aceptables de tronco durante la realización de la tarea?
---------------	--

Observar si las posturas de tronco adoptadas por el trabajador durante la realización de la tarea son aceptables.

La norma **UNE EN 1005-4** considera como posturas aceptables de tronco las siguientes:

- Flexionado menos de 20°.
- Flexionado entre 20° y 60° con baja repetitividad (< 2 veces por minuto).

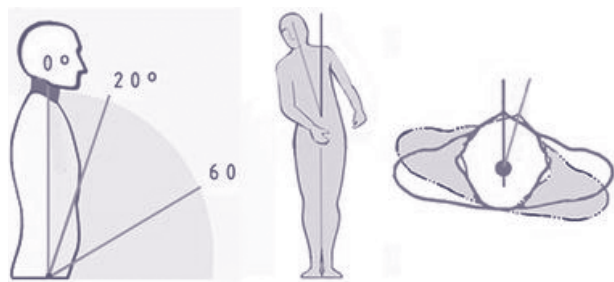


Figura 18. Zonas de flexión de tronco hacia delante, zonas de flexión lateral y zonas de torsión del tronco.

- Flexionado entre 20° y 60° de forma estática con apoyo para el tronco completo.
- Flexionado más de 60° durante períodos cortos de tiempo.
- En extensión (inclinado hacia detrás) de manera estática o con baja repetitividad (< 2 veces por minuto) siempre que exista apoyo para el tronco completo.
- Flexión lateral o torsión de tronco poco visible (aproximadamente 10° o menos).
- Flexión lateral o torsión de tronco claramente visible (10° o más) de manera repetida siempre que está se produzca menos de 2 veces por minuto y durante períodos cortos.

b. Posturas y movimientos corporales

12
(CLAVE)

¿La máquina permite adoptar **posturas aceptables de los brazos** durante la realización de la tarea?

Observar si las posturas de brazo adoptadas por el trabajador durante la realización de la tarea son aceptables.

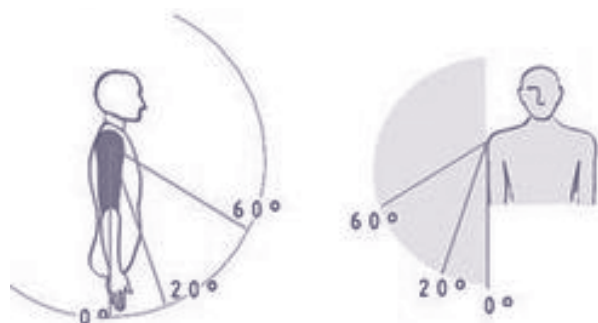


Figura 19. Zonas para las posturas del brazo.

La norma **UNE EN 1005-4** considera como posturas aceptables de brazos las siguientes:

- Elevado hacia delante o lateralmente (flexionado o abducido) menos de 20° de forma repetida o sostenida.
- Elevado entre 20° y 60° de forma repetida (< 2 veces por minuto).
- Elevado entre 20° y 60° de forma repetida entre 2 y 10 veces por minuto, siempre y cuando se de durante períodos cortos de tiempo para una misma persona.
- Elevado entre 20° y 60° de forma sostenida con apoyo para todo el brazo.
- Elevado más de 60° de manera repetida (< 2 veces por minuto) durante períodos cortos de tiempo por una misma persona.
- En extensión (hacia detrás) de forma repetida (< 2 veces por minuto) durante períodos cortos de tiempo por una misma persona.

b. Posturas y movimientos corporales

13
(CLAVE)

¿La máquina permite adoptar **posturas aceptables del codo** durante la realización de la tarea?

Observar si las posturas de codo adoptadas por el trabajador durante la realización de la tarea son aceptables.



Flexión/extensión

Figura 20. Zonas para las posturas del codo.

La norma **UNE EN 1005-4** considera como posturas aceptables de codo las siguientes:

- Codo flexionado o extendido, lejos de los límites del rango de movimiento (dentro del tercio medio de su rango de movilidad).
- Codo muy flexionado o extendido (cerca de los límites de su rango de movimiento) con baja repetitividad (< 2 veces por minuto).

b. Posturas y movimientos corporales

14 (CLAVE)	¿La máquina permite adoptar posturas aceptables de la muñeca durante la realización de la tarea?
---------------	---

Observar si las posturas de muñeca adoptadas por el trabajador durante la realización de la tarea son aceptables.

La norma **UNE EN 1005-4** considera como posturas aceptables de muñeca las siguientes:

- Muñeca flexionada o extendida, inclinada lateralmente o girada, lejos de los límites del rango de movimiento (dentro del tercio medio de su rango de movilidad).
- Muñeca muy flexionada o extendida, muy inclinada lateralmente o muy girada (cerca de los límites de su rango de movimiento) con baja repetitividad (< 2 veces por minuto).



Figura 21. Zonas para las posturas de la muñeca.

b. Posturas y movimientos corporales

15 (CLAVE)	¿La máquina permite adoptar posturas aceptables de las piernas durante la realización de la tarea?
---------------	---

Observar si las posturas de piernas adoptadas por el trabajador durante la realización de la tarea son aceptables.

La norma **UNE EN 1005-4** considera como posturas aceptables de piernas las siguientes:

- De pie con las piernas rectas, siempre y cuando no esté sin desplazarse más de 2 horas seguidas.
- De pie, flexionando las rodillas < 2 veces por minuto.
- De pie con el peso del cuerpo distribuido sobre ambas piernas.
- Sentado, manteniendo la curvatura natural de la espalda (lordosis lumbar).
- De rodillas o en cuclillas durante un período corto de tiempo.



Figura 22. Posturas aceptables para las piernas.

1. El diseño considerando las dimensiones corporales y el comportamiento mecánico del cuerpo humano

c. Esfuerzo físico

Se recomienda aplicar este bloque de **Esfuerzo físico** a todas aquellas tareas o trabajos que se realizan en la máquina de forma habitual. Además, se recomienda analizar aquellas tareas que, aunque no se realizan habitualmente, presentan una mayor problemática desde el punto de vista ergonómico (p.e. reglajes, ajustes, etc.).

c. Esfuerzo físico - Manipulación Manual de Cargas (MMC)

16 (CLAVE)	Las cargas que se manipulan ¿son inferiores al peso máximo recomendado? (En caso de incumplimiento, indicar la situación que corresponda) ☐ Población general (hombres adultos): peso máximo 25 kilos. ☐ Mujeres, trabajadores jóvenes y mayores: peso máximo 15 kilos. ☐ Trabajadores entrenados (situaciones aisladas): peso máximo 40 kilos. En caso de incumplimiento, marcar cuándo se da: ☐ Alimentación ☐ Proceso ☐ Retirada ☐ Ajuste/reglaje ☐ Otros
---------------	--

Comprobar que los pesos manipulados no exceden de los pesos máximos recomendados.

El peso de la carga es un factor clave a la hora de evaluar una manipulación manual de cargas. La **Guía Técnica de Manipulación Manual Cargas**, publicada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT, 1998), establece una serie de pesos máximos recomendados en función de la población trabajadora expuesta. Se trata de unos límites en condiciones ideales de levantamiento, es decir, en una postura adecuada de manejo de la carga (cerca del cuerpo, con la espalda recta, sin giros ni inclinaciones), con una sujeción firme del objeto sin posturas inadecuadas de muñeca, con levantamientos suaves y espaciados y en condiciones ambientales favorables.

Existen máquinas donde se requiere el manejo de piezas especialmente críticas, como por ejemplo, piezas de grandes dimensiones en la prensa manual, en la fresadora, etc.

c. Esfuerzo físico - MMC

17 (CLAVE)	Las alturas de manipulación de las cargas ¿están por debajo de los 175 cm? En caso de incumplimiento, marcar cuándo se da: ☐ Alimentación ☐ Proceso ☐ Retirada ☐ Ajuste/reglaje ☐ Otros
---------------	---

Observar que las alturas de manipulación no sobrepasan los 175 cm de altura.

En la Guía Técnica de Manipulación Manual de Cargas, en adelante Guía Técnica de MMC, se recomienda que no se manejen cargas por encima de 175 cm, ya que es el límite de alcance de muchas personas.

c. Esfuerzo físico - MMC	
18 (CLAVE)	En el caso de que se manipulen cargas superiores a los 3 kilos, ¿la frecuencia de los levantamientos es inferior a... 9 levantamientos/minuto en MMC de larga duración (2-8 horas)? 11 levantamientos/minuto en MMC de duración media (1-2 horas)? 13 levantamientos/minuto en MMC de corta duración (< 1 hora)?

Averiguar la duración de la tarea y, en función de la misma, comprobar que la frecuencia de los levantamientos no sobrepasa el límite recomendado.

Esta pregunta, junto a las dos anteriores, verifica que no se sobrepasan los límites legales establecidos en materia de MMC, sin embargo, el hecho de que no se incumpla ninguno no lleva implícito que no haya riesgo. Siendo conveniente tomar datos y evaluar. En el siguiente punto se facilita un procedimiento simplificado que nos va a permitir verificar situaciones de riesgo tolerable de una forma rápida.

c. Esfuerzo físico - MMC	
19	Procedimiento simplificado para la detección de riesgo por MMC: La siguiente lista de verificación permite determinar situaciones de riesgo tolerable mediante una evaluación rápida y sencilla. Si se incumple alguno de los ítems de la lista sería necesario evaluar con mayor detalle la tarea de manipulación. Procedimiento simplificado para la detección de riesgo por MMC: ☐ Las cargas que se manipulan son superiores a 6 kg. ☐ Se levantan cargas o partes móviles de la máquina superiores a 3 kg por encima del hombro o por debajo de las rodillas. ☐ Se levantan cargas o partes móviles de la máquina superiores a 3 kg alejadas del cuerpo (a más de 63 cm). ☐ Se levantan cargas o partes móviles de la máquina superiores a 3 kg con el tronco visiblemente girado (más de 30°). ☐ Se levantan cargas o partes móviles de la máquina superiores a 3 kg más de 1 vez por minuto durante la jornada laboral. En caso de incumplimiento, marcar cuándo se da: ☐ Alimentación ☐ Proceso ☐ Retirada ☐ Ajuste/reglaje ☐ Otros

La Guía Técnica de MMC (INSHT, 1998) establece el límite de 3 kg para considerar una carga como potencialmente peligrosa para la región dorso-lumbar, por lo cual, cualquier carga que supere esta cifra deberá ser considerada como manipulación manual de cargas, mientras que las inferiores no deberán ser consideradas como tales.

La lista de verificación que se presenta en este punto permite determinar situaciones de riesgo tolerable de una forma rápida y sencilla, se trata de un procedimiento simplificado para la detección de riesgo por MMC. En el caso de que se marque alguno de los ítems que aparecen en la lista sería recomendable realizar una evaluación detallada de la tarea de manipulación.

En el caso de que se supere alguno, o varios, de los límites especificados en la lista de verificación se tendrá que evaluar con mayor detalle la tarea o tareas de manipulación manual de cargas. Para ello, se recomienda emplear el procedimiento establecido en la Guía Técnica de MMC del INSHT.

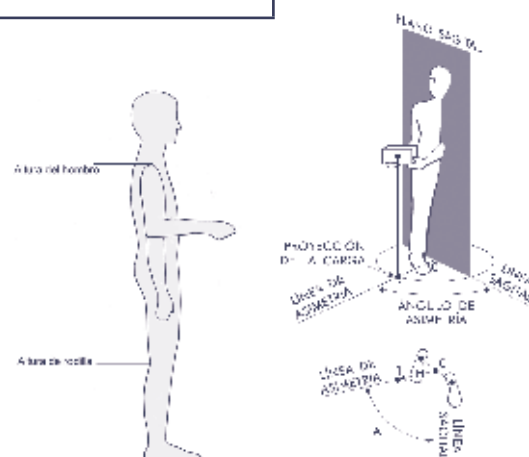


Figura 23.
Procedimiento simplificado para la detección de riesgo por MMC.

c. Esfuerzo físico - MMC	
20 (CLAVE)	En el caso de que se manipulen cargas o partes móviles de la máquina entre dos personas ¿su peso es inferior al peso máximo recomendado en estos casos? ☐ Población general: peso máximo 33 kilos. ☐ Mujeres, trabajadores jóvenes y mayores: peso máximo 20 kilos. En caso de incumplimiento, marcar cuándo se da: ☐ Alimentación ☐ Proceso ☐ Retirada ☐ Ajuste/reglaje ☐ Otros

Comprobar que los pesos manipulados en equipo no exceden de los pesos máximos recomendados.

La Guía Técnica de MMC (INSHT, 1998) establece para la manipulación en equipo el siguiente criterio: *"En un equipo de dos personas, la capacidad de levantamiento es dos tercios de la suma de las capacidades individuales."*

A partir de lo cual se establecen los siguientes límites de peso en función de la población expuesta:

25 kilos x 2 (personas) x 2/3 (factor penalización) $\cong$ 33 kilos (Población general)
15 kilos x 2 (personas) x 2/3 (factor penalización) $\cong$ 20 kilos (Mayor protección)

Esta misma Guía también incluye indicaciones para el cálculo del peso máximo recomendado en levantamientos en equipos de tres personas.

c. Esfuerzo físico - MMC	
21	En el caso de que se manipulen cargas o partes móviles de la máquina con una sola mano ¿su peso es inferior al peso máximo recomendado en estos casos? ☐ Población general: peso máximo 15 kilos. ☐ Mujeres, trabajadores jóvenes y mayores: peso máximo 9 kilos. En caso de incumplimiento, marcar cuándo se da: ☐ Alimentación ☐ Proceso ☐ Retirada ☐ Ajuste/reglaje ☐ Otros

Observar si el trabajador manipula cargas con una sola mano, y en tal caso, comprobar que el peso no excede del peso máximo recomendado.

La norma **UNE EN 1005-2** establece para la manipulación de cargas con una sola mano un factor de corrección (penalización) que reduce el peso a manipular un 40%. Aplicando esta penalización a los pesos límite recomendados anteriormente se tiene:

25 kilos x 0,6 (factor penalización) = 15 kilos (Población general)
15 kilos x 0,6 (factor penalización) = 9 kilos (Mayor protección)

c. Esfuerzo físico - MMC

22	(Aplicar este punto cuando proceda) ¿Se proporcionan elementos técnicos auxiliares¹ para mejorar las condiciones de manipulación? En caso de incumplimiento, marcar cuándo se da: ☐ Alimentación ☐ Proceso ☐ Retirada ☐ Ajuste/reglaje ☐ Otros
----	---

- **Procede aplicar este punto:** cuando hay incumplimiento de alguna de las preguntas clave (16, 17, 18 y 20) (correspondientes a los límites establecidos por la Guía Técnica de MMC), o bien si tras la evaluación específica se detecta que existe riesgo.

- **No procede aplicar este punto:** cuando no hay incumplimiento de ninguna de las preguntas clave (16, 17, 18 y 20), ni se ha marcado ningún ítem en el punto 19.

Observar si el trabajador dispone de medios técnicos auxiliares para la asistencia en aquellas manipulaciones de cargas que exceden los límites establecidos por la Guía Técnica de MMC.

La mejor manera de eliminar los riesgos asociados al manejo manual es evitar la necesidad de tal manejo, coincidiendo en esta afirmación tanto la Guía Técnica de MMC del INSHT como la norma **UNE EN 1005-2**. Siendo, además, lo ideal atajar el problema en la fase de diseño del puesto de trabajo, es decir, a la hora de instalar una máquina nueva.

Existen diferentes niveles de asistencia de estos equipos, se pueden implantar desde sistemas completamente automatizados (paletización, grúas y carretillas elevadoras, sistemas transportadores, etc.), donde no es necesaria la intervención del esfuerzo humano, hasta equipos mecánicos controlados de forma manual (ingrávidos, transpaletas elevadoras neumáticas, carretillas y carros para tableros, mesas auxiliares, apoyos de rodillos, etc.). Aunque algunos de estos elementos no eliminan la manipulación totalmente, consiguen reducirla.

Se debe analizar si pueden instalarse equipos y medios auxiliares si se detecta riesgo asociado a la MMC, o se realizan movimientos de precisión. Los medios técnicos auxiliares pueden disminuir los riesgos de lesiones músculo-esqueléticas, pero también pueden generar nuevos riesgos y afectar a otros métodos de manejo empleados en etapas posteriores. Conviene que estos elementos técnicos auxiliares sean eficientes en todas las condiciones de manipulación posibles.

En los casos donde proceda se deben considerar los límites para empuje y arrastre manuales de los medios técnicos auxiliares (norma de referencia: **UNE EN 1005-3**).

c. Esfuerzo físico - MMC

23 (CLAVE)	En el caso de que se manipulen cargas o partes móviles de la máquina sentado ¿su peso es inferior a los 5 kilos?
---------------	---

En el caso de que se manipulen cargas sentado, comprobar que los pesos manipulados no exceden los 5 kilos.

La Guía Técnica de MMC del INSHT establece, a modo de indicación, que *no se deberían manipular cargas de más de 5 kilos en postura sentada*, siempre que sea en una zona próxima al tronco, evitando manipular cargas a nivel del suelo o por encima del nivel de los hombros y giros e inclinaciones de tronco (Figura 24).

¹ La Guía Técnica define **elementos técnicos auxiliares** como todos aquellos dispositivos (por ejemplo: empuñaduras, cuñas, ruedas, cintas transportadoras, grúas, camiones, plataformas elevadoras, etc.) que eliminan, parcial o totalmente, la necesidad de elevar o manejar cargas pesadas o mejoran las condiciones de manejo y, por ello, reducen la sobrecarga del cuerpo.



Figura 24. Peso máximo recomendado en postura sentada.

La justificación es que la capacidad de levantamiento mientras se está sentado es menor que cuando se manejan cargas en posición de pie, debido a que no se puede utilizar la fuerza de las piernas en el levantamiento, el cuerpo no puede servir de contrapeso y por tanto la mayor parte del esfuerzo debe hacerse con los músculos más débiles de los brazos y del tronco. También aumenta el riesgo debido a que la curvatura lumbar está modificada en esta postura.

c. Esfuerzo físico - MMC

24
(CLAVE) En el caso de que se realicen **transportes manuales** de cargas ¿el peso acumulado transportado a lo largo de la jornada laboral sobrepasa el límite recomendado?

En el caso de que se realicen transportes manuales de cargas, verificar que el peso acumulado transportado durante la jornada laboral no sobrepasa el límite establecido.

Es importante tener en cuenta que se considera que existe transporte manual de cargas cuando el trabajador recorre distancias superiores a 2,1 metros sosteniendo el peso de una carga (> 3 kilos) con las manos.

Para el transporte de cargas la Guía Técnica de MMC del INSHT establece un límite de carga acumulada diariamente en función de la distancia de transporte:

10.000 kg/día transportados para distancias de transporte de hasta 10 metros
6.000 kg/día para distancias de transporte superiores a 10 metros

c. Esfuerzo físico - Fuerzas

25 En el caso de que se realicen **empujes o arrastres de cargas o partes móviles de la máquina** (bastidores, carros, etc.) ¿el esfuerzo requerido para su realización es considerado ligero o normal?

(En caso de sobreesfuerzo marcar la parte corporal con la que se realiza)

☐ Dedos ☐ Brazos ☐ Pies ☐ Cuerpo completo
☐ Manos ☐ Piernas ☐ Tronco

Preguntar al trabajador si considera que los esfuerzos realizados durante la ejecución de la tarea son normales o ligeros, o por el contrario, identifica algún esfuerzo por encima de lo normal.

En general, se recomienda que no se empujen ni arrastren cargas por encima del nivel de hombros ni por debajo de la altura de los nudillos. En el caso de que el trabajador no considere el esfuerzo que realiza en el empuje o arrastre ligero o normal, será necesaria una evaluación más objetiva. La Guía Técnica de MMC del INSHT establece, a modo de indicación, los siguientes valores **límite para fuerzas de empuje y tracción**:

Para poner en movimiento o parar una carga: 25 kilos (250 Newtons)
Para mantener una carga en movimiento: 10 kilos (100 Newtons)

De aplicación específica a máquinas, existe la norma **UNE EN 1005-3** cuyo título es: “Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 3: Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas”. Esta norma incluye un procedimiento en tres pasos para la evaluación del riesgo asociado a la aplicación de fuerzas en máquinas con diferentes partes del cuerpo (mano, brazo, tronco, cuerpo completo, piernas y pies). Para la aplicación de este procedimiento es necesaria la realización de mediciones de fuerza en el puesto de trabajo con instrumental específico (**dinamómetros**).

c. Esfuerzo físico - Fuerzas

26

En el caso de que la fuerza física necesaria no pueda ser aplicada o resulte demasiado elevada, ¿está previsto el uso de medios mecánicos auxiliares?

Observar si el trabajador dispone de medios mecánicos auxiliares para la asistencia en aquellas operaciones en las que la demanda de fuerza excede los límites establecidos por la Guía Técnica de MMC.

En el caso de que la fuerza a ejercer durante la utilización de una máquina sobrepase los límites máximos recomendados (véase punto anterior) será necesario establecer medidas encaminadas a reducir o eliminar el esfuerzo realizado.

Existen algunos dispositivos que pueden mejorar y reducir el esfuerzo en ciertas operaciones de algunas máquinas, como por ejemplo ciertos accesorios, como sujetadores para la pieza de trabajo, soportes y portaherramientas en los tornos, o medios automatizados como alimentadores automáticos en, la sierra de cinta, el centro de mecanizado, el torno, etc.; o sistemas robóticos de carga y descarga.

c. Esfuerzo físico - Fuerzas

27

En el caso de realizarse **movimientos de precisión** estos no requieren de la aplicación de fuerza.

Observar si la tarea tiene algún tipo de demanda de precisión en su ejecución y, en tal caso, comprobar que la fuerza requerida es baja.

En los agarres de precisión, la mano coge el objeto (pieza, mando, mango, etc.) entre la cara flexora del dedo y el pulgar (Figura 25). Cuando se realiza un agarre de precisión se utiliza los músculos pequeños de la mano que tienen mayor control nervioso, pero son más delicados y se fatigan antes, por esta razón el agarre de precisión sólo proporciona un 20% de la fuerza del de potencia.

En las tareas de precisión, se recomienda utilizar apoyos para los antebrazos, y para controles que deben ser manejados con precisión con los dedos, debe existir apoyo para la mano.



Figura 25. Agarre de precisión.

2. Diseño de dispositivos de información y mandos

d. Dispositivos de información

28

¿La ubicación de los dispositivos de información visual permite su **detección**² e **identificación**³ de forma **rápida y segura**?

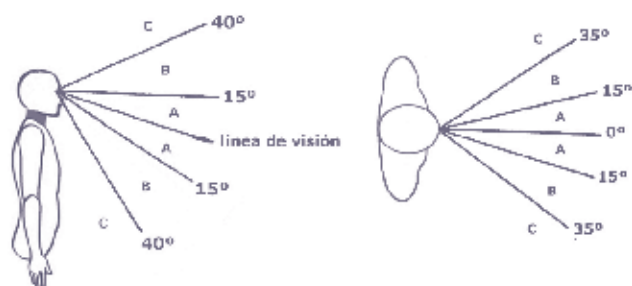


Figura 26. Campo visual para la detección de un indicador. (Línea de visión natural, de 15° a 30° por debajo de la horizontal).

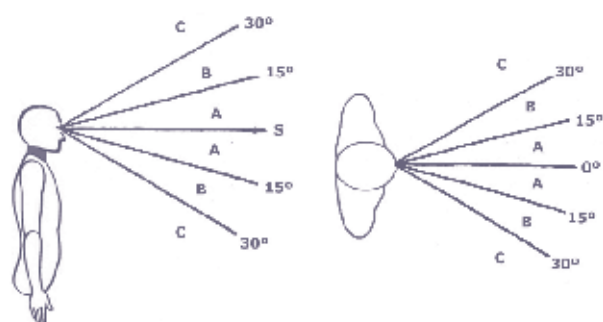


Figura 27. Campo visual para la detección de un indicador, cuando la máquina alerta al usuario. (Línea de visión dependiente del centro de atención principal).

Comprobar que, desde su posición habitual de trabajo, el operario puede visualizar todos los dispositivos de información de la máquina sin realizar ninguna postura forzada del cuello ni la cabeza (giros pronunciados, flexiones o inclinaciones altas).

El número de dispositivos de información visual está limitado por el campo de visión del trabajador, el cual restringe el área a controlar simultáneamente. A este respecto la norma **UNE EN 894-2** da recomendaciones sobre los **ángulos de visión** para la ubicación de los dispositivos de información. La figura 26 recoge estas recomendaciones en función de tres zonas: siempre que sea posible se debe utilizar la **zona A (zona recomendada)**; cuando no puede ser utilizada la zona A se puede utilizar la zona B (zona aceptable), no siendo conveniente escoger la **zona C (zona inadecuada)**.

En aquellos casos que la propia máquina alerte al usuario mediante una señal acústica, las recomendaciones varían (Figura 27).

Otro aspecto que hay que tener en cuenta a la hora de establecer las posiciones de los indicadores visuales es la **distancia visual**. Los ojos están relajados

cuando se enfocan al infinito (en la práctica a más de 6 metros), a medida que acercamos el punto de enfoque aumentamos el esfuerzo muscular necesario. A continuación, se dan algunas recomendaciones útiles:

- Si se requiere una visión continuada de un indicador se recomienda una distancia mínima de 50-70 cm para evitar fatiga por acomodación.
- Los indicadores de los instrumentos de medida deberían ser legibles a 1 metro de distancia.
- En la tabla 9 vienen recogidas las recomendaciones de tamaño mínimo para símbolos y caracteres en función de la distancia visual.

Tabla 9. Tamaño mínimo de los símbolos y caracteres en función de su distancia.

Distancia de visión	Tamaño de símbolos y caracteres
50 cm	2,5 mm
70 cm	3,7 mm
100 cm	5 mm

Deberán emplearse dispositivos acústicos cuando el campo de visión del operador esté ya completamente ocupado, o cuando el operador debe desplazarse perdiendo de vista el dispositivo de información. Se utilizan con frecuencia en combinación con indicadores visuales, para avisar que es necesario atender estos últimos. En estos casos, una vez detectada la advertencia, el usuario debe poder parar el dispositivo sonoro mientras que el visual permanece activo.

² Se define detección como el proceso perceptivo por el que el usuario se percata de la simple presencia de una señal.

³ Se define identificación como el proceso perceptivo por el que la señal detectada es distinguida de otras señales.

d. Dispositivos de información

29

¿Los dispositivos de información visual permiten una **interpretación**⁴ de la información **clara e inequívoca**?

Verificar que los tipos de dispositivos de información del equipo son adecuados para el tipo de tareas de percepción a realizar:

- Para la lectura directa de un valor medido se recomiendan dispositivos numéricos.
- Para lecturas de verificación se recomiendan dispositivos analógicos y escalas de 90°.
- Y para control de variaciones de valores medidos se recomienda dispositivos analógicos.

Cuando se emplea un indicador visual se pueden realizar tres tipos de observaciones fundamentales, a menudo casi simultáneamente. Estos tipos de observaciones son:

- Lectura de un valor medido:** es una tarea de percepción en la que se observa un valor cuantitativo indicado por un dispositivo. Por lo que la velocidad de variación de la indicación debe ser lo suficientemente pequeña como para permitir una observación precisa. Se recomienda que las cifras mostradas en los dispositivos numéricos no cambien más rápido de dos veces por segundo.
- Lectura de verificación:** es una tarea en la que verifica un valor predeterminado mediante una mirada rápida con objeto de ver si este coincide o, bien, está comprendido dentro de un rango admisible.
- Control de variaciones de los valores medidos:** es una tarea en la que se observa el sentido y ritmo de variación de los valores medidos.

No todos los **tipos de dispositivos** son apropiados para los **tipos de tareas de percepción** antes mencionadas. La norma **UNE EN 894-2** recoge una tabla resumen con las adecuaciones de los dispositivos a las diferentes tareas de percepción (Tabla 10).

Tabla 10. Adecuación de los dispositivos de información visual para diversas tareas de percepción.

Tipo de dispositivo visual	Tarea de percepción			
	Lectura de un valor medido	Lectura de verificación	Control de variaciones en un valor medido	Combinaciones de tareas de percepción
Dispositivo numérico 	Recomendado	No adecuado	No adecuado	No adecuado
Dispositivo analógico 	Aceptable	Recomendado	Recomendado	Recomendado
Escala de 90° 	Aceptable	Recomendado	Aceptable	Aceptable
Escala lineal horizontal o vertical 	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable

⁴ Se define interpretación como la combinación de los procesos perceptivos y cognitivos por los que se reconoce el contenido y la significación de la señal identificada.

Los dispositivos numéricos digitales:

- Son adecuados para realizar lecturas precisas de valores numéricos con rapidez y exactitud.
- Son adecuados para ajustes lentos y precisos.
- No son adecuados para apreciar la velocidad de los cambios ni su dirección, así como su desviación respecto a valores de referencia.

Los dispositivos analógicos:

- Se utilizan para lectura de información cuantitativa (lectura rápida de valores aproximados).
- Tienen una precisión y velocidad de lectura menor que los digitales debido a la necesidad de interpolar.
- Permiten apreciar la velocidad de cambio y su dirección. También permiten apreciar rápidamente la diferencia existente con un valor concreto, lo que los hace indicados para realizar ajustes rápidos hasta un valor buscado.
- Es importante una correcta elección de la escala para evitar errores de lectura. Los factores a considerar en el diseño y selección de escalas vienen recogidos en la norma **UNE EN 894-2**.

En el caso de las escalas lineales:

- La idoneidad de una escala vertical u horizontal dependerá de las necesidades de compatibilidad; por ejemplo, del movimiento de los dispositivos de mando asociados que afecten a la lectura indicada. Si, por ejemplo, la variable a medir es una altura de nivel, se debe utilizar una escala vertical.
- Las ventajas de los indicadores rectos son su menor tamaño, y la posibilidad de colocar varios indicadores verticales en filas horizontales, permitiendo una rápida observación de discrepancias existentes.

Los pictogramas y anuncios luminosos:

- Son adecuados para indicadores de estado, avisos, alarmas o instrucciones. Consisten en etiquetas de texto o gráficas (pictogramas) iluminadas internamente. Los símbolos pueden representar objetos, lugares, personas, etc. con los que estamos familiarizados en el mundo real. Pueden estar combinados con indicadores luminosos.

Los **indicadores luminosos** utilizan luces de diferentes colores como indicador de estado, aviso, alarma o codificación.

A nivel más general, se recomiendan una serie de indicadores en función del tipo de información (Tabla 11):

Tabla 11. Criterios de selección de indicadores en función del tipo de información.

Tipo de información	Indicadores adecuados
Cuantitativa	Digitales, analógicos, pantallas (temporal)
Cualitativa	Analógicos, PVD
Estado	Luces, Colores, Anuncios luminosos, Símbolos gráficos
Aviso, alarmas	Luces, Colores, Anuncios luminosos, Símbolos gráficos, Señales acústicas
Codificación, identificación	Colores, Etiquetas de texto, Símbolos gráficos
Instrucciones	Información verbal, escrita o auditiva, Símbolos gráficos, PVD
Figurativos	Paneles gráficos, PVD

d. Dispositivos de información

30

¿El ritmo y sentido de las variaciones de información visual mostradas al trabajador son compatibles con el ritmo y sentido de las variaciones de información en la fuente que la origina (mandos, procesos, máquina, ...)?

Comprobar que los dispositivos de información visual se ajustan a los estereotipos de funcionamiento lógicos. Esto es fundamental en el caso de los dispositivos analógicos, donde los aumentos se deben asociar a movimientos de puntero o índice (Figura 28):

- en sentido horario en dispositivos circulares,
- de izquierda a derecha en dispositivos lineales horizontales,
- y de abajo hacia arriba en dispositivos lineales verticales.

Existen formas de funcionamiento de los indicadores que parecen más lógicas al usuario, y que son consecuencia básicamente de su experiencia con dispositivos similares, son los denominados estereotipos. Si los medios de presentación de la información, los movimientos de los mandos o las respuestas del sistema resultan incompatibles con las expectativas habituales del usuario, se producirá información contradictoria, lo que obligará al operador a un esfuerzo adicional para realizar la tarea.

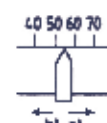


Figura 28. Sentidos adecuados del movimiento de los índices: aumento (a), disminución (b). (Fuente: UNE-EN 894-2).

Algunos estereotipos comunes relativos a dispositivos de información visual son:

- Escala creciente en sentido horario para los indicadores analógicos circulares.
- Cero en la parte inferior izquierda (salvo en el caso de desviaciones respecto a cero, en que debe estar en la parte alta). En indicadores rectos el cero deberá estar a la izquierda si son horizontales o abajo si son verticales (sentido creciente de izquierda a derecha o de abajo hacia arriba).
- Respecto al sentido del movimiento del índice o puntero en indicadores analógicos se recomienda:
 - Para los indicadores circulares y cuadrantes sentido creciente en sentido horario.
 - Y para indicadores lineales sentido creciente de izquierda a derecha si son horizontales; o de abajo hacia arriba si son verticales.
- En lo que respecta a los pictogramas existen símbolos normalizados (normas ISO).

d. Dispositivos de información

31

¿Los dispositivos de información sonora facilitan su **detección e identificación** de forma **rápida y segura**?

En el caso de que la máquina disponga de dispositivos sonoros, preguntar al trabajador si desde su posición habitual de trabajo puede escuchar las alarmas y señales sonoras sin interferencias.

Los dispositivos de información sonora (indicadores auditivos) son multidireccionales, no requieren que el usuario esté orientado hacia ellos y permiten transmitir la información incluso si el usuario está ocupado en otras tareas. En general permiten **manejar información simple y de corta duración**. Son los más adecuados cuando se requiere una acción inmediata o cuando para un suceso o acción el factor tiempo es importante. Por ejemplo, avisar a un trabajador sobre el comienzo o fin de un proceso o informar sobre el cambio de estado de un sistema.

Existen dos formas básicas de indicadores auditivos: **señales tonales y mensajes verbales**.

Mensajes verbales

Los **mensajes verbales**, o hablados, son un medio más flexible y fácil de interpretar que las señales tonales. Estos admiten un mayor grado de complejidad que el tonal, pero debe ser de corta duración, siendo adecuado para usuarios no entrenados. Pueden consistir en mensajes pregrabados o en sistemas de síntesis de voz; estos últimos admiten mayor número de opciones y mayor versatilidad, aunque a costa de que sean menos inteligibles y que suenen con menos “naturalidad”. Pueden producir molestias a otros usuarios en ciertos ambientes.

Señales tonales

La utilización más extendida de los indicadores auditivos de **señal tonal** es servir de aviso o alarma. Pueden ser simples (una sola frecuencia) o complejos; continuos o intermitentes.

d. Dispositivos de información

32

¿Los dispositivos de información sonora permiten una **interpretación** de la información **clara e inequívoca**?

En el caso de que la máquina disponga de dispositivos sonoros, comprobar que se adaptan al tipo de información que se proporciona al trabajador.

Mensajes verbales

Los **mensajes verbales** son adecuados para instrucciones o advertencias siempre que no sean rutinarias, en cuyo caso producen molestia y cansancio en el usuario. Si se utiliza este sistema debe considerarse en el diseño cuántas repeticiones automáticas del mensaje son necesarias, así como si es necesario incluir un control para parar o repetir el mensaje.

Señales tonales

Las **señales tonales** suelen servir de aviso de eventos temporales, para llamar la atención sobre la aparición de otros mensajes verbales o visuales, en alarmas o cuando se requiere una respuesta inmediata.

No es recomendable emplear un número excesivo de dispositivos de información sonora ya que el usuario podría confundirse en su interpretación. Por ejemplo, si se emplean señales tonales como codificación, debe tenerse en cuenta que el número de combinaciones que el usuario es capaz de distinguir es limitado. Las diferencias pueden ser de nivel sonoro, frecuencia, duración y combinaciones nivel-frecuencia. En la tabla 12 se indica el número máximo de combinaciones recomendadas en función del factor que se emplee en la codificación.

Tabla 12. Recomendaciones relativas a señales tonales.

Codificación	Número de combinaciones	
	Máximo posible	Máximo recomendado
Frecuencia	5	4
Nivel sonoro	5	3
Frecuencia y nivel	9	6
Duración	3	2

Cuando se requieran muchos dispositivos acústicos se debería considerar el recurrir a sistemas de alarma mediante voz o a mensajes verbales.

d. Dispositivos de información	
33	¿Se proporciona únicamente la información necesaria al operador?

Observar que no se da información innecesaria al trabajador.

Es muy importante la **adecuación de la información** ya que la falta de información así como la información innecesaria incrementan la carga de trabajo mental, debido a que el operador tiene que tomar decisiones basadas en información insuficiente o bien filtrar la información superflua. Es por ello que debe proporcionarse sólo la información que sea necesaria.

En el caso de pantallas de visualización la densidad de datos mostrada de forma simultánea está relacionada con el tiempo que invierte el operario en localizar una información técnica concreta. A mayor densidad (cantidad de espacio relleno de caracteres) más tiempo se invierte; densidades superiores al 50% incrementan de una forma muy considerable el tiempo de localización de la información.

d. Dispositivos de información	
34	¿Se tiene en cuenta la prioridad y frecuencia de cada elemento de información?

Comprobar que la información que se presenta al trabajador se hace en la forma que corresponde a su frecuencia de uso y urgencia.

Información visual

Todos aquellos indicadores de uso más frecuente o importantes deben situarse en la **zona A** (véase punto 28), y los menos importantes pueden colocarse en la periferia del campo visual (Zona B e incluso Zona C, si fuese necesario).

Como indicador de estado, aviso o alarma se utilizan los **indicadores luminosos**. Existe normativa que regula los colores en avisos y alarmas, dependiendo su significado del color o de la intermitencia (Tabla 13).

Tabla 13. Recomendaciones relativas a indicadores luminosos.

Color	Luz continua	Parpadeo rápido	Parpadeo lento	Pulsador
Rojo	Alarma	Acción urgente para impedir alarma	No recomendado	Parada
Amarillo	Precaución, cambio o cambio inminente	Acción para impedir cambio	Cambio no deseado poco prioritario	Intervención
Verde	Seguridad, confirmación	No recomendado	Cambio de estado, discrepancia respecto a la acción, atención	Encendido, arranque
Azul	Cualquiera no asignado	No recomendado	Cambio de estado, discrepancia respecto a la acción, atención	Cualquiera no asignado
Blanco	Cualquiera no asignado	Necesaria acción urgente	Cambio de estado, discrepancia respecto a la acción, atención	Cualquiera no asignado

Información sonora

Un factor muy importante a considerar es la identificación de la urgencia, ésta debe corresponder a la prioridad del dispositivo de información. El grado de urgencia percibida dependerá de la estructura y de otras características de la señal audible así como del entrenamiento y de la información de que disponga el operador. La urgencia de un dispositivo puede ser expresada, por ejemplo, por una frecuencia mayor y/o un ritmo más rápido. Cuando los dispositivos sonoros se utilicen como señales audibles de peligro deberá consultarse la **norma UNE EN 981**.

d. Dispositivos de información

35

¿Se observa la necesidad de algún dispositivo de información (visual o sonora) para llevar a cabo la tarea?

Con todo lo visto hasta el momento, relativo a dispositivos de información, indicar si se detecta la falta de algún dispositivo que aporte información necesaria para la realización de la tarea, o que pueda reforzar a otro dispositivo existente.

Deberán emplearse dispositivos acústicos o sonoros cuando el campo de visión del operador esté completamente ocupado, o bien, cuando el operador se desplace perdiendo de vista algún indicador para avisar que es necesario atender este último.

e. Mandos

36

¿El **tipo** de mandos se corresponde con los requisitos de las tareas de control a ejecutar?

Verificar que los tipos de mandos del equipo son adecuados para el tipo de acción a realizar. Así por ejemplo:

- Los pulsadores manuales son excelentes para la activación (puntual).
- Los interruptores giratorios son excelentes para selección (puntual).
- Y los volantes son excelentes para realizar un control continuo.

En la tabla 15 viene recogido el grado de adecuación de los principales tipos de mandos a las diferentes acciones a realizar.

Según se trate de un accionamiento puntual o continuo es más recomendable emplear un tipo de mandos u otros. En general se pueden considerar los siguientes **tipos de acciones** a realizar con un mando (Tabla 14):

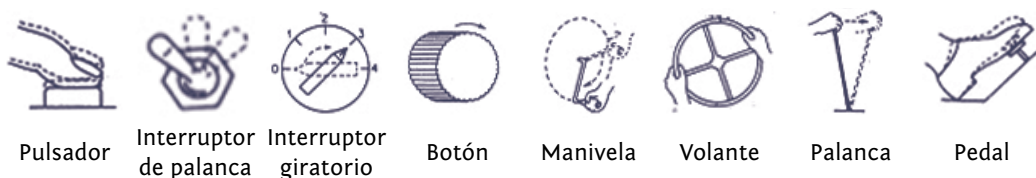
Tabla 14. Tipos de acciones a realizar con un mando.

Mandos utilizados para momentos concretos	Mandos utilizados para acciones continuas
- Activación - Entrada de datos - Selección (de un punto determinado)	- Selección continua (p.e. frecuencia de una radio) - Control continuo (p.e. mantener la dirección de marcha de un vehículo)

A continuación se muestra el grado de adecuación de los principales tipos de mandos (Figura 29) para los diferentes tipos de acciones (Tabla 15).

Tabla 15. Grado de adecuación de los principales tipos de mandos.

MANDO	Accionamiento puntual			Accionamiento continuo	
	Activación	Entrada de datos	Selección	Selección continua	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 sus posiciones.	No aplicable	Excelente	No aplicable	No aplicable
Botón	No aplicable	No aplicable	Pobre	Bueno	Regular
Manivela	Sólo 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

Figura 29.
Principales tipos de mandos.

e. Mandos

37

¿La **función** de cada mando es fácilmente identificable y distinguible de la función de los mandos adyacentes?**Comprobar que los mandos se encuentran correctamente identificados.**

Es conveniente que las etiquetas de identificación, los pictogramas y otros textos o símbolos informativos estén emplazados sobre, o próximos, a los dispositivos de información y de mando a los que estén asociados de forma que sean visibles por el operador cuando se accione el mando. Es preferible que estas identificaciones estén colocadas sobre el elemento en cuestión. Las etiquetas deben estar escritas en lenguaje local, y ser claramente visibles. Además, la codificación de los diferentes mandos debe ayudar a que estos sean fácilmente distinguibles unos de otros (color, tamaño, forma, etiquetas,...) Esta medida puede evitar errores y ahorra tiempo.

e. Mandos

38

¿El **desplazamiento de los mandos** está de acuerdo a la naturaleza de control a realizar?

Comprobar que los mandos se ajustan a los estereotipos de funcionamiento lógicos. Correspondiéndose con un incremento los siguientes desplazamientos de los mandos: girarlo en sentido horario, moverlo hacia delante, hacia la derecha o subirlo.

La operación eficaz de los controles necesita que éstos funcionen en la forma que el usuario espera que lo hagan. Existen **formas de funcionamiento de los controles** que

parecen más lógicas al usuario, y que son consecuencia básicamente de su experiencia con dispositivos similares, son los denominados **estereotipos**. Existen estereotipos tan fuertes que el usuario responde a ellos por puro reflejo. Aunque es posible entrenar a un usuario en el manejo de controles que no sigan estos estereotipos, es siempre ventajoso considerarlos en el diseño pues disminuirá la necesidad de entrenamiento de los operarios, su tiempo de aprendizaje y las posibilidades de error, sobre todo en caso de emergencia.

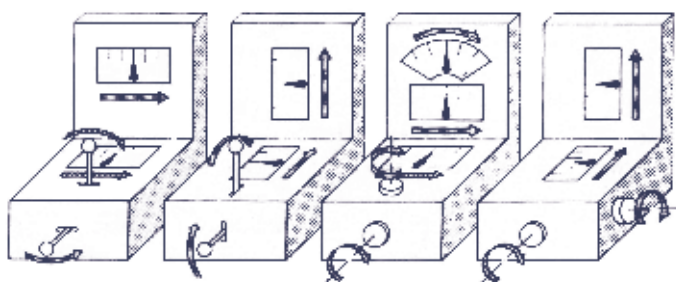


Figura 30.
Estereotipos más comunes.

Algunos estereotipos comunes (Figura 30) son:

- El giro de un mando rotativo en sentido horario produce un incremento (una excepción importante es el cierre y apertura de grifos y válvulas de agua y gas).
- Subir, mover hacia adelante o hacia la derecha un mando lineal o una palanca produce un incremento. Y el sentido contrario una disminución.
- Bajar o mover hacia adelante un mando lineal o una palanca produce el descenso de grúas o de elementos de una máquina. Sentido contrario para la elevación.
- Selectores de pasos con dos pulsadores, apretar el de la derecha produce incremento.
- Un pulsador hundido indica que un proceso está activado, si está levantado indica paro o detención.
- Interruptores de palanca hacia arriba o basculantes con la parte superior más alejada o la derecha hundida indican marcha o arranque.
- Girar un volante en sentido horario para que el movimiento sea hacia la derecha.

e. Mandos

39

¿Los **mandos de uso frecuente** están situados al alcance inmediato de las manos o de los pies del operador?

Observar si el trabajador puede alcanzar todos los mandos de uso frecuente sin adoptar posturas forzadas de brazo, tronco o piernas (estiramiento del brazo, inclinación o giro del tronco, estiramiento de la pierna, giro de tobillo, etc.).

El trabajador debe poder alcanzar cómodamente, y desde la posición normal de trabajo, todos aquellos elementos con los que interactúa frecuentemente en la máquina. Esta medida ahorra tiempo y esfuerzo. Además, los controles situados a excesiva altura provocan dolor de hombros y los colocados demasiado bajo causan dolor de espalda.

Zona de alcance cómodo de la mano

Los controles más importantes deben situarse frente al operador, de manera que la operación de control se realice a una altura alrededor del codo, sin inclinaciones ni giros del cuerpo. Los mandos principales deben estar situados en el área preferente de movimiento de las manos, esto es: a la altura del codo, entre 15 y 40 cm por delante del cuerpo, y no más de 40 cm hacia los lados (Figura 31).

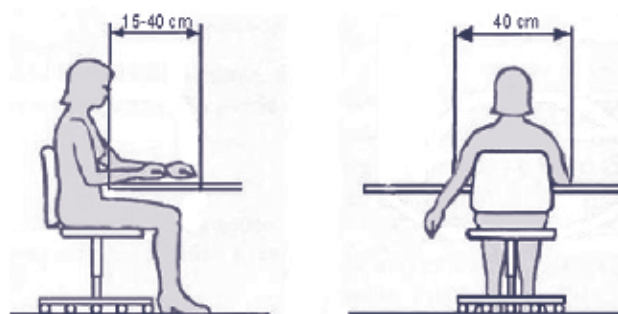


Figura 31. Zona de alcance inmediato con la mano.

Algunos fabricantes han incorporado a sus máquinas paneles de control suspendidos, que quedan a la altura de los ojos, y que incorporan portadocumentos. Esta configuración de mandos es más flexible, al posibilitar al operario ajustar la posición y altura de los mismos.

Zona de alcance cómodo con el pie

Los pedales y pulsadores de pie, deberán de poder ser accionados sin perder el contacto del talón con el suelo empleando únicamente la punta del pie siempre que sean accionados en postura de pie. Por lo tanto, no debe ser de gran recorrido, pudiendo accionar con el movimiento del tobillo; el rango de desplazamiento debe de estar comprendido entre 12 y 65 mm.



Figura 32. Desplazamiento pedal.

En el caso de que los pedales tengan que ser accionados perdiendo el contacto del pie con el suelo, o haya que ejercer fuerzas intensas, se debe accionar en postura sentada y contar con respaldo adecuado; o bien, se puede considerar la posibilidad de emplear un accionamiento manual.

La norma **UNE EN 6682** define una zona de ubicación recomendable para los mandos de pie que se sitúa, tomando como referencia el respaldo del asiento, a una profundidad comprendida entre 600 y 1000 mm; siendo su anchura de 500 mm (centrada respecto al trabajador) (Figura 33). La altura va a depender del ángulo de la rodilla, aumentado la altura con la profundidad del alcance.

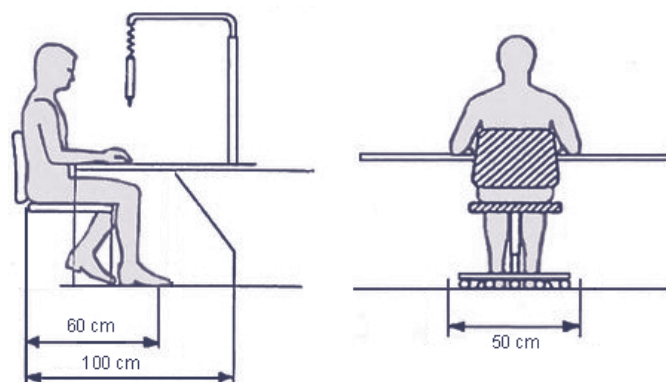


Figura 33. Zona de ubicación de los mandos accionados por pie.

e. Mandos

40
(CLAVE) ¿La **parada de emergencia** está al alcance inmediato de operador?

Comprobar que el trabajador puede alcanzar la parada de emergencia desde la posición, o posiciones de trabajo.

La norma **UNE EN 150 13850** especifica que los órganos de accionamiento de la parada de emergencia deben estar diseñados para que puedan ser accionados con facilidad por el operador y por otras personas que puedan verse en la necesidad de accionarlos. Estos deben estar dispuestos de manera que sean claramente visibles y fácilmente accesibles (véase punto anterior).

Una alternativa es, cuando sea posible, automatizar las acciones de emergencia, haciendo que la maquinaria se desconecte automáticamente en el caso de que un trabajador penetre de forma inadvertida en un área peligrosa (p.e. mediante alfombras de presión, barreras fotoeléctricas, cordones de emergencia, etc.).

e. Mandos	
41	¿Se ha tenido en cuenta en la distribución de los mandos el orden de las operaciones a realizar y su significado para garantizar una operación inequívoca y funcional?

Observar si la forma en que están colocados los mandos es compatible con la secuencia de operación de los mismos o, por el contrario, existe algún elemento de control que pueda dar lugar a equívocos.

Es común la realización de secuencias de operación en un orden determinado, que se repite con frecuencia. La ubicación de los controles y de los indicadores asociados debe respetar esta secuencia en lo posible. **El orden de operación debe ir de izquierda a derecha, o de arriba hacia abajo.**

Además, los controles (e indicadores) con funciones similares o relacionadas deben ir agrupados. Los grupos pueden distinguirse mediante líneas de demarcación, separación en el panel, codificación con colores, etc. Si no van juntos, los controles e indicadores deben estar distribuidos siguiendo la misma organización.

Se debe tener en cuenta el *principio de espacio para los movimientos*, es decir, la distancia que separa los diferentes dispositivos de mando deber ser la óptima para asegurar un accionamiento eficaz ya que una distancia demasiado grande puede requerir movimientos inútiles mientras que una distancia excesivamente pequeña incrementa el riesgo de efectuar accionamientos involuntarios (véase siguiente punto).

e. Mandos	
42 (CLAVE)	¿El mando de arranque está proyectado, seleccionado y dispuesto de tal manera que se evita su operación involuntaria ? ¿Y el resto de mandos?

Comprobar que el trabajador no puede arrancar la máquina de forma involuntaria.

Existen diferentes formas de evitar el accionamiento accidental de un control. La importancia que pueda tener la activación inapropiada del control determinará el mecanismo o mecanismos de seguridad utilizados. A continuación, se comentan las diferentes alternativas para evitar accionamientos involuntarios de mandos:

- Cubrirlo o protegerlo, teniendo en cuenta que los cobertores no deben esconder y dificultar la visión del mismo.
- Emplear mandos que requieran suficiente resistencia al movimiento, de manera que un contacto ligero no lo active. Se recomienda sustituir los controles que puedan ser activados accidentalmente por controles que tengan más resistencia y sean más difíciles de activar. La fuerza mínima recomendada para evitar accionamientos involuntarios es de 5 Newtons.
- Emplear controles que requieran dos acciones diferentes (por ejemplo, tirar hacia el operador y después tirar hacia el suelo), o la necesidad de dos controles para la activación. De forma que un contacto accidental con el mando no produce su accionamiento accidental.
- Proteger mediante llave.
- Situar los controles importantes en zonas de alcance improbable durante la operación normal de la máquina. Lógicamente, los controles deberían ser en todo caso fácilmente accesibles.
- Separar los controles de manera que el espacio entre ellos sea suficiente para que el operario no accione un control cuando está alcanzando otro.

e. Mandos

43

Las máquinas de tipo o función similar, ¿mantienen la misma distribución de mandos?

En el caso de que existan varias máquinas del mismo tipo verificar que los mandos principales siguen la misma distribución.

El hecho de que máquinas similares mantengan una distribución de mandos también similar facilita su control y reduce el riesgo de error. Se debe estandarizar la localización de los controles comunes en máquinas similares.

e. Mandos

44

¿Cómo califica el trabajador el **esfuerzo físico** necesario para accionar los mandos: **ligero, normal o pesado**? (Marcar **NO** en el caso de que algún mando sea calificado como pesado)

¿Qué mando/s? _____

Preguntar al trabajador sobre cómo percibe el esfuerzo requerido para accionar los mandos de la máquina.

En el caso de que éste no perciba como ligero o normal el esfuerzo que realiza, se debería de llevar a cabo una evaluación más objetiva.

En este punto hay que señalar que gracias a los sistemas de control electrónico que incorporan muchas máquinas, con capacidad de almacenar cientos de programas de trabajo, se reduce al mínimo la necesidad de intervención del operario y se agilizan los tiempos de puesta a punto de la máquina.

3. Interacción con el ambiente físico de trabajo

Un diseño adecuado de las condiciones ambientales (disminución del ruido y las vibraciones, ambiente térmico, iluminación, etc.), además de proporcionar confort (acústico, térmico y visual) al usuario, puede reducir la intensidad de la carga de trabajo mental, proporcionando condiciones óptimas para la percepción y el tratamiento de la información.

Las condiciones ambientales planteadas en este cuestionario van a ser tratadas desde el punto de vista del confort, una vez que se ha tenido en cuenta que dichas condiciones se encuentran en niveles adecuados desde el punto de vista de la Higiene Industrial. Si no es así se deberá realizar las mediciones específicas correspondientes y seguir las recomendaciones indicadas en los informes derivados de dichas mediciones.

Previo a la aplicación de este bloque investigar si se han realizado mediciones ambientales en el puesto y, en su caso, seguir las recomendaciones indicadas en los informes.

f. Ruido y vibraciones

Aplicación: Se debe aplicar este bloque si no se han realizado mediciones en el puesto, o las hay y están por debajo de los límites establecidos. Si las mediciones superan los límites estipulados marcar directamente como INCORRECTO.

f. Ruido y vibraciones

45	Las emisiones de ruido de la máquina no resultan molestas ni inseguras, de manera que el trabajador no percibe ningún ruido que le resulta molesto o le limita el desarrollo normal de las tareas (le impide escuchar señales sonoras importantes, impide su concentración, etc.) <i>(En el caso de contestación negativa marcar el tipo de ruido que percibe el trabajador)</i> ☐ El ruido es constante y molesto durante todo el día. ☐ Existen variaciones periódicas del nivel de ruido acusadas y molestas. ☐ Hay ruidos de impacto frecuentes, molestos o que producen sobresaltos. ☐ En determinados periodos horarios el nivel de ruido es molesto. ☐ Otras: _____ <i>(En el caso de contestación negativa indicar la fuente de ruido, si la puede determinar)</i> ☐ _____
----	--

Teniendo en cuenta la definición más conocida del ruido, como un sonido no deseado y molesto, se preguntará al trabajador sobre si le molesta algún tipo de ruido producido por la máquina durante su utilización.

También, puede ser que éste no produzca molestias pero pueda impedir el desarrollo normal de las tareas, bien porque impide oír señales acústicas relevantes, porque obliga a elevar el tono de voz en una conversación, porque impide la concentración, etc. En estos casos también debería de marcarse la pregunta.

En el caso de que el trabajador señale la presencia de ruido (atribuible a la máquina) se le preguntará por la naturaleza del mismo, así como su causa (si la puede determinar).

La valoración de confort acústico no es sencilla, para conocer y valorar el malestar de una persona o de un colectivo frente al ruido, sería necesario crear una escala que relacionara la respuesta subjetiva de las personas con los valores que alcanzan las caracte-

rísticas físicas del ruido. Existen diferentes índices de valoración de ruido y su aplicabilidad a la valoración de las molestias, es por ello que es función de un técnico especializado la realización de estas mediciones.

Limitándonos al tema del ruido hay que tener en cuenta el **Real Decreto 286/2006** por el que se establecen las disposiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

f. Ruido y vibraciones

46 ¿Durante el uso del equipo se percibe transmisión de **vibraciones** al trabajador?

Observar si el equipo transmite vibraciones al trabajador.

Algunas máquinas transmiten vibraciones, al cuerpo humano, que pueden producir lesiones en los músculos y articulaciones y afectar al flujo sanguíneo. Además, las vibraciones aumentan la fuerza de agarre requerida para controlar las herramientas. Se recomienda: seleccionar equipos con bajo nivel de vibraciones, adquirir equipos con empuñaduras que aislen de las vibraciones o cubrirlas con espuma aislante, emplear guantes anti-vibraciones, rotar a los trabajadores para reducir la exposición, etc.

En el caso de que se perciba transmisión de vibraciones perjudiciales al trabajador se debería de determinar el nivel de exposición al que se encuentra sometido éste. La determinación de las vibraciones a las que se encuentra sometido el operador se mide a través de los métodos establecidos en el **Real Decreto 1311/2005**, sobre la protección de la seguridad y salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las vibraciones mecánicas. Estas mediciones son complicadas y deben de ser realizadas por personal técnico especializado.

g. Confort térmico

Aplicación: Se debe aplicar este bloque si el equipo incide, o puede incidir, sobre el ambiente térmico (temperatura, humedad o generación de corrientes de aire). En el caso de que no incida, no procede aplicar las preguntas de este bloque.

g. Confort térmico

Es difícil establecer exactamente los parámetros de un ambiente térmico confortable, entre otras razones porque las personas se sienten confortables en situaciones diferentes: cuando una persona tiene calor, otra persona en las mismas condiciones encuentra aceptable esa temperatura. Para analizar la influencia climática en el confort o malestar térmico de una persona se emplea el concepto de **temperatura efectiva**. Ésta se compone de diferentes factores ambientales medibles: temperatura, humedad relativa del aire y velocidad del aire. En los puntos 47, 48 y 49 se revisan estos factores.

47

¿La **temperatura** es adecuada?

(En el caso de contestación negativa indicar lo que proceda:)

☐ Frío (Invierno)

☐ Frío (Primavera/Otoño)

☐ Calor (Verano)

☐ Calor (Primavera/Otoño)

Se preguntará al trabajador si considera que la temperatura durante la utilización de la máquina es adecuada. Y en el caso de que la contestación sea negativa se marcará en el cuestionario el problema que señale el trabajador; siendo recomendable, en tal caso, la realización de una evaluación más objetiva.

g. Confort térmico

48

¿La **humedad** ambiental es adecuada?

(En el caso de contestación negativa indicar lo que proceda)

☐ Ambiente demasiado seco ☐ Ambiente demasiado húmedo

Se preguntará al trabajador si considera que la humedad ambiental es correcta durante la utilización de la máquina. En el caso de que la contestación sea negativa se marcará el problema que señale el trabajador; siendo recomendable, en tal caso, la realización de una evaluación más objetiva.

g. Confort térmico

49

¿La máquina genera **corrientes de aire** que pueden ocasionar molestias al trabajador?

Se preguntará al trabajador si detecta corrientes de aire que le resultan molestas durante la utilización de la máquina. En el caso de contestación negativa será recomendable una evaluación más objetiva.

h. Confort visual

Aplicación: Se debe aplicar este bloque siempre.

h. Confort visual

50

(CLAVE)

El **nivel de iluminación** en la posición habitual de trabajo es apropiado para la realización de la tarea.

Comprobar que el nivel de iluminación en la posición habitual de trabajo, en la máquina, es apropiado para el tipo de tarea a realizar.

La zona de trabajo en la máquina y su entorno inmediato debe estar correctamente iluminada, el nivel de iluminación requerido depende de las exigencias del tipo de tarea a realizar. El **Real Decreto 486/1997**, sobre las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo, establece en su artículo 8: “La iluminación de los lugares de trabajo deberá permitir que los trabajadores dispongan de condiciones de visibilidad adecuadas para poder circular por los mismos y desarrollar en ellos sus actividades sin riesgo para su seguridad y salud”. En el anexo IV de éste, vienen recogidas los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo en función de las exigencias visuales de la tarea.

En el caso de que se detecte un nivel insuficiente de iluminación se deberá de realizar una medición por parte de personal técnico especializado, y aplicar las medidas correctoras correspondientes.

h. Confort visual

51

Desde la posición habitual de trabajo en la máquina se ha tenido en cuenta que no existan **oscilaciones de luz**.

Observar que no se dan, ni pueden darse, oscilaciones de luz que puedan resultar molestas al trabajador.

La presencia de oscilaciones de luz puede ser debida a diversos factores; pueden estar originadas por los cambios en la intensidad y flujo de la luz proveniente del exterior, o a

la falta de uniformidad de la iluminación artificial. Es importante la supresión de la luz oscilante, ya que fatiga los ojos y es molesta, debido a que obliga al ojo (pupila) a adaptarse para ajustarse a las diferentes iluminaciones de los objetos, y esto requiere de un período de adaptación que dependerá de las condiciones.

Aunque el uso de la luz natural reduce los costes de energía y presenta muchas otras ventajas, puede en algunos casos ocasionar variaciones de luminosidad. Es más eficiente y confortable trabajar en un local en el que no haya grandes variaciones de luminosidad.

El primer problema puede subsanarse:

- Empleando sistemas que permitan regular el flujo de entrada de luz proveniente del exterior (cortinas, persianas, etc.).
- Instalando interruptores diferentes para las luminarias situadas junto a las ventanas y para las situadas lejos de las ventanas. De esta manera, las luminarias situadas junto a las ventanas pueden ser apagadas cuando haya suficiente iluminación natural.

Mientras que los posibles problemas debidos a las oscilaciones o parpadeos de la iluminación artificial pueden solucionarse adoptando alguna de las siguientes medidas:

- Empleando montajes compensados mediante la conexión de las fuentes de luz a las tres fases de la red eléctrica.
- Utilizando balastos electrónicos para las luminarias.
- Alimentando las lámparas con corriente continua.

h. Confort visual

52

Desde la posición habitual de trabajo se han evitado **deslumbramientos o brillos** molestos.

Comprobar que no se dan deslumbramientos o brillos que puedan resultar molestos al trabajador.

El **deslumbramiento** se produce por la presencia en el campo visual de una fuente de luz brillante. Sus consecuencias son molestias, fatiga visual, disminución en la capacidad para distinguir objetos e incluso errores y accidentes. El confort visual depende en gran medida de la ausencia de **brillos** molestos. Los brillos excesivos que pueden ocasionar molestias y reducir la capacidad de visión están motivados generalmente por una visión directa de la fuente de luz (deslumbramiento directo), o bien, debido a la visión indirecta sobre una superficie reflectante (deslumbramiento por reflejos).

La situación de la fuente de luz tiene gran importancia en la aparición del deslumbramiento por reflexión. Para evitar deslumbramientos molestos es necesario aplicar una serie de medidas encaminadas a controlar todas las fuentes luminosas existentes dentro del campo visual, como son:

- Instalar persianas o cortinas en las ventanas.
- Emplear luminarias con difusores o pantallas que impidan la visión del cuerpo brillante de las lámparas. El apantallamiento debería efectuarse en todas aquellas lámparas que puedan ser vistas, desde cualquier zona de trabajo, bajo un ángulo menor de 45° respecto a la línea de visión horizontal.

En lo que concierne al control del deslumbramiento provocado por los reflejos, se pueden utilizar los siguientes procedimientos:

- Emplear materiales con acabados mate en las superficies de trabajo y del entorno.

- Instalar las luminarias respecto al puesto de trabajo de manera que la luz llegue al trabajador lateralmente. En general, es recomendable que la iluminación le llegue al trabajador por ambos lados con el fin de evitar también las sombras molestas cuando se trabaja con ambas manos.
- Emplear luminarias con difusores, así como techos y paredes de tonos claros.

h. Confort visual

53

En la zona de trabajo se ha asegurado que no existen **sombras** que pueden dar lugar a confusiones.

Comprobar que no existen sombras que puedan resultar molestas al trabajador.

El confort visual depende también de la ausencia de **sombras excesivas**, lo cual se consigue mediante una buena distribución de las luminarias y la reflexión de las paredes y techos claros, así como mediante un buen diseño de los puestos de trabajo.

La colocación y espaciamiento de las luminarias así como el tipo de lámparas dependerá tanto del tipo de tarea como de las características del local. El requisito es obtener una luz suficiente, precisa y lo más uniforme posible, evitando las zonas de sombra y los grandes contrastes.

h. Confort visual

54

Se ha tenido en cuenta que ninguna parte móvil de la máquina genere efecto estroboscópico.

(En el caso de contestación negativa indicar la parte de la máquina para la cual se produce este efecto): _____

Verificar que ninguna parte móvil del equipo puede generar efecto estroboscópico.

El **efecto estroboscópico** es debido a la luz fluctuante, y se manifiesta principalmente en las máquinas giratorias debido a que su velocidad se sincroniza con la frecuencia de la fluctuación del flujo lumínico. El **efecto estroboscópico** provoca que un órgano de giro de una máquina parezca totalmente parado, estando en funcionamiento. Este hecho, además del riesgo obvio de seguridad que supone, puede originar discomfort visual asociado al hecho de que el trabajador ha de esforzarse en la vigilancia dado que un error puede ser crítico. Debe de reducirse la incertidumbre mejorando su detectabilidad tanto como sea posible.

Estos efectos pueden ser eliminados iluminando los órganos giratorios de las máquinas mediante un sistema auxiliar que utilice lámparas incandescentes. También pueden ser aminorados repartiendo la conexión de las lámparas fluorescentes de cada luminaria a las tres fases de la red, pero actualmente la solución más eficaz consiste en alimentar dichas lámparas con balastos electrónicos de alta frecuencia.

h. Confort visual

55

El **contraste** para la tarea es adecuado, no existiendo grandes diferencias de luminosidad entre los elementos del puesto.

Observar que el contraste para en la realización de la tarea es adecuado.

El sistema de iluminación debe proporcionar contrastes lumínicos para una adecuada percepción de los objetos. La percepción de un objeto dentro de un ambiente depende de las diferencias de luminancia y de color entre el objeto observado y el fondo sobre el

cual se destaca. La sensibilidad al contraste es variable según el individuo y sus condiciones de adaptación.

La agudeza visual es máxima cuando la luminosidad de la tarea es similar a la existente en el campo visual del trabajador. Sin embargo, cuando la luminosidad de la tarea es muy diferente a la del entorno se puede producir una reducción de la eficiencia visual y la aparición de fatiga, como consecuencia de la repetida adaptación de los ojos.

El **Real Decreto 486/1997**, sobre las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo, establece las siguientes recomendaciones relativas a relaciones de contraste:

- **Tarea/superficie de trabajo (entorno inmediato): contraste inferior a 3:1.**
- **Tarea/espacio circundante (entorno alejado): contraste inferior a 10:1.**

Otras recomendaciones prácticas relacionadas con las anteriores y recogidas en el Real Decreto son:

- Las superficies grandes deben tener colores con luminancias similares, para evitar contrastes acusados que puedan distraer la atención del operario.
- Se recomienda elegir colores más o menos claros para las paredes y otras superficies del entorno, y emplear una iluminación general adecuada, de manera que la luminosidad del entorno no sea muy diferente a la existente en el puesto de trabajo.
- Evitar el uso de colores excesivamente oscuros o brillantes en paredes, techos y superficies de trabajo.

h. Confort visual

56

Se discriminan los **colores** correctamente.

Comprobar que los colores se discriminan correctamente.

El color es un aspecto que influye tanto en el reconocimiento de la información, como en la sensación de bienestar y en la apreciación que el trabajador tiene del entorno de trabajo.

Independientemente de que la tarea tenga unas exigencias relativas a la diferenciación de colores (por ejemplo: puestos de control de calidad, puestos de clasificación, etc.) existen otros elementos, que forman parte del equipo de trabajo, como son los dispositivos de información visual para los cuales existen también unos requisitos de discriminación cromática. Estos son:

- **Indicadores:** Utilizan luces de diferentes colores como indicador de estado, aviso, alarma o codificación. Para ampliar información se recomienda consultar el punto 34.
- **Pantallas:** Aunque los colores pueden emplearse por motivos meramente estéticos, lo cierto es que la selección de los colores aplicados a las imágenes y al fondo de la pantalla influyen en la percepción visual y la interpretación de la información que se recibe. La apariencia del color depende de varios factores, como la pantalla utilizada (luminancia, resolución, etc.), las imágenes (tamaño, colores adyacentes, etc.), el nivel de iluminación de la sala y también depende del propio usuario (capacidad para distinguir el color). La norma **UNE EN ISO 9241-8** especifica los requisitos para los colores representados en pantallas.

h. Confort visual	
57	Para la realización de ajustes y reglajes en la máquina, ¿se ha dispuesto iluminación auxiliar regulable en previsión de que la iluminación ambiental sea insuficiente?

En el caso de que no pueda garantizarse una iluminación ambiental suficiente, verificar que existe iluminación auxiliar regulable.

Con el objeto de reforzar la iluminación general, si esta resulta insuficiente, se han de añadir focos luminosos cerca de la zona de trabajo de manera que se refuerza la primera. Los focos localizados han de estar protegidos para que la luz no incida directamente en el trabajador y para que no incida en puestos de trabajo cercanos.

Este tipo de iluminación se recomienda en tareas donde se requiera una gran exigencia visual o hayan obstáculos que obstruyan determinadas zonas.

4. Interacción en el proceso de trabajo

i. Proceso de trabajo

58	Se ha tenido en cuenta que ningún elemento del equipo de trabajo obstaculice la visión al operador durante la realización de alguna tarea.
----	---

Verificar que no existe ningún elemento que pueda dificultar la visión del trabajador durante la realización de la tarea.

Debe garantizarse una correcta visibilidad, durante la realización de la tarea, tanto del área principal de trabajo como de los distintos dispositivos de visualización de la máquina. Por ello, no debe haber ningún elemento del equipo de trabajo que pueda obstaculizar la visión al operador. Se debe tener en cuenta también este aspecto en lo relativo a los elementos y dispositivos de protección. De modo especial se ha de tener en cuenta el color, material, forma, tamaño, etc.

Además, deben evitarse alturas bajas de visión ya que llevan asociadas posturas encorvadas, flexión de cuello, inclinación de cabeza, etc. Así como alturas elevadas, por llevar asociada, extensión de cuello o incluso omisión de la atención.

i. Proceso de trabajo

59	Se ha evitado que el ritmo de trabajo del operador esté ligado al ciclo de trabajo de una máquina automática o semiautomática o a un dispositivo transportador. Y en el caso de que lo esté, es considerado correcto por el trabajador.
----	--

Observar si el ritmo de trabajo está impuesto por el equipo, y en tal caso, preguntar al trabajador si considera que el ritmo es correcto.

Hay que evitar al máximo el **ritmo impuesto** (sea éste lento o rápido). La recomendación general es no trabajar al ritmo de una máquina o una cadena de producción sino procurar que sea el trabajador el que pueda elegir el ritmo de trabajo. En puestos de trabajos con máquinas, cadenas de montaje, etc., hay que tener en cuenta que:

- Cada persona varía en sus capacidades para realizar el trabajo.
- El aburrimiento, la monotonía y el estrés reducen la capacidad para realizar el trabajo y son causa de accidentes.
- Los ritmos de trabajo fijos solo serán válidos para un pequeño número de trabajadores de la línea.
- Cuanto más crítica sea la tarea a realizar, más preferible es que el trabajador pueda ajustar el ritmo de trabajo.

Cuando es inevitable trabajar al ritmo de trabajo de una máquina hay que intentar conseguir unas condiciones de trabajo óptimas (rotaciones, mejora de la distribución del puesto, pausas, etc.).

i. Proceso de trabajo

60	El equipo permite su utilización por operadores diestros y zurdos .
----	--

Observar si el equipo puede ser utilizado tanto por trabajadores diestros como por trabajadores zurdos.

La posible alternancia de las manos a la hora de manejar una máquina o herramienta permite reducir la fatiga muscular.

Los **controles** deben de poder manejarse tanto por operadores diestros como por zurdos. Aunque los primeros son mayoría, debe procurarse en lo posible que puedan utilizarse correctamente por ambos grupos. En este sentido no sólo hay que atender el diseño intrínseco del control, también a su ubicación y distribución.

Aunque, en general, los **indicadores** deben estar a la izquierda del control, es preferible que éste se sitúe sobre el control ya que mejora la visibilidad para diestros y zurdos (preferiblemente en el mismo plano).

Las **herramientas** deberían de poder ser utilizadas con cualquiera de las dos manos. De este modo se facilita su utilización por parte usuarios zurdos, o diestros cuando tienen la mano dominante lesionada u ocupada, y se posibilita alternar la mano para descansar.

i. Proceso de trabajo

61	Las herramientas y equipos portátiles tienen una forma adecuada a la forma de la mano y permiten al operador utilizar movimientos naturales del cuerpo durante su uso.
----	---

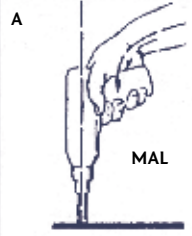
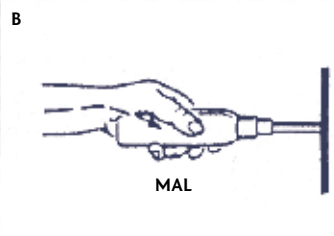
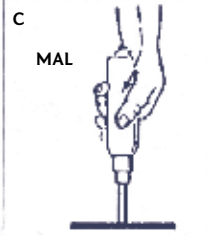
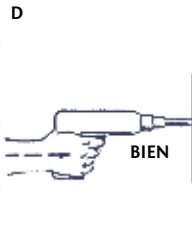
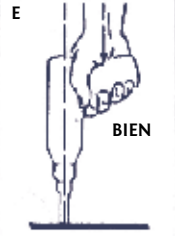
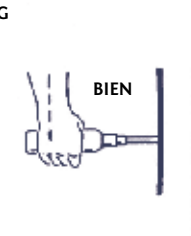
Verificar que los aspectos fundamentales del diseño de la herramienta o equipo portátil cumplen con las recomendaciones ergonómicas recogidas en la tabla 16.

Una herramienta manual debe adaptarse a los usuarios que van a utilizarla, y no causar fatiga excesiva ni demandar posturas o prácticas que requieran más esfuerzo del necesario, es decir, no debe producir lesiones.

Existen una serie de aspectos ergonómicos fundamentales del diseño de herramientas, para los cuales se han establecido unos valores y características recomendables (Tabla 16). La mayor parte de las recomendaciones de diseño de herramientas tratan sobre aspectos de diseño del mango, esto es así dado que el mango es el principal elemento de relación entre el usuario y la herramienta. Un diseño correcto del mango optimiza la utilización de la fuerza de agarre, mejora la postura de la mano-muñeca, mejora la seguridad durante su uso, etc.

Tabla 16. Recomendaciones ergonómicas para herramientas manuales.

Aspecto del diseño	Recomendación
Longitud del mango	100-125 mm.
Diámetro del mango	30-50mm para agarres de potencia. 8-16 mm para agarres de precisión.
Sección del mango	Los mangos cilíndricos son más cómodos de agarrar, ya que no presentan cantos ni aristas.
Forma del mango	Los mangos en forma de cuña facilitan la aplicación de fuerzas a lo largo del eje de la herramienta. No se recomiendan las formas para alojar los dedos, ya que solo se adaptan a cierto número de usuarios.
Superficie del mango	Sin rebabas ni cantos abruptos. No deslizante, con realces o surcos que se opongan al mismo. Impermeable (disolventes, aceites,...) y aislante (eléctrico y térmico). Ligeramente compresible (pero que no permita la intrusión de virutas, etc.).

Aspecto del diseño	Recomendación
Ángulo y orientación	El objetivo es mantener la muñeca en la postura lo más neutra posible (también el hombro y el brazo).  A Empuñadura de pistola Superficie horizontal a la altura del codo  B Empuñadura recta Superficie vertical a la altura del codo  C Empuñadura recta Superficie horizontal por debajo de la altura del codo  D Empuñadura de pistola Superficie vertical  E Empuñadura de pistola Superficie horizontal por debajo de la cintura  F Empuñadura recta Superficie horizontal a la altura del codo  G Empuñadura recta Superficie vertical por debajo de la cintura

Por tanto las asas, mangos, etc., tienen que seleccionarse teniendo en cuenta estas recomendaciones.

i. Proceso de trabajo

62	Las herramientas y equipos portátiles que tiene que sostener el trabajador durante su utilización requieren de un esfuerzo adecuado. (En caso de incumplimiento, indicar la situación que corresponda) ☐ Peso superior a 2,3 kilos. ☐ Si se trata de tareas de precisión: peso superior a 0,4 kilos. ☐ Fuerza de accionamiento, de gatillos o pulsadores, elevada. ☐ Otras: _____
----	---

Comprobar que el esfuerzo realizado por el trabajador durante el uso y manipulación de la herramienta o equipo portátil no sobrepasa los límites recomendados.

Se recomienda que el usuario no soporte el peso de la herramienta cuando éste sobrepase los 2,3 kg; este es el peso límite por encima del cual puede aparecer fatiga en los grupos musculares de los antebrazos y los hombros, especialmente si se maneja alejada del cuerpo. Si el centro de gravedad de la herramienta está alejado de la muñeca, este valor debería ser menor. Lo ideal sería que las herramientas que deben ser soportadas por el trabajador no excediesen de 1,1 kg.

Para operaciones de precisión, el peso de la herramienta no debe sobrepasar los 0,4 kg, a menos que se utilicen sistemas de sustentación.

En lo que respecta a las fuerzas de activación deben mantenerse bajas, preferiblemente por debajo de 10N, para reducir la carga del dedo índice (consultar las especificaciones del fabricante para comprobar este aspecto). Además, las herramientas deben tener una seguridad adecuada que evite un accionamiento involuntario al coger la herramienta.

i. Proceso de trabajo

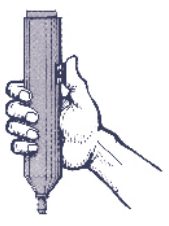
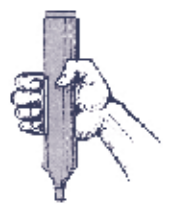
63

Las **herramientas y equipos portátiles** con accionamiento manual tienen los mandos fundamentales dispuestos de forma que el operador no tiene que soltar las empuñaduras para accionarlos.

Comprobar que el trabajador no tiene que soltar la empuñadura de la herramienta o equipo portátil durante su accionamiento.

Existen diferentes tipologías de accionamientos integrados en el propio mango, cada uno tiene una serie de ventajas e inconvenientes sobre el resto. En la tabla 17 vienen recogidas las principales tipologías.

Tabla 17. Principales tipos de accionamientos en herramientas manuales.

Tipo de accionamiento	Ventajas	Inconvenientes
Gatillo de dedo índice 	Se acciona con la parte media del dedo índice disminuyendo la fuerza de los tendones. Por su precisión en el control, sirve también para regular la velocidad. Es adecuado cuando es necesario posicionar la herramienta antes de arrancarla.	Si el dedo índice se usa de forma excesiva puede aparecer el síntoma de dedo en gatillo.
Gatillo tipo palanca 	Fatiga menos al accionarse con todos o varios dedos, ya que se distribuye la fuerza. Es adecuado para operaciones repetitivas que no exigen precisión.	El agarre es inestable.
Gatillo de dedo pulgar 	Se puede accionar teniendo la herramienta firmemente agarrada. Se emplea en máquinas como los martillos neumáticos en los que las fuerzas aplicadas son elevadas, ya que el pulgar es el dedo más fuerte.	La herramienta debe sujetarse con un agarre de potencia (entre los dedos y la palma).
Arranque por palanca 	Se logra una gran firmeza en el agarre, al formar el accionamiento parte de la empuñadura. Es adecuado para trabajos con ciclos largos o que supongan una fuerza elevada en la herramienta.	

5. Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas de trabajo

j. Diseño de las tareas

64 (CLAVE)	¿Se dispone de un manual de instrucciones de la máquina?
---------------	---

Verificar que existe un manual de instrucciones del equipo, y que la información contenida en el mismo es comprensible por el trabajador.

De conformidad con el **Real Decreto 1215/1997**, (por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo) artículo 5, **el empresario debe garantizar que el trabajador recibe la información adecuada** sobre los riesgos derivados de la utilización de los equipos de trabajo, así como de las medidas preventivas a adoptar. Además, esta información (preferiblemente escrita) deberá contener como mínimo las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.
- Cualquier otra información de utilidad preventiva.

La información deberá ser comprensible para los trabajadores a los que va dirigida e incluir o presentarse en forma de folletos informativos cuando sea necesario por su volumen o complejidad o por la utilización poco frecuente del equipo. **La documentación informativa facilitada por el fabricante debe estar a disposición de los trabajadores.**

j. Diseño de las tareas

65 (CLAVE)	¿El trabajador ha recibido formación específica sobre el manejo de la máquina ?
---------------	--

Preguntar al trabajador si ha recibido formación específica sobre la utilización de la máquina.

De conformidad con el **Real Decreto 1215/1997**, **el empresario debe garantizar que el trabajador recibe la formación específica adecuada** sobre los riesgos derivados de la utilización de los equipos de trabajo, así como de las medidas preventivas a adoptar.

En los últimos años los fabricantes han desarrollado *software* para el manejo de las máquinas cada vez más simple e intuitivo, que incluye indicaciones de manejo. La simplicidad de uso es vital para evitar errores y mejorar la calidad en el trabajo. Muchos de estos fabricantes ofrecen cursillos de formación, impartidos por expertos, los cuales no solo aportan formación al trabajador sino que también permite sacar un mayor provecho de las prestaciones de la máquina.

j. Diseño de las tareas

66	En el caso de haya un equipo de trabajadores , ¿se ha distribuido la carga de trabajo equitativamente entre los operadores?
----	--

En el caso de que se requiera del trabajo en equipo de varios operarios, comprobar que la carga de trabajo en la máquina está distribuida de forma equitativa.

En el caso de que una tarea en una máquina requiera para su realización de un equipo de trabajadores (más de un trabajador) se deberá de especificar el número de operadores

requeridos y las tareas asignadas a cada uno de ellos; debiendo distribuir la carga de trabajo equitativamente entre los operadores. Además, se deben considerar en este reparto posibles situaciones inesperadas, transitorias y de emergencia. Éste y otros principios de diseño ergonómico de tareas vienen recogidos en la norma **UNE EN 614-2** (*Seguridad de las máquinas. Principios de diseño ergonómico. Parte 2: Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas de trabajo*).

Existen medidas alternativas al diseño de tareas, para la distribución de la carga de trabajo, como son: la rotación de trabajadores, la introducción de pausas en ciertas tareas, etc.





Aplicación de la Guía a máquinas del Sector



RESULTADOS GENERALES DE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA DE VERIFICACIÓN A MÁQUINAS DEL SECTOR

Al objeto de aplicar la Guía de Verificación Ergonómica para máquinas en el sector, se planteó la realización de un estudio de campo mediante la visita a un grupo de empresas seleccionadas. Dicho estudio de campo ha permitido obtener un diagnóstico de la situación actual de las máquinas desde un punto de vista ergonómico, y cuyos resultados se presentan a continuación.

Previo al estudio de campo se realizaron una serie de visitas piloto donde se modificaron y mejoraron algunos puntos que componen el cuestionario de la Guía de Verificación. Una vez preparada la Guía de Verificación definitiva, presentada en el punto anterior, se procedió a realizar un conjunto de visitas a empresas del sector en la Comunidad Valenciana.

Las máquinas que han sido vistas en este estudio son (Tabla 18):

Tabla 18. Listado de máquinas analizadas en el estudio.

LISTADO DE MÁQUINAS INCLUIDAS EN EL ESTUDIO DE CAMPO	
	Amoladora de pedestal
	Amoladora portátil
	Centro de mecanizado CNC
	Cizalla-guillotina
	Fresadora
	Lijadora-pulidora
	Plegadora
	Prensa (para trabajo manual)
	Rectificadora plana
	Equipo de soldadura por resistencia
	Taladro de columna
	Torno paralelo
	Tronzadora de cinta
	Tronzadora de disco

Señalar que las visitas del estudio de campo fueron llevadas a cabo por técnicos cualificados tanto de UNIMAT como del IBV.

Durante las visitas, además, se llevó a cabo un registro en vídeo para posibilitar la posterior consulta y obtención de información de las máquinas-puestos valorados.

Análisis de los datos obtenidos en el estudio de campo

Una vez realizadas las visitas, y cumplimentados los cuestionarios se procedió a analizar la información. Es de destacar que se realizaron las visitas necesarias con el objeto de analizar varias máquinas de cada tipología. Este análisis fue realizado por el mismo equipo que realizó el estudio de campo.

A continuación, se presentan y comentan los resultados correspondientes al estudio de campo.

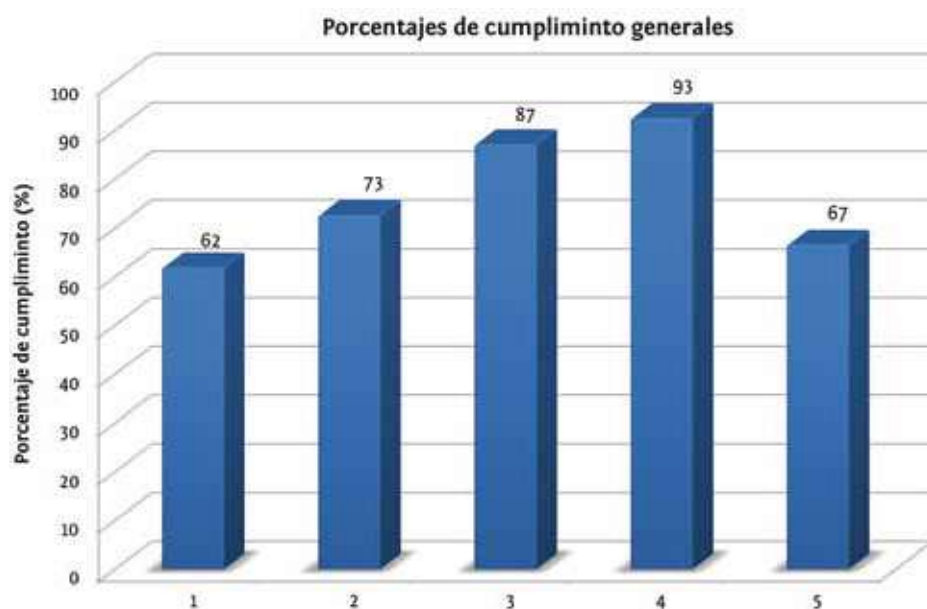
Análisis general

En este apartado se presenta un primer gráfico general donde se indica el porcentaje de cumplimiento del conjunto de aspectos analizados dentro de cada uno de los bloques temático, considerados en la *Guía de Verificación*.

Y, a continuación, se presentan los resultados, detallados por preguntas, de cada uno de los bloques; donde se muestra el porcentaje de cumplimiento de cada aspecto considerado para el conjunto de máquinas.

El porcentaje de cumplimiento promedio conjunto es del 77 %.

En el gráfico adjunto se pueden ver los resultados generales para el conjunto de máquinas analizadas.



Porcentajes generales de cumplimiento por bloques temáticos.

1. Diseño considerando las dimensiones corporales y el comportamiento mecánico del cuerpo humano.
2. Diseño de pantallas de información, señales y dispositivos de control.
3. Interacción con el ambiente físico de trabajo.
4. Interacciones en el proceso de trabajo.
5. Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas.

Se puede observar que el grupo de aspectos que menos se cumple es el de **Diseño considerando las dimensiones corporales y el comportamiento mecánico del cuerpo humano**, con un 62% de respuestas correctas, y le sigue muy cerca el **bloque de Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas**, con un 67%. Asimismo se puede observar en el gráfico 1 que los aspectos que más se cumplen son los relacionados con las **Interacciones en el proceso de trabajo**, las preguntas de este bloque (cuando ha procedido su aplicación) se han cumplido en un 93%.

En lo que respecta al grado de cumplimiento del resto de bloques, el **Diseño de pantallas de información**,

señales y dispositivos de control ha obtenido un grado de cumplimiento del 73%, y la **Interacción con el Ambiente Físico de trabajo** un 87%.

Análisis por bloques temáticos

A continuación, se presenta un conjunto de gráficos correspondientes a los resultados obtenidos, en el estudio de campo, para cada uno de los ítems o preguntas que componen los diferentes bloques temáticos.

1. El diseño considerando las dimensiones corporales y el comportamiento mecánico del cuerpo humano	
a	Dimensiones corporales
b	Posturas y movimientos corporales
c	Esfuerzo físico
2. Diseño de dispositivos de información y mandos	
d	Dispositivos de información
e	Mandos
3. Interacción con el ambiente físico de trabajo	
h	Confort visual
4. Interacciones en el proceso de trabajo	
i	Proceso de trabajo
5. Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas de trabajo	
j	Diseño de las tareas

1. El diseño considerando las dimensiones corporales y el comportamiento mecánico del cuerpo humano

a. Dimensiones corporales



a. Dimensiones corporales

El porcentaje de cumplimiento general de los aspectos relacionados con las dimensiones corporales en las máquinas, vistas en el estudio de campo, ha sido del 59%.

Se observa en el gráfico adjunto que los aspectos con mayor porcentaje de cumplimiento han sido las aberturas de acceso (100%), la distancia entre la máquina y otros elementos (97%) y el espacio previsto para los pies (97%). Estos tres aspectos tienen un porcentaje

de cumplimiento muy elevado, alcanzando casi el 100%. No obstante, hay que recalcar que aunque el cumplimiento de las aberturas de acceso se ha cumplido en un 100%, tan sólo el 10% de las máquinas analizadas poseían aberturas de acceso.

De las máquinas que disponen de empuñaduras (un 37%) el 53% tienen las empuñaduras adaptadas a la mano y a las dimensiones de los trabajadores.

Un aspecto importantísimo, y que no se cumple en el 79% de las máquinas del estudio, es la adaptación de la altura de trabajo tanto a la población de usuarios como al tipo de tarea.

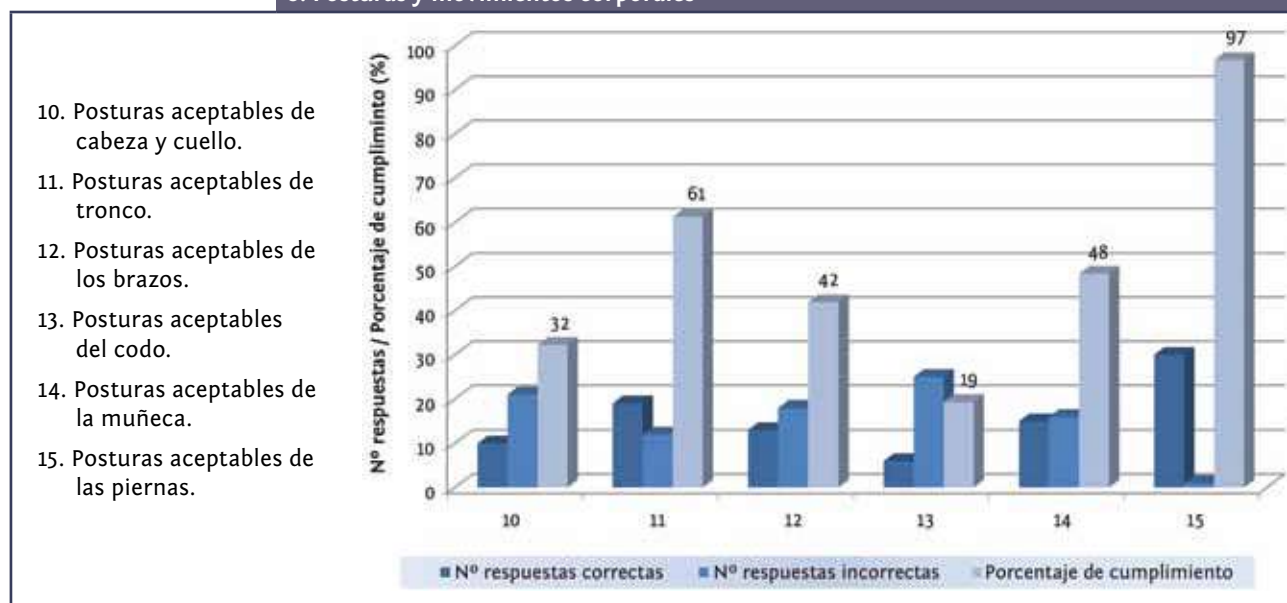
En el caso de las máquinas que disponen de pedales (un 14%) el 43% de los mismos cumplían con los requisitos dimensionales.

No se han valorado en ninguna máquina del estudio, por no darse ningún caso, las aberturas de paso para cuerpo completo.

En cuanto a las máquinas en las que se utiliza un asiento (un 10%), el 40% de los mismos disponían de un espacio para las piernas en postura sentado.

1. El diseño considerando las dimensiones corporales y el comportamiento mecánico del cuerpo humano

b. Posturas y movimientos corporales



b. Posturas y movimientos corporales

El porcentaje de cumplimiento general de los aspectos relacionados con las posturas y movimientos corporales en las máquinas, vistas en el estudio de campo, ha sido del 50%.

Se observa en el gráfico adjunto que, en general, las posturas adoptadas en las máquinas no son adecuadas en la mayoría de los casos, encontrándose el porcentaje de cumplimiento por debajo del 50% para todas las partes del cuerpo excepto las piernas y el tronco.

El segmento corporal peor valorado han sido los codos, con tan solo un 19% de porcentaje de cumplimiento en las máquinas y tareas analizadas. Le sigue, de peor a mayor valoración e igualados en porcentaje (61%), la cabeza y el cuello, los brazos y muñecas.

Las piernas son la parte del cuerpo con mayor número de casos de posturas aceptables, con un 97%, siendo un valor muy alto comparándolo con el resto de los casos.

El otro segmento corporal que sobrepasa el 50% de cumplimiento es el tronco (61% de cumplimiento).

A continuación, se presentan los resultados para los diferentes segmentos corporales valorados de forma detallada.

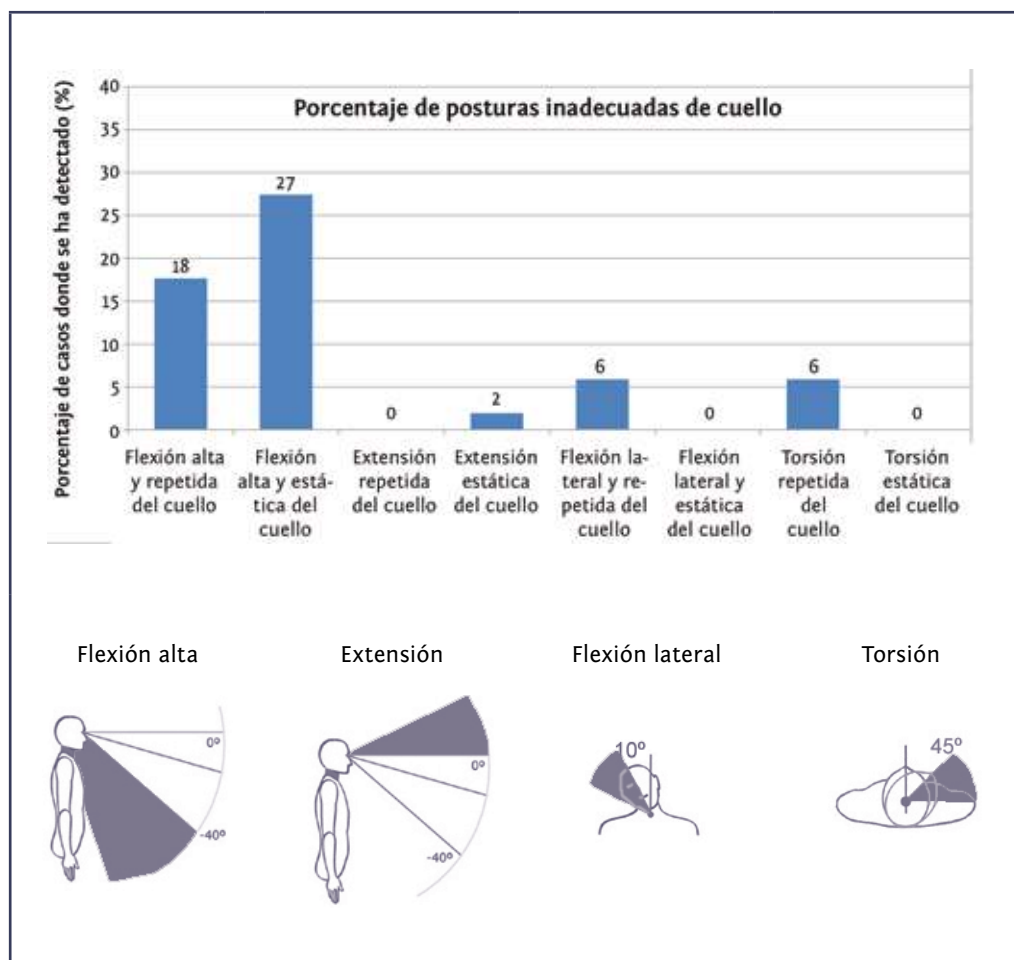
10. Posturas y movimientos de cuello

En el gráfico adjunto están recogidas las principales posturas inadecuadas de cabeza y cuello detectadas en el estudio de campo; concretamente las diferentes columnas reflejan el porcentaje de máquinas donde se han identificado estas posturas.

La postura inadecuada de cuello más detectada en la utilización de las máquinas ha sido la flexión alta y estática del cuello con un 27%, seguida de la flexión alta y repetida (2 o más veces por minuto) del cuello, con un 18% de casos. Entendiéndose por flexión alta de cuello aquella que supone que la línea de visión del trabajador está debajo de 40° respecto a la línea horizontal de visión.

La tercera y cuarta posturas inadecuadas de cuello más detectada han sido la flexión lateral y repetida del cuello, y la torsión repetida del cuello, ambas con un porcentaje muy bajo (6% en ambos casos).

La postura de extensión estática de cuello ha tenido un porcentaje casi nulo (2%), y el resto de posturas un porcentaje nulo.



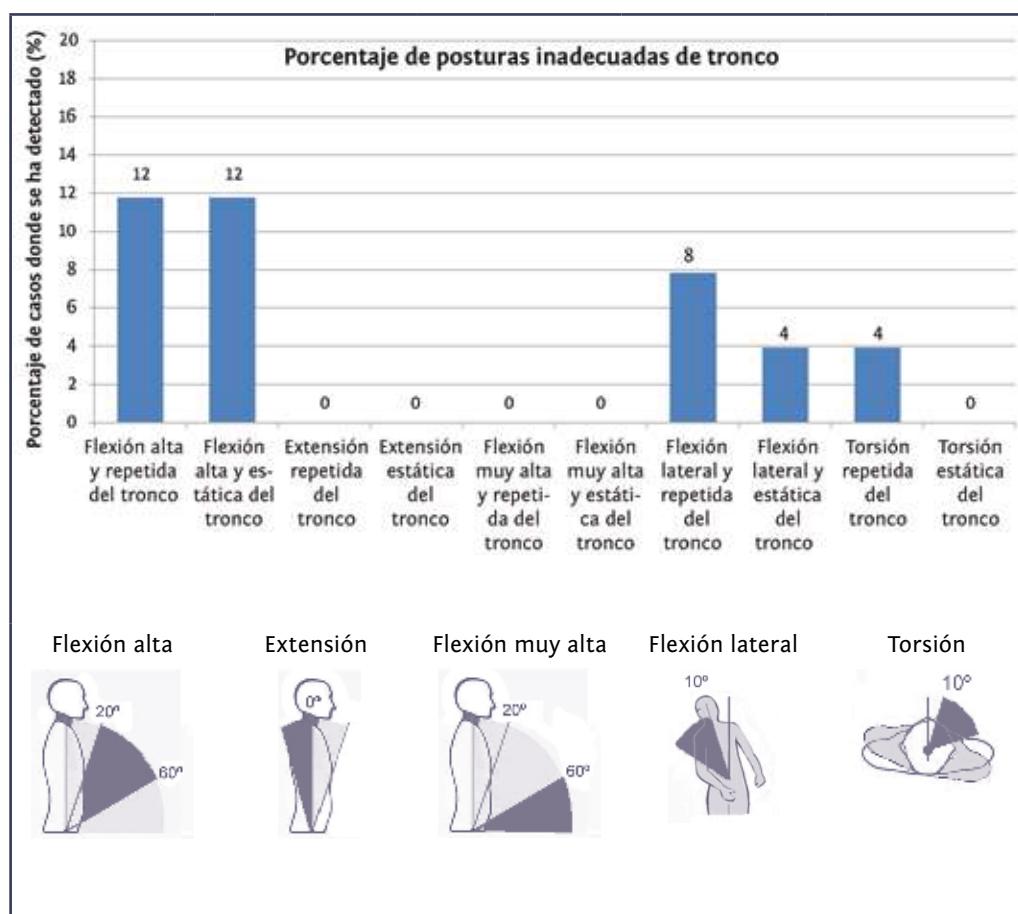
11. Posturas y movimientos de tronco

En el gráfico adjunto están recogidas las principales posturas inadecuadas de tronco detectadas en el estudio de campo.

Las posturas inadecuadas de tronco más detectadas en las máquinas, durante su utilización, han sido la flexión alta y repetida y la flexión alta y estática, ambas con el mismo porcentaje y un valor del 12% de casos.

La tercera postura inadecuada de tronco más detectada ha sido la flexión lateral y repetida, con un 8%.

El resto de posturas inadecuadas de tronco se han dado con un porcentaje muy bajo o nulo (0-4%), siendo nulo en muchos de ellos.



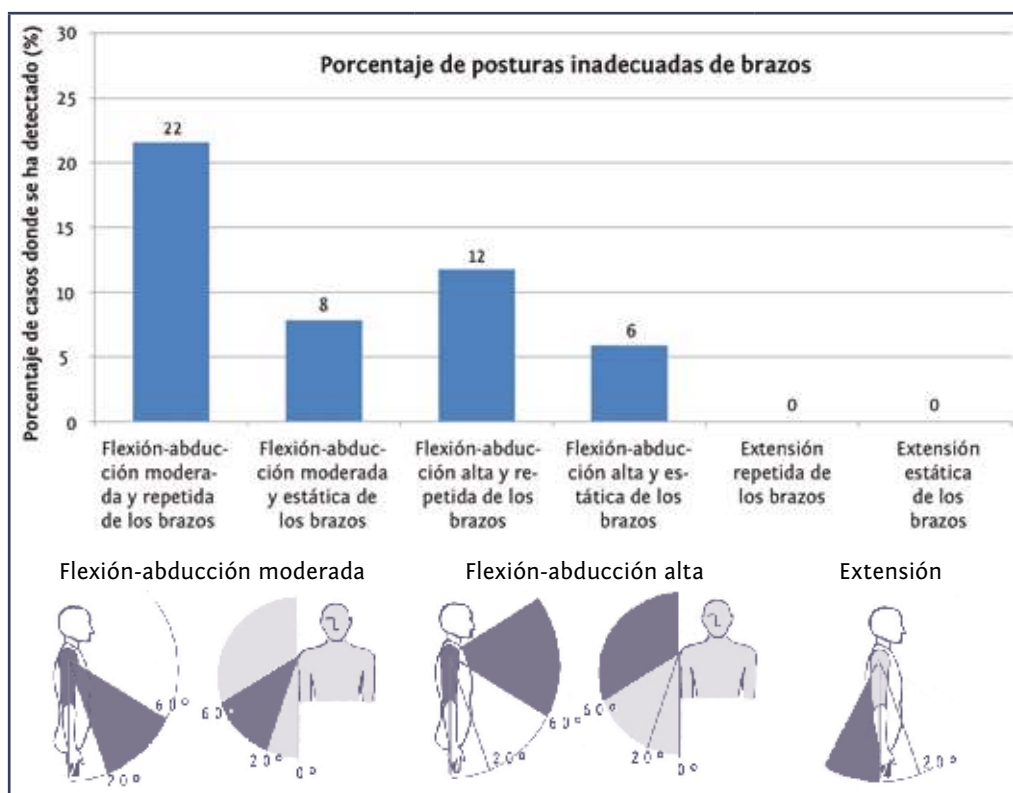
12. Posturas y movimientos de brazos

En el gráfico adjunto están recogidas las principales posturas inadecuadas de brazos detectadas en el estudio de campo.

La postura inadecuada de brazos con mayor incidencia en las máquinas, ha sido la flexión-abducción moderada y repetida, con un 22% de casos.

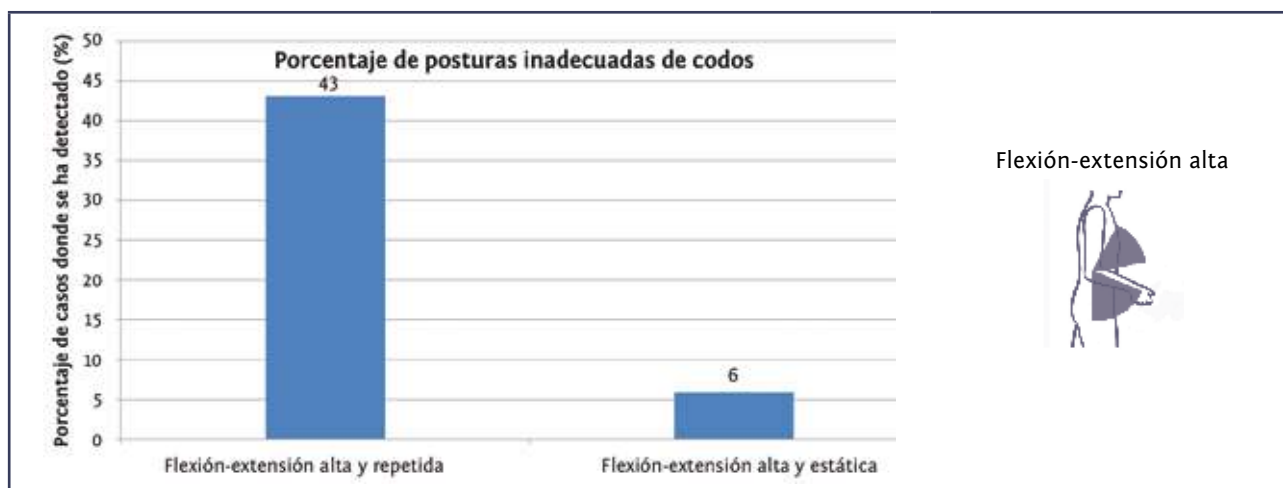
La segunda postura inadecuada de brazos más detectada ha sido la flexión-abducción alta y repetida (12%). Y en tercer lugar, la flexión-abducción moderada y estática (8%).

El resto de posturas inadecuadas de tronco se han dado con un porcentaje muy bajo o nulo (0-6%).



13. Posturas y movimientos de codos

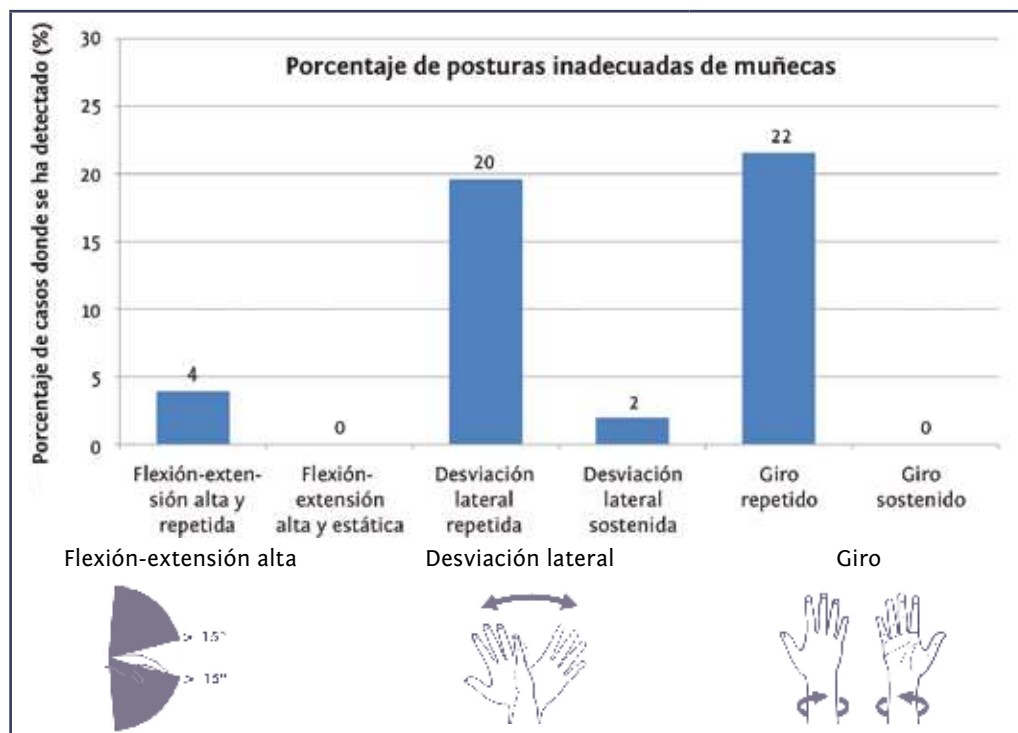
Se han identificado en el estudio de campo, posturas inadecuadas de flexión-extensión alta y repetida del codo en un 43% de las máquinas analizadas. Y en un 6% de las máquinas se ha detectado flexión-extensión alta y estática.



14. Posturas y movimientos de muñecas

En el gráfico adjunto están recogidas las principales posturas inadecuadas de muñecas detectadas en el estudio de campo.

Las posturas inadecuadas de muñeca con mayor incidencia en las máquinas, ha sido el giro repetido (22%) y la desviación (flexión) lateral (20%). El resto de posturas inadecuadas de tronco se han dado con un porcentaje muy bajo (0-4%).

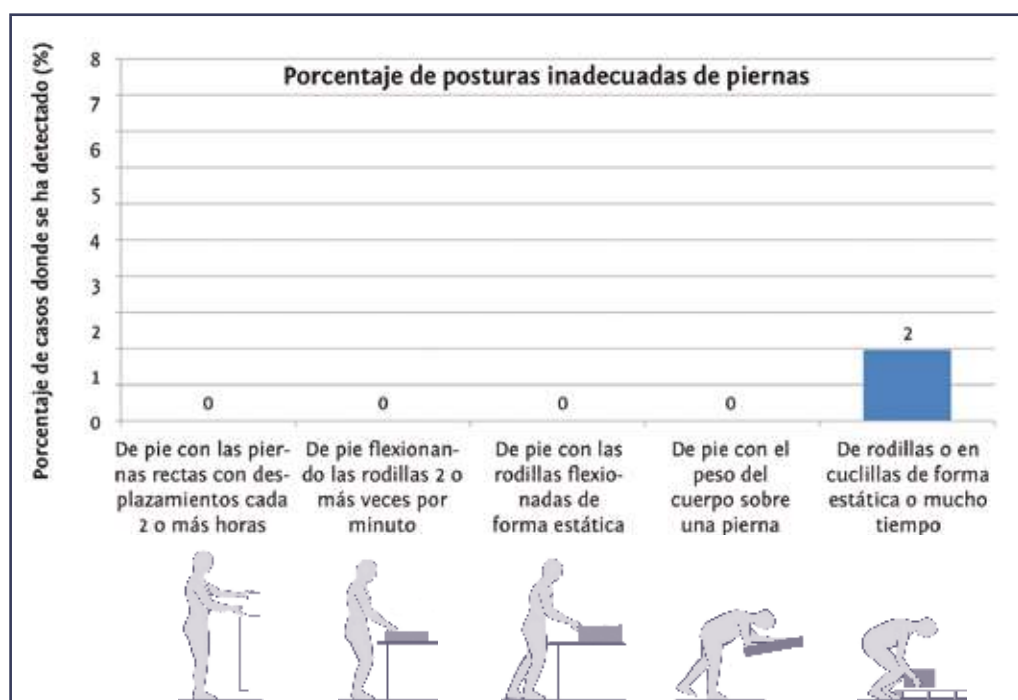


15. Posturas y movimientos de piernas

En el gráfico adjunto están recogidas las principales posturas inadecuadas de piernas detectadas en el estudio de campo.

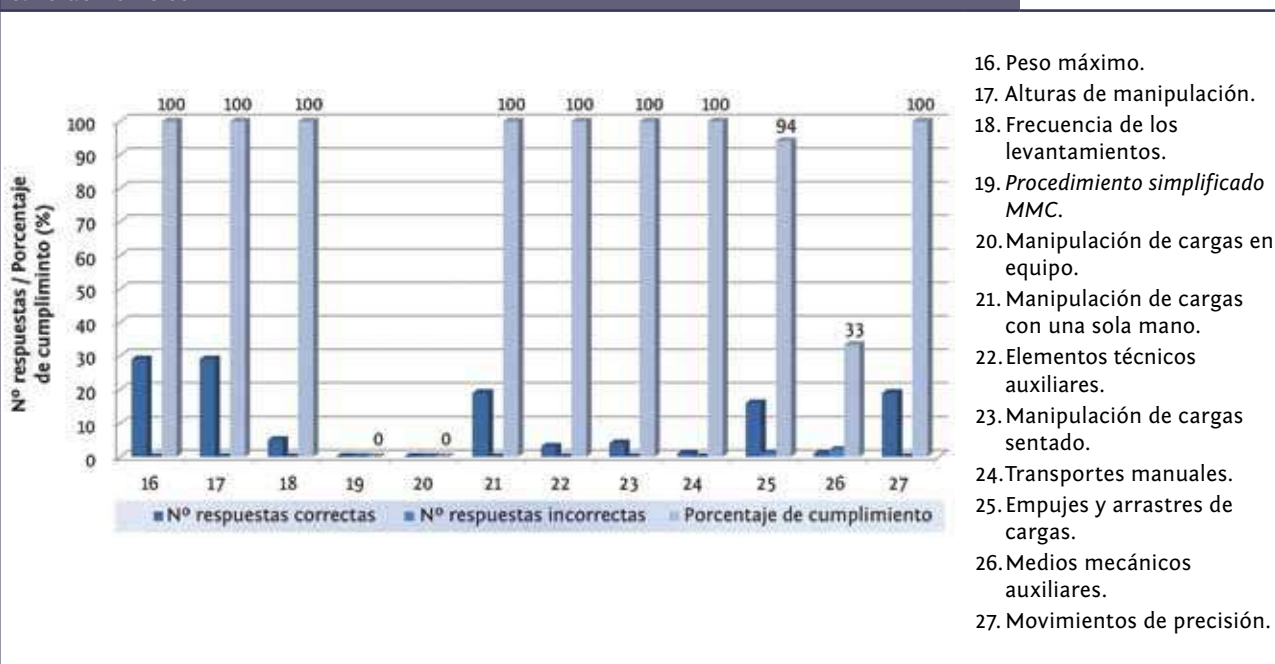
Como ya se ha comentado, las posturas de piernas son en general correctas con un bajo porcentaje de posturas inadecuadas.

La única postura inadecuada de piernas que se ha dado en el estudio tiene un porcentaje de ocurrencia muy bajo, tan solo un 2%, y corresponde a la postura de rodillas o en cuclillas de forma estática.



1. El diseño considerando las dimensiones corporales y el comportamiento mecánico del cuerpo humano

c. Esfuerzo físico



c. Esfuerzo físico

El porcentaje de cumplimiento general de los aspectos relacionados con el esfuerzo físico en las máquinas, vistas en el estudio de campo, ha sido del 77.3%. Aunque también hay que destacar el porcentaje de preguntas contestadas ha sido bajo (21%), dado que en muchos casos no procedía la valoración de este aspecto por su inexistencia.

En lo referente al esfuerzo físico asociado al trabajo en las máquinas, los aspectos con un mayor porcentaje de cumplimiento han sido el peso máximo manipulado, la manipulación de piezas (cargas) con una mano y los movimientos de precisión, todos ellos con un porcentaje de cumplimiento del 100%.

Los siguientes aspectos también han tenido un porcentaje de cumplimiento del 100%: la frecuencia de los levantamientos en la manipulación de piezas, la implantación de elementos técnicos auxiliares de ayuda a la manipulación, la manipulación de cargas estando sentado y el transporte manual de cargas. No obstante, es necesario aclarar que el porcentaje de contestación fue muy bajo en todos los casos (entre 2 y 10%).

El empuje y arrastre de cargas obtuvo un porcentaje de cumplimiento también muy elevado, del 94%.

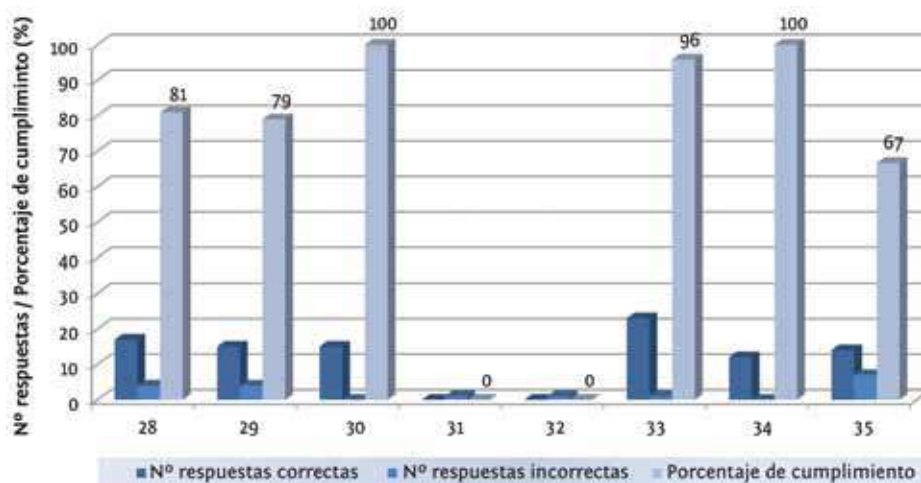
Por último, el esfuerzo físico asociado a medios mecánicos auxiliares posee un porcentaje de cumplimiento del 33%. En este caso, el porcentaje de respuestas contestadas también fue muy bajo, con un 6%.

No se ha incluido en el gráfico de respuestas anterior el procedimiento simplificado para la detección de riesgos por MMC, dado que no es una cuestión propiamente dicha que dé como resultado una respuesta *correcta* o *incorrecta*.

La cuestión que hace referencia a la manipulación de cargas en equipo no ha sido considerada dado que no se ha dado el caso. En general, ha habido muchas preguntas que no procedía aplicar.

2. Diseño de dispositivos de información y mandos

d. Dispositivos de información



28. Detección e identificación de información visual.

29. Interpretación de información visual.

30. Ritmo y sentido de las variaciones de la información.

31. Detección e identificación de información sonora.

32. Interpretación de información sonora.

33. Información necesaria.

34. Prioridad y frecuencia de la información.

35. Necesidad de más información.

d. Dispositivos de información

En lo que respecta a los dispositivos de información de las máquinas analizadas, el porcentaje de cumplimiento general es elevado, con un promedio del 65.3%. Aunque también hay que destacar el porcentaje de preguntas contestadas ha sido bajo (28%), dado que en muchos casos no procedía la valoración de este aspecto por su inexistencia.

Los aspectos mejor valorados han sido la prioridad y frecuencia de la información, y el ritmo y sentido de las variaciones de información visual, ambas con un 100% de cumplimiento.

El siguiente porcentaje de cumplimiento mayor corresponde a la aportación de la información necesaria (96%).

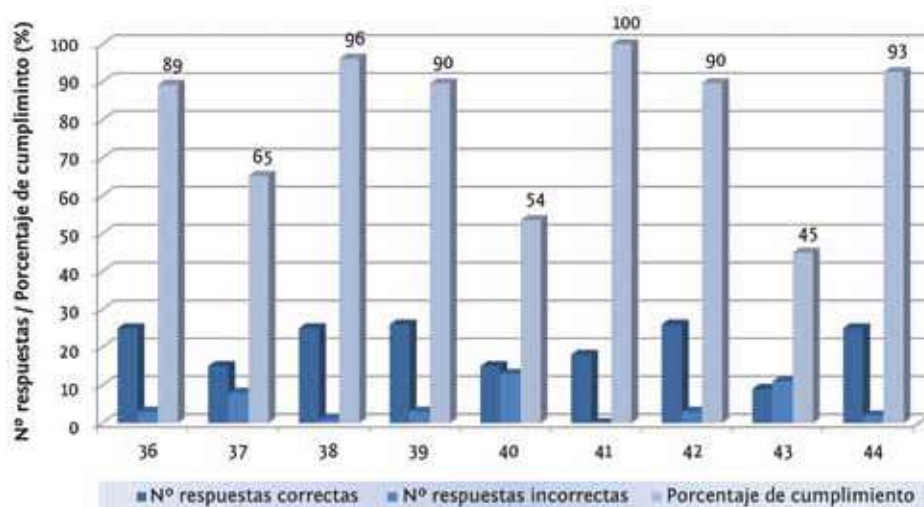
La detección e identificación de la información visual ha obtenido un 81% de cumplimiento en los casos valorados, y la interpretación de la información visual ha obtenido un 79%.

En un 33% de los casos se ha considerado que hay una necesidad de algún dispositivo adicional de información para realizar la tarea. Y en un 19% de las máquinas con dispositivos de información visual (pantallas, indicadores analógicos, marcadores digitales...) se ha detectado que la ubicación de los mismos no permite su detección e identificación de forma rápida y segura.

Las cuestiones referentes a dispositivos sonoros no se han considerado por no darse ningún caso.

2. Diseño de dispositivos de información y mandos

e. Mandos



- 36. Tipos de mandos.
- 37. Identificación de la función de los mandos.
- 38. Desplazamiento de los mandos.
- 39. Situación de los mandos de uso frecuente.
- 40. Situación de la parada de emergencia.
- 41. Distribución de los mandos.
- 42. Operación involuntaria del mando de arranque.
- 43. Distribución de los mandos en máquinas del mismo tipo.
- 44. Esfuerzo físico para accionar los mandos.

e. Mandos

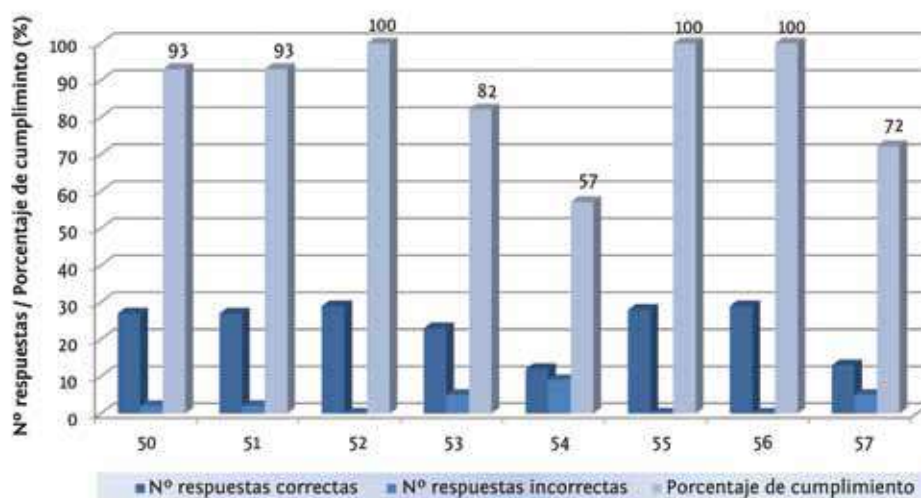
El porcentaje general de cumplimiento de los aspectos ergonómicos de los mandos ha sido del 80,1%. Siendo los aspectos mejor valorados la distribución de los mandos en el orden de las operaciones a realizar (100%), el desplazamiento de los mandos (96%), el esfuerzo físico para accionarlos (93%), la situación de los mandos de uso frecuente el diseño (90%), disposición de los mandos para evitar su operación involuntaria (90%) y el tipo de mandos (89%).

Los tres aspectos peor valorados han sido la identificación inequívoca de la función de los mandos (65%), la situación de la parada de emergencia al alcance inmediato del operador (54%), y el mantenimiento de la misma distribución de mandos en máquinas del mismo tipo dentro de una misma empresa (45%),

Se ha detectado en el estudio que las máquinas de un mismo tipo dentro de una empresa no mantienen la misma distribución de mandos, esto es de esperar si se trata de máquina provenientes de fabricantes distintos, pero incluso se ha detectado que en ocasiones un mismo fabricante no mantiene unos estándares.

3. Interacción con el ambiente físico

h. Confort visual



- 50. Nivel de iluminación.
- 51. Oscilaciones de luz.
- 52. Deslumbramientos o brillos.
- 53. Sombras.
- 54. Efecto estroboscópico.
- 55. Contraste.
- 56. Discriminación de colores.
- 57. Iluminación auxiliar regulable.

h. Confort visual

En lo que respecta al confort visual, en los puestos y máquinas analizadas, el porcentaje de cumplimiento general fue del 87,2%.

Los aspectos mejor valorados han sido la inexistencia de deslumbramientos o brillos molestos, el contraste adecuado y la correcta discriminación de colores, en los tres casos con un cumplimiento del 100%.

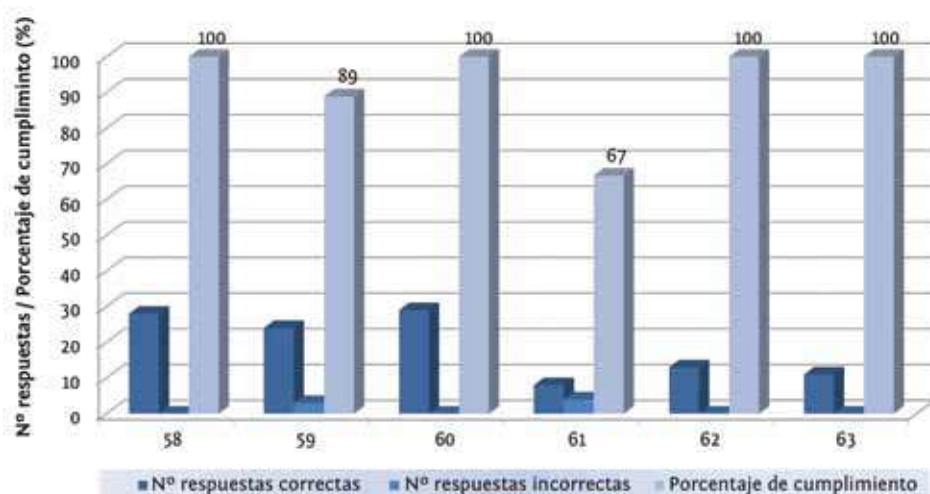
El nivel de iluminación es correcto en un 93% de los casos y la presencia de oscilaciones de luz tan solo se ha detectado en un 7% de los casos.

En un 18% de los casos se ha detectado la presencia de sombras en el área de trabajo, aspecto que en la mayoría de los casos está relacionado con la disposición del alumbrado general, si bien es cierto que la máquina no disponía de iluminación localizada combinada con la anterior para evitar este problema.

Los dos aspectos peor valorados han sido la disposición de iluminación auxiliar localizada frente a condiciones de iluminación ambiental insuficientes (72%) y la aplicación de medidas para evitar el efecto estroboscópico (57%).

4. Interacciones en el proceso de trabajo

i. Proceso de trabajo



- 58. Obstaculización de la visión.
- 59. Ritmo de trabajo.
- 60. Diestros y zurdos.
- 61. Adecuación de herramientas y equipos portátiles.
- 62. Esfuerzo con herramientas y equipos portátiles.
- 63. Accionamiento de herramientas y equipos portátiles.

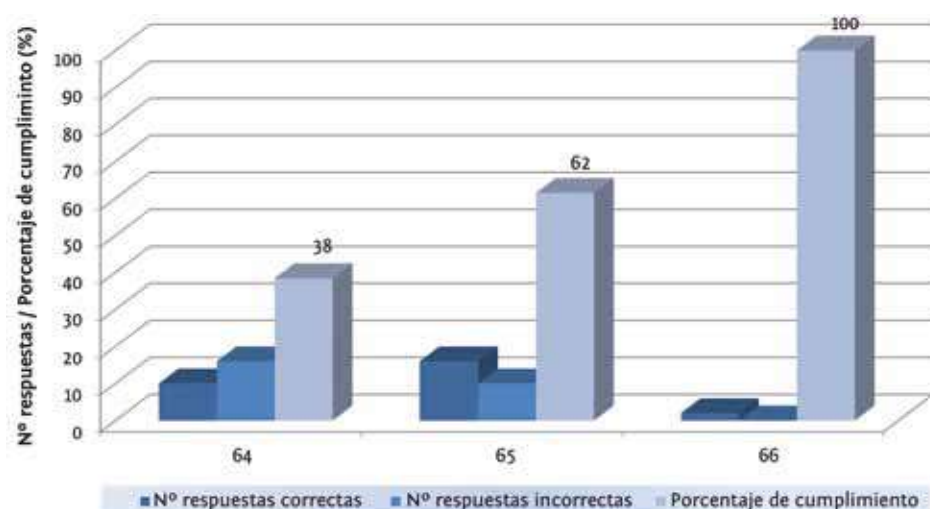
i. Proceso de trabajo

En lo que respecta a los aspectos valorados dentro del bloque temático proceso de trabajo, el porcentaje de cumplimiento general ha sido del 92,6%. Todos los aspectos han sido bien valorados, cuatro de ellos alcanzando el 100%.

Tan sólo un aspecto ha alcanzado un porcentaje de cumplimiento menor del 70%, y hay que señalar que este aspecto (adecuación de herramientas y equipos portátiles) ha sido de aplicación en un porcentaje de máquinas relativamente bajo, al igual que las otras dos cuestiones que también hacen referencia a herramientas y equipos portátiles.

5. Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas

j. Diseño de las tareas



- 64. Manual de instrucciones.
- 65. Formación específica en el manejo de la máquina.
- 66. Distribución de la carga de trabajo en equipo.

j. Diseño de tareas

El porcentaje de cumplimiento de este apartado ha sido muy dispar, dependiendo de la cuestión.

Únicamente un 38% de las máquinas analizadas en el estudio de campo disponían, o se tenía conocimiento de ello, de manual de instrucciones. Este hecho se debe fundamentalmente a la antigüedad de las mismas.

En lo que respecta a la formación específica en el manejo de la máquina un 62% de los trabajadores afirmaron haber recibido formación por parte del personal de la propia empresa (encargado, compañeros, etc.), siendo muy variable el alcance y profundidad de ésta.

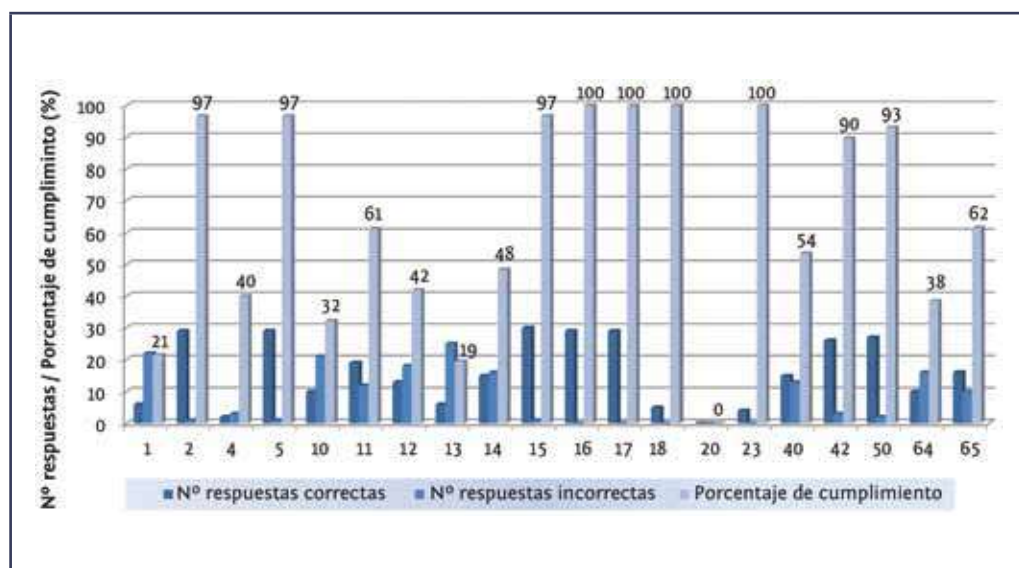
La distribución de la carga de trabajo en equipos de operadores ha sido valorada tan sólo en un 4% de las máquinas, siendo su porcentaje de cumplimiento del 100%.

RESULTADOS DE LAS PREGUNTAS CLAVE

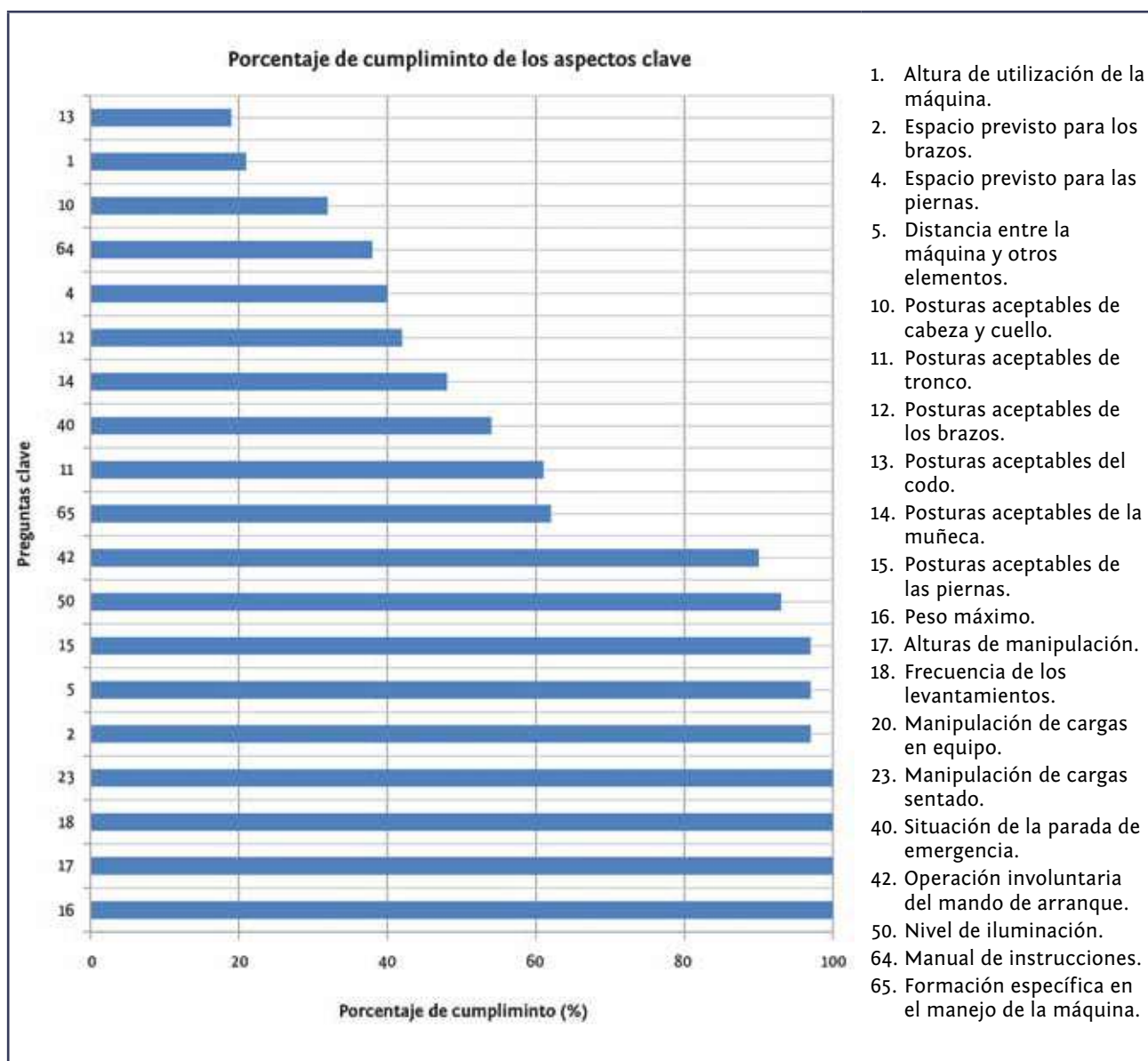
Algunas de las cuestiones incluidas en la Guía han sido consideradas “clave”, dichas cuestiones se consideran críticas desde el punto de vista ergonómico. En caso de no cumplimiento, se debería de priorizar la búsqueda de soluciones por parte del empresario.

A continuación, se presentan los porcentajes de cumplimiento del conjunto de aspectos considerados clave, que se han analizado en el estudio de campo. **El porcentaje de cumplimiento promedio de todos los aspectos clave es del 65%.**

En el siguiente gráfico se pueden ver los resultados por preguntas que se han obtenidos para el conjunto de máquinas analizadas.



Partiendo del estudio de campo realizado, si se ordenan estos aspectos clave en función del grado de cumplimiento, se obtiene un orden de priorización de intervenciones a nivel ergonómico que deberían de emprenderse en el sector del Metal.



Por debajo del 50% de grado de cumplimiento se encuentran las posturas aceptables de cabeza y cuello, de los brazos, del codo y de la muñeca, el espacio previsto para las piernas, la altura de utilización de la máquina y la existencia de un manual de instrucciones de la máquina.

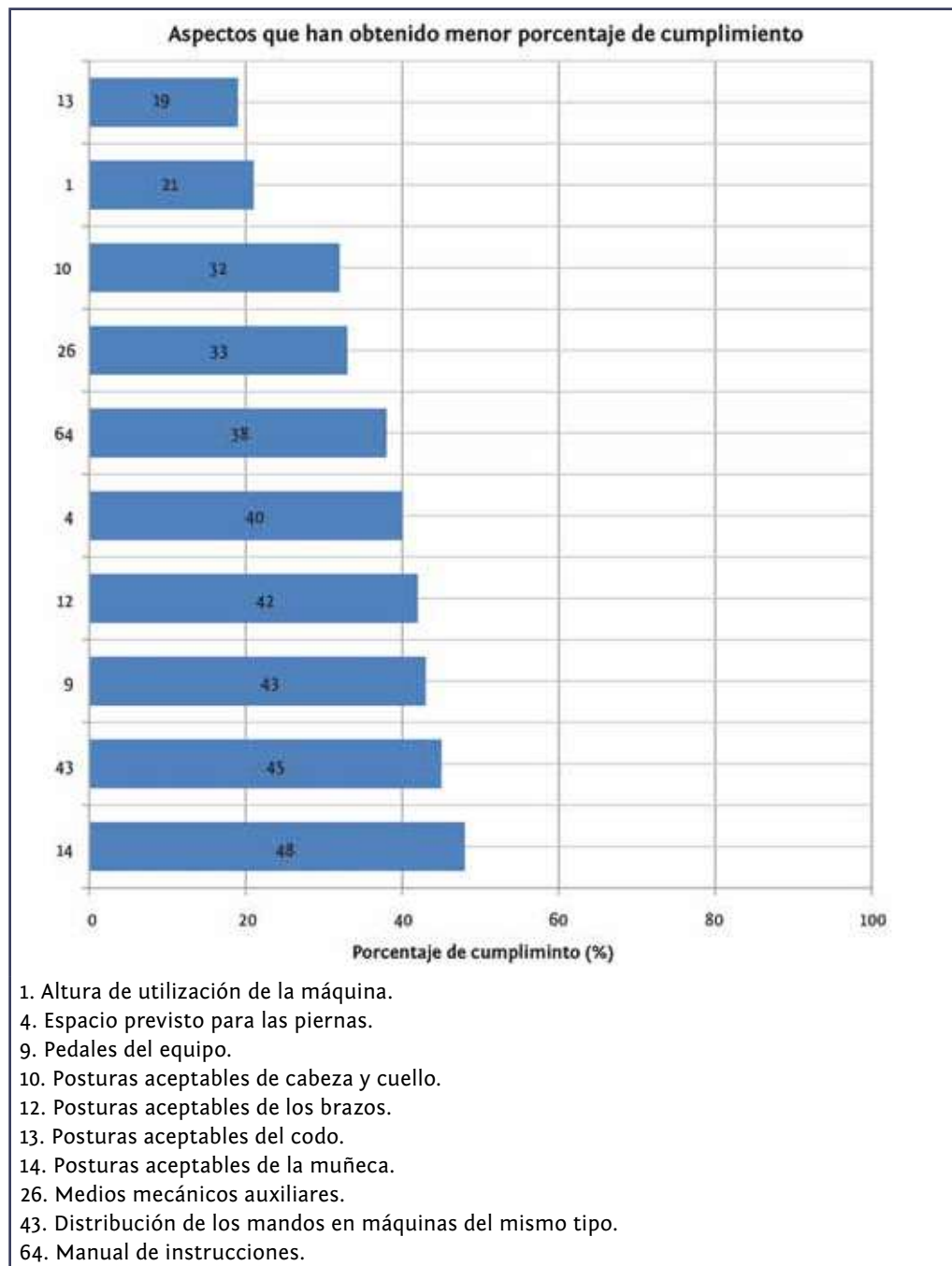
Otras cuestiones clave con porcentajes de valoraciones correctas por encima del 50%, pero a mejorar, son la correcta ubicación de la parada de emergencia (54%), las posturas aceptables de tronco (61%) y la referente a la formación específica en el manejo de la máquina (62%).

Por tanto, todos los aspectos anteriores tendrían que ser prioritarios de cara a una intervención de tipo ergonómico en el sector del Metal.

El resto de cuestiones clave ha obtenido porcentajes de cumplimiento por encima del 90%. No obstante, cabría mencionar que aunque el grado de cumplimiento de las cuestiones que hacen referencia a la frecuencia de los levantamientos y a la manipulación de cargas sentado sea del 100%, su porcentaje de contestación fue muy bajo, concretamente del 10% y 8% respectivamente.

PRINCIPALES PROBLEMAS ERGONÓMICOS DETECTADOS EN EL ESTUDIO DE CAMPO

A continuación, en el siguiente gráfico se presentan los aspectos de la guía que han obtenido un menor porcentaje de cumplimiento (menos del 50%) en el estudio de campo.



Los porcentajes con un menor cumplimiento se dan en la postura aceptable de codos (19%) y en la altura de utilización de la máquina (21%). A continuación, le sigue las posturas aceptables de cabeza y cuello (32%), los medios mecánicos auxiliares (33%) y la no disponibilidad de un manual de instrucciones (38%).

El resto de conceptos se encuentran entre un 40% y un 50% de cumplimiento, siendo el mayor de ellos las posturas aceptables de la muñeca (rozando casi el aprobado con un 48%).





Fichas



Para cada una de las máquinas analizadas se ha confeccionado una ficha ergonómica. El objetivo fundamental de estas fichas es ayudar a la mejora de las condiciones ergonómicas de utilización de las máquinas.

A pesar de que cada vez más hay una mayor automatización de la producción, que se extiende a todos los sectores de actividad, las máquinas tradicionales siguen conservando un espacio en las empresas y talleres. Por ello en algunas de las fichas se proponen accesorios y dispositivos auxiliares que pueden mejorar las prestaciones del puesto con máquinas tradicionales.

Las fichas pueden ser empleadas por los profesionales de los departamentos de Ingeniería y diseño, Prevención de Riesgos Laborales, Recursos Humanos y Organización. Al objeto de plantear mejoras en los puestos de trabajo, así como la adquisición de nuevos dispositivos o equipos. Además, las fichas junto con el manual pueden ser empleados por los responsables de compras para determinar qué requerimientos deben cumplir los equipos.

El contenido de cada una de las fichas es el siguiente:

- breve descripción de la función o funciones de la máquina,
- resumen de los principales problemas ergonómicos detectados en el estudio de campo para este tipo de máquinas,
- y planteamiento de propuestas de mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en las mismas.

A continuación, se recogen un conjunto de fichas correspondientes a las diferentes tipologías de máquinas vistas en el estudio de campo:

- Amoladora de pedestal
- Amoladora portátil
- Centro de mecanizado CNC
- Cizalla-guillotina
- Fresadora
- Lijadora-pulidora
- Plegadora
- Prensa (para trabajo manual)
- Rectificadora plana
- Equipo de soldadura por resistencia

- Taladro de columna
- Torno paralelo
- Tronzadora de cinta
- Tronzadora de disco



Función y utilización

La amoladora es una máquina herramienta simple, conocida como muela, empleada para desbastar, matar aristas, quitar rebabas, pulir, afilar herramientas de corte, etcétera. El uso depende del tipo de discos que se monten en la misma. Los de grano grueso se utilizan para desbastar o matar aristas de piezas metálicas, mientras que los de grano fino se utilizan principalmente para afilar las herramientas de corte.

Esta máquina se encuentra en la mayoría de talleres e industrias de fabricación mecánica. La amoladora de pedestal es una amoladora puesta sobre un pedestal o columna, también se pueden encontrar amoladoras de sobremesa.

En la actualidad, es posible encontrar modelos de amoladoras diseñados específicamente para tratar determinados tipos de piezas. Un ejemplo de ello es la **amoladora para tubos**, diseñada especialmente para el pulido y realización de muescas en piezas con secciones redondas, cuadradas, rectangulares e irregulares (Figura 1).



Figura 1. Amoladora para tubos (Fuente: Garboli).

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, codo y muñeca.
- No se suministra toda la información visual o sonora necesaria para realizar la tarea.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Presencia de sombras.
- Efecto estroboscópico.
- Falta de iluminación auxiliar regulable.

- Falta de manual de instrucciones.

b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la amoladora de pedestal.

Alturas de trabajo

Dados los requisitos de control visual y manual durante su utilización se recomienda que la altura de trabajo no sea demasiado baja quedando ésta ligeramente por encima de la altura de codos, comprendida entre 100 y 110 cm aproximadamente. Existen en el mercado pedestales específicos para amoladora que permiten su regulación en altura (Figura 2).

Posturas y movimientos

Se pueden encontrar una serie de accesorios y dispositivos dirigidos a la mejora de las condiciones de trabajo en determinado tipos de tarea o circunstancias. A continuación, se presentan algunos de ellos:

- **Apoyos de trabajo para las piezas:** En el afilado de determinadas herramientas (cinceles, destornilladores, etc.) puede ser de gran ayuda disponer de apoyo para la pieza de trabajo. Éstos permiten al usuario mantener la pieza en una posición precisa. Sin embargo, cuando se trabaja con estos accesorios es importante soportar las herramientas al ángulo correcto contra la muela abrasiva (Figura 3). Estos apoyos deben de poder ser ajustados por el operador.

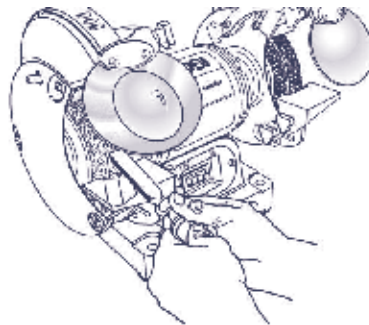
- **Apoyo de trabajo acanalado.** Este tipo de apoyo está pensado para el afilado de brocas helicoidales (Figura 4). Esta técnica requiere de práctica.



Figura 2. Pedestal para amoladoras regulable en altura (Fuentes: Draper, HTC).



Figura 3. Amoladora con apoyos (Fuente: DeWalt, Ryobi).



Información visual

En las máquinas más antiguas, el problema es que no se da ningún tipo de información al usuario, y tampoco disponen de manuales de instrucciones. Todos los dispositivos de información y mando deben estar identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo.

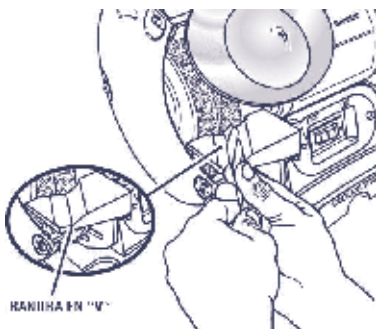


Figura 4. Trabajo con soporte acanalado (Fuente: Ryobi).



Figura 5. Amoladoras dotadas de parada de emergencia (Fuentes: Femi, Grizzly).



Parada de emergencia

La parada de emergencia debería de estar situada de tal forma que pueda ser alcanzada desde cualquier posición de trabajo en la máquina (Figura 5). Se han detectado en el estudio de campo, amoladoras sin parada de emergencia.



Figura 6. Amoladoras con luz (Fuentes: Clarke, Draper, Ryobi).

Iluminación y efecto estroboscópico

La zona de trabajo debe estar correctamente iluminada, el nivel de iluminación debe ser como mínimo de 500 lux. Si no se puede garantizar un nivel correcto de iluminación mediante la iluminación general, habría que dotar a la máquina de iluminación local auxiliar. Existen amoladoras con luces integradas que iluminan el área de trabajo en cada muela, para mayor precisión (Figura 6).

- **Lupas:** Algunos modelos disponen de protector de seguridad con lupa de aumento para mejorar la precisión (Figura 7). Asimismo, existen protectores que integran, además de la lupa, iluminación (Figura 8).

Se recomienda el uso de lámparas fluorescentes adicionales dotadas de estabilizador electrónico que evita el efecto estroboscópico.



Figura 7. Amoladoras con lupa (Fuente: Ryobi).



Figura 8. Amoladoras con lupa y luz (Fuentes: Baldor, Grizzly).



AMOLADORA PORTÁTIL

Función y utilización

La amoladora portátil es una máquina herramienta manual, accionada por energía eléctrica o aire comprimido, que se emplea en operaciones de: tronzado, rebarbado, desbaste, ranurado, lijado, pulido, etc. Se trata de una máquina muy versátil que se emplea sobre todo en el sector metal. Al igual que en el caso de las amoladoras de sobremesa o pedestal, su uso depende del tipo de disco que se monten en la misma.

En el mercado es posible encontrar diferentes tamaños (pequeñas, grandes, etc.) y tipologías (angular, recta,...). Su elección depende del tipo de trabajo a realizar, potencia que se necesita, etcétera.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, del tronco, brazos, y piernas.
- Esfuerzo realizado con la herramienta.

b. Propuestas de mejora ergonómica

Seguidamente se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo con la amoladora portátil.

Posturas y movimientos

Las posturas y movimientos realizados por el trabajador dependen en gran medida de la posición relativa de la pieza. Alturas muy bajas llevan asociado posturas forzadas de cabeza, cuello, tronco y piernas; mientras que alturas elevadas suelen llevar asociadas posturas penosas de brazos, codos y manos. Lo recomendable sería que el trabajador pudiera posicionarse respecto a la pieza de manera que el acceso sea cómodo tanto en altura como en profundidad.



Figura 1. Amoladoras con empuñadura adicional de ajuste rápido (Fuentes: Metabo, Bosch).

mientas, con empuñadura de puente giratoria, con empuñadura intercambiable en la parte superior, etc. (Figura 1).

También es posible encontrar amoladoras con la empuñadura principal orientable hasta 180° (Figura 2); lo que posibilita su adaptación a las condiciones de diferentes trabajos, de forma fácil.



Figura 2. Amoladora con empuñadura giratoria-ajustable (Fuente: Casals).



El trabajo con la amoladora portátil está sujeto a una alta variabilidad en las condiciones de uso, que no dependen del diseño de la amoladora. Es importante que las piezas sobre las que se está trabajando estén posicionadas a una altura adecuada, cuando sea posible. Para ello se recomienda emplear dispositivos para la sujeción y posicionamiento de las piezas a trabajar. Algunos dispositivos existentes en el mercado, tales como soportes para piezas, sistemas de sujeción, mesas y bancos de trabajo regulables en altura, etc.



Figura 3. Tornillos de banco (Fuente: Gressel).



- **Soportes y sistemas de sujeción para piezas.** Los tornillos de banco pueden facilitar el trabajo en varios sentidos ya que, dejan libres las manos del trabajador y facilitan alturas de trabajo más adecuadas (Figura 3).

Existen en el mercado tornillos de banco que permiten cierto margen de ajuste en altura, permitiendo una altura de trabajo más óptima regulable por el propio trabajador (Figura 4).



Figura 4. Tornillo de banco ajustable en altura (Fuente: Gressel).

- **Mesa elevadora.** Las mesas elevadoras permiten subir y bajar las piezas situándolas a la altura idónea sin necesidad de esfuerzo manual por parte de trabajador. Facilitando la ubicación de las piezas a una altura de trabajo adecuada se evita que el trabajador tenga que adoptar posturas forzadas o incómodas. Existen multitud de modelos de mesas en el mercado en función de las necesidades.

Este tipo de dispositivos pueden ayudar a asegurar la pieza sobre la que se trabaja, especialmente si se trata de piezas pequeñas o piezas que se encuentran en equilibrio inestable. De este modo se evitarán movimientos imprevistos durante la operación.

En general, se recomienda que las **alturas de trabajo** no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos. El uso de la amoladora en posturas que obligan a mantenerla por encima del nivel de los hombros, pueden entrañar en caso de pérdida de control, lesiones que pueden afectar a la cara, pecho o extremidades superiores.

Cuando se esté trabajando en un puesto o zona fija, lo ideal sería disponer de un soporte especial para dejar la máquina, en lugar de dejarla en el suelo. Además, es importante

parar la amoladora totalmente antes de posarla, para prevenir posibles movimientos incontrolados de la misma.

Esfuerzos con la herramienta

Los esfuerzos durante la utilización de la máquina están asociados principalmente a la propia máquina aunque también pueden ser debidos a la pieza a trabajar. En lo que respecta a la amoladora influyen en el esfuerzo aspectos como: el peso, la forma de agarre, el tamaño, etc. A continuación, se revisan estos aspectos:

- Peso de la amoladora.** El peso de la propia máquina es un aspecto fundamental en el esfuerzo requerido. En general, no existe un límite de peso establecido para las herramientas manuales ni para todas las situaciones posibles. Dado que las amoladoras son manejadas con ambas manos no se pueden aplicar los límites dados para una mano (situación más desfavorable). En general se debe tratar de escoger, dentro de la potencia y características requeridas, la amoladora más ligera y con el peso más bajo en su categoría. Por ejemplo, las amoladoras más pequeñas (aptas para corte de metal, aluminio, tubería, desbaste de soldaduras, etc.) pueden llegar a pesar un mínimo 1,4 kg (Figura 5); mientras que las amoladoras grandes (2.400W) 5,5 kg.
- Agarre.** La fuerza de agarre de una herramienta manual varía con la posición de la muñeca, siendo menor cuando la muñeca está completamente flexionada. La mayor parte de la fuerza en la flexión de los dedos proviene de los músculos del antebrazo; los tendones de estos músculos cruzan la muñeca; cuando la muñeca se flexiona los músculos se acortan y por lo tanto se debilitan. De ello la importancia de una correcta orientación de la herramienta y del mango adicional en función del tipo de trabajo. La fuerza de agarre varía también con el diámetro de las empuñaduras o mangos. Éstos deben estar ergonómicamente diseñados, y recubiertos con materiales que mejoran la presión de contacto así como las vibraciones transmitidas a la mano (Figura 6). Las zonas de agarre antideslizantes en el cuerpo en la carcasa y la empuñadura lateral almohadillada antivibraciones mejoran las condiciones de agarre y, por tanto, el uso de la herramienta. Otro aspecto a considerar es el tamaño del cuerpo, los cuerpos más estrechos pueden resultar más cómodos en su manejo. Algunos fabricantes diseñan amoladoras con el cuerpo o carcasa especialmente reducidos (Figura 6).
- Empuñadura antivibraciones.** Las empuñaduras adicionales dotadas de sistema antivibraciones pueden mejorar el confort y la salud del trabajador, llegando a reducir entre un 40-70% las vibraciones (según indicación de fabricantes). Este tipo de empuñaduras es comercializado por diversas marcas y es posible encontrar diferentes modelos y tamaños (Figura 7).
- Accionamiento (gatillos e interruptores).** La elección de un tipo de gatillo en una herramienta se relaciona con el diseño del mango y con las operaciones que con ella se realizan. En la localización de los gatillos e interruptores debe tenerse en cuenta el centro de gravedad de la herramienta, así como la necesidad de estabilizar la herramienta durante el uso. Actualmente, en la mayoría de modelos de amoladoras, el



Figura 5. Modelo de amoladora ligero (Fuente: Hilti).



Figura 6. Amoladoras con zonas de agarre antideslizantes y cuerpo estrecho (Fuentes: Hilti, Bosch).



Figura 7. Amoladoras con empuñadura antivibraciones (Fuentes: Bosch, Hilti, Metabo).



Figura 8.
Amoladoras con
interruptor de
seguridad
(Fuentes: Bosch,
Hilti).

interruptor se encuentra integrado en el mango, incluso existen modelos que disponen de interruptores de seguridad para una desconexión inmediata al soltar la máquina (sistema hombre-muerto) (Figura 8).

- **Disco de corte.** En función de la operación a realizar (tronzado, lijado, pulido, etc.) y del tipo de metal sobre el que se va a trabajar, habrá que elegir el disco adecuado (grosor, filo, material) para que el esfuerzo a realizar por el operario sea mínimo.

c. Aspectos ergonómicos de los dispositivos, accesorios y elementos auxiliares

Se pueden encontrar en el mercado una serie de modelos de amoladoras dotados de elementos que mejoran las condiciones de trabajo en determinados tipos de tarea o circunstancias. A continuación, se recogen algunos ejemplos:

- **Soportes:** Existen soportes tanto para mini-amoladoras, como para amoladoras (Figura 9). Estos soportes nos permiten poder trabajar con mayor comodidad y mayor rapidez, especialmente cuando se tengan que realizar tareas repetitivas y muy continuadas.
- **Guías para corte:** Existen guías acoplables a la amoladora portátil que facilitan la realización de cierto tipo de trabajos con mayor precisión y seguridad. Se trata de guías dotadas, en algunos casos, de caperuza de aspiración para tronzar que mejora la limpieza (Figura 10).
- **Acceso a las escobillas:** Algunas amoladoras disponen de acceso fácil a las escobillas para su mantenimiento y cambio (Figura 11).



Figura 9. Soportes para amoladoras portátiles (Fuente: Casals).



Figura 10. Guías para corte
(Fuente: Bosch).



Figura 11. Fácil acceso a las escobillas
(Fuente: Casals).



Figura 12. Amoladora a batería (Fuente: Bosch).

- **Amoladoras de batería recargable:** Se pueden encontrar amoladoras potentes a batería proyectadas para desbastar y tronzar materiales metálicos. Este tipo de amoladora, compacta y con buen agarre, es ideal para cortar en zonas estrechas debido a su reducido tamaño (Figura 12).
- **Cambio de disco.** Se comercializan algunos modelos de amoladoras diseñadas para hacer más fácil el cambio de disco; éstas no necesitan de herramientas, al estar dotadas de una tuerca de sujeción rápida.



Función y utilización

Los centros de mecanizado con control numérico se emplean para realizar operaciones de torneado, fresado, taladrado y/o mandrinado a partir del control numérico. El operario se encarga de regular la máquina, cambiar las herramientas que se van a utilizar, vigilar durante la realización de la pieza e introducir los datos, además de cargar y descargar las piezas a mecanizar. En la actualidad existe una gran variedad en cuanto a la tipología de centros de mecanizado se refiere (de mesa móvil, tipo pórtico, de columna móvil, horizontales, verticales, etc.).

El Control Numérico por Computador, también llamado CNC (en inglés Computer Numerical Control), es un dispositivo capaz de dirigir el posicionamiento de un órgano mecánico móvil mediante órdenes elaboradas de forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas en tiempo real.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Espacios previstos para los brazos y pies insuficientes.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, del tronco, de brazos, de codo y muñeca.
- Posibilidad interpretación equívoca de la información visual.
- No se suministra toda la información necesaria.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Presencia de sombras.

b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en las máquinas de mecanizado con control numérico.

Alturas de trabajo

Durante el trabajo en el centro de mecanizado el operario tiene que acceder a diferentes puntos a distintas alturas, en función de la tarea a realizar (alimentación y retirada de piezas, programación y control, cambio de herramientas, etc.).

- **Carga y descarga de piezas:** En relación a la alimentación y retirada de las piezas, las alturas de acceso al centro de mecanizado varían en función del modelo y marca comercial de la máquina. Aunque la mayoría oscilan entre los 850 y 1050 mm. La posición de la bancada debe facilitar y mejorar la ergonomía en el acceso frontal a la máquina.
- **Mandos:** Se recomienda que el panel de mandos sea regulable en altura, de manera que el trabajador pueda ajustárselo a la altura y posición que le resulte más cómoda. La mayoría de máquinas existentes en el mercado sí disponen de ajuste de posición (giro) pero no todas disponen de ajuste de la altura.

En general, se recomienda que las alturas de trabajo no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos. Un aspecto importante a considerar es la automatización de la máquina; a mayor grado de automatización, menor puede ser la necesidad de acceso del trabajador a la misma (*Consultar el apartado de posturas y movimientos de esta ficha*).

Espacios y aperturas de acceso

Cuando se tenga que acceder a ciertas partes de la máquina, se debe garantizar que existe el espacio suficiente para que el operario pueda realizar los movimientos y posturas asociadas a la tarea. Las dimensiones de los espacios previstos para los brazos no solo deben garantizar que estos caben sino que deben favorecer también la movilidad de los mismos. En la guía de aplicación del manual se pueden consultar las dimensiones recomendadas para las aperturas de acceso para las diferentes partes del cuerpo.

- **Carga y descarga de piezas:** Algunas máquinas comerciales han sido diseñadas con accesos frontales de gran amplitud para mejorar la carga y descarga de piezas, así como las tareas de verificación (Figura 1). Estos accesos deben permitir también la carga y descarga de piezas con medios mecánicos.

Otro aspecto a considerar es el **espacio disponible para los pies**. El trabajador debe poder acercarse a la máquina correctamente, sin que sus pies topen contra la parte inferior de



Figura 1. Centros con buena accesibilidad
(Fuentes: Kondia, Ibarmia).

la misma, o tenga que girarlos para poder arrimarse al área de trabajo (Figura 2). Los **requisitos mínimos** de espacio para los pies recomendados son: 21 cm de profundidad libre, y 23 cm de altura.

Posturas y movimientos

Se ha detectado en los accesos al centro de mecanizado, que el trabajador en ocasiones se ve obligado a mantener posturas forzadas (Figura 3). Este aspecto se puede deber a la profundidad de los accesos.

Existen en el mercado una serie de máquinas diseñadas para la mejora de las condiciones de trabajo en determinado tipo de tareas o circunstancias. A continuación, se presentan algunas de ellas:

- **Centros con carga/descarga exterior:** Son centros de mecanizado que permiten la carga y descarga con la máquina en funcionamiento. Estos centros disponen de puntos de carga (mesa) situados fuera de la zona de trabajo de la máquina (cerramiento), por lo que el operario puede fijar la siguiente pieza mientras otra pieza está siendo mecanizada. Cuando la pieza se ha cargado el operario lo indica y la máquina queda lista para cambiar la mesa sin operario. Estas máquinas pueden favorecer la labor del trabajador, ya que no tiene que acceder al interior de la máquina ni inclinar su cuerpo hacia el interior de la zona con el cerramiento (Figura 4). Además, en empresas que necesiten una productividad alta, una máquina con dos mesas puede favorecer la producción, además de facilitar la labor de descarga. Y por último, otra ventaja es que se elimina la operación de abrir y cerrar puertas.
- **Mesa pendular giratoria.** Una variante del tipo anterior de máquinas es el centro de mecanizado con mesa pendular giratoria, que permite el trabajo en doble puesto. Mediante el giro de la mesa y la existencia de un separador central de zonas de trabajo, el operario puede cargar una nueva pieza mientras la máquina está en marcha (Figura 5).
- **Centros de mecanizado para el mecanizado de 5 caras:** Los centros de mecanizado de última generación posibilitan el mecanizado de 5 caras, ó en 5 ejes, en una sola fijación de la pieza. La pieza está fijada y las caras verticales se mecanizan con el cabezal en posición horizontal, mientras que para mecanizar la cara superior, el cabezal cambia a posición vertical. Mediante un divisor electrónico se posiciona automáticamente la cara a mecanizar (Figura 6).

Por otra parte, es posible encontrar una serie de dispositivos, accesorios para máquinas y medios auxiliares, que facilitan la labor al operario, tanto desde el punto de vista de la seguridad como de la ergonomía y confort.

- **Cambiador automático de mayor capacidad:** Los cambiadores automáticos de alta capacidad de almacenamiento de herramientas pueden reducir la necesidad de cambiar herramientas entre piezas, acortando el tiempo que el operario necesita para la preparación de la máquina (selección y



Figura 2. Espacio disponible para los pies (Fuente: Takumi).



Figura 3. Postura forzada del trabajador.



Figura 4. Centros de mecanizado con sistema de carga en marcha (Fuente: Milltronics).



Figura 5. Detalle de la mesa pendular (Fuente: Ibarmia).



Figura 6. Detalle mecanizado multicara (Fuente: Ibarmia).



Figura 7. Cambiador automático de herramientas
(Fuente: Famasa).



Figura 8. Almacenes automáticos de herramientas
(Fuente: Ibarmia).

cambio de herramientas). El almacenamiento se realiza en un carrusel, un tambor o una cadena (Figura 7). El cambiador en cadena es el que más herramientas puede almacenar, mientras que el tambor el que menos (además de tener que estar la máquina parada para proceder al cambio).

- **Almacén automático de herramientas:** Algunos centros de mecanizado disponen, opcionalmente, de almacenes automáticos de herramientas de gran capacidad (40, 60 y 120 posiciones). Estos almacenes de herramientas se pueden fijar en la parte trasera de la columna, fuera de la zona de trabajo, evitando interferencias y permitiendo el cambio en cualquier posición del eje x (Figura 8). También es posible encontrar almacenes pick-up para el cambio automático de herramientas especiales. Una de las ventajas fundamentales de los almacenes es que siempre están fuera de la zona de trabajo, quedando totalmente protegidos contra virutas y refrigerante.
- **Puertas con apertura automática.** Esta opción evita que el operario tenga que abrir y cerrar las puertas.
- **Sistemas de sujeción de piezas:** Estos sistemas de sujeción de piezas facilita su mecanizado. Existe una amplia variedad de dispositivos de sujeción en función del objeto a mecanizar y de la tecnología empleada. Entre los más novedosos destacan los siguientes:



Figura 9. Placa matriz
(Fuente: Schmalz).



Figura 10. Sistema de utillaje modular
(Fuente: Bluco).

- **Sistemas de fijación por vacío:** En los últimos años han surgido nuevos sistemas de fijación por vacío que tratan de atender diversas necesidades y aplicaciones. En este sentido han aparecido nuevos sistemas para la fijación de piezas de metal para su mecanizado; como por ejemplo, la *placa matriz* de la empresa *Schmalz*. La placa base matriz es un sistema de fijación por vacío de concepción modular para la fijación segura de piezas de gran superficie de metal (aluminio, titanio o acero inoxidable), planas en su parte inferior (Figura 9). Existen diversos tamaños que se pueden fijar de forma sencilla sobre la mesa de la máquina. También incluye topes mecánicos adicionales en los lados que impiden el desplazamiento de las piezas; éstos son desmontables y reubicables de forma fácil. La fijación y el desbloqueo de las piezas se pueden realizar de forma fácil y segura mediante un pedal o un interruptor manual (que se bloquean con el control CNC del centro de mecanizado o de la fresadora).
- **Sistema de utillaje modular:** Estos sistemas posicionan y amarran con seguridad y precisión todo tipo de piezas y permiten que el utillaje sea desensamblado después de fabricar una pieza y reensamblado de nuevo con diferentes componentes para mecanizar otra totalmente diferente. Una ventaja adicional de este tipo de sistemas, es que si un elemento se daña, se puede cambiar ahorrando tiempo y dinero (Figura 10).
- **Bridas de amarre.**
- **Sistemas de sujeción para ranuras:** Las mesas de trabajo con ranuras en T extras facilitan la sujeción de la pieza a manipular. Existen sistemas de suje-

ción diseñados para ser amarrados a este tipo de ranuras (Figura 11).

- **Ayudas a la manipulación:** Existen diferentes opciones que pueden ayudar al operario en las labores de carga y descarga de las piezas en la máquina.

- **Cambiador automático de pallets.** Este sistema permite que el operario pueda cargar y descargar piezas mientras la máquina está en marcha (Figura 12).

- **Sistemas de manipulación de piezas.** La diversidad de sistemas de manipulación de piezas existente es muy amplia. El tipo de ayuda mecánica a emplear para la carga y descarga de piezas pesadas en la máquina depende de muchos factores (espacio disponible, distribución, tipo de piezas, etc.), pero todas ellas (grúas, manipuladores por vacío, etc.) tienen en común que favorecen la salud del trabajador (Figura 13).

En función del nivel de producción de la empresa, se puede optar por una mayor o menor grado de automatización. A mayor grado de automatización, menor será el nivel de intervención del trabajador; sin embargo, mayor será la exigencia de control.

- **Ayudas para la limpieza:** Los dispositivos o ayudas de limpieza de la máquina también pueden facilitar la labor del trabajador. Es posible encontrar: sistemas de limpieza automáticos del cono del husillo por aire comprimido, sistemas transportadores de virutas, dispositivos de limpieza de virutas magnéticos, etc.

Dispositivos de información y mando

Todos los dispositivos de información y mando deben estar identificados según su función (al menos en castellano), ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo, y tener un manejo lo más intuitivo y sencillo posible. Toda la información visual facilitada al operario ha de ser intuitiva y de fácil asimilación, así como fácilmente visible. En este sentido, la mayoría de fabricantes de sistemas de control numérico se han preocupado en dotar a sus productos de características que favorecen su utilización (pantalla LCD en color con buena resolución, disposición intuitiva de los botones, etc.) Y por otra parte, algunos fabricantes de centros de mecanizado los han diseñado para facilitar que el cliente pueda elegir y acoplar el tipo de control del fabricante que más confianza le ofrece.

También es posible implantar mejoras de cara a facilitar las tareas de control de la máquina, por ejemplo: se puede hacer que los botones más importantes se iluminen mientras estén presionados, que los botones que necesiten ser presionados se pongan en intermitente para que el operario los vea rápidamente, etc.

Los paneles de mando, preferentemente, deben ser ajustables; permitiendo al trabajador regular la posición del mismo de manera sencilla y rápida. Otra ventaja adicional de este tipo de mandos es que ofrecen la posibilidad de poder ubicar la pantalla en una zona visualmente más accesible (Figura 14). Algunos controles disponen de botonera portátil con volante



Figura 11. Dispositivos de sujeción para ranuras T (Fuente: Mitee Bite).



Figura 12. Centros de mecanizado con cambiador automático de pallets (Fuentes: Zayer, Delteco).



Figura 13. Elevador por vacío (Fuente: Schmalz).



Figura 14. Diferentes sistemas de control (Fuentes: Zayer, Ibarmia).

electrónico, lo que también puede suponer en ciertas tareas una mejora de la cara a la operabilidad del control (Figura 14, derecha).



Figura 15. Mesa de trabajo con iluminación localizada (Fuente: Milltronics).

Manual de instrucciones y formación específica en el manejo de la máquina

El centro de mecanizado sólo podrá ser utilizado por personal formado y preparado para ello. Además, en todo momento el trabajador debe poder acceder al manual de instrucciones, el cual debe contener toda la información necesaria, de manera clara y concisa y recomendable en castellano, para poder hacer un buen uso de la máquina. Algunos fabricantes ofrecen ayuda on-line para resolver dudas, incluso pudiéndose conectar, vía modem, con la autorización del cliente para solucionar problemas de forma rápida.

Iluminación

La zona de trabajo debe estar correctamente iluminada, el nivel de iluminación debe ser como mínimo de 500 lux para realizar el trabajo habitual. Si no se puede garantizar un nivel correcto de iluminación sin sombras mediante la iluminación general, habría que dotar a la máquina de iluminación local auxiliar (Figura 15). No obstante, para aquellas tareas que requieran una mayor precisión, como por ejemplo ajustes y calibración de herramientas durante la preparación de la máquina, se recomiendan niveles de iluminación mayores. Atendiendo a la normativa estos deberían ser como mínimo de 1000 lux (UNE 72163-84 y UNE 72112-85).

Si la máquina dispone de ventanas laterales, se puede favorecer las tareas de mantenimiento así como la visibilidad del interior (Figura 16).



Figura 16. Centro de mecanizado con dos ventanas laterales (Fuente: Kondia).

c. Aspectos ergonómicos de los dispositivos, accesorios y elementos auxiliares

Se pueden encontrar en el mercado una serie de accesorios que pueden mejorar las condiciones de trabajo en determinado tipo de tareas o circunstancias.

- **Extractor de virutas:** Es posible encontrar diferentes soluciones de extracción de viruta en el mercado, adaptables al tipo de viruta y ancho de la mesa (sinfín, doble sinfín, combinados con extractores, etc.). Estos sistemas están disponibles como una opción extra en muchos centros de mecanizado. De esta forma el trabajador no debe preocuparse de las operaciones de limpieza de las virutas sobrantes tras el mecanizado (Figura 17).



Figura 17. Sistemas de extracción de virutas (Fuentes: Famasa, Kondia).



CIZALLA-GUILLOTINA

Función y utilización

La cizalla-guillotina es una máquina que se utiliza fundamentalmente para el corte rectilíneo de chapa o láminas de poco espesor, y está destinada a piezas de grandes dimensiones. El proceso de trabajo consiste en situar la chapa a cortar en posición y accionar la máquina (habitualmente mediante pedal), lo que provoca que bajen, en primer lugar, unos pisones que sujetan la pieza y, posteriormente, la cuchilla móvil que realiza el corte.

Existen diferentes tipos de cizallas, pero actualmente las más comunes son las hidráulicas. Los elementos básicos que componen una cizalla son los siguientes:

- Bancada: pieza de fundición sobre la que se apoya la máquina.
- Bastidor: pieza de hierro que se apoya en la bancada y soporta la cuchilla y el pisón.
- Mesa: mesa de fundición sobre la que se apoya la chapa a cortar.
- Cuchilla móvil: pieza de acero unida a la corredera diseñada para cortar el material.
- Cuchilla fija: pieza de acero unida a la mesa y diseñada para cortar.
- Pisones: piezas que se encargan de sujetar la chapa durante el ciclo de corte.
- Utillajes: algunos ejemplos son: topes de posicionamiento del material, consolas, guías, escuadras, etc.

Algunos fabricantes fabrican determinadas variantes de las cizallas tradicionales que pueden mejorar las condiciones de trabajo en determinado tipo de tareas o circunstancias. A continuación, se recogen algunas de ellas:

Cizalla doble de corte transversal

Este tipo de guillotinas permite el corte transversal simultáneo de ambos extremos de la chapa y la medida automática de su longitud. Además, se pueden obtener series de láminas de la longitud del original (Figura 1). Su principal ventaja radica en que al tener una de las guillotinas móviles, que se mueve automáticamente a lo largo de toda la mesa, no es necesario manipular la lámina una vez depositada en la mesa.



Figura 1. Máquina que integra cizalla y punzonadora (Fuente: Finnpower).



Figura 2. Cizalla, punzonadora y taladro CNC (Fuente: FICEP).

Guillotina, punzonadora y taladrado con control numérico.

Algunas máquinas constituyen centros multiproceso, que permiten realizar diferentes tipos de operaciones sobre las piezas de chapa (corte, perforación, etc.) (Figura 2). La principal ventaja de este tipo de máquinas es que elimina la necesidad de mover las piezas de una a otra máquina simple, pudiendo eliminar esfuerzos y movimientos del trabajador. Además, muchos de estas líneas disponen de dispositivos de carga y descarga automáticos. El operario coloca el paquete de chapa sobre el plano de trabajo, dentro de las referencias predispuestas, controla el software y vigila el

correcto funcionamiento de la máquina.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Pedal del equipo inadecuado.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza, cuello, codos y muñecas.
- Detección y/o identificación inadecuada de la información visual.
- Situación de los mandos de uso frecuente fuera del alcance inmediato del operario.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Nivel de iluminación inapropiado.
- Falta de iluminación auxiliar regulable.
- Falta de manual de instrucciones.
- Falta de formación específica en el manejo de la máquina.

b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la cizalla-guillotina.

Pedal del equipo



Figura 3. Pedales de seguridad para controlar los ciclos (Fuentes: Ermaksan, Durma, Femas).

Algunos modelos disponen de pedales con un mango largo que facilita su posicionamiento en función del tamaño y forma de las piezas; de este modo se evitan posturas forzadas o incómodas durante su manipulación (Figura 3).

Además, es importante que el pedal vaya protegido con una carcasa de plástico, o similar, para evitar su accionamiento involuntario o accidental. Tanto el pedal como la carcasa deben tener unas dimensiones suficientes a fin de garantizar su correcto accionamiento llevando el operario calzado de seguridad. En la primera parte de este manual, en el punto “Como aplicar la Guía de Verificación” (pág. 40, tabla 8) vienen recogidas las dimensiones de acceso recomendadas para pedales.

Posturas y movimientos

Durante las visitas se detectaron posturas forzadas de cabeza, cuello, y movimientos repetitivos de codo y muñeca asociados fundamentalmente a la alimentación y retirada

de piezas. Se pueden encontrar una serie de dispositivos, accesorios para máquinas y medios auxiliares, diseñados para la mejora de las condiciones de trabajo en determinado tipo de tareas o circunstancias. A continuación se presentan algunos de ellas:

- **Mesas auxiliares y sistemas de soporte.** Se recomienda disponer mesas auxiliares o sistemas de soporte por la parte anterior que faciliten la manipulación de las piezas (Figura 4). Algunos sistemas de soporte disponen de bolas para mejorar el deslizamiento de la chapa (Figura 5). Estas mesas o soportes se deben disponer siguiendo el flujo de trabajo al objeto de evitar movimientos innecesarios tanto del material como del trabajador. La ranura en T en los brazos de apoyo puede facilitar el ajuste durante las operaciones de corte con medida por delante. Las extensiones de mesa con ruedas presentan la ventaja de poder instalarse o retirarse de forma rápida.
- **Topes motorizados.** Su ajuste se realiza sin necesidad de realizar esfuerzos en contraposición con los topes manuales.
- **Tope trasero abatible.** Esta opción puede facilitar el corte de chapas muy largas cuando llega el final del recorrido.
- **Sistemas de soporte trasero.** Cuando se cortan chapas finas y largas de material de poco espesor, la chapa puede caer antes de alcanzar la barra del tope. Existe sistemas que permiten mediante unos brazos, activados neumáticamente, sujetar la chapa hasta que hace tope, retirándose entonces automáticamente. Este sistema presenta varias ventajas: elimina la necesidad de un tope frontal y el tener que trabajar dos operarios, uno de ellos para sujetar manualmente la chapa por la parte posterior de la máquina.
- **Sistemas de evacuación, clasificación y apilado de piezas cortadas.** Algunos fabricantes han integrado un sistema capaz de clasificar y almacenar las piezas ya cortadas. El sistema consiste en un soporte trasero que puede devolver la pieza hacia delante, depositarla en un carro inferior o desecharla (Figura 7).
- **Sistemas de alimentación.** Este tipo de sistemas de levantamiento mecánicos o automáticos pueden ayudar a reducir el esfuerzo, las posturas forzadas y los movimientos repetitivos del trabajador durante la jornada laboral. Una sencilla mesa elevadora puede ayudar a posicionar la pila de piezas de chapa a la altura de alimentación, favoreciendo la altura de manipulación. También existen el mercado sistemas automáticos, por vacío, que realizan la carga de las piezas automáticamente (Figura 8).



Figura 4. Extensión de la mesa con ruedas (Fuente: RAS).



Figura 5. Cizallas con sistemas de soporte (Fuentes: Durma, Korpleg).



Figura 6. Soporte para chapas finas (Fuentes: Durma, Feysama).

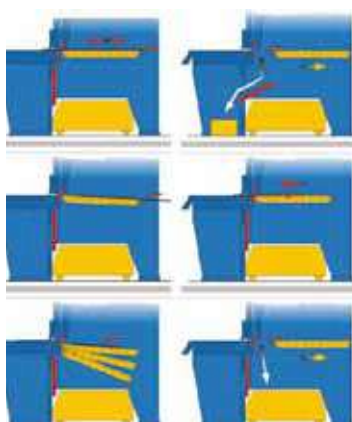


Figura 7. Sistema de clasificación y retirada de piezas (Fuente: Ras).



Figura 8. Sistema de ayuda para la alimentación (Fuentes: Yeh Chiun, Schmalz).

La norma sobre seguridad en las cizallas indica que los sistemas para la manutención de los materiales y utillajes del reglaje, deben estar de acuerdo con los principios ergonómicos (UNE EN 13985).

Dispositivos de información y mando

La normativa indica que tanto la cizalla-guillotina como sus mandos deben estar diseñados de forma que permitan posturas de trabajo adecuadas que no causen fatiga. Las posiciones, etiquetados e iluminación de los dispositivos de mando, deben estar de acuerdo con los principios ergonómicos. Todos los dispositivos de información y mandos deben



Figura 9. Diferentes configuraciones de mandos en función de su ubicación (Fuentes: Feysama, Ermaksan).



estar identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo. Los principales mandos de accionamiento (puesta en marcha, parada normal, parada de emergencia, ajuste del husillo, ángulo de la cuchilla, y pedal) deben estar situados a una altura igual o superior a

600 mm por encima del nivel del suelo. Existen diversas configuraciones en lo que respecta a la ubicación del panel de control: en el frontal de la máquina, en el lateral, articulado en altura o en la superficie (Figura 9). La configuración articulada en altura, o colgante orientable, tiene la ventaja de que permite al operario orientar la pantalla tanto en horizontal como en vertical, y tener mejor visibilidad. Sin embargo, para la operación normal de la máquina, una vez ajustada, se emplean los sistemas de pedal (Figura 3).

Los nuevos modelos de cizallas incorporan grandes pantallas LCD para facilitar la visualización de información y control. Opcionalmente, algunas máquinas pueden dotarse de control programable, visualización en texto de la detección de errores, así como otras opciones.



Figura 10. Cizalla con diversas paradas de emergencia (Fuente: Ermaksan).

Parada de emergencia

La parada, o paradas, de emergencia deberían de estar situadas de tal forma que pueda ser alcanzada desde cualquier posición de trabajo en la máquina. Si la máquina es pequeña y dispone de un único paro de emergencia frontal, este debería de estar ubicado en el medio de la máquina, para cubrir todas las distancias. Sin embargo, es recomendable instalar paradas en los extremos de la máquina para que el operario tenga alcance a estas desde cualquier lugar de trabajo, así como en el soporte del pedal (Figura 10).

Iluminación

Al objeto de asegurar que todo el equipo de trabajo y los materiales puedan ser vistos correctamente, y para evitar la fatiga visual, debe iluminarse suficientemente aquellos lugares de la cizalla-guillotina necesarios, las puertas de trabajo y las zonas en las que están situados los dispositivos de mando, resguardos y dispositivos de protección (UNE EN 13985). En el área de la cuchilla, se debe alcanzar al menos 300 lux de acuerdo con la norma EN 1837; aunque se recomienda que la zona de trabajo tenga un nivel de iluminación de 500 lux. Si no se puede garantizar un nivel correcto de iluminación mediante la iluminación general, habría que dotar a la máquina de iluminación local auxiliar. Es recomendable que la máquina esté dotada de luz para visualizar el corte. Existen, además,

otros accesorios con el haz luminoso indicador de la línea de corte que ayuda al posicionamiento de las laminas (Figura 11).

Formación

La cizalla - guillotina sólo podrá ser utilizada por personal formado y preparado para ello.

c. Aspectos ergonómicos de los dispositivos, accesorios y elementos auxiliares

Otros elementos auxiliares y complementarios

- **Sistemas de presión, rodillos y patines:** Se trata de accesorios que facilitan la conducción precisa y segura de las piezas en la máquina, eliminando parte del esfuerzo que realiza el trabajador (Figura 12).
- **Armario para herramientas:** Son un accesorio sencillo que supone una mejora de cara a la localización rápida de las herramientas empleadas para el ajuste de la máquina, así como para mantener el orden y limpieza del puesto (Figura 13).
- **Laterales con forma de cuello de cisne:** Este tipo de forma en los extremos de la máquina permite cortar piezas más largas que la máquina (Figura 14).



Figura 11. Haz luminoso indicador de corte (Fuente: Ermaksan).



Figura 12. Accesorios de conducción, patín y rodillos (Fuente: Promecam).



Figura 13. Armario para herramientas (Fuente: Feysama).



Figura 14. Extremos en forma de cuello de cisne (Fuente: Ermaksan).

**FRESADORA**

Función y utilización

La fresadora es una máquina-herramienta utilizada para realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa, denominada fresa. Son máquinas que pueden ejecutar una gran cantidad de operaciones de mecanizado complejas, como diferentes tipos de ranurado, planeado, corte, copiado, etc. Dependiendo de la orientación del eje de giro de la herramienta de corte, se distinguen tres tipos de fresadoras: horizontales, verticales y universales.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Espacios previstos para los pies insuficientes.
- Empuñaduras del equipo inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, del tronco, brazos, codos y de las muñecas.
- Posibilidad interpretación equívoca de la información visual.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Desplazamiento de mandos en discordancia con el tipo de acción de control a realizar.
- Efecto estroboscópico.

b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la fresadora.

Alturas de trabajo

En la actualidad existe una amplia variedad en cuanto a tipos de fresadoras se refiere: con bancada fija y mesa móvil, de columna móvil, con puente fijo y mesa móvil, con travesaño móvil y mesa fija, de tipo vertical, etc. En las fresadoras con mesa móvil esta regulación se debe a aspectos puramente técnicos y de funcionamiento, como posicionar la herramienta de fresar o establecer la profundidad de corte del fresado, y no a aspectos ergonómicos.

Durante el trabajo en la fresadora el operario tiene que acceder a diferentes puntos a distintas alturas, en función de la tarea a realizar (alimentación y retirada de piezas, programación y control, cambio de herramientas, etc.).

- **Carga y descarga de piezas:** En relación a la alimentación y retirada de las piezas a fresar, las alturas de acceso varían en función del tipo, modelo y marca comercial de la máquina; no existe una altura del plano de trabajo estándar. Desde el punto de vista ergonómico, esta altura debería ser diferente en función del tipo (tamaño y peso) de la pieza a mecanizar, siempre y cuando la pieza no supere el peso máximo recomendado. En este caso, se tiene que recurrir a la ayuda de equipos de manipulación, grúas, o dispositivos de elevación para lo cual se debe garantizar que es accesible la zona de trabajo por encima de la máquina cuando los resguardos estén abiertos (UNE-EN 13128).
- **Mandos:** En cuanto a la localización de los mandos, se recomienda el panel de mandos regulable en altura, de manera que el trabajador pueda ajustárselo a la altura y posición que le resulte más adecuada. La mayoría de máquinas existentes en el mercado sí disponen de ajuste de posición (giro), pero no todas disponen de ajuste de altura. Si los mandos son fijos estos deberían de estar situados a una altura comprendida entre la altura de los codos y la de los hombros, siendo necesario considerar en todo momento los requisitos visuales (Figura 1).

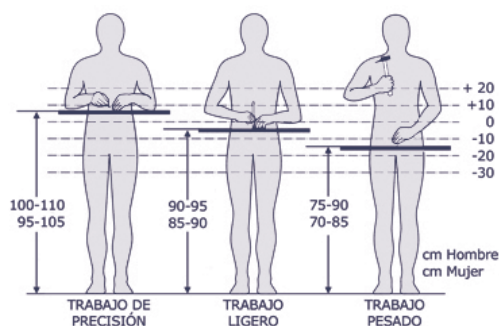


Figura 1. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).

En general, se recomienda que las alturas de trabajo no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos. Si se tienen que manipular piezas algo pesadas o se requiere aplicar fuerza, la altura debería estar comprendida entre la altura de los nudillos y la altura de los codos. Un aspecto importante a considerar es la automatización de la máquina; a mayor grado de automatización, menor puede ser la necesidad de acceso a la misma.

Espacios previstos para los pies

El trabajador debe poder acercarse a la máquina correctamente, sin que sus pies topen contra la parte inferior de la misma, o tenga que girarlos para poder arrimarse al área de trabajo (Figura 2). Se recomienda un espacio libre mínimo para los pies de 21 cm de profundidad y 23 cm de altura.

Empuñaduras del equipo

En un mismo modelo de fresadora es posible encontrar diversos tipos de empuñaduras diferentes, como por ejemplo: volantes, palancas, selectores, etcétera, asociados a mandos y ajustes (Figura 3). Toda empuñadura o mango debe optimizar la transmisión de fuerza-precisión entre la mano y la máquina o herramienta, es por ello que deben tener unas dimensiones adecuadas a la mano de los usuarios que cumplan con las recomendaciones básicas.



Figura 2. Fresadoras con espacio previsto para los pies (Fuente: Milltronics).

A continuación vienen recogidas las características que deberían de cumplir algunos de los principales mandos:

- **Manivelas accionadas con los dedos** (Figura 4): Se trata de manivelas con ruedas de pequeño radio que se manejan con los dedos, mediante giro de la muñeca. Permiten un ajuste continuo y de muy amplio rango sin necesidad de soltar el control. La velocidad de operación es lenta y la percepción de la posición es pobre (a menos que exista un indicador asociado o se vea la acción de desplazamiento provocada). La agarradera debe girar para conseguir alta velocidad, aunque si no gira la precisión en el manejo es mayor. Ejemplos de aplicación: mandos de posicionamiento de máquinas herramienta. A continuación se recogen las principales recomendaciones de diseño para este tipo de mando.

Recomendaciones de diseño:

Radio máximo: 100 mm.

Diámetro de palanca: máximo 16 mm.

Longitud de palanca: máximo 30 mm.

Fuerza de accionamiento recomendada: $0,6/3 \text{ N}\cdot\text{m}$.

- **Conmutadores rotativos** (Figura 4): Los conmutadores rotativos admiten hasta 24 posiciones (máximo recomendado). Deben tener una marca radial o una barra en relieve (que puede servir para su agarre) que indique la posición, o una ventana en la que aparezca la posición seleccionada. La superficie lateral de los modelos circulares debe tener un relieve acusado que facilite el agarre. Requieren un espacio relativamente grande, porque la mano entera tiene que girar alrededor del conmutador. pueden hacerse de tamaño reducido, aunque los modelos miniatura son solo recomendables para una operación poco frecuente.

Recomendaciones de diseño:

Diámetro: 25/100 mm.

Profundidad: 15/75 mm.

Recorrido: entre 15 y 45 grados entre cada posición, en función de si se necesita control visual o por tacto.

Si son de barra: longitud mínima 25 mm; anchura máxima 25 mm; altura de 12 a 70 mm.

Separación: mínima 25 mm, deseable 50 mm.

Fuerza de accionamiento: $320 \text{ N}\cdot\text{cm}$ máximo. Resistencia de tipo elástico que crece a partir de cada posición de enclavamiento.

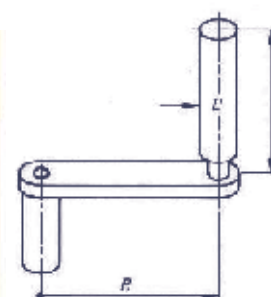
- **Manivela** (Figura 4): Se trata de un control de ajuste continuo accionado con la mano y el brazo. La capacidad de hacer fuerza aumenta al hacerlo el radio. Las recomendaciones de diseño para este mando son:



Manivela accionada con los dedos



Conmutador rotativo



Manivela

Recomendaciones de diseño:

Longitud mínima de la empuñadura: 100 mm.

Diámetro de la empuñadura: 30/50 mm si se precisa fuerza, y 8/16 mm si se requiere precisión.

Fuerza de accionamiento: hasta 2,3 kg, menor cuanto mayor sea la velocidad de operación; hasta 4,5 kg si la operación no es frecuente.



Figura 3. Fresadora con diferentes tipos de empuñaduras (Fuente: Emco).

Figura 4. Principales mandos y empuñaduras en fresadoras (Fuente: IBV).

Radio: 190/510 mm hasta 100 r.p.m.; 125/230 mm más de 100 r.p.m.

Posturas y movimientos

Actualmente, existen modelos de fresadoras más modernos que se alejan en gran medida a la forma y uso de las fresadoras tradicionales, sin tener que optar por un gran centro de fresado automático para grandes producciones. La normativa específica indica que cuando se carguen manualmente, sus aparatos y portaherramientas, deben situarse para evitar un estiramiento excesivo respecto de la máquina (UNE-EN 13128).



Figura 5. Fresadoras con sistemas que mejoran las condiciones de trabajo (Fuentes: DMU, Emco).

Algunos de estas fresadoras incorporan una serie de mejoras que favorecen las posturas y movimientos que el trabajador debe efectuar durante su trabajo en la máquina. Por ejemplo: puertas giratorias que permiten abrir y tener acceso completo a la zona de trabajo, controles regulables tanto en posición como en inclinación, bandejas colectoras de virutas abatibles, etc. (Figura 5).

En el caso de grandes producciones en serie se recomienda el empleo de fresadoras que incorporen sistemas de automatización de las tareas, control numérico, etc. (Figura 6) A mayor automatización, mayor nivel de asistencia tendrá el operario para realizar su labor. En este punto, la



Figura 6. Centro de fresado por control numérico (Fuente: DMG).

alimentación y retirada de piezas de forma automática puede ayudar a reducir tanto el esfuerzo como las posturas forzadas a las que el operario se ve sometido. Además de los movimientos de la pieza y de la herramienta, pueden controlarse de manera automática otros parámetros: como la herramienta empleada, que puede cambiarse desde un almacén de herramientas instalado en la máquina (Figura 10); la apertura y cierre de puertas, etc. No obstante, estos equipos son solo viables en centros de grandes producciones debido a su elevado coste.

Carga y descarga de piezas

Existen dos variantes de fresadoras que pueden suponer una mejora en el acceso durante la carga y descarga de las piezas.

- **Centros de fresado con mesa móvil** (Figura 7): Los centros de fresado con mesa móvil pueden hacer que el trabajador no se vea forzado a acceder al interior de la máquina para recolocar la pieza. La alimentación se realiza desde un extremo, por lo que las posturas del trabajador se ven favorecidas.
- **Fresadoras con sistemas de paletización:** Al igual que en otras máquinas, si la fresadora está dotada de dos mesas de trabajo, es posible realizar la carga y descarga con la máquina en marcha, y sin que el operario tenga que acceder a la zona de trabajo. Existen algunos modelos de fresadoras que permiten el trabajo flexible gracias a los cambiadores automáticos de paletas. Éstos permiten trabajar en pendular, ahorrando tiempos y costes en el amarre y puesta a punto de piezas (Figura 8).



Figura 7. Centro de mecanizado con mesa móvil (Fuentes: Anayak, Milltronics).

Dispositivos y accesorios

A continuación, se comentan una serie de partes de la máquina, accesorios y dispositivos dirigidos a la mejora de las condiciones de trabajo durante el uso de la fresadora convencional.

- **Dispositivos de sujeción de herramientas:** Existen varios métodos para facilitar el posicionamiento de las fresas en la fresadoras manuales, como por ejemplo, los mandriles porta-fresa de cambio rápido, que consta de un cuerpo que permanece en la máquina y de las distintas piezas que pueden ser cambiadas rápidamente (Figura 9).
- **Cambio de herramientas:** Algunas fresadoras CNC disponen como equipamiento opcional de almacenes de herramientas. Estos mecanismos permiten el cambio de herramientas de forma automática según las órdenes programadas (Figura 10).
- **Dispositivos de sujeción y amarre de piezas:** Permiten una correcta fijación de las piezas en la mesa de trabajo. La normativa menciona que los dispositivos de control para operar sobre los dispositivos de amarre y fijación, tales como espárragos o mordazas, deben situarse de manera que se evite una separación excesiva a la hora de sostener el peso de la herramienta o pieza (UNE-EN 13128). Existen diversos dispositivos que permiten la carga y descarga rápida y precisa de las piezas en la mesa de trabajo. Deben garantizar la repetitividad de las posiciones de las piezas y su amarre con una rigidez suficiente sin colisionar con ningún utillaje. Existen muchos tipos de dispositivos (bridas, mordazas, etc.).
 - Las **mordazas** pueden ser de accionamiento manual o hidráulico (Figura 11). La principal ventaja de las hidráulicas es que permiten automatizar la apertura y el cierre de las mismas así como la presión de apriete. Este tipo de amarre se utiliza cuando se trata de mecanizar piezas prismáticas regulares y de tamaño relativamente pequeño. El tornillo de mordazas se sujeta directamente encima de la mesa de la fresadora mediante unos tornillos, y paralela al desplazamiento de la mesa.
 - **Cabezal universal divisor** (Figura 12): Se trata de un accesorio de la fresadora empleado para hacer la división de la trayectoria circular del trabajo, así como para sujetar el material a mecanizar. Este sistema se emplea fundamentalmente cuando se trata de mecanizar superficies equidistantes sobre piezas de revolución tales como engranajes, hexágonos etc. Sin este accesorio sería imposible realizar ciertas operaciones en la fresadora, como por ejemplo:
 - ❑ Lograr que la pieza gire en relación y simultáneamente con el desplazamiento de la mesa (engranajes helicoidales, brocas, sinfín).
 - ❑ Dividir regularmente la periferia de una pieza (anillos graduados, ruedas dentadas).



Figura 8. Fresadoras con sistemas de paletización (Fuentes: CME, Juaristi).



Figura 9. Portaherramientas de cambio rápido (Fuente: Craftsmen).



Figura 10. Almacenes automáticos para herramientas (Fuentes: MTE, Soraluce).



Figura 11. Mordaza (Fuente: Fresmak Arnorld).



Figura 12. Cabezal universal divisor (Fuente: Maquinaria MC).



Figura 13. Plato giratorio (Fuente: Proxxon).



Figura 14. Mesas giratorias (Fuente: Soraluze).



Figura 15. Ranura en forma de T (Fuente: EMCO).

- ✧ Fresar piezas en ángulo (engranaje cónico). Se inclina para facilitar el fresado en ángulo.
- **Platos giratorios:** Se trata de un accesorio que permite orientar la pieza en ángulos medibles (Figura 13).
- **Mesas giratorias horizontales y verticales** (Figura 14): Este tipo de accesorios permite el mecanizado de piezas de menor tamaño en una sola atada, dotando a la fresadora de mayor versatilidad. Se pueden encontrar de distintas dimensiones, según fabricante. Además, de las mesas giratorias horizontales y verticales, existen mesas rototraslantes.
- **Ranuras en T y en V:** Las mesas con ranuras en forma de T complementan el sistema de sujeción mejorando la fijación de los dispositivos (Figura 15). Las ranuras en forma de V se utilizan para fijar elementos redondeados.
- **Sistemas de fijación por vacío:** En los últimos años han surgido nuevos sistemas de fijación por vacío que tratan de atender diversas necesidades y aplicaciones. En este sentido han aparecido nuevos sistemas para la fijación de piezas de metal para su mecanizado; como por ejemplo, la placa matriz de la empresa Schmalz. La placa base matriz es un sistema de fijación por vacío de concepción modular para la fijación segura de piezas de gran superficie de metal (aluminio, titanio o acero inoxidable), planas en su parte inferior (Figura 16). Existen diversos tamaños que se pueden fijar de forma sencilla sobre la mesa de la máquina. También incluye topes mecánicos adicionales en los lados que impiden el desplazamiento de las piezas; éstos son desmontables y reubicables de forma fácil. La fijación y el desbloqueo de las piezas se pueden realizar de forma fácil y segura mediante un pedal o un interruptor manual (que se bloquean con el control CNC del centro de mecanizado o de la fresadora).



Figura 16. Placa matriz (Fuente:Schmalz).

Dispositivos de información y mando

Todos los dispositivos de información y mando deben estar identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo. Se debe colocar indicaciones para el funcionamiento de la máquina (elección de velocidad de corte en función del material) sobre el bastidor de la máquina.

El funcionamiento de los controles en la fresadora debe adecuarse a los estereotipos de funcionamiento lógicos.

- El giro de un mando rotativo en sentido horario produce un incremento.
- Subir, mover hacia adelante o hacia la derecha una palanca produce un incremento. Y el sentido contrario una disminución.
- Un pulsador hundido indica que un proceso está activado, si está levantado indica paro o detención.
- Interruptores de palanca hacia arriba indican marcha o arranque.



Figura 17.
Fresadoras con
mandos en
diferentes configu-
raciones (Fuentes:
Lagun, Anayak).

- Girar un volante en sentido horario provoca movimiento hacia la derecha.

Los principales mandos de accionamiento (puesta en marcha, parada normal, parada de emergencia, ajuste del husillo y selección del modo de funcionamiento) deben estar situados a una altura igual o superior a 600 mm por encima del nivel del suelo. Los modelos con mandos situados fuera de la propia máquina, proporcionan una mayor libertad al trabajador para situarlo donde más convenga. Las fresadoras con control numérico normalmente lo tienen situado en un brazo regulable o en un pedestal móvil (Figura 17), lo que permite su ajuste hasta cierto grado; se recomienda que sea regulable tanto en altura como en inclinación.

Por otra parte, algunos fabricantes de centros de fresado han diseñado éstos para facilitar que el cliente pueda elegir y acoplar el tipo de control del fabricante que más confianza le ofrezca (Figura 18).



Figura 18. Equipamiento opcional CNC para fresadoras (Fuente: Soraluece).

Toda información visual suministrada por la fresadora debe ser de fácil asimilación y no debe dar lugar a una mala interpretación. Por ejemplo, existen fresadoras con dispositivos electrónicos donde visualizar las posiciones de las herramientas, facilitando de esta forma la lectura de las cotas de desplazamiento (Figura 19).

Iluminación y efecto estroboscópico

La zona de trabajo debe estar correctamente iluminada y cumplir la normativa, siendo el nivel de iluminación como mínimo de 500 lux, medidos en el extremo de la herramienta estando el resguardo móvil con enclavamiento abierto (UNE-EN 13128). Si no se puede garantizar un nivel correcto de iluminación mediante la iluminación general, habría que dotar a la máquina de iluminación local auxiliar (Figura 20). Se recomienda el uso de lámparas fluorescentes adicionales dotadas de estabilizador electrónico que evita el efecto estroboscópico.

No obstante, para aquellas tareas que requieran una mayor precisión, como por ejemplo ajustes y calibración de herramientas durante la preparación de la máquina, se recomiendan niveles de iluminación mayores. Atendiendo a la normativa estos deberían ser como mínimo de 1.000 lux (UNE 72163-84 y UNE 72112-85).



Figura 19. Visualización de las cotas (Fuente: Easson).



Figura 20. Fresadora con luz auxiliar (Fuente: Ganesh).



LIJADORA-PULIDORA

Función y utilización

Las máquinas lijadoras y pulidoras se utilizan para realizar operaciones de esmerilado, satinado, rebardado y pulido sobre un amplio rango de piezas. En función de la aplicación es posible encontrar diferentes tipos de máquinas lijadoras: máquinas de planos, manuales, CNC, etc. Las máquinas de planos se emplean para el lijado y/o pulido de piezas con caras planas; éstas se mecanizan sujetas por rodillos de presión mientras avanzan sobre la banda sinfín a velocidad regulable. Las máquinas CNC para el lijado y pulido permiten el mecanizado de gran diversidad de piezas, que requerían hasta ahora soluciones especiales, difíciles de automatizar. También existen lijadoras-pulidoras para el lijado, pulido, rebardado y microacabado de piezas de gran tamaño.

Algunos fabricantes ponen a disposición de las empresas del sector máquinas con aplicaciones específicas. A continuación, se muestran algunas de ellas.

Lijadora para limpieza de soldadura de piezas. Se trata de una máquina CNC diseñada especialmente con un cabezal doble para la limpieza de soldadura y acabado satinado (Figura 1).

Pulidora de perfiles y piezas planas. Son máquinas CNC diseñadas especialmente para trabajar perfiles y piezas planas, para ello disponen de dos cabezales y mesa móvil (Figura 2).

Lijadora para tubos y barras redondas. Se trata de una máquina de tres cabezales de tipo pesado, para tubos y barras redondas, con soporte de rodillos motorizados a la entrada y salida (Figura 3).



Figura 1. Lijadora para limpieza de soldadura (Fuente: Autopulit).



Figura 2. Lijadora para perfiles y piezas planas largas (Fuente: Autopulit).



Figura 3. Lijadora para tubos y barras redondas (Fuente: Autopulit).

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados del codo y de las muñecas.
- Requiere de dispositivo de información.

b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la lijadora/pulidora.

Alturas de trabajo

La altura idónea de trabajo varía en función del tipo y de la aplicación de la máquina: si está diseñada para el lijado y pulido de piezas pequeñas o grandes, el grado de automatización, etc.

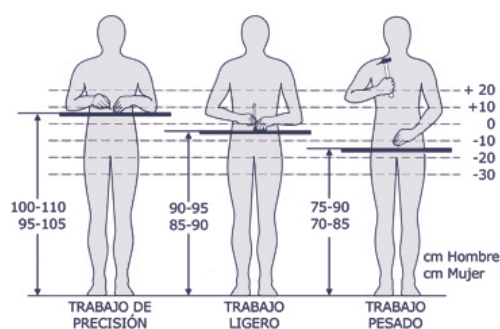


Figura 4. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).

Cuando se va a trabajar con piezas de gran tamaño y peso el operario se debe ayudar de elementos técnicos auxiliares para la carga y descarga. No obstante, en ocasiones el trabajador tiene que cargar y descargar las piezas manualmente, siendo la altura de la bancada un factor clave para evitar posibles lesiones del tipo musculoesquelético.

En general, se recomienda que las alturas de trabajo no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos. Si se tienen que manipular piezas algo pesadas o se requiere aplicar fuerza, la altura debería

estar comprendida entre la altura de los nudillos y la altura de los codos (Figura 4). Un aspecto importante a considerar es la automatización de la máquina: a mayor grado de automatización menor puede ser la necesidad de acceso a la misma.

Posturas y movimientos

Las posturas y movimientos a las que se ve sometido el trabajador dependen en gran medida del tipo de máquina y del grado de automatización. Por ejemplo, la lijadora de planos que se utiliza para el pulido y lijado de piezas planas (Figura 5), está formada por una cinta transportadora y un determinado número de rodillos responsables del lijado. La pieza pasa por los rodillos gracias a una cinta transportadora.

También existen modelos diseñados para realizar acciones concretas como el lijado a dos o más caras (Figura 6), o el lijado de dos piezas simultáneamente (Figura 7). El lijado de



Figura 5. Lijadora de planos (Fuente: Autopulit).



Figura 6. Lijadoras de dos caras y más caras (Fuente: Autopulit).

varias caras simultáneamente puede disminuir la necesidad de intervención del operario, y aumentar la productividad, al no tener que repetir el mismo proceso para cada cara a lijar-pulir. La pulidora con 2 cabezales dobles y 2 husillos portapiezas permite el acabado de dos piezas simultáneamente.

En el caso de tener que mecanizar piezas especiales o de grandes dimensiones, también existen lijadoras-pulidoras especiales, se trata de centros altamente automatizados (Figura 8).

Existe una serie de accesorios y equipos complementarios que pueden suponer una ayuda para el trabajador durante el trabajo en la máquina, estos son:

- Mesas de apoyo a la entrada y salida
- Carga y descarga automática
- Platos magnéticos y túneles de desimantación
- Dispositivo planetario, que completa el trabajo de la banda abrasiva, para trabajos de rebarbado.
- Funciones especiales: estaciones de secado, detección de pieza por cámara, comprobación de superficie y compensación de desgaste, etc.

Hoy en día es muy frecuente encontrar lijadoras y pulidoras con CNC, se recomienda que el panel de control sea regulable en altura y orientación de manera que el trabajador pueda ajustárselo a la altura y posición que le resulte más cómoda.

A mayor grado de automatización mejores condiciones ergonómicas puede tener el trabajador debido a que puede disminuir el nivel de intervención. Además, existen una serie de dispositivos complementarios que pueden ayudar a la labor del operario:

- **Transportador de rodillos.** Las máquinas automáticas que no poseen un alimentador propio se pueden complementar con un transportador de rodillos de carga/descarga regulable en altura, capaz de ofrecer un transporte motorizado (Figura 9). De esta forma el operario deposita las piezas en un extremo de la línea, lo que le ofrece una mayor autonomía, aumentando la productividad y minimizando las posturas forzadas adoptadas por el trabajador.
- **Robots.** Una célula robot para el rebanado, lijado y pulido de piezas (Figura 10) es una buena opción si se quiere disponer de un equipo de lijado y pulido totalmente automatizado ya que se pueden encargar de una gran cantidad de funciones:
 - Rebarbado, pulido y lijado de piezas complejas de tamaño pequeño y medio
 - Almacén de carga y descarga: puede coger directamente las piezas a pulir y devolverlas
 - Palets portapiezas sobre cinta de transporte
 - Manipuladores para alimentación de robot

Dispositivos de información

Si la lijadora-pulidora posee dispositivos de información visual, por ejemplo pantallas, la información que ofrezca debe ser lo más intuitiva posible y de fácil de asimilar. Todos los dispositivos de información, si existen, deben estar identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles desde la posición de trabajo.



Figura 7. Pulidora CNC para el acabado de dos piezas simultáneamente (Fuente: Autopulit).



Figura 8. Pulidora CNC con cabezal doble y mesa para piezas de grandes dimensiones (Fuente: Autopulit).



Figura 9. Transportador de rodillos (Fuente: Autopulit).



Figura 10. Célula robot con dos unidades de lijado, una de pulido, virador de pieza y almacén (Fuente: Autopulit).



Figura 11. Distintas configuraciones de paneles de control (Fuente: Autopulit).

Existen diversas configuraciones en lo que respecta a la ubicación de los paneles de control: integrados en la propia máquina, articulados sobre un brazo en alto y sobre mueble independiente (Figura 11).

c. Aspectos ergonómicos de los dispositivos, accesorios y elementos auxiliares



Figura 12. Equipos de aspiración de polvo (Fuente: Autopulit).

- **Equipo de aspiración de polvo**

A fin de obtener unas condiciones ambientales más idóneas, es posible instalar un equipo de aspiración de polvo; además existen algunos modelos capaces de evacuar los lodos (Figura 12).

- **Lijadoras-pulidoras especiales**

Tal y como se ha comentado en el apartado “función y utilización” de la presente ficha, es posible encontrar máquinas con aplicaciones específicas, que pueden facilitar la realización de las labores concretas para las que fueron diseñadas. A continuación se muestra otro ejemplo de máquina de lijado con una aplicación muy específica: el lijado de ollas.

- **Máquina para el lijado de ollas**

Son máquinas con varios cabezales, especialmente diseñadas para el lijado-satinado tanto interior como exterior de ollas y cacerolas (Figura 13).



Figura 13. Lijadora para ollas y cacerolas (Fuente: Autopulit).



PLEGADORA

Función y utilización

Las plegadoras son máquinas tipo prensa utilizadas para el trabajo en frío de metales en forma de planchas.

El espesor de las chapas a plegar puede variar desde 0,5 a 20 mm y su longitud desde unos centímetros hasta varios metros. En el mercado es posible encontrar plegadoras mecánicas e hidráulicas, en las máquinas mecánicas, la operación es continua, mientras que en las máquinas hidráulicas el plegado se realiza en dos tiempos:

- Fase de acercamiento con cierre rápido de la trancha.
- Fase de trabajo correspondiente al plegado propiamente dicho a baja velocidad.

Las plegadoras están constituidas por los siguientes elementos :

- Bancada: es la pieza de fundición sobre la que se apoya la máquina; está formada por dos montantes laterales en cuello de cisne que son los que soportan el esfuerzo y permiten que se realice el trabajo.
- Trancha: es el tablero superior que está formado por una placa metálica vertical, generalmente móvil que lleva incorporada el punzón de plegado.
- Mesa: es el tablero inferior que está formado por una placa metálica vertical, generalmente fija sobre la que se apoya la matriz de plegado
- Órganos motores: son dos cilindros hidráulicos de doble efecto.
- Mandos: pedal, pulsadores o doble mando; es muy común que existan al mismo tiempo varios de ellos ante lo cual existe un selector para elegir el sistema de accionamiento.
- Utillajes: por ejemplo, topes de regulación de carrera, topes de posicionamiento del material, consolas y topes eclipsables.

Según la dimensión de las chapas, el plegado requiere la presencia de uno o dos operarios. El ciclo arranca tras el posicionado de la chapa contra los topes o siguiendo un trazado, y el operario “acompaña” la chapa durante el plegado.

Para el plegado de piezas pequeñas, utilizar plegadoras grandes y pesadas puede implicar una pérdida de espacio y energía muy importante. Además, al no requerir que el traba-



Figura 1. Plegadora para piezas pequeñas con opción de sentarse (Fuente: Trumpf).

jador manipule pesos ni realice grandes alcances con los brazos, existe la posibilidad de sentarlo. Existe en el mercado una plegadora diseñada para trabajar sentado, en la que se ha habilitado un hueco para las piernas, y se han integrado pedales (Figura 1). Dicha plegadora dispone de un área de soporte ajustable, mando oscilante e iluminación especial iLED que no irradia calor.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, y de los codos.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Desplazamiento de mandos en discordancia con el tipo de acción de control a realizar.
- Falta de manual de instrucciones.
- Falta de formación específica en el manejo de la máquina.

b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la plegadora.

Alturas de trabajo

Las alturas de acceso a la plegadora pueden variar en un rango comprendido entre los 800 mm y los 1500 mm, en función de la longitud y fuerza de plegado de la máquina. Siendo esta altura superior cuanto mayor son las chapas a manipular (en longitud y anchura). Por tanto se aconseja analizar cada caso, y las condiciones particulares en las que se va a realizar la operación. En general, se recomienda que las alturas de trabajo no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos.

Posturas y movimientos

Tanto la prensa como sus mandos deben diseñarse de forma que permitan posturas de trabajo adecuadas que no causen fatiga (UNE-EN 12622). Sin embargo, la manipulación de chapas en este tipo de máquina podría causar, a largo plazo, problemas de tipo musculoesquelético al trabajador debido a la necesidad de realizar posturas y movimientos de cabeza, cuello y codos inadecuados.

En el mercado existen una serie de accesorios y dispositivos que pueden facilitar al operario el trabajo en la plegadora mejorando las condiciones de su puesto. A continuación se muestran alguno de ellos.



Figura 2. Tope trasero por control DNC (Fuente: Bystronic).

- **Sistemas de topes** (Figura 2): Son mecanismo de ayuda al posicionamiento de las piezas a plegar. Es recomendable que su posicionamiento sea automático, siendo interesante que ofrezca la posibilidad de ajuste manual. En algunos casos los topes traseros ayudan a realizar un pre-pliegue en las piezas más grandes, facilitando la labor al trabajador.
- **Ayudas de plegado** (Figura 3). También llamados brazos acompañadores, son mecanismos que ayudan al plegado, pueden estar colocadas tanto en el lado de manejo

como en el lado de tope posterior. Se utilizan para el mecanizado de grandes chapas o paneles. Cada una de ellos puede disponer de tres ejes controlados por CNC. Los delanteros pueden prolongarse a lo largo y a lo ancho con elementos adicionales.

- **Soportes delanteros** (Figura 4): Existen diferentes tipos de soportes de chapa frontales para este tipo de máquina. Se recomienda que puedan instalarse a lo largo de toda la anchura de la misma, y que tengan un tope retráctil, de manera que se puedan usar los soportes en todo el rango de la máquina en función del tamaño de la pieza a manipular. Debido a la necesidad de mover los soportes, es interesante que sean de fijación rápida, montados sobre guía lineal; los hay con sistemas de rodamiento a bolas que permite un rápido ajuste lateral. Es muy típico encontrar soportes con ranura en T, que ofrecen un buen apoyo para las piezas.
- **Compensación hidráulica.** Permite regular fácilmente el plegado de la chapa en la parte central abriendo o cerrando un grifo, facilitando que el operario no tenga que aflojar ni regular todas las cuñas que soportan los punzones.
- **Automatización.** A mayor grado de automatización de la plegadora, menor es la necesidad de acceso a la misma y, por tanto, mejores pueden ser las condiciones desde el punto de vista de las posturas y movimientos a realizar. Algunos ejemplos son: el empleo de control numérico (consultar el punto dispositivos de información y mandos), la implantación de elementos externos como el uso de robots para la manipulación de piezas (Figura 5) (consultar el apartado C), etc.

Parada de emergencia

La normativa especifica que los órganos de accionamiento de la parada de emergencia deben estar diseñados para que puedan ser accionados con facilidad por el operador de la máquina, y por otras personas que puedan verse en la necesidad de accionarlos. Estos deben estar dispuestos de manera que sean claramente visibles y fácilmente accesibles. Idealmente, debe situarse frente al operador, a una altura alrededor del codo, pudiendo ser accionado sin inclinaciones ni giros del cuerpo. Otro tipo paradas serían las que se activan con las piernas o rodillas, en caso de atraparse una mano. Actualmente existen otro tipo de sistemas de seguridad (láser, por cortinas de luz, etc.) que pueden complementar la protección del trabajador (Figura 6).

Dispositivos de información y mando

Todos los dispositivos de información y mando deben estar etiquetados e identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo. Además, deben adaptarse a las necesidades del usuario, así como tener un manejo sencillo. Los paneles de mandos abatibles permiten



Figura 3. Ayudas de plegado frontal (Fuente: Bystronic).



Figura 4. Soportes frontales (Fuente: DURMA).



Figura 5. Sistema de manutención de piezas robotizadas (Fuente: Trumpf).



Figura 6. Plegadora con varios sistemas de seguridad (Fuente: Durma).



Figura 7. Plegadora con panel de mandos regulable (Fuente: Adira).

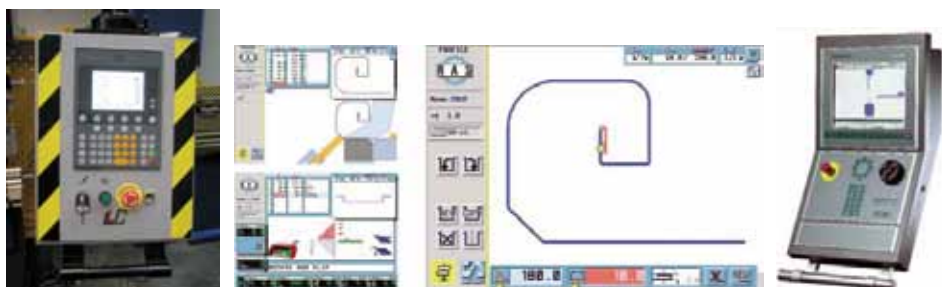


Figura 8. Control numérico (Fuentes: Feysama, Ras, Durma).

al trabajador ajustar la posición de los mismos de manera sencilla y rápida, así como ubicarlos en una zona visualmente accesible (Figura 7).

- **Control numérico:** La principal ventaja de los controles numéricos se hace patente en los trabajos repetitivos. Su utilización debe ser lo más sencilla posible. De hecho, cada día es más fácil encontrar plegadoras con un control numérico intuitivo y de fácil manejo, que incorporan: pantalla táctil de uso sencillo, simulación CAD del plegado para evitar colisiones, entorno Windows para la integración con el resto de la producción, etc. (Figura 8)

Manual de instrucciones y formación específica en el manejo de la máquina

La plegadora sólo podrá ser utilizada por personal formado y preparado para ello. Además, el trabajador debe tener acceso al manual de instrucciones de la máquina, el cual debe contener toda la información necesaria, de manera clara y concisa y recomendable en castellano, para poder hacer un buen uso de la misma. Algunos fabricantes ofrecen ayuda on-line para resolver dudas, incluso pudiéndose conectar, vía modem, con la autorización del cliente para solucionar problemas de forma rápida.

c. Aspectos ergonómicos de los dispositivos, accesorios y elementos auxiliares

Existen diferentes dispositivos y sistemas opcionales que pueden facilitar la labor del operario en esta máquina:

- **Armario portaherramientas.** Dispositivo auxiliar que permite al trabajador acceder rápidamente a las herramientas que más utiliza mientras está en la plegadora, ahorrando los desplazamientos a la mesa de trabajo.
- **Sistemas de medición de ángulos de precisión** (Figura 9). Algunos fabricantes comercializan sensores de ángulos para la medición y regulación del proceso de plegado, mediante conexión a CNC. Estos sistemas permiten reducir tiempos de preparación cuando se empieza a mecanizar una serie. Miden el ángulo de plegado, lo transmiten al control numérico y éste recalcula automáticamente la penetración del punzón para dar un ángulo preciso.
- **Sistemas automáticos y semi-automáticos de manipulación de piezas.** En los últimos años se han desarrollado plegadoras dotadas de mecanismos automatizados para la manipulación y clasificado de piezas. Existen diferentes sistemas en el mercado, basados en: robots, mesas transportadoras, etc. (Figura 10). La mayoría de estos sistemas son modulares lo que permite su adaptación e integración tanto para diferentes piezas como técnicas de transporte.



Figura 9. Sensor de ángulos (Fuente: Trumpf).

- **Otras ayudas a la manipulación.** Aquellas partes de la plegadora que pesen más de 25 kg y que precisen ser levantadas por medio de dispositivos elevadores deben incluir los accesorios necesarios para poder acoplar los amarres del dispositivo elevador (UNE-EN 12622).
- **Plegado de piezas grandes.** Es posible facilitar la mecanización de piezas grandes mediante el diseño de la máquina. Por ejemplo, con una construcción plana de las cubiertas anteriores, se aporta un mayor espacio libre para plegar y mecanizar sin limitaciones piezas grandes basculadas hacia arriba (Figura 11).



Figura 10. Plegadoras automáticas y semi-automáticas (Fuentes: Schmalz, Adira, Ras, Finnpower).



Figura 11. Plegado de piezas grandes (Fuente: Trumpf).



PRENSA (PARA TRABAJO MANUAL)

Función y utilización

Las prensas son máquinas altamente versátiles, que se emplean en el sector para realizar operaciones de embutición, estampación, corte de chapa, etc. Esta máquina acumula energía mediante un volante de inercia y la transmite bien mecánicamente (prensa de revolución total) o neumáticamente (prensa de revolución parcial) a un troquel o matriz mediante un sistema de biela-manivela.

En esta ficha se contemplan, fundamentalmente, las prensas con manipulación directa del operario (en la introducción de la pieza, en su expulsión, ó en ambas, etc.).

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Espacios previstos para las piernas insuficientes.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, del tronco, de los brazos, de las muñecas y de los codos.
- Detección y/o identificación inadecuada de la información visual.
- Requiere de dispositivo de información.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Desplazamiento de mandos en discordancia con el tipo de acción de control a realizar.
- Esfuerzo físico para accionar los mandos-contrroles.
- Presencia de oscilaciones de luz y sombras.
- Falta de iluminación auxiliar regulable.
- Falta de manual de instrucciones.
- Falta de formación específica en el manejo de la máquina.



Figura 1. Prensa para trabajo de pie (Fuente: Bret).



Figura 2. Prensas con espacio para las piernas (Fuentes: IMS, EMGpresses).

b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la prensa.

Alturas de trabajo

Las alturas de acceso a la prensa varían sustancialmente en función tanto del tipo y modelo de prensa como de las piezas a cargar, por ello, se aconseja analizar con cuidado las condiciones particulares de cada caso. En general, se recomienda que las alturas de trabajo no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos. Por ejemplo, en algunos modelos de prensa, la ausencia de estructura bajo el nivel del suelo, no implica obras de ingeniería civil especial, respetando una altura de trabajo ergonómica (Figura 1).



Figura 3. Prensas con bastidor inclinable (Fuentes: EMGpresses, Esna).

Trabajo sentado (Figura 2): Para el mecanizado de piezas pequeñas, utilizar prensas medianas o grandes puede implicar una pérdida de espacio y energía muy importante. Además, al no requerir que el trabajador manipule pesos ni realice grandes alcances con los brazos, existe la posibilidad de sentarlo. Se pueden encontrar prensas con hueco para las piernas.

También existen prensas mecánicas con el bastidor inclinable hasta 20° (Figura 3). Este factor puede suponer una mejora de la visibilidad de la zona de trabajo.

Espacios y aperturas de acceso

Cuando se tenga que acceder a ciertas partes de la prensa, se debe garantizar que existe el espacio suficiente para que el operario pueda realizar los movimientos y posturas asociadas a la tarea. Las dimensiones de los espacios previstos para los brazos deben garantizar que éstos caben y la movilidad de los mismos. En la guía de aplicación de manual vienen recogidas recomendaciones dimensionales para las aberturas para las diferentes partes del cuerpo. También se pueden encontrar en la guía recomendaciones de espacio para las piernas.

Posturas y movimientos

Según viene recogido en la norma (UNE-EN 692) el diseño de la prensa debe permitir posturas de trabajo adecuadas que no causen fatiga. En el mercado existen una serie de accesorios y dispositivos que pueden facilitar al operario el trabajo en la prensa mejorando las condiciones de su puesto. A continuación se muestran alguno de ellos:

- **Pantalla automática** (Figura 4): La pantalla vertical automática, sensible al tacto, proporciona protección tanto frontal como lateral. Mediante la acción conjunta de la pantalla automática sensitiva y el mando de ciclos por pedal, el operador puede trabajar libremente con ambas manos en la carga de piezas con menor fatiga y tensión muscular. Este equipamiento opcional permite incrementar la productividad con completa seguridad. Las puertas se montan sobre bisagras que permiten un acceso total para el cambio de troqueles.
- **Ayudas para la alimentación de piezas:** Es importante tener en cuenta, en especial en la manipulación de las piezas, que no se deben elevar manualmente cargas que sobrepasen el peso máximo recomendado. Y en el caso de que esto ocurra, se deben de poner los medios técnicos auxiliares necesarios para manipular dichas cargas. La normativa especifica que los sistemas para la manipulación de los materiales y troqueles deben estar de acuerdo con los principios ergonómicos.
 - En determinados casos como, por ejemplo, el trabajo sentado con piezas pequeñas se pueden emplear sistemas de alimentación con acumulación de piezas como carruseles o rampas (Figura 5).
 - Alimentación de banda: En los últimos años, se han desarrollado máquinas que disponen de bandas transportadoras que permite la entrada y salida del material a la prensa reduciendo la manipulación por parte del operario, también elementos que por medios mecánicos elevan las láminas o material de trabajo sin necesidad de que el operario realice fuerza y/o adopte posturas forzadas (Figura 6). Es posible encontrar en el mercado una gran diversidad de líneas de alimentación en función de las características del material, peso de la bobina, anchura, espesor, avance por golpe y planitud deseada, programables (avance, velocidad, etc.). La técnica del avance de banda se controla mediante un alimentador de rodillos electrónico o neumático, este último más económico.
 - Alimentación de formatos (Figura 7): La alimentación de formatos es empleado principalmente en las prensas tipo transfer. Este tipo de prensa se emplea para la fabricación de piezas complejas en grandes series, en las que no se recomienda el empleo de troqueles progresivos. En las prensas transfer se realizan todas las operaciones sucesivas para obtener una pieza, a partir de un formato de chapa que se corta



Figura 4. Pantalla vertical automática (Fuente: EMGpresses).

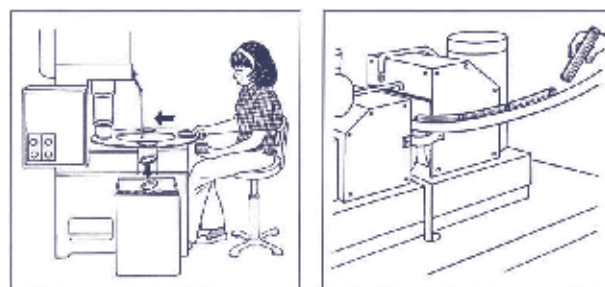


Figura 5. Alimentador con carrusel y por gravedad (Fuente: OIT).

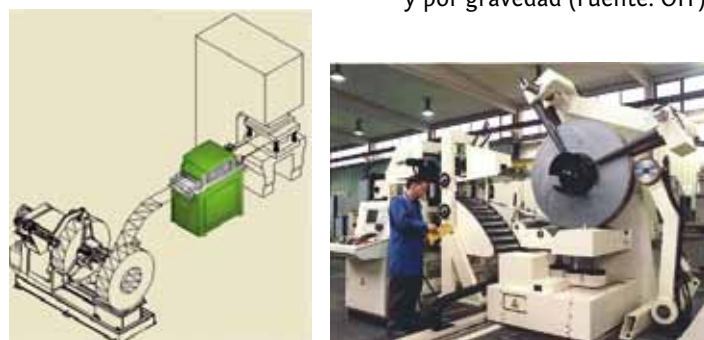


Figura 6. Sistemas de alimentación para prensas (Fuente: Agfra).



Figura 7. Sistemas de alimentación de formatos (Fuente: Arisa).

en la primera operación o que ha sido cortado previamente. Todas las operaciones se realizan simultáneamente, por lo que es necesario un dispositivo transferizador, que transporte cada forma obtenida, desde una operación a la siguiente. La alimentación de formatos a las prensas transfer, tiene soluciones muy diversas en función de las características del material de partida, de la forma y dimensiones del mismo: rectangular (a partir de bobina o ya cortado), irregular (desde una pila con elevador-transportador CN), circular (cortados en prensa auxiliar), etc.

- **Ayudas a la evacuación de piezas:** En determinados casos como, por ejemplo, el trabajo

sentado con piezas pequeñas es posible emplear dispositivos de manutención para la evacuación de piezas acabadas (Figura 8). También se puede analizar la posibilidad de preparar aperturas parciales en las protecciones y vallados de la prensa para facilitar la salida de piezas por rampas o cintas, sin perder las condiciones de seguridad.



Figura 8. Transportador de banda estrecha para la evacuación de piezas (Fuente: Renzo borgonovo).

- **Prensas con sistema de autorreglaje:** Hay prensas que disponen, opcional o de serie, de centraje y ajuste a las dimensiones de la lámina; las dimensiones mayores como longitud y anchura se detectan cuando el metal entra la prensa, y la máquina se predispone automáticamente a sus dimensiones, sin intervención del operario. El sistema de autorreglaje permite programar para cada troquel los parámetros principales de máquina y cualquier sistema de actuación secuencial en la introducción de la pieza, la expulsión de la misma, el control de posicionado de pieza, el control de salida, etc. Esta característica ayuda a reducir el tiempo de preparación de máquina ya que permite preparar la prensa de forma automática con cada uno de los troqueles empleados.
- **Cambio de troqueles:** Cuando los lotes de producción son pequeños, es sumamente importante que el tiempo de cambio de un troquel al siguiente, sea mínimo. Para reducir el tiempo de preparación de un trabajo, existen fabricantes que suministran equipamiento para el cambio rápido de troqueles. Además, hay que tener en cuenta que aquellas partes de la prensa que pesen más de 25 kg y que precisan ser levantadas por medio de dispositivos elevadores deben incluir los accesorios necesarios para poder acoplar los amarres del dispositivo elevador. Estos equipamientos facilitan la introducción, centrado, sujeción y retirada del troquel:
 - **Introducción rápida del troquel** (Figura 9). Para introducir pequeños troqueles con peso inferior a 1.500 kg se emplean bolas o rodillos de apoyo que, al reducir el coeficiente de deslizamiento, facilitan el desplazamiento manual. Se emplean consolas externas en el frente de la prensa, para depositar con seguridad el troquel desde la carretilla elevadora o desde el



Figura 9. Sistemas para la introducción rápida del troquel (Fuente: Arisa).

punto-grúa. Cuando el troquel tiene un peso superior a 1.500 kg conviene colocar algún dispositivo arrastrador, que motorice la entrada y salida del troquel. Para los troqueles con peso superior a 3.000 kg, hay prensas con placa de mesa que se desplaza hacia el frente de la prensa, saliendo lo suficiente para permitir la carga superior de troqueles con punto-grúa. Se puede conseguir un cambio más rápido si la prensa dispone de dos mesas automotrices o un carro cargador con dos placas de mesa, de manera que siempre se tenga una mesa o una placa en espera con el troquel siguiente convenientemente centrado y sujeto.

Los **brazos de carga de troquel** facilitan y hacen seguras las operaciones de cambio de producción (Figura 10). De construcción modular, en aluminio, pueden integrarse en entornos de prensas nuevas o antiguas. Pueden ser instalados en todas las caras de la zona de útiles de la prensa.

Los **carros portaherramienta** son otra solución alternativa. Se instalan principalmente en el entorno de las prensas de bastidor monobloque. Evitan la realización de las ingenierías civiles específicas. Generalmente están constituidos por dos carros enganchados que se desplazan sobre raíles situados en la parte trasera de la prensa. Los dos puestos se utilizan alternativamente para almacenar la herramienta saliente y preparar la herramienta entrante. Un cerrojo de seguridad sujeta la herramienta al carro. Un sistema de empuje situado en la prensa o en el carro realiza la carga de la herramienta. El proceso de cambio de herramienta puede ser simplemente mecanizado y comandado manualmente por el operario.

- **Centrado rápido del troquel.** Es posible mecanizar la mesa para la colocación de bulones centradores, o cualquier otro sistema de centrado, que permita una colocación rápida y precisa de los troqueles (Figura 12).
- **Sujeción rápida del troquel** (Figura 13). Los amarres hidráulicos permiten sujetar rápidamente los troqueles a la base de la prensa. Existen amarres eclipsables de posición fija, pero es más general el uso de amarres deslizantes a lo largo de las ranuras de T de las bases, que de esa forma se acoplan a las diferentes dimensiones de los troqueles.

- **Automatización:** A mayor grado de automatización es previsible una menor intervención del operario y, por consiguiente, en la medida en que se reduce la intervención humana, se puede reducir el riesgo para el trabajador. La introducción del Control Numérico (CN) y el empleo de autómatas programables (PLC), ha permitido producir económicamente, en prensas mecánicas, piezas en lotes de tamaño pequeño y mediano, adecuando la producción al consumo y manteniendo stocks más reducidos. Los tiempos de preparación elevados de los anteriores sistemas mecánicos, han quedado drásticamente reducidos con la adaptación de las nuevas tecnologías electrónicas digitales. Algunas ventajas de este tipo de sistemas son:

- Utilización más flexible de las prensas por tener tiempos de preparación más reducidos.
- Mayor calidad de las piezas producidas y mayor duración del equipo utilizado, asociado a un control más efectivo sobre los dispositivos de la prensa y sobre el propio proceso de producción.



Figura 10. Brazos de carga de herramientas (Fuente: Bliss).



Figura 11. Carro portaherramienta (Fuente: Bliss).



Figura 12. Centrado rápido del troquel (Fuente: Arisa).



Figura 13. Sujeción rápida del troquel (Fuente: Arisa).



Figura 14. Automatización (Fuente: Arisa).



Figura 15. Prensas con robot (Fuentes: Loiresafe).



Figura 16. Panel de mandos (Fuentes: Loiresafe, Bruderer, Ermak).

- **Prensas con robot:** Existen en el mercado centros de trabajo que se componen de prensa y robot que realizan el levantamiento y retirada de las piezas en el proceso de prensado (Figura 15). Esto supone un aumento del rendimiento del proceso y reducción de levantamientos, movimientos repetitivos y posturas forzadas.

Mandos

Según viene recogido en la norma (UNE-EN 692) tanto la prensa como sus mandos deben diseñarse de forma que permitan posturas de trabajo adecuadas que no causen fatiga. Las posiciones, etiquetados e iluminación (si es necesaria) de los dispositivos de mando, y los sistemas para la manipulación de los materiales y troqueles, deben estar de acuerdo con los principios ergonómicos.

Los paneles de mando preferentemente deben ser ajustables; por

ejemplo, los de tipo abatible pueden mejorar la visibilidad y accesibilidad, ya que permiten al operario regular la posición que le resulte más ventajosa (Figura 16).

En el caso de que la máquina se accione mediante pedal, es importante que éste vaya protegido con una carcasa de plástico o similar, de manera que no pueda ser accionado de manera involuntaria. Tanto el pedal como la carcasa deben tener unas dimensiones suficientes a fin de garantizar su correcto accionamiento.



Figura 17. Barrera de seguridad (Fuente: EMGpresses).

Parada de emergencia

La parada de emergencia debería de estar situada de tal forma que pueda ser alcanzada desde cualquier posición de trabajo en la máquina. Algunas prensas pueden equiparse bajo pedido con barreras de seguridad de tacto o programables. Las de tipo programable controlan automáticamente el comienzo del ciclo tras un número preprogramado de interrupciones; esta innovación asegura la máxima seguridad con un importante incremento de la productividad

Iluminación

La norma (UNE-EN 692) especifica que cuando sea necesario, los puestos de trabajo y las zonas en las que están situados los dispositivos de mando, resguardos y dispositivos de protección deben estar suficientemente iluminados al objeto de asegurar que todo el equipo de trabajo y los materiales puedan verse adecuadamente de forma que se evite la fatiga visual. Especialmente a la salida del proceso es importante que haya un nivel de iluminación adecuado, ya que el trabajador debe comprobar que la pieza está correcta. Debería de haber como mínimo 500 lux, si no es posible garantizar esto con los sistemas de iluminación general, hay que proveer de iluminación auxiliar regulable.

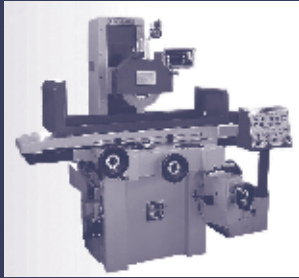
c. Aspectos ergonómicos de los dispositivos, accesorios y elementos auxiliares

- **Soportes antivibratorios**

Están compuestos de un conjunto de resortes cilíndricos a compresión que aíslan la prensa del suelo y, un compartimento de líquido viscoso que produce un efecto amortiguador, disminuyendo rápidamente la amplitud de las vibraciones. Las cargas dinámicas sobre la cimentación pueden reducirse en más del 90%, eliminándose además los efectos perjudiciales de las vibraciones sobre otras máquinas y sobre edificaciones del entorno.



Figura 18. Soporte anti-vibraciones (Fuente: Arisa).



RECTIFICADORA PLANA

Función y utilización

La rectificadora es una máquina herramienta, utilizada para conseguir mecanizados de precisión tanto en dimensiones como en acabado superficial. Las rectificadoras planas permiten rectificar superficies planas o perfiles rectilíneos por abrasión, utilizando para ello discos abrasivos robustos, llamados muelas.

La operación de rectificado exige una gran precisión geométrica y dimensional. El operario debe tomar una serie de precauciones al realizar ciertas acciones como el acercamiento de la muela, el reglaje de los recorridos, el diamantado, el empleo, etc. La pieza es amarrada sobre una mesa, mediante un plato magnético o mediante dispositivos especiales de inmovilización. La muela trabaja en su periferia (amolado tangencial) y está fijada, como regla general, entre dos discos en el árbol de la cabeza portamuela y apretada mediante una tuerca central.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Empuñaduras del equipo inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza, cuello y del tronco.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Presencia de sombras.
- Efecto estroboscópico.
- Las herramientas y/o equipos auxiliares no tienen la forma adecuada a la mano.
- Falta de manual de instrucciones.

b. Propuestas de mejora ergonómica

Seguidamente, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la rectificadora.

Alturas de trabajo

En esta máquina el trabajador tiene que acceder a distintos puntos situados a diferentes alturas: la mesa donde se fija la pieza, los mandos, la muela, etc.

En relación a la carga y descarga de piezas, según la aplicación de la máquina se aconsejan diferentes alturas de trabajo. Por ejemplo, para el rectificado de piezas que se carguen manualmente, y donde se requiera una cierta fuerza, dicha altura debería variar entre la altura de los nudillos y la altura de los codos, mientras que si se manipulan piezas pesadas la carga y descarga debe realizarse con el apoyo de ayudas mecánicas, no siendo tan crítica la altura de la mesa.

De entre las máquinas analizadas, la mayor problemática venía reflejada en la altura de los mandos de uso frecuente (volantes, manivelas, botones, etc.), que normalmente se encontraban en una bancada de poca altura. Es recomendable que los mandos estén situados entre la altura de los codos y la de los hombros, siendo necesario considerar en todo momento los requisitos visuales. En lo que respecta a la ubicación de los mandos se recomienda consultar el punto *dispositivos de información y mando* de esta ficha.

Posturas y movimientos

Actualmente, en el mercado existe una amplia variedad de modelos y tamaños de rectificadoras planas. Por regla general, a mayor grado de automatización de la máquina más ayudas para la tarea y asistencia tiene el trabajador, sin embargo, no siempre es viable el empleo de máquinas muy complejas.

Independientemente del grado de automatización, una división de las rectificadoras planas es: de mesa móvil y de columna móvil. Estas últimas puede presentar una serie de ventajas:

- La pieza puede ser más pesada ya que no se mueve.
- Se puede cargar o retirar una pieza sobre la mesa mientras se está rectificando otra.
- Se posibilita independizar la mesa de trabajo de los cabezales, con el consiguiente aumento de flexibilidad al permitir una mayor modularidad.
- Y menor espacio ocupado cuando se tienen que rectificar piezas grandes. Por ejemplo, para rectificar una pieza de 10 metros se podría necesitar 12 metros, frente a 22 metros que necesitaría una mesa móvil.

Algunas rectificadoras presentan características que pueden resultar ventajosas desde un punto de vista ergonómico:

- Si la rectificadora está provista de un sistema de protección en la parte frontal, es recomendable que sea fácilmente movable de manera que no limite la visibilidad del trabajador ni obstaculice el acceso a la zona de trabajo (Figura 2).



Figura 1. Rectificadora con columna móvil (Fuente: Delta).



Figura 2. Rectificadora con puerta frontal y ventanas (Fuente: Rosa Ermando).

- En el rectificado de piezas de gran tamaño se puede optar por una rectificadora plana automática con pórtico de gran capacidad (Figura 3).

A continuación, se especifican una serie de accesorios de precisión que pueden ayudar al operario en el proceso de rectificado:

- **Conformador-diamantador:** El conformador-diamantador (Figura 4) es un elemento que se utiliza para dar formas estándar a la muela, de operación precisa y rápida. Incluye formas circulares, radiales, multiangulares y cualquier forma especial que se precise desarrollar, incluyendo dibujos de muela cóncavos y convexos. Coordinado con el panel de la rectificadora, el conformador-diamantador puede ser usado para inspección, calibrador de mandrinado, divisor, diamantador de radios y electrodos para máquinas de electroerosión.



Figura 3. Rectificadora plana con pórtico (Fuente: Kent).

- **Dispositivos de sujeción:**

La pieza pueden ser amarradas sobre la mesa, sobre un plato magnético o mediante dispositivos especiales de inmovilización. Los dispositivos de sujeción permiten fijar la pieza a rectificar en la mesa de trabajo de manera rápida y segura. La placa magnética permite el mecanizado de piezas planas, grandes y pequeñas mediante una fijación individual o múltiple (Figura 5). Existen modelos concretos con accionamiento manual que presentan las siguientes ventajas: no requiere energía para el accionamiento por lo que la placa no se calienta y ofrece una sujeción de piezas optimizada mediante placa polar.

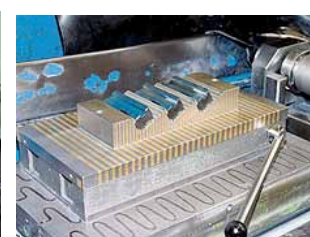


Figura 4. Accesorios de precisión (Fuente: Vallcal).

Figura 5. Placas magnéticas (Fuente: Schunk).

Empuñaduras del equipo

En un mismo modelo de fresadora es posible encontrar varios tipos de empuñaduras diferentes, como por ejemplo, volantes, palancas, mangos, etc. (Figura 6).

Toda empuñadura o mango debe optimizar la transmisión de fuerzas entre la mano y la máquina, es por ello que deben de tener unas dimensiones adecuadas a la mano de los usuarios que cumplan con las recomendaciones básicas. A continuación vienen recogidas las características que deberían de cumplir algunos de los principales mandos:

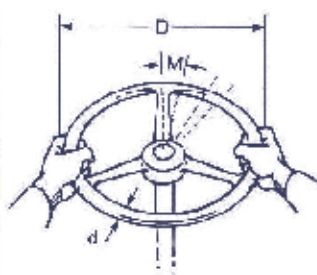
- **Manivelas accionadas con los dedos** (Figura 7): Se trata de manivelas con ruedas de pequeño radio que se manejan con los dedos, mediante giro de la muñeca. Permiten un ajuste continuo y de muy amplio rango sin necesidad de soltar el control. La velocidad de operación es lenta y la percepción de la posición es pobre (a menos que exista un indicador asociado o se vea la acción de desplazamiento provocada). La agarradera debe girar para conseguir alta velocidad, aunque si no gira la precisión en el manejo es mayor.



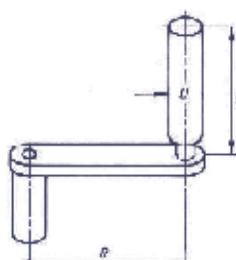
Figura 6. Fresadora con diferentes tipos de empuñaduras (Fuente: Emco).



Manivela accionada con los dedos



Volante



Manivela

Figura 7. Principales mandos y empuñaduras en rectificadoras (Fuente: IBV).

Recomendaciones de diseño:

Radio máximo: 100 mm.

Diámetro de palanca: máximo 16 mm.

Longitud de palanca: máximo 30 mm.

Fuerza de accionamiento recomendada: 0,6/3 N•m.

- **Volantes** (Figura 7): Los volantes son otro tipo de mandos muy presente en máquinas-herramientas, que permiten un rango de giro de 120 grados sin cambio de agarre. La capacidad de realizar fuerza aumenta al hacerlo el radio del volante. Además, se recomiendan los siguientes detalles de diseño:

Recomendaciones de diseño:

Diámetro del volante: 180/350 mm.

Diámetro de la sección del volante: 20/50 mm.

Fuerza de accionamiento: 20/130 N con una mano, hasta 250 N con las dos.

- **Manivela** (Figura 7): Se trata de un control de ajuste continuo accionado con la mano y el brazo. La capacidad de hacer fuerza aumenta al hacerlo el radio. Las recomendaciones de diseño para este mando son:

Recomendaciones de diseño:

Longitud mínima de la empuñadura: 100 mm.

Diámetro de la empuñadura: 30/50 mm si se precisa fuerza, y 8/16 mm si se requiere precisión.

Fuerza de accionamiento: hasta 2,3 kg, menor cuanto mayor sea la velocidad de operación; hasta 4,5 kg si la operación no es frecuente.

Radio: 190/510 mm hasta 100 r.p.m.; 125/230 mm más de 100 r.p.m.



Dispositivos de información y mando

Todos los dispositivos de información y mando deben estar identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo. Los principales mandos de accionamiento (puesta en marcha, parada normal, parada de emergencia, ajuste del husillo, sentido de rotación, y selección del modo de funcionamiento) deben estar situados a una altura igual o superior a 600 mm por encima del nivel del suelo.

Existen diversas configuraciones en lo que respecta a la ubicación del panel de control (Figura 8): en la bancada, sobre poste y articulado en altura o en la superficie.



Figura 8. Diferentes configuraciones de los mandos (Fuentes: Chevalier, Jones&Shipman, Heller).

Se están desarrollando nuevos modelos de máquinas dotadas de control elevado, montado sobre un brazo regulable. Algunas rectificadoras incorporan grandes pantallas LCD para facilitar la visualización de información y control. La configuración articulada en altura, o colgante orientable, tiene la ventaja de que permite al operario orientar la pantalla tanto en horizontal como en vertical, y tiene mejor visibilidad.

Por ejemplo, los paneles de mandos con pantallas táctiles “Easy Touchscreen” (Figura 9) tienen las mismas ventajas que los CNC tradicionales pero con un manejo más sencillo que permiten el rectificado de precisión de formas, ángulos y superficies complejas de una manera sencilla, al permitir digitalizar posiciones y crear programas sin conocimientos previos de informática.



Figura 9. Panel de control con pantalla táctil (Fuente: Jones & Shipman).

Parada de emergencia

Entre las máquinas revisadas no se encontró ninguna con parada de emergencia. Son diversas las fuentes que afirman que *no procede la instalación de parada de emergencia debido a que un frenado brusco puede generar tensiones en la muela y hacerla frágil, creando un riesgo de fragmentación en la próxima utilización*. No obstante, muchos modelos actuales sí que disponen de ella (Figura 10), en tal caso deberían de estar situadas de tal forma que pueda ser alcanzada desde cualquier posición de trabajo en la máquina. Idealmente, debe situarse frente al operador, de manera que su ejecución se realice a una altura alrededor del codo, sin inclinaciones ni giros del cuerpo. Concretamente, debe estar situados en el área preferente de movimiento de las manos, esto es: a la altura del codo, entre 15 y 40 cm por delante del cuerpo, y no más de 40 cm hacia los lados.



Figura 10. Rectificadora con parada de emergencia (Fuente: Heller).

Manual de instrucciones

La rectificadora plana sólo podrá ser utilizada por personal formado y preparado para ello. Además, en todo momento el trabajador podrá acceder libremente al manual de instrucciones, el cual debe contener toda la información necesaria, de manera clara y concisa y recomendablemente en castellano, para poder hacer un buen uso de la máquina.

Iluminación

Debido a que en el operario debe realizar tareas de precisión (como por ejemplo, comprobar el acercamiento de la muela y el reglaje de los recorridos) es necesario disponer de una iluminación localizada, que debe ser orientable, estanco a líquido y resistente a las proyecciones de viruta. Además, el sistema de iluminación debe evitar la presencia de sombras y de efecto estroboscópico. Para conseguirlo, se pueden usar lámparas fluorescentes adicionales dotadas de estabilizador electrónico. El nivel de iluminación debe ser como mínimo de 500 lux en general. No obstante, para las tareas de precisión, comentadas anteriormente, se recomienda disponer una iluminación de 1.000 lux (UNE 72163-84 y UNE 72112-85).

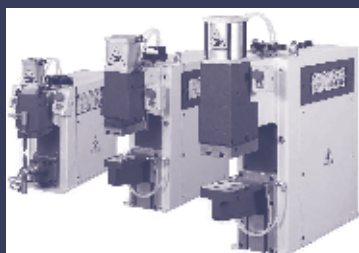
En el caso de que la máquina tenga cerramiento, éste deberá de estar provisto de una o más ventanas que permiten controlar el proceso desde el exterior (Figura 12).



Figura 11. Rectificadoras con iluminación local (Fuentes: Equiptop, Kent).



Figura 12. Rectificadora dotada de diversas ventanas en su perímetro (Fuente: Rosa Ermando).



EQUIPO DE SOLDADURA POR RESISTENCIA

Función y utilización

El equipo de soldadura por resistencia es una máquina cuyo funcionamiento está basado en el calentamiento de una pequeña zona al hacer circular una corriente eléctrica. Es útil en láminas metálicas, y aplicable normalmente entre 0,5 y 3 mm de espesor.

En la soldadura por puntos la corriente eléctrica pasa por dos electrodos con punta, debido a la resistencia del material a unir se logra el calentamiento, y con la aplicación de presión sobre las piezas se genera un punto de soldadura. Las máquinas soldadoras de puntos pueden ser fijas o móviles o bien estar acopladas a un robot o brazo mecánico.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Espacio insuficiente para los pies.
- Espacios previstos para las piernas insuficientes (trabajo sentado).
- Distancias insuficientes entre la máquina y otros elementos.
- Empuñaduras del equipo inadecuadas.
- Pedal del equipo inadecuado.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, del tronco, de los brazos, de los codos y de las muñecas.
- Tipos de mandos inadecuados.
- Posible accionamiento involuntario.
- Desplazamiento de mandos en discordancia con el tipo de acción de control a realizar.
- Esfuerzo físico para accionar los mandos-contrroles.
- Presencia de oscilaciones de luz.

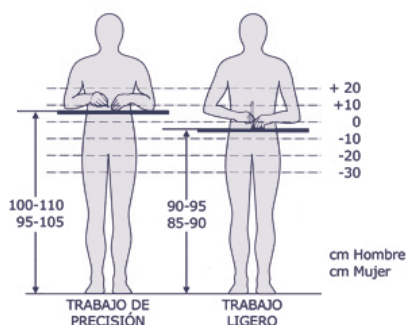


Figura 1. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).



Figura 2. Soldadoras de pedestal (Fuente: CEA).

- Falta de manual de instrucciones.

b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en el equipo de soldadura.



Figura 3. Soldadoras de sobremesa (Fuentes: CEA, Heinz Soyer).

Alturas de trabajo y espacios

El tipo de tarea que se realiza en este tipo de máquina requiere de cierto control visual y manual, por lo que la altura de trabajo debe quedar ligeramente por encima del nivel de los codos (Figura 1) (Para más información, consúltese apartado de alturas de la Guía).

En lo que respecta a la postura de trabajo, se recomienda que el operario esté sentado, siempre y cuando las condiciones de trabajo así lo permitan. En el mercado existen dos tipos de máquinas, de sobremesa y de pedestal (Figura 2) (Figura 3).



Figura 4. Mesa de trabajo regulable en altura (Fuente: Kaiser kraft).

Para las soldadoras de sobremesa, se aconseja su colocación sobre mesa industrial regulable en altura, de manera que el operario ajuste la altura de trabajo adecuándose tanto a sus características como a las exigencias de trabajo (Figura 4).

Cuando se trabaja sentado, se debe tener en consideración el espacio existente para las piernas debajo de la mesa. Se tiene que aportar una comodidad mínima para que el operario no adopte posiciones forzadas o incómodas. Existen unas dimensiones, o huecos mínimos, recomendados para las piernas debajo de la mesa. *Se recomienda consultar el punto 4 de la Guía, Espacio previsto para las piernas.*

Además, se debe tener en consideración otro aspecto fundamental como es la silla. Ésta debe tener una serie de características para que sea ergonómicamente confortable:

- El acabado de la silla no debe tener rebabas, salientes o cualquier elemento que pueda provocar rasguños.
- La silla debe ser estable en cualquier posición del respaldo. Debe garantizarse que la silla no vuelca cuando se apoya todo el peso del usuario sobre el borde del asiento, el respaldo o uno de los reposabrazos.
- El asiento de la silla debe girar 360°. De esta manera se facilita la movilidad del usuario (sentarse y levantarse, acceso a los elementos de trabajo estando sentado, etc.) y se puede evitar el giro del tronco y otras posturas forzadas durante la tarea.
- La base de la silla debe tener 5 patas con ruedas, para proporcionar estabilidad y también movilidad. La facilidad para desplazar la silla mejora el acceso a los elementos de trabajo estando sentado, reduce las posturas forzadas y facilita sentarse y levantarse.
- La altura del asiento debe ser regulable, para que la mesa quede aproximadamente a la altura de los codos del usuario sentado. Si en esta posición no llegan los pies al suelo, debe solicitarse un reposapiés. El accionamiento del mecanismo de ajuste debe ser accesible al usuario desde la posición sentada, y sólo debe entrar en funcionamiento mediante una acción deliberada del usuario y no de forma accidental.
- La inclinación del respaldo debe ser regulable, mediante un mecanismo de ajuste accesible al usuario mientras está sentado. Se recomienda un ángulo asiento-respaldo entre 95 y 110°
- Se recomienda una altura del respaldo sobre el asiento >36 cm.
- La profundidad del asiento debe permitir el apoyo de la espalda en el respaldo y de los pies en el suelo, sin notar presión en la parte posterior de las piernas. Lo preferible es que esta dimensión se pueda regular para adecuarla a las dimensiones del usuario. Si no se puede acortar el asiento, solicitar un reposapiés o una silla de menor profundidad de asiento.

En el caso de las máquinas de soldar de pedestal, las anteriores especificaciones no se aplicarían, dado que el operario trabaja en una postura de pie. Así pues para el trabajo en postura de pie, también existen unas recomendaciones. Las alturas de trabajo también se recomiendan que sean a la altura de codos o ligeramente por encima de estos, debido a lo comentado anteriormente de las exigencias visuales y de control. Y se debe proporcionar un espacio mínimo para albergar los pies de 23 cm de altura y 21 cm de profundidad. *Se recomienda consultar el apartado de Dimensiones corporales de la Guía.*

Como trabajar de pie es la postura ergonómicamente menos recomendada, se propone la posibilidad de trabajar de pie con apoyo, en la que se deberían proporcionar banquetas o sillas para que se sienten en ocasiones los trabajadores que de forma habitual trabajan de pie. Se puede considerar el uso de sillas tipo semi-sentado o apoyos. De esta forma se reducen los dolores de espalda y piernas ayudando a reducir la fatiga. Este tipo de sillines de apoyo puede ser empleados en puestos de trabajo donde no sea posible emplear un asiento normal. Siendo preferible disponer del mismo mientras se trabaja de pie que la permanencia prolongada en esta postura. Este tipo de postura tiene ciertas ventajas, como: una mayor movilidad postural, que permiten descargar parte del peso corporal que soportan las piernas, y que la altura de trabajo es muy similar a la postura de pie, favoreciendo la alternancia con esta postura. *Se recomienda consultar el punto 4 de la Guía, Espacio previsto para las piernas.*

Distancias entre máquinas y otros elementos

Por lo que respecta a la distancia entre máquinas, el Real Decreto 486/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, dispone que la distancia mínima entre máquinas sea de 80 cm. Otros elementos como posicionadores de piezas, conveyors, contenedores de piezas,... deberían de estar dotados de ruedas para facilitar su movilidad y adecuación a las exigencias de la tarea, y de esta manera evitar el tener que adoptar posturas forzadas para esquivar estos objetos, en el manejo normal de la máquina de soldadura.

Mandos y controles



Figura 5. Ejemplo de controles más comunes (Fuente CEA).



Existen una serie de aplicaciones referentes a los mandos y controles que en general son aplicables para la mayoría de las máquinas existentes en el mercado, referente a su manejo, situaciones, tipos según función etc.

Conviene que estos sigan los estereotipos de uso; existen formas de funcionamiento de los controles que parecen más lógicas al usuario, y que son con-

secuencia básicamente de su experiencia con dispositivos similares (Figura 5).

A fin de evitar la operación accidental se pueden tomar una serie de medidas preventivas, como son:

- Separación entre controles.
- Resistencia al movimiento.
- Protección con barreras o pantallas.
- Movimientos complejos, no lineales.
- Activación por dos controles o por llaves.
- Ubicación en zonas de alcance improbable.

Retroalimentación: El operador debe ser consciente de si ha activado el control y de la posición en que se encuentra.

Esfuerzo al activar los mandos: Estos deben proporcionar una adecuada resistencia, fricción y amortiguación.

- La resistencia elástica hace que la fuerza necesaria para mover un control sea proporcional al desplazamiento.
- La fricción es una fuerza que se opone al movimiento del control y puede ser estática o dinámica.
- El amortiguamiento provoca una fuerza que se opone al movimiento y es proporcional a la velocidad

Sensibilidad: La magnitud de la respuesta obtenida al movimiento de un control depende de su sensibilidad. Los mandos deben tener la sensibilidad adecuada.

Adecuación a los usuarios: Los controles deben diseñarse para adaptarse a la antropometría de los posibles usuarios.

Pedal del equipo

Por lo que respecta al pedal del equipo, cabe señalar que existen dos tipos de pedales en el mercado, uno el cual su accionamiento es mecánico, y otro en el que su funcionamien-

to es neumático, siendo este el más extendido entre las máquinas de estudio. Este tipo de pedales es el más recomendable, tanto por su diseño como por su seguridad.

Tiene que tener unas características especiales como el ir recubierto con una carcasa de plástico o similar que evite el posible accionamiento involuntario o accidental, y tanto esta carcasa como el pedal, deben tener unas dimensiones suficientes a fin de garantizar su correcto accionamiento incluso llevando calzado de seguridad.

Hay que destacar que es preferible el pedal móvil que no el fijo, ya que el operario lo puede localizar donde más cómodo le resulte su accionamiento. Algunos fabricantes suministran pedal de doble función para el acercamiento y soldadura después de la verificación de la posición de la pieza (Figura 6).



Figura 6. Pedales de accionamiento de la soldadora (Fuente CEA).

Iluminación

Existen diferentes posibilidades para la distribución de las luminarias dentro de una fábrica o taller, dependiendo de las exigencias visuales, características del local, etc. El nivel de iluminación depende de factores como el tamaño de los detalles que se deben visualizar, 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 destaca y de la edad del observador. En este caso el nivel de iluminación recomendable sería de 500 lux. Existen diversas posibilidades para alcanzar este nivel de iluminación, como por ejemplo la colocación de un tipo de iluminación localizada (Figura 7). Esta posibilidad ya viene contemplada por algunos fabricantes como se puede observar en la figura inferior. Otra posibilidad recomendable sería el alumbrado general localizado, el cual proporciona una iluminación similar a la anteriormente comentada, sin tener la necesidad de tener el foco de luz tan próximo al usuario.



Figura 7. Soldadora con iluminación localizada (Fuente: Jetline).

Manual de instrucciones

Toda máquina dispondrá del correspondiente manual de instrucciones, libro de mantenimiento y de revisiones en castellano facilitado por el fabricante, y quedará a disponibilidad del empleado que lo solicite.

c. Aspectos ergonómicos de los dispositivos, accesorios y elementos auxiliares

Otros elementos auxiliares y complementarios

Se pueden encontrar en el mercado una serie de complementos o elementos auxiliares que facilitan el trabajo del operario en la máquina de soldadura.

- **Posicionadores** (Figura 8). Son elementos móviles de distintos tamaños y formas que sirven para posicionar las piezas en el lugar donde se quieren soldar. Sujetan la pieza, con lo que el trabajador no tiene que realizar fuerza alguna durante la operación de soldado. Su elemento principal es giratorio, con lo que si la pieza es cilíndrica, con su simple accionamiento se puede hacer girar sobre su eje y soldar en distintas partes de la pieza, sin que el operario tenga la necesidad de ir girando la pieza en cada momento.

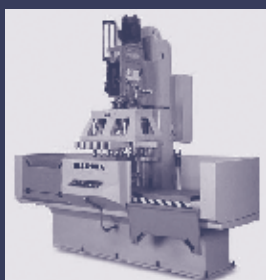


Figura 8. Posicionadores de piezas (Fuente: Bugo Systems).



Figura 9. Pantalla de visualización
(Fuente: Jetline).

- **Pantallas de visualización** (Figura 9). Se trata de un dispositivo formado por una cámara de grabación y una pantalla de visualización, cuyo fin primordial es observar el proceso de soldado. Se suele utilizar en máquinas automatizadas o en las ocasiones en las que la visualización del proceso es complicada debido al tamaño de las piezas, ubicación de las máquinas, accesos a la máquina, en soldaduras con un gran nivel de emisiones de radiación, etc. A su vez, también permite el control remoto del proceso.



TALADRO DE COLUMNA

Función y utilización

La principal función de esta máquina es el mecanizado de agujeros. Es un taladro estacionario con movimiento vertical y mesa para sujetar el objeto a taladrar. La principal ventaja de este taladro es la absoluta precisión del orificio y el ajuste de la profundidad. Permiten taladrar fácilmente algunos materiales frágiles, además de realizar operaciones de punteado, perforado, escariado, mandrinado, sondeo, taladrado, en piezas de pequeñas dimensiones. Son a menudo operaciones de mecanizado rápidas y ligeras, efectuadas unitariamente o en serie.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Espacios previstos para los brazos y pies insuficientes.
- Empuñaduras del equipo inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, del tronco, de los brazos, de los codos y de las muñecas.
- Requiere de dispositivo de información (visual o sonora).
- Tipos de mandos.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Situación de los mandos de uso frecuente fuera del alcance inmediato del operario.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Desplazamiento de mandos en discordancia con el tipo de acción de control a realizar.
- Nivel de iluminación inapropiado.
- Presencia de sombras.
- Efecto estroboscópico.

- Falta de iluminación auxiliar regulable.
- Falta de manual de instrucciones.
- Falta de formación específica en el manejo de la máquina.

b. Propuestas de mejora ergonómica



Figura 1. Diferentes versiones de taladros de columna (Fuente: Ibarria).

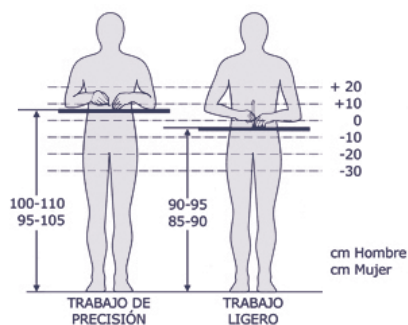


Figura 2. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).



Figura 3. Mesa motorizada (Fuentes: Heller, Knuth).

A continuación, se hacen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo con el taladro de columna.

Alturas de trabajo

Existen en el mercado una serie de tipologías de taladros de columna redonda con diferentes variantes: sobremesa, sobremesa con mesa intermedia, de pie, etc. (Figura 1).

Las alturas de acceso al taladro pueden variar en función del tipo de pieza a trabajar, siendo el principal problema detectado en las empresas el acceso a la *palanca manual de avance* ya que obliga a elevar el brazo para su accionamiento.

En general, se recomienda que las **alturas de acceso** no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos.

En lo que respecta a la **mesa**, la altura de trabajo recomendada depende del tipo de trabajo a realizar, por ejemplo, no se recomienda la misma altura para trabajar piezas de peso y tamaño medio, que para tareas de precisión que requieran de una inspección o control visual continuo. En el primer caso se recomienda una altura de trabajo ligeramente por debajo de la altura de codos de pie, mientras que en el segundo la altura del plano de trabajo debe estar ligeramente por encima de la altura de codos. Todo ello supone un rango de alturas de trabajo recomendable que podría oscilar entre los 90 y 105 cm (Figura 2).

Actualmente, es posible encontrar taladros dotados de ajuste motorizado de la altura de la mesa (Figura 3).

Espacios de trabajo y aperturas de acceso

Se debe prever, cuando se instala la máquina, el espacio suficiente para que el trabajador pueda moverse con libertad alrededor de la misma, y se puedan depositar las piezas tanto por taladrar como ya mecanizadas. Además, durante la preparación y ajuste de la máquina se deben garantizar las aberturas de acceso suficientes para que el trabajador pueda acceder. Se recomienda consultar los apartados correspondientes de la guía.

Empuñaduras

Se han encontrado palancas de avance con pomos con diámetros muy pequeños, que dificultan su agarre. Los pomos y empuñaduras deberán de tener unas dimensiones que favorezcan su empleo. Se recomienda para los pomos (redondos) un diámetro mínimo de 38 mm, y para las empuñaduras (alargadas) una longitud mínima de 100 mm y un

diámetro comprendido entre 3-5 cm si se precisa fuerza, y entre 0,8-1,6 cm si se requiere de precisión.

Posturas y movimientos

Existen una serie de dispositivos y accesorios en el mercado que pueden facilitar determinados tipos de trabajos en el taladro columna. A continuación se presentan algunos ejemplos:

- **Mordazas:** Las mordazas son elementos que permiten la sujeción de piezas tanto a bancos de trabajo como en máquinas. Son herramientas de sujeción ideales para trabajos de taladrado, montaje, fresado, rectificado, etc. Existen actualmente mordazas muy compactas y potentes en el mercado con requerimientos de espacio mínimos. Algunos modelos disponen de sistemas de sujeción y aflojamiento automáticos (Figura 4). También se pueden encontrar sistemas que permiten el libre posicionamiento de la pieza de forma segura dentro de un área delimitada de trabajo, gracias a una guía sobre la que pivota la mordaza y la pieza (Figura 4).



Figura 4. Mordazas para máquina compactas (Fuentes: Bessey, Gressel).

- **Tornillos de apriete:** Los tornillos de apriete permiten sujetar fuertemente la pieza a la máquina, estando indicados para trabajos de taladrado y fresado sencillos. Algunos modelos son basculantes y ajustables, de forma sencilla, a múltiples alturas. Se pueden encontrar tornillos con husillo exterior para el libre acceso al área de trabajo y la sujeción en espacios estrechos (Figura 5).



Figura 5. Tornillo de apriete (Fuente: Bessey).

- En general, los dispositivos de control para operar sobre los dispositivos de amarre y fijación deben situarse de manera que se evite una separación excesiva a la hora de sostener el peso de la herramienta o pieza (UNE-EN 12717).
- **Apoyos y soportes:** Para el mecanizado de piezas largas se recomienda el empleo de soportes de rodillo para facilitar la sujeción de la pieza (Figura 6). En el caso de piezas redondas, como por ejemplo tubos, son adecuados los soportes en forma de V. Estos rodillos deben de poder regularse en altura de forma fácil y sencilla.
- **Alimentador automático:** Este dispositivo semi-automático puede acoplarse a los taladros de columna convencionales transformándolos en centros de trabajo versátiles. El alimentador es capaz de trabajar sin la presencia del operador excepto para la operación de carga y descarga pieza. Sirve para la perforación automática de tubos y perfiles en barras. Es adecuado para la producción de series pequeñas y medianas. Con esta máquina se ejecutan perforaciones en secuencia a distancias entre ejes precisas en automático (Figura 7).



Figura 6. Apoyos (Fuente: Lombarte).

Por otra parte, se pueden encontrar determinados modelos de taladro de columna que aportan una serie de ventajas para determinado tipo de trabajos:

- **Taladros con mesa de coordenadas:** Los taladros con mesa de coordenadas, además de prolongar la superficie de apoyo, permiten la realización de trabajos de precisión (Figura 8).



Figura 7. Alimentador automático para taladros (Fuente: Apollo).



Figura 8. Taladro con mesa de coordenadas (Fuente: Ibarmia).



Figura 9. Taladro con mesa extralarga (Fuente: Ibarmia).



Figura 10. Taladro con mesa móvil (Fuente: Ibarmia).



Figura 11. Taladro con divisor (Fuente: Ibarmia).



Figura 12. Detalle display digital (Fuente: Heller).

- **Taladros con mesa extralarga:** Los taladros con mesa extralarga hacen posible la colocación de piezas voluminosas y pesadas (Figura 9).
- **Taladros con mesas móviles:** Este tipo de taladros dotados de mesas neumáticas, permiten la carga y descarga en un lateral mientras se mecaniza una pieza al mismo tiempo (Figura 10).
- **Taladros con divisor:** Este tipo de taladros dotados con divisor giratorio, fijo sobre la mesa de trabajo, permiten la realización de una misma operación en grandes series. Pueden generar varias áreas de trabajo, incluyendo una de carga y descarga, si se combinan con varios cabezales (Figura 11).

Dispositivos de información y mando

Todos los dispositivos de información y mando deben estar identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición o posiciones de trabajo de la máquina. La localización habitual de los dispositivos de información y mandos es sobre el cuerpo central o pie de la máquina. Se recomienda que estén situados a una altura igual o superior a 600 mm por encima del nivel del suelo.

Los indicadores y dispositivos de información, en el caso de existir, deben ser visibles por el operador desde las diferentes posiciones habituales de trabajo. Existen modelos con pantalla digital con indicación de velocidad y profundidad de perforación (Figura 12).

Parada de emergencia

La parada o paradas de emergencia deberían de estar situadas de tal forma que pueda ser alcanzada desde cualquier posición de trabajo en la máquina. Una buena opción es situarla en la parte frontal de la máquina (Figura 13), siempre y cuando no quede por encima de los hombros del trabajador, situación que se da habitualmente en la mayoría de modelos de taladros de columna.



Figura 13: situación de la parada de emergencia (Fuentes: Heller y Wilton).

Iluminación y efecto estroboscópico

La zona de trabajo debe estar correctamente iluminada, el nivel de iluminación debe ser como mínimo de 500 lux, medidos en el extremo de la herramienta estando el resguardo móvil con enclavamiento abierto (UNE-EN 12717). Se deben evitar sombras moletas sobre las superficies de trabajo; su presencia en la superficie de trabajo puede ser la causa de una mala calidad en el trabajo, baja productividad, esfuerzo visual, fatiga y accidentes. Entre otras medidas, encaminadas a solucionar este tipo de problemas, se recomienda:

- Eliminar las zonas de sombra mediante una buena distribución de las luminarias y la reflexión de las paredes y techos claros, así como mediante un mejor diseño de los puestos de trabajo.
- Emplear montajes compensados mediante la conexión de las fuentes de luz a las tres fases de la red eléctrica.
- Utilizar balastos electrónicos para las luminarias, etc.

Para operaciones de precisión se recomienda colocar un dispositivo de iluminación complementaria. Si no se puede garantizar un nivel correcto de iluminación mediante la iluminación general, habría que dotar a la máquina de iluminación local o lámpara de trabajo (Figura 14).

Se recomienda el uso de lámparas fluorescentes adicionales dotadas de estabilizador electrónico que evita el efecto estroboscópico. También es posible proteger frente a este efecto de parada mediante sistemas de protección que cubran la herramienta si hay ausencia de pieza.



Figura 14. Taladro dotado de lámpara de trabajo (Fuente: Heller).

Esfuerzo físico

En el caso de que se trabaje en la máquina con grandes formatos o piezas muy largas, el empleo de mesas de apoyo o prolongaciones de banco permite unas condiciones de trabajo más óptimas (Figura 9). Estas deben de poder ser montables y desmontables de forma fácil, para evitar que no se empleen, o bien, se dejen montadas cuando no sean necesarias.

Los ajustes y preparación de la máquina no deben requerir de un esfuerzo más allá de lo deseable, para ello hay que prestar especial atención a la realización de las operaciones de mantenimiento y limpieza periódicas (limpieza mediante aspiración, engrase y lubricación de todas las partes metálicas, guías, carros, topes, etc.) Existen en el mercado taladros dotados de prensos neumáticos con sopladores de aire para la limpieza de la mesa, esto puede resultar de especial utilidad, aunque es deseable emplear la aspiración evitando el soplado.

Formación

El taladro sólo podrá ser utilizado por personal formado y preparado para ello.

c. Aspectos ergonómicos de los dispositivos, accesorios y elementos auxiliares

- **Baterías:** En algún caso concreto podría resultar interesante disponer de una mesa fija amplia con un grupo de taladros dispuestos en batería (Figura 15). En la misma se podrían amarrar piezas voluminosas o pesadas. Un aspecto importante, en este caso, sería la flexibilidad del conjunto.



Figura 15. Taladros en batería (Fuente: Ibarmia).



Figura 16. Accesorio magnético para la limpieza y recogida de virutas (Fuente: Bessey).

- **Limpieza:** Existen accesorios magnéticos que permiten la recogida y limpieza de virutas y partículas metálicas (Figura 16). Estos permiten: ahorrar tiempo en la limpieza, evitar cortes, y separar el material para su reciclaje.



TORNO PARALELO

Función y utilización

El torno paralelo es una máquina herramienta que permite transformar un sólido cualquiera en una pieza o cuerpo bien definido en cuanto a su forma y dimensiones. Para ello, hace girar dicho sólido alrededor del eje de simetría de la forma buscada y arranca material en forma de viruta y periféricamente.

Pueden realizar todo tipo de tareas propias del torneado (por ejemplo taladrado, cilindrado, mandrinado, refrentado, roscado, conos, ranurado, escariado, moleteado, etc.) mediante diferentes tipos de herramientas y útiles que, de forma intercambiables y con formas variadas, se le pueden ir acoplando.

Algunas de las funciones del operario son: eliminación de virutas que se enrollan alrededor de la pieza, control de las dimensiones obtenidas y vigilancia del mecanizado (final de la pasada de mecanizado, desarme de la pieza, etc.).

Los elementos principales de un torno paralelo son:

- Bancada: pieza sobre la que se apoyan todos los elementos de la máquina y sobre la que desliza el carro, el contrapunto y las lunetas, gracias a unas guías rectilíneas, planas o prismáticas.
- Cabezal (plato): zona donde se localizan todas las transmisiones, engranajes y árboles nervados con los que se consigue distintas gamas de velocidades que se transmiten al plato, que es una pieza cilíndrica giratoria sobre la que se sujeta mediante garras la pieza a trabajar. También en el cabezal se localiza la caja de pasos y avances gracias a la cual se pueden realizar roscas en las piezas a trabajar.
- Cabezal móvil: pieza localizada en el lado opuesto del cabezal y que se utiliza para sujetar mejor la pieza cuando se tornea entre puntos, en este caso alberga lo que se denomina como contrapunto. También se utiliza para contener una broca o escariador cuando se desea taladrar y afinar agujeros. Normalmente es manual pero en tornos grandes suele estar motorizado.
- Carro (torreta): Elemento sobre el que se fijan las herramientas que se van utilizar para mecanizar la pieza y que desliza a lo largo de la bancada. Puede ser manual o estar motorizado. Además de desplazarse longitudinalmente se desplaza en los otros dos ejes.
- Lunetas: útil que sirve para guiar en la rotación con tres puntos de apoyo.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Espacios insuficientes previstos para los pies.
- Empuñaduras del equipo inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, del tronco, de los brazos de los codos y de las muñecas.
- Esfuerzo incorrecto en el empuje-arrastre de partes móviles de las máquinas manuales.
- Detección y/o identificación inadecuada de la información visual.
- Posibilidad interpretación equívoca de la información visual.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- El desplazamiento de los mandos no esta de acuerdo a la naturaleza de la dirección.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Efecto estroboscópico.
- Falta de manual de instrucciones.

b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en el torno paralelo.

Alturas de trabajo

En términos generales se recomienda que las alturas de trabajo no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos. Si se tienen que manipular piezas algo pesadas o se requiere aplicar fuerza, la altura debería estar comprendida entre la altura de los nudillos y la altura de los codos (Figura 1).

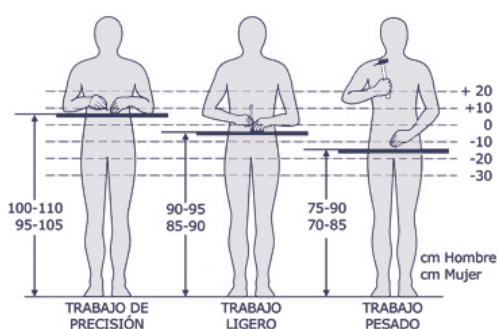


Figura 1. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).

En el caso concreto de los tornos, hay que prestar especial atención a la altura de la bancada donde se deposita la pieza a tornearse y a la altura de los mandos. En la zona de la bancada se pueden hacer tareas con distintas demandas. Tareas de precisión, como por ejemplo control dimensional, tareas más pesadas que pueden entrañar manipulación de pesos o fuerzas, y tareas ligeras o normales, como la eliminación de virutas que se enrollan alrededor de la pieza. Por lo que será recomendable que las alturas fueran ajustables cuando sea posible, y se empleen medios mecánicos cuando las piezas a cargar tengan un peso significativo.

Espacio previsto para los pies

El trabajador debe poder acercarse a la máquina correctamente, sin que sus pies topen contra la parte inferior de la misma, o tenga que girarlos para poder arrimarse al área de trabajo (Figura 2). Este aspecto es fundamental, también, para conseguir posturas de

trabajo adecuadas. Se recomienda un espacio libre mínimo para los pies de 21cm de profundidad y 23 cm de altura.

Posturas y movimientos

Dentro de la gama de los tornos horizontales existen una amplia gama de modelos en función de su grado de automatización. A mayor grado de automatización del torno, menor puede ser la necesidad de acceder a la zona de trabajo, por lo que se requerirá menos esfuerzos por parte del trabajador.

Existen una serie de dispositivos y herramientas disponibles en los modelos automáticos que pueden facilitar la labor del operario y aumentar la productividad como por ejemplo: dispositivo moleteador longitudinal, dispositivo de roscar por fresa, dispositivo de torneado, dispositivo de torneado y taladro de piezas largas y delgadas, portaherramientas de cilindrar con luneta, dispositivo copiador para piezas largas, dispositivo de taladrado rápido, de taladrado doble, de torneado lateral, de herramienta circular, de torneado de rodillos, de canales interiores, de taladro y roscado interior y exterior, etc.

Además, existen tornos diseñados para aplicaciones concretas como los tornos de bancada inclinada (Figura 3) diseñados para el mecanizado de piezas de gran peso y volumen. Su construcción de guías independientes, permite el mecanizado interior y exterior en una sola fijación

Cada vez es más frecuente encontrar tornos cuyos fabricantes afirman que cumplen requisitos ergonómicos, a continuación se presentan un par de ejemplos. El primer modelo se llama Ergonomic, y está fabricado por Hirschmann Corporation (Figura 4). Este modelo presenta las siguientes características ergonómicas:

- Diseño para poder alcanzar fácilmente a todos los mandos sin forzar la postura.
- Ajustable a la altura del trabajador.
- Posibilidad de trabajar de pie y sentado sin necesidad de realizar ajustes. Para ello, en la parte inferior posee un reposapiés además de un espacio para las piernas.
- Todos los mandos se encuentran localizados en la misma zona de la máquina para su mejor localización.

El segundo modelo de torno, que afirma incorporar criterios ergonómicos de diseño, es un torno CNC de la casa EMCO (Figura 5). Este torno presenta mejoras relacionadas con los accesos, posturas y movimientos a realizar por el trabajador, e incorpora:

- Mandos CNC con una pantalla de alta definición localizada en la parte frontal.
- Teclado que se puede guardar en el interior de la máquina cuando no se esté utilizando.
- Puertas de acceso a la zona de trabajo de grandes dimensiones.
- Buena visibilidad de la zona de trabajo.
- Puerta corredera transparente para proteger al operario frente a proyecciones de partículas.
- Base con un cajón para las virutas, que ofrece una fácil limpieza.



Figura 2. Torno con espacio para los pies (Fuente: Emco).



Figura 3. Torno con bancada inclinada (Fuente: Bost).



Figura 4. Torno "Ergonomic" (Fuente: Hembrug).



Figura 5. Torno CNC (Fuente: Emco).

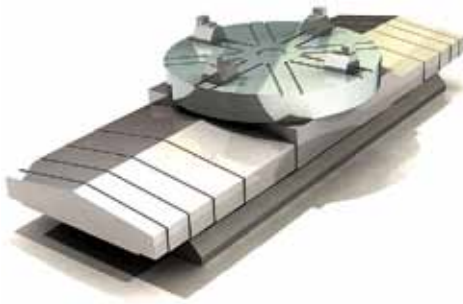


Figura 6. Mesa de giro y desplazamiento para tornos (Fuente: Bost).



Figura 7. Torreta para torno (Fuente: Sauter).



Figura 8. Plato manual con fijación rápida y garras (Fuente: Schunk).



Figura 9. Diseño de bancadas (Fuente: Orpi).

- Concepto modular del control intercambiable que permite elegir entre un teclado de control original, un teclado PC incluyendo el ratón, o bien una tableta digitalizadora.

Por otra parte, existen una serie de accesorios y equipamiento que pueden mejorar las condiciones de trabajo del operario, facilitando su labor. Estas son:

- **Mesa rotativa y lineal CNC para torneado.** Las mesas de giro y de desplazamiento longitudinal hidrostáticos permiten realizar operaciones de torneado y de fresado. Son mesas de gran rigidez y precisión de posicionamiento (Figura 6).
- **Torretas.** Es posible encontrar una amplia gama de torretas: cuadradas, hexagonales, de disco,... tanto electromecánicas, como hidráulicas y de servomotor, con o sin motorización de herramientas. Algunas incorporan un accionamiento directo de herramienta que asegura que el disco, motor y los componentes del accionamiento forman un sistema completamente estanco quedando protegidos de influencias externas (Figura 7).
- **Elementos de fijación.** Existe una serie de dispositivos destinados a ofrecer una correcta sujeción y fijación a las piezas a tornear. Los platos para torno se utilizan para fijar las piezas; existen diferentes tipos: manuales, automáticos, híbridos, para tornos de precisión, etc. En los modelos manuales existe la opción de sistema de cambio rápido de garras (Figura 8).
- **Bancada.** Algunas bancadas están diseñadas para ofrecer una serie de funciones especiales (Figura 9): sistema antivibratorio, chapas que forman la base inclinada para que el refrigerante caiga hacia la bandeja recoge virutas y las superficies sean fáciles de limpiar, nervaduras transversales para conseguir una óptima rigidez dejando un amplio espacio para la caída de viruta y facilitar las acciones de limpieza (Figura 9).



Figura 10. Extractor de virutas (Fuentes: Mupem y Pinacho).

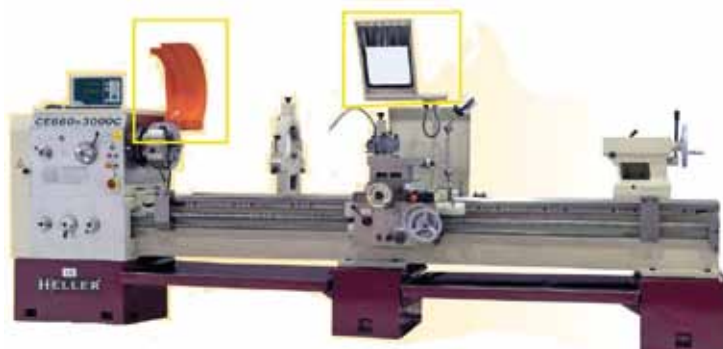


Figura 11. Torno con pantallas protectoras móviles (Fuente: Heller).

- **Extractor de virutas.** Si la máquina no está equipada con dispositivos para la evacuación de virutas (Figura 10), es posible instalar extractores automáticos auxiliares (Figura 10).
- **Pantallas protectoras.** En muchas ocasiones es necesario disponer de pantallas protectoras para resguardar al trabajador de posibles proyecciones de partículas o salpicaduras. Las pantallas no deben obstaculizar el campo de visión del trabajador ni sus movimientos para acceder a las zonas deseadas. Una solución es utilizar esas pantallas solo en las zonas necesarias, y que se puedan desplazar cuando no son necesarias (Figura 11).
- **Alimentador de barras automáticos.** Los tornos automáticos se pueden complementar con alimentadores de barras automáticos que pueden realizar la carga de las piezas a tornearse (Figura 12).



Figura 12. Alimentador de barras automático (Fuente: Pinacho).

Empuñaduras del equipo

En los modelos manuales se pueden encontrar una amplia variedad de mandos: conmutadores, manivelas, etc. (Figura 13). En ocasiones no se consideran aspectos ergonómicos durante su diseño, provocando que a veces la fuerza necesaria para su manipulación sea excesiva, no tengan un diseño adecuado, o la ubicación sea inadecuada.

A continuación, se citan una serie de criterios ergonómicos referente a la posición y fuerza de los mandos más comunes en los tornos.

- **Manivelas accionadas con los dedos** (Figura 14): Se trata de manivelas con ruedas de pequeño radio que se manejan con los dedos, mediante giro de la muñeca. Permiten un ajuste continuo y de muy amplio rango sin necesidad de soltar el control. La velocidad de operación es lenta y la percepción de la posición es pobre (a menos que exista un indicador asociado o se vea la acción de desplazamiento provocada). La agarradera debe girar para conseguir alta velocidad, aunque si no gira la precisión en el manejo es mayor.

Recomendaciones de diseño:

- Radio máximo: 100 mm.
- Diámetro de palanca: máximo 16 mm.
- Longitud de palanca: máximo 30 mm.
- Fuerza de accionamiento recomendada: $0,6/3 \text{ N} \bullet \text{m}$.

- **Conmutadores rotativos** (Figura 14): Los conmutadores rotativos admiten hasta 24 posiciones (máximo recomendado). Deben tener una marca radial o una barra en relieve (que puede servir para su agarre) que indique la posición, o una ventana en la



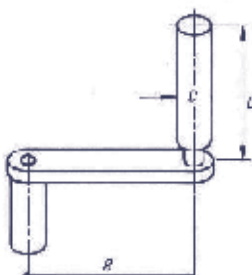
Figura 13. Torno convencional con diferentes tipos de empuñaduras (Fuente: Pinacho).



Manivela accionada con los dedos



Conmutador rotativo



Manivela

Figura 14.
Principales mandos y empuñaduras en tornos (Fuente: IBV).

que aparezca la posición seleccionada. La superficie lateral de los modelos circulares debe tener un relieve acusado que facilite el agarre. Requieren un espacio relativamente grande, porque la mano entera tiene que girar alrededor del conmutador. pueden hacerse de tamaño reducido, aunque los modelos miniatura no son recomendables más que para una operación poco frecuente.

Recomendaciones de diseño:

Diámetro: 25/100 mm.

Profundidad: 15/75 mm.

Recorrido: entre 15 y 45 grados entre cada posición, en función de si se necesita control visual o por tacto.

Si son de barra: longitud mínima 25 mm; anchura máxima 25 mm; altura de 12 a 70 mm.

Separación: mínima 25 mm, deseable 50 mm.

Fuerza de accionamiento: 320 N•cm máximo. Resistencia de tipo elástico que crece a partir de cada posición de enclavamiento.

- **Manivela** (Figura 14): Se trata de un control de ajuste continuo accionado con la mano y el brazo. La capacidad de hacer fuerza aumenta al hacerlo el radio. Las recomendaciones de diseño para este mando son:

Recomendaciones de diseño:

Longitud mínima de la empuñadura: 100 mm.

Diámetro de la empuñadura: 30/50 mm si se precisa fuerza, y 8/16 mm si se requiere precisión.

Fuerza de accionamiento: hasta 2,3 Kg, menor cuanto mayor sea la velocidad de operación; hasta 4,5 Kg si la operación no es frecuente.

Radio: 190/510 mm hasta 100 r.p.m.; 125/230 mm más de 100 r.p.m.

Dispositivos de Información y mando

Todos los dispositivos de información y mando deben estar identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo. Se debe colocar indicaciones para el funcionamiento de la máquina (elección de velocidad de corte en función del material) sobre el bastidor de la máquina.

El funcionamiento de los controles en el torno debe adecuarse a los estereotipos de funcionamiento lógicos.

- El giro de un mando rotativo en sentido horario produce un incremento.
- Subir, mover hacia adelante o hacia la derecha una palanca produce un incremento. Y el sentido contrario una disminución.
- Un pulsador hundido indica que un proceso está activado, si está levantado indica paro o detención.
- Interruptores de palanca hacia arriba indican marcha o arranque.
- Girar un volante en sentido horario para que el movimiento sea hacia la derecha.

Los principales mandos de accionamiento deben estar situados a una altura igual o superior a 600 mm por encima del nivel del suelo. Las máquinas sin control CNC pueden



Figura 15. Panel de mandos
(Fuente: Unamuno).



Figura 16. Control numérico con diferentes pantallas
(Fuente: Unamuno).

contener en el panel de mandos los diferentes movimientos, reflejados esquemáticamente mediante pictogramas, y potenciómetros con escala para regulación de velocidades y avances programados según tablas. También pueden disponer de visualizador de cotas, que ofrece información sobre las diferentes posiciones de torneado. Es recomendable que el panel esté situado en una zona donde el operario controle los mandos con facilidad y se eviten golpes y entrada de agua sobre el mismo (Figura 15).

Los tornos CNC tienen el panel de control situado, normalmente, en un brazo regulable o en un pedestal móvil, lo que permite su ajuste hasta cierto grado, sería conveniente que fuera regulable tanto en altura como en inclinación. El control CNC (Figura 16) permite al operario, una vez formado, generar pieza de forma más rápida. La velocidad de procesamiento del control permite a la máquina producir piezas con tiempos de ciclo más rápidos.

En la actualidad se están desarrollando nuevos modelos con un control interactivo gráfico electrónico que presenta las ventajas del CNC y tienen un manejo sencillo (Figura 17), al tratarse de un control asistido. Además, estas máquinas suelen combinar modo manual y automático al disponer de unos volantes para el desplazamiento manual de los carros, para aquellas operaciones que requieran trabajar en modo manual.

Independientemente del grado de automatización, toda información visual suministrada debe ser de fácil asimilación y no dar lugar a una mala interpretación. Por ejemplo, existen tornos convencionales con dispositivos electrónicos añadidos donde visualizar las posiciones de las herramientas, facilitando de esta forma la lectura de las cotas de desplazamiento (Figura 18).

Parada de emergencia

La parada de emergencia debe de estar situada de tal forma que pueda ser alcanzada desde cualquier posición de trabajo en la máquina. Idealmente, debe situarse frente al operador, de manera que su ejecución se realice a una altura alrededor del codo, sin inclinaciones ni giros del cuerpo. Concretamente, debe estar situados en el área preferente de movimiento de las manos, esto es: a la altura del codo, entre 15 y 40 cm por delante del cuerpo, y no más de 40 cm hacia los lados. También se puede optar por instalar más de una parada a fin de facilitar su alcance, independientemente de la tarea que esté llevando a cabo. La parada de emergencia se puede complementar con un freno de emergencia activado con el pie.



Figura 17. Control interactivo gráfico
(Fuente: Unamuno).



Figura 18. Torno con mandos manuales y con dispositivo de visualización electrónica
(Fuente: Knuth).



Figura 19. Torno con parada y freno de emergencia
(Fuente: Heller).



Figura 20. Torno con iluminación
(Fuente: Knuth).

Iluminación

Debido a que el operario debe realizar tareas de precisión es necesario disponer de iluminación localizada (Figura 20), que debe ser orientable, estanca y resistente a las proyecciones de viruta. El sistema de iluminación debe evitar la presencia de sombras y de efecto estroboscópico, para conseguirlo se pueden usar lámparas fluorescentes adicionales dotadas de estabilizador electrónico. De acuerdo a la norma UNE-EN 12840 el nivel de iluminación debe ser como mínimo de 500 lux a una distancia como la del diámetro del plato portapiezas delante de la punta del husillo y sobre él.

Manual de instrucciones

El torno sólo podrá ser utilizado por personal formado y preparado para ello. Además, en todo momento el trabajador debe poder acceder libremente al manual de instrucciones, el cual debe contener toda la información necesaria, de manera clara y concisa y recomendablemente en castellano, para poder hacer un buen uso de la máquina.



TRONZADORA DE CINTA

Función y utilización

Las sierras de cinta, también llamadas tronadoras de cinta, sirven para cortar barras, tubos o perfiles de diferentes sección mediante una hoja de cinta, cuya progresión de corte y elevación puede ser manual, automática o semiautomática. El conjunto que soporta la cinta está guiado por dos columnas o por un sistema de balancín.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Posturas-movimientos inadecuados del tronco y de los brazos.
- Requiere de dispositivo de información.
- Situación de los mandos de uso frecuente fuera del alcance inmediato del operario.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Efecto estroboscópico.
- Falta de formación específica en el manejo de la máquina.

b. Propuestas de mejora ergonómica

Seguidamente, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la tronadora.

Posturas y movimientos

La norma sobre seguridad en sierras para metal frío específica que la máquina debe estar diseñada de acuerdo con los principios ergonómicos de tal forma que elimine posturas incómodas, fatiga o esfuerzos repetitivos durante su uso (UNE-EN 13898). En esta misma norma también se indica que los resguardos móviles deben ser motorizados cuando su uso requiera esfuerzos excesivos repetitivos. En este sentido, el grado de mecanización del puesto de tronzado tiene una gran influencia en la labor que tiene que realizar el



Figura 1. Tronzadora manual (Fuente: MG).



Figura 2. Tronzadora semiautomática con dispositivo de sujeción para piezas largas (Fuente: Thomas).



Figura 3. Banco de carga (Fuente: MG).



Figura 4. Tronzadora automática (Fuente: MG).

operario. Por ejemplo, los centros de tronzado automáticos son los que menor intervención manual del operario requieren, ya que empujan y posicionan las piezas de metal de forma automática a partir de una lista de corte que carga el operario. También existen una serie de modelos comerciales no automatizados que incorporan mejoras que pueden facilitar al trabajador la tarea, como por ejemplo: indicador láser de la línea de corte, sistemas de manutención, bajada hidráulica del arco, etc. En función del grado de automatización, las tronzadoras se clasifican en: manuales, semiautomáticas y automáticas.

Algunos modelos **manuales** (Figura 1) ofrecen la posibilidad de añadir una serie de funciones para facilitar la labor del operario, como por ejemplo bajada hidráulica del arco o parada al finalizar el corte. La pieza se tiene que amordazar manualmente, por lo que es recomendable que el ajuste sea lo más simple y rápido posible, sin que el operario tenga que ejercer una fuerza excesiva, por ejemplo, regulándolo mediante un volante situado en la parte frontal para que sea fácilmente accesible.

Los modelos **semiautomáticos** permiten combinar un uso manual y semiautomático. Algunas opciones o funciones añadidas en los modelos semiautomáticos son por ejemplo: bajada automática para corte, parada, subida del arco, apertura y cierre de la mordaza automático, plato giratorio para poder efectuar cortes inclinados más fácilmente, etc.

Otra opción disponible en las máquinas manuales y semiautomáticas, que puede facilitar las posturas y movimientos del trabajador, es el uso de sistemas de apoyo para piezas largas (Figura 2). Estos sistemas deben ser fácilmente retirables e instalables, de manera que se puedan desmontar o montar cuando no sea o sea necesaria su utilización.

Además de ofrecer un buen soporte a la pieza a cortar, esta clase de dispositivos ayudan a su carga. Es recomendable que sean regulables en altura, de manera que puedan acoplarse fácilmente a la mesa de trabajo de la tronzadora, se debe escoger la longitud más adecuada según su aplicación o aplicaciones. Algunas disponen de rodillos cuyo uso favorece el deslizamiento de la pieza a tronzar. El sistema de lectura de la medida de corte suele ser sobre cinta métrica. Algunos modelos vienen provistos de un tope giratorio para permitir el paso de barra (Figura 3).

Entre las tronzadoras **automáticas** (Figura 4) existe una amplia variedad de modelos. La principal ventaja es que permiten realizar un ciclo totalmente automatizado, que empieza mediante el accionamiento del pedal o panel de control. La ejecución completa del ciclo de corte se realiza gracias a diversos sistemas y automatismos (cierre del tornillo de banco, bajada y subida del cabezal, abertura del tornillo, avance de la barra con alimentador automático) hasta alcanzar el número de piezas programado en el contador. La inserción de longitudes y cantidad de corte se introduce directamente a través del teclado electrónico. Otras funciones que ofrecen son: determinación de la altura de trabajo de la cuchilla con respecto a las dimensiones del material, evacuación de virutas, etc.

Transportador de rodillos: Las máquinas automáticas que no poseen un alimentador propio se pueden complementar con un transportador de rodillos de carga/descarga regulable en altura (Figura 5) que, a diferencia del utilizado en los modelos semiautomáticos o manuales, puede estar automatizado, ofreciendo un transporte motorizado de las piezas gestionado por un posicionador eléctrico. Además, estos dispositivos disponen



Figura 5. Transportador para carga y descarga (Fuente: Macc).



Figura 6. Sierra de cinta destinada al corte de materiales especiales (Fuente: Danobat).

de otras funciones como el memorizado de diferentes medidas de corte, programas de trabajo, mordazas de sujeción sincronizadas con la subida del arco, etc.

No obstante, estos sistemas de alimentación, al igual que los basados en mordazas automáticas, pueden presentar problemas en piezas irregulares o de determinados materiales de difícil mecanización tales como inconel, titanio, acero inoxidable, aceros blandos, etc. Existen modelos destinados al serrado de este tipo de materiales basados en el desplazamiento de una mesa, sobre la cual se coloca la pieza a cortar, amarrada mediante una mordaza en uno de sus extremos, con la ventaja de que las piezas cortadas permanecen en la propia mesa (Figura 6).

Además de estar aplicados a grandes producciones y permitir trabajar con piezas especiales (longitud, peso, material, etc.), los modelos automáticos permiten complementarse con una serie de accesorios adicionales que favorecen en gran medida la producción y la labor del operario, tal y como se muestra a continuación:

- **Extractor de virutas.** Existen modelos automáticos para la limpieza de las virutas sobrantes tras el tronzado (Figura 7, izquierda), que disminuyen las tareas de limpieza a realizar por el trabajador. Para grandes producciones se puede optar por un extractor adicional que se encargue del transporte de las virutas (Figura 7, derecha).
- **Elementos de fijación, alineación y posicionamiento.** Existen diferentes dispositivos para ayudar a posicionar y fijar la pieza a tronzar de manera automática. Para el posicionado se puede utilizar una línea láser móvil (Figura 8, izquierda) y para la fijación y alineación un conjunto de mordaza hidráulica con tope (Figura 8, derecha).
- Además, en las sierras con pórtico con sistema de desplazamiento se puede utilizar un sistema de elevación y nivelación para ayudar a la alineación (Figura 9).
- **Ayudas relacionadas con el desplazamiento del cabezal.** Existen una serie de dispositivos relacionados con el desplazamiento del cabezal como, por ejemplo, la aproximación rápida del cabezal al material por láser (Figura 10, izquierda) o ayudas para la visualización de la información como una pantalla de indicación del avance del cabezal para conseguir una regulación precisa de corte (Figura 10, derecha).



Figura 7. Extractores de virutas (Fuente: Danobat).



Figura 8. Línea láser móvil y mordaza hidráulica con tope (Fuente: Danobat).



Figura 9. Sistema de elevación y nivelación (Fuente: Danobat).



Figura 10. Ayudas relacionadas con el desplazamiento del cabezal (Fuente: Danobat).



Figura 11. Sierra para piezas circulares con ajuste de mesa (Fuente: Metl Saw).



Figura 12. Sierra tronzadora tipo pórtico para grandes formatos (Fuente: Danobat).

Además, es posible encontrar tronzadoras especiales diseñadas para aplicaciones concretas, la ejecución de un determinado tipo de operaciones, o el corte de un tipo de piezas. A continuación, se recogen algunos ejemplos:

- **Tronzadora para piezas circulares.** Existen máquinas específicas para el tronzado de grandes piezas circulares (Figura 11). En este caso es aconsejable que la máquina disponga de un ajuste (automático o manual) de regulación de la mesa, de manera que pueda adaptarse a piezas de diferentes radios (Figura 11).
- **Tronzadora tipo pórtico.** En el corte de piezas de gran volumen, peso o longitud se puede optar por un equipo totalmente automatizado con cabezal móvil. Las sierras tipo pórtico (Figura 12) presentan ventajas para este tipo de piezas, ya que disponen de una mesa de trabajo libre de cualquier obstáculo para realizar labores de carga y descarga.



Figura 13. Botones en la empuñadura (Fuente: MG).

Dispositivos de información y mando

Todos los dispositivos de información y mando deben estar identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo. En los modelos semiautomáticos y automáticos se debe acceder fácilmente a las funciones principales, como, por ejemplo, al sistema automático de apertura y cierre de la mordaza, una buena solución es mediante botones en la empuñadura principal de la máquina (Figura 13).



Figura 14. Distintas configuraciones de mandos (Fuentes: Macc y Ultra).



Figura 15. Tronzadora con dispositivo de visualización (Fuente: Thomas).

Algunos modelos con CNC disponen de paneles de mando articulados (Figura 14), permitiendo al operario posicionarlo donde más les interese. No obstante, sería recomendable un mayor rango de articulación, por ejemplo en altura. Independientemente de su posición, su uso debe ser lo más sencillo e intuitivo posible.

Algunos modelos disponen de dispositivos de visualización que ofrecen información sobre la posición de corte, las coordenadas a seguir, etc. (Figura 15).

Existen tronzadoras dotadas de dispositivos visual y sonoro que pueden resultar útiles para aquellos modos de funcionamiento que necesite una intervención inmediata (fallos, alarmas, emergencias, etc.) (Figura 16). Esta duplicidad es interesante sobre todo en ambientes de trabajo con mucho ruido.

Parada de emergencia

La norma UNE EN 418 especifica que los órganos de accionamiento de la parada de emergencia deben estar diseñados para que puedan ser accionados con facilidad por el operador y por otras personas que puedan verse en la necesidad de accionarlos. Estos deben estar dispuestos de manera que sean claramente visibles y fácilmente accesibles. Idealmente, debe situarse frente al operador, de manera que su accionamiento se realice a una altura alrededor del codo, sin inclinaciones ni giros del cuerpo. Concretamente, debe estar situado en el área preferente de movimiento de las manos, esto es: a la altura del codo, entre 15 y 40 cm por delante del cuerpo, y no más de 40 cm hacia los lados. Es posible encontrar diferentes posiciones de la parada de emergencia (Figura 17), normalmente depende del grado de automatización de la máquina. No obstante, siempre es recomendable que esté lo más cerca posible del operario, pudiéndose poner más de un pulsador de emergencia en caso de necesidad.



Figura 17. Diferentes localizaciones de la parada de emergencia (Fuentes: MG, Thomas).

Iluminación y efecto estroboscópico

La zona de trabajo debe estar correctamente iluminada, el nivel de iluminación debe ser como mínimo de 500 lux. Se debe proporcionar iluminación integrada en la máquina para la iluminación del área de trabajo cuando la construcción de la máquina y/o resguardos provocan que la iluminación ambiental sea inadecuada para el funcionamiento seguro y eficiente de la máquina (UNE-EN 13898).

Se podrá proveer iluminación de tipo fluorescente, a condición que el efecto estroboscópico no pueda ser considerado un peligro. Se recomienda el uso de lámparas fluorescentes adicionales dotadas de estabilizador electrónico que evita el efecto estroboscópico.



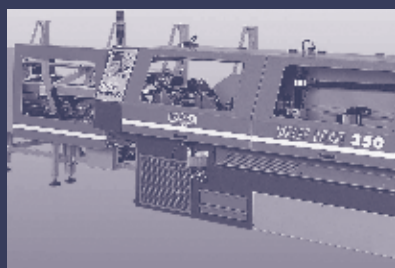
Figura 18. Lámpara de posicionado (Fuente: Danobat).

Formación

La tronzadora de cinta sólo podrá ser utilizada por personal formado y preparado para ello. Además, en todo momento el trabajador podrá acceder al manual de instrucciones, el cual debe contener toda la información necesaria, de manera clara y concisa y recomendablemente en castellano, para poder hacer un buen uso de la máquina.



Figura 16. Tronzadora con dispositivo visual y sonoro (Fuente: MG).



TRONZADORA DE DISCO

Función y utilización

La tronadora de disco es una máquina que se emplea para hacer cortes en todo tipo de material. Utilizada para el corte de metal a un ángulo determinado entre 45° a derecha e izquierda del plano normal de contacto del disco con el metal, pudiendo cortar asimismo a bisel. Para efectuar los cortes, el operario deposita la pieza sobre la mesa contra la guía-tope posterior, selecciona el ángulo de corte y aproxima el disco a la pieza accionando el brazo destinado al efecto.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de brazos y de codos.
- Empuñaduras del equipo inadecuadas.

b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la tronadora de disco.

Alturas de trabajo

En el mercado es posible encontrar modelos de tronadoras con bancadas incorporadas y sin bancadas. Si no la lleva incorporada, una opción puede ser utilizar una mesa regulable en altura. Existen mesas portátiles dotadas de ruedas y carro de transporte, fáciles de montar y desmontar, así como de regular en altura (Figura 1), que permiten al trabajador regular la altura más adecuada en función de su estatura y la tarea a realizar.



Figura 1. Mesa de trabajo transportable y regulable (Fuente: Virutex).

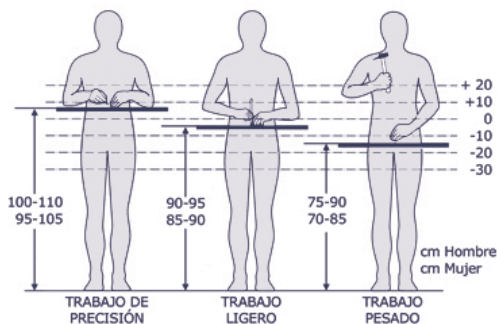


Figura 2. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).

Para escoger la altura idónea habrá que tener en cuenta la altura de trabajo donde va depositada la pieza a cortar así como la altura de las empuñaduras, que es donde se dan los accesos a mayor altura. Alturas muy bajas llevan asociado posturas forzadas de cabeza, cuello, tronco y piernas; mientras que alturas elevadas suelen llevar asociadas posturas penosas de brazos, codos y manos. Lo recomendable sería que el trabajador pudiera posicionarse respecto a la pieza de manera que el acceso sea cómodo. En la manipulación de piezas donde se requiere una cierta fuerza, dicha altura debería variar entre la altura de los nudillos y la altura de los codos, mientras que si se manipulan objetos pequeños la altura de trabajo debería estar ligeramente por debajo de la altura de codos de pie.

En cuanto a las empuñaduras, sería recomendable que estuvieran situadas entre la altura de los codos y la de los hombros, siendo necesario considerar en todo momento los requisitos visuales (Figura 2).

Posturas y movimientos

Durante el uso de la tronzadora de disco el trabajador puede tener que realizar una serie de posturas y movimientos de brazos y codos poco adecuados desde el punto de vista ergonómico, debido principalmente a la altura y forma de las empuñaduras y, ocasionalmente, a la manipulación de piezas de gran tamaño.

Las máquinas actuales disponen de dispositivos que pueden facilitar la labor de tronzado, como por ejemplo: dispositivo para variar el ángulo de corte de la mordaza sin herramientas, botón de bloqueo para el cambio fácil de disco, tope de profundidad ajustable, etc. (Figura 3). Además, algunos fabricantes ofrecen una serie de accesorios que pueden facilitar el trabajo, como por ejemplo: láser para la indicación de la línea de corte que previene posturas encorvadas asociadas a una mala visión, compartimento recoge virutas extraíble, compartimento para herramientas, discos especiales para minimizar chispas o disminuir las vibraciones, etc.

Muchas de las máquinas actuales permiten realizar más de una acción, por ejemplo: tronzadora, ingletadora y sierra circular de mesa.

Cada día es más fácil encontrar modelos automáticos en el mercado, muchos de ellos son de apariencia similar pero con grandes ventajas para el trabajador, puesto que la carga física asociada a su uso puede verse reducida (Figura 4). En estas máquinas automáticas el operario se encarga de colocar la pieza a cortar, accionar la puesta en marcha, controlar el ciclo de trabajo y retirar las piezas cortadas.

Existen otros modelos automáticos con CNC más complejos (Figura 5) que incorporan la carga y descarga automática de las piezas, la cuales pueden ser de diferentes secciones, tamaños y longitudes. Además, permite regular la velocidad de corte, bloquear la barra, repetir cortes en una misma posición con gran precisión, todo ello controlado visualmente por medio de un display gráfico.

Independientemente del grado de automatización, existen una serie de accesorios dirigidos a la mejora de las condiciones de trabajo durante el uso de la tronzadora de disco.



Figura 3. Tronzadora portátil con dispositivos de ayuda (Fuente: Makita).



Figura 4. Tronzadora automática (Fuente: Macc).



Figura 5. Tronzadora CNC automática (Fuente: Macc).



Figura 6. Tronzadora de disco con banco de apoyo (Fuente: Macc).



Figura 7. Transportador de rodillos (Fuente: MG).



Figura 8. Banco de carga con volante (Fuente: Tekna).

- **Prolongaciones.** Cuando la pieza a tronzar es muy larga es aconsejable tener un punto de apoyo de manera que toda la pieza esté correctamente sujeta y apoyada, para conseguirlo se pueden utilizar prolongaciones de bancada o un banco de apoyo (Figura 6).
- **Bancos de medida y de carga:** Dispositivo complementario a la tronzadora que ofrece un buen soporte de la pieza a mecanizar, así como una ayuda a la carga, ya sea manual o automáticamente. Es recomendable que sean regulables en altura, de manera que puedan acoplarse fácilmente a la mesa de trabajo de la tronzadora. Hay que escoger la longitud idónea según su aplicación. Los modelos manuales están provistos de unos rodillos para favorecer el deslizamiento de la pieza (Figura 7), así como de un sistema de lectura de la medida de corte que suele ser sobre cinta métrica. Algunos modelos vienen provistos de un tope giratorio para permitir el paso de barra. Existen modelos con una pantalla que visualiza la medida de corte seleccionada, y otros en los que el posicionamiento manual del tope de medida se realiza por medio de un volante con bloqueo neumático (Figura 8).



Figura 9. Mordaza (Fuente: Ferrimaq).

Los modelos automáticos disponen de transporte motorizado gestionado por un posicionador eléctrico de medida, y son capaces de memorizar medidas de corte y programas de trabajo diferentes. Otras opciones que pueden ofrecer los sistemas automáticos son, por ejemplo, mordaza de sujeción sincronizada con la subida del disco o pedal para accionar el disco de corte.

- **Sistemas de sujeción.** La sujeción de la pieza a cortar a la mesa de apoyo no debe realizarse nunca manualmente, sino con ayuda de prensos adecuados que garanticen en cualquier circunstancia, una sólida fijación a la mesa de apoyo de la pieza a cortar. Es conveniente que la mordaza sea de acción rápida, y no requiera de una elevada fuerza elevada. Algunas tronzadoras disponen de accesorios específicos, como por ejemplo sistemas para la fijación de perfiles abiertos, mordazas rápidas, etc. (Figura 9).
- **Pedal.** El accionamiento mediante pedal móvil puede suponer una ayuda, de cara a la adopción de posturas durante el trabajo, dado que permite su ubicación más adecuada en función de las condiciones de corte. En el caso de que la máquina se accione mediante pedal, es importante que este vaya protegido con una carcasa de plástico o similar, de manera que no pueda ser accionado de manera involuntaria. Tanto el pedal como la carcasa deben tener unas dimensiones suficientes a fin de garantizar su correcto accionamiento.



Figura 10. Pedal de accionamiento (Fuente: Macc).

Empuñaduras del equipo

La empuñadura de la palanca de accionamiento debe de tener unas dimensiones adecuadas a la mano de los usuarios. Una empuñadura o mango debe optimizar la transmisión de fuerzas entre la mano y la máquina o herramienta, es por ello que deben de tener unas dimensiones que cumplan con las recomendaciones básicas:

- Longitud mínima: 10 cm.
- Diámetro comprendido entre 3-5 cm si se precisa fuerza.

En el mercado existen diferentes tipos de empuñaduras en función del modelo y del tipo de máquina (portátil o con bancada) (Figura 11).

Es recomendable que esté recubierta de un material antideslizante y si es posible que esté constituida por materiales que amortigüen las vibraciones. Resulta interesante que ofrezcan la posibilidad de ajustarse y bloquearse en varias posiciones, de este modo se consigue una mejor adaptación a los usuarios y a las tareas a realizar.

Los mandos de puesta en marcha y paro deben estar incorporados o bien en la palanca de funcionamiento de la tronzadora, o en la parte delantera de la misma debajo del soporte de la pieza y a una altura mínima de 600 mm del suelo. Es recomendable que el

órgano de accionamiento del disco sea de pulsación mantenida, o tipo “pulsación continua”, para garantizar que el disco no gira en vacío en la posición de reposo del mismo.

Por otra parte, es recomendable que las tronzadoras de disco portátiles dispongan de asas integradas para su transporte, así como un sistema de inmovilización de transporte.



Figura 11. Diferentes tipos de empuñaduras de tronzadoras (Fuentes: MG, Bosch, Makita, Ferrimaq, Ayerbe).

Bibliografía



En la elaboración de los contenidos de este Manual se han consultado publicaciones, estadísticas, normativa y legislación vigente. En este apartado se recogen todas éstas referencias.

Publicaciones de referencia y consulta

- Eastman Kodak Company (1983) *Ergonomics design for people at work*, Vol.1. Eastman Kodak Company. New York.
- INSHT (1998) *Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), Madrid.
- Mital, A; Karwowski, W. (1991) *Workspace, equipment and tool design*. Elsevier Science. Amsterdam.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales (MTAS) (2008) *Anuario de Estadísticas Laborales y de Asuntos Sociales 2007*. Datos de condiciones de trabajo y relaciones laborales. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Centro de Publicaciones.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales (MTAS) (2007) *VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), Madrid.
- Oficina Internacional del Trabajo (OIT) (2000) *Lista de comprobación ergonómica*. Editado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid.
- Unión de Mutuas (1996) *Guía práctica para la implantación de un sistema de gestión de riesgos laborales*. Sector Metal. Unión de Mutuas. Valencia.

Legislación y normativa de referencia y consulta

- REAL DECRETO 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- REAL DECRETO 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- REAL DECRETO 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los equipos de trabajo.

- UNE EN 547-1:1997. Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano. Parte 1: Principios para la determinación de las dimensiones requeridas para el paso de todo el cuerpo en las máquinas.
- UNE EN 547-1:1997+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano. Parte 1: Principios para la determinación de las dimensiones requeridas para el paso de todo el cuerpo en las máquinas.
- UNE EN 547-2:1997. Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano. Parte 2: Principios para la determinación de las dimensiones requeridas para las aberturas de acceso.
- UNE EN 547-2:1997+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano. Parte 2: Principios para la determinación de las dimensiones requeridas para las aberturas de acceso.
- UNE EN 547-3:1997. Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano. Parte 3: Datos antropométricos.
- UNE EN 547-3:1997+A1:2008. Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano. Parte 3: Datos antropométricos.
- UNE EN 614-1:2006. Seguridad de las máquinas: principios de diseño ergonómico. Parte 1: Terminología y principios generales.
- UNE-EN 614-1:2006+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Principios de diseño ergonómico. Parte 1: Terminología y principios generales
- UNE EN 614-2:2001. Seguridad de las máquinas: principios de diseño ergonómico. Parte 2: Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas de trabajo.
- UNE EN 614-2:2001+A1:2008. Seguridad de las máquinas: principios de diseño ergonómico. Parte 2: Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas de trabajo.
- UNE-EN 692:2006. Máquinas-herramienta. Prensas mecánicas. Seguridad.
- UNE-EN 894-2:1997. Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y órganos de accionamiento. Parte 2: Dispositivos de información.
- UNE-EN 894-2:1997+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y órganos de accionamiento. Parte 2: Dispositivos de información.
- UNE-EN 894-3:2001. Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos. Parte 3: Mandos.
- UNE-EN 894-3:2001+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos. Parte 3: Mandos.
- UNE-EN 981:1997. Seguridad de las máquinas. Sistemas de señales de peligro y de información auditivas y visuales.
- UNE-EN 981:1997+A1:2008. Seguridad de las máquinas. Sistemas de señales de peligro y de información auditivas y visuales.
- UNE EN 1005-1:2002. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 1: Términos y definiciones.
- UNE-EN 1005-1:2002+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 1: Términos y definiciones.
- UNE EN 1005-2:2004. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 2: Manejo de máquinas y de sus partes componentes.
- UNE-EN 1005-2:2004+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 2: Manejo de máquinas y de sus partes componentes.

- UNE EN 1005-3:2004. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 3: Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas.
- UNE-EN 1005-3:2002+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 3: Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas.
- UNE EN 1005-4:2005. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 4: Evaluación de las posturas y movimiento de trabajo en relación a las máquinas.
- UNE-EN 1005-4:2005+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 4: Evaluación de las posturas y movimientos de trabajo en relación con las máquinas.
- UNE-EN ISO 6682:1995. Maquinaria para movimiento de tierras. Zonas de comodidad y accesibilidad a los mandos.
- UNE-EN ISO 6682:2008. Maquinaria para movimiento de tierras. Zonas de comodidad y de accesibilidad a los mandos. (ISO 6682:1986, incluyendo Amd 1:1989)
- UNE-EN ISO 9241-8:1998. Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantalla de visualización de datos (PDV). Parte 8: Requisitos para los colores representados.
- UNE-EN 12622:2002. Seguridad de las máquinas herramienta. Prensas plegadoras hidráulicas.
- UNE-EN 12717:2002. Máquinas-herramienta. Seguridad. Taladros.
- UNE-EN 13128:2002. Máquinas-herramienta. Seguridad. Fresadoras.
- UNE-EN ISO 13850:2008. Seguridad de las máquinas. Parada de emergencia. Principios para el diseño. (ISO 13850:2006)
- UNE-EN 13898:2004. Máquinas-herramienta. Seguridad. Sierras para metal en frío.
- UNE-EN 13985:2003. Máquinas-herramienta. Seguridad. Cizallas-guillotina.
- UNE-EN ISO 14738:2003. Seguridad de las máquinas. Requisitos antropométricos para el diseño de puestos de trabajo asociados a máquinas.
- UNE-EN ISO 14738:2003/AC:2005. Seguridad de las máquinas. Requisitos antropométricos para el diseño de puestos de trabajo asociados a máquinas. (ISO 14738:2002)
- UNE 72112-85. Tareas visuales. Clasificación.
- UNE 72163-84. Niveles de Iluminación. Asignación a tareas visuales.

Listado de figuras – Fichas Metal:

Amoladora de pedestal

- Figura 1. Amoladora para tubos (Fuente: Garboli).
- Figura 2. Pedestal para amoladoras regulable en altura (Fuentes: Draper, HTC).
- Figura 3. Amoladora con apoyos (Fuente: DeWalt, Ryobi).
- Figura 4. Trabajo con soporte acanalado (Fuente: Ryobi).
- Figura 5. Amoladoras dotadas de parada de emergencia (Fuentes: Femi, Grizzly).
- Figura 6. Amoladoras con luz (Fuentes: Clarke, Draper, Ryobi).
- Figura 7. Amoladoras con lupa (Fuente: Ryobi).
- Figura 8. Amoladoras con lupa y luz (Fuentes: Baldor, Grizzly).

Amoladora portátil

- Figura 1. Amoladoras con empuñadura adicional de ajuste rápido (Fuentes: Metabo, Bosch).
- Figura 2. Amoladora con empuñadura giratoria-ajustable (Fuente: Casals).
- Figura 3. Tornillos de banco (Fuente: Gressel).
- Figura 4. Tornillo de banco ajustable en altura (Fuente: Gressel).
- Figura 5. Modelo de amoladora ligero (Fuente: Hilti).
- Figura 6. Amoladoras con zonas de agarre antideslizantes y cuerpo estrecho (Fuentes: Hilti, Bosch).
- Figura 7. Amoladoras con empuñadura antivibraciones (Fuentes: Bosch, Hilti, Metabo).
- Figura 8. Amoladoras con interruptor de seguridad (Fuentes: Bosch, Hilti).
- Figura 9. Soportes para amoladoras portátiles (Fuente: Casals).
- Figura 10. Guías para corte (Fuente: Bosch).
- Figura 11. Fácil acceso a las escobillas (Fuente: Casals).
- Figura 12. Amoladora a batería (Fuente: Bosch).

Centro de mecanizado CNC

- Figura 1. Centros con buena accesibilidad (Fuentes: Kondia, Ibarmia).
- Figura 2. Espacio disponible para los pies (Fuente: Takumi).
- Figura 3. Postura forzada del trabajador.
- Figura 4. Centros de mecanizado con sistema de carga en marcha (Fuente: Milltronics).
- Figura 5. Detalle de la mesa pendular (Fuente: Ibarmia).
- Figura 6. Detalle mecanizado multicara (Fuente: Ibarmia).
- Figura 7. Cambiador automático de herramientas (Fuente: Famasa).
- Figura 8. Almacenes automáticos de herramientas (Fuente: Ibarmia).
- Figura 9. Placa matriz (Fuente: Schmalz).
- Figura 10. Sistema de utillaje modular (Fuente: Bluco).
- Figura 11. Dispositivos de sujeción para ranuras T (Fuente: Mitee Bite).
- Figura 12. Centros de mecanizado con cambiador automático de pallets (Fuentes: Zayer, Delteco).
- Figura 13. Elevador por vacío (Fuente: Schmalz).

Figura 14. Diferentes sistemas de control (Fuentes: Zayer, Ibarmia).

Figura 15. Mesa de trabajo con iluminación localizada (Fuente: Milltronics).

Figura 16. Centro de mecanizado con dos ventanas laterales (Fuente: Kondia).

Figura 17. Sistemas de extracción de virutas (Fuentes: Famasa, Kondia).

Cizalla-guillotina

Figura 1. Máquina que integra cizalla y punzonadora (Fuente: Finnpower).

Figura 2. Cizalla, punzonadora y taladro CNC (Fuente: FICEP).

Figura 3.- Pedales de seguridad para controlar los ciclos (Fuentes: Ermaksan, Durma, Femas).

Figura 4. Extensión de la mesa con ruedas (Fuente: RAS).

Figura 5. Cizallas con sistemas de soporte (Fuentes: Durma, Korpleg).

Figura 6. Soporte para chapas finas (Fuentes: Durma, Feysama).

Figura 7. Sistema de clasificación y retirada de piezas (Fuente: Ras).

Figura 8. Sistema de ayuda para la alimentación (Fuentes: Yeh Chiun, Schmalz).

Figura 9. Diferentes configuraciones de mandos en función de su ubicación (Fuentes: Feysama, Ermaksan).

Figura 10. Cizalla con diversas paradas de emergencia (Fuente: Ermaksan).

Figura 11. Haz luminoso indicador de corte (Fuente: Ermaksan).

Figura 12. Accesorios de conducción, patín y rodillos (Fuente: Promecam).

Figura 13. Armario para herramientas (Fuente: Feysama).

Figura 14. Extremos en forma de cuello de cisne (Fuente: Ermaksan).

Fresadora

Figura 1. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).

Figura 2. Fresadoras con espacio previsto para los pies (Fuente: Milltronics).

Figura 3. Fresadora con diferentes tipos de empuñaduras (Fuente: Emco).

Figura 4. Principales mandos y empuñaduras en fresadoras (Fuente: IBV).

Figura 5. Fresadoras con sistemas que mejoran las condiciones de trabajo (Fuentes: DMU, EMCO).

Figura 6. Centro de fresado por control numérico (Fuente: DMG).

Figura 7. Centro de mecanizado con mesa móvil (Fuentes: Anayak, Milltronics).

Figura 8: Fresadoras con sistemas de paletización (Fuentes: CME, Juaristi).

Figura 9. Portaherramientas de cambio rápido (Fuente: Craftzman).

Figura 10. Almacenes automáticos para herramientas (Fuentes: MTE, Soraluze).

Figura 11. Mordaza (Fuente: Fresmak Arnorld).

Figura 12. Cabezal universal divisor (Fuente: Maquinaria MC).

Figura 13. Plato giratorio (Fuente: Proxxon).

Figura 14. Mesas giratorias (Fuente: Soraluze).

Figura 15. Ranura en forma de T (Fuente: EMCO).

Figura 16. Placa matriz (Fuente: Schmalz).

Figura 17. Fresadoras con mandos en diferentes configuraciones (Fuentes: Lagun, Anayak).

Figura 18. Equipamiento opcional CNC para fresadoras (Fuente: Soraluze).

Figura 19. Visualización de las cotas (Fuente: Easson).

Figura 20. Fresadora con luz auxiliar (Fuente: Ganesh).

Lijadora-pulidora

Figura 1. Lijadora para limpieza de soldadura (Fuente: Autopulit).

Figura 2. Lijadora para perfiles y piezas planas largas (Fuente: Autopulit).

Figura 3. Lijadora para tubos y barras redondas (Fuente: Autopulit).

Figura 4. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).

Figura 5. Lijadora de planos (Fuente: Autopulit).

Figura 6. Lijadoras de dos caras y más caras (Fuente: Autopulit).

Figura 7. Pulidora CNC para el acabado de dos piezas simultáneamente (Fuente: Autopulit).

Figura 8. Pulidora CNC con cabezal doble y mesa para piezas de grandes dimensiones (Fuente: Autopulit).

Figura 9. Transportador de rodillos (Fuente: Autopulit).

Figura 10. Célula robot con dos unidades de lijado, una de pulido, virador de pieza y almacén (Fuente: Autopulit).

Figura 11. Distintas configuraciones de paneles de control (Fuente: Autopulit).

Figura 12. Equipos de aspiración de polvo (Fuente: Autopulit).

Figura 13. Lijadora para ollas y cacerolas (Fuente: Autopulit).

Plegadora

Figura 1. Plegadora para piezas pequeñas con opción de sentarse (Fuente: Trumpf).

Figura 2. Tope trasero por control DNC (Fuente: Bystronic).

Figura 3. Ayudas de plegado frontal (Fuente: Bystronic).

Figura 4. Soportes frontales (Fuente: Durma).

Figura 5. Sistema de manutención de piezas robotizadas (Fuente: Trumpf).

Figura 6. Plegadora con varios sistemas de seguridad (Fuente: Durma).

Figura 7. Plegadora con panel de mandos regulable (Fuente: Adira).

Figura 8. Control numérico (Fuentes: Feysama, Ras, Durma).

Figura 9. Sensor de ángulos (Fuente: Trumpf).

Figura 10. Plegadoras automáticas y semi-automáticas (Fuentes: Schmalz, Adira, Ras, Finnpower).

Figura 11. Plegado de piezas grandes (Fuente: Trumpf).

Prensa (para trabajo manual)

Figura 1. Prensa para trabajo de pie (Fuente: Bret).

Figura 2. Prensas con espacio para las piernas (Fuentes: IMS, EMGpresses).

Figura 3. Prensas con bastidor inclinable (Fuentes: EMGpresses, Esna).

Figura 4. Pantalla vertical automática (Fuente: EMGpresses).

- Figura 5. Alimentador con carrusel y por gravedad (Fuente: OIT).
- Figura 6. Sistemas de alimentación para prensas (Fuente: Agfra).
- Figura 7. Sistemas de alimentación de formatos (Fuente: Arisa).
- Figura 8. Transportador de banda estrecho para la evacuación de piezas (Fuente: Renzo borgonovo).
- Figura 9. Sistemas para la introducción rápida del troquel (Fuente: Arisa).
- Figura 10. Brazos de carga de herramientas (Fuente: Bliss).
- Figura 11. Carro portaherramienta (Fuente: Bliss).
- Figura 12. Centrado rápido del troquel (Fuente: Arisa).
- Figura 13. Sujeción rápida del troquel (Fuente: Arisa).
- Figura 14. Automatización (Fuente: Arisa).
- Figura 15. Prensas con robot (Fuentes: Loiresafe).
- Figura 16. Panel de mandos (Fuentes: Loiresafe, Bruderer, Ermak).
- Figura 17. Barrera de seguridad (Fuente: EMGpresses).
- Figura 18. Soporte antivibraciones (Fuente: Arisa).

Rectificadora plana

- Figura 1. Rectificadora con columna móvil (Fuente: Delta).
- Figura 2. Rectificadora con puerta frontal y ventanas (Fuente: Rosa Ermando).
- Figura 3. Rectificadora plana con pórtico (Fuente: Kent).
- Figura 4. Accesorios de precisión (Fuente: Vallcal).
- Figura 5. Placas magnéticas (Fuente: Schunk).
- Figura 6. Fresadora con diferentes tipos de empuñaduras (Fuente: Emco).
- Figura 7. Principales mandos y empuñaduras en rectificadoras (Fuente: IBV).
- Figura 8. Diferentes configuraciones de los mandos (Fuentes: Chevalier, Jones&Shipman, Heller).
- Figura 9. Panel de control con pantalla táctil (Fuente: Jones & Shipman).
- Figura 10. Rectificadora con parada de emergencia (Fuente: Heller).
- Figura 11. Rectificadoras con iluminación local (Fuentes: Equiptop, Kent).
- Figura 12. Rectificadora dotada de diversas ventanas en su perímetro (Fuente: Rosa Ermando).

Equipo de soldadura por resistencia

- Figura 1: Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV)
- Figura 2. Soldadoras de pedestal (Fuente: CEA).
- Figura 3. Soldadoras de sobremesa (Fuentes: CEA, Heinz Soyer)
- Figura 4. Mesa de trabajo regulable en altura (Fuente: Kaiser kraft)
- Figura 5. Ejemplo de controles más comunes (Fuente CEA)
- Figura 6. Pedales de accionamiento de la soldadora (Fuente CEA)
- Figura 7. Soldadora con iluminación localizada (Fuente: Jetline)
- Figura 8. Posicionadores de piezas (Fuente: Bugo Systems)
- Figura 9. Pantalla de visualización (Fuente: Jetline)

Taladro de columna

- Figura 1. Diferentes versiones de taladros de columna (Fuente: Ibarmia).
- Figura 2. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).
- Figura 3. Mesa motorizada (Fuentes: Heller, Knuth).
- Figura 4. Mordazas para máquina compactas (Fuentes: Bessey, Gressel).
- Figura 5. Tornillo de apriete (Fuente: Bessey).
- Figura 6. Apoyos (Fuente: Lombarte).
- Figura 7. Alimentador automático para taladros (Fuente: Apollo).
- Figura 8. Taladro con mesa de coordenadas (Fuente: Ibarmia).
- Figura 9. Taladro con mesa extralarga (Fuente: Ibarmia).
- Figura 10. Taladro con mesa móvil (Fuente: Ibarmia).
- Figura 11. Taladro con divisor (Fuente: Ibarmia).
- Figura 12. Detalle display digital (Fuente: Heller).
- Figura 13: situación de la parada de emergencia (fuentes: Heller y Wilton).
- Figura 14. Taladro dotados de lámpara de trabajo (Fuente: Heller).
- Figura 15. Taladros en batería (Fuente: Ibarmia).
- Figura 16. Accesorio magnético para la limpieza y recogida de virutas (Fuente: Bessey).

Torno paralelo

- Figura 1. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).
- Figura 2. Torno con espacio para los pies (Fuente: Emco).
- Figura 3. Torno con bancada inclinada (Fuente: Bost).
- Figura 4. Torno “Ergonomic” (Fuente: Hembrug).
- Figura 5. Torno CNC (Fuente: Emco).
- Figura 6. Mesa de giro y desplazamiento para tornos (Fuente: Bost).
- Figura 7. Torreta para torno (Fuente: Sauter).
- Figura 8. Plato manual con fijación rápida y garras (fuente: Schunk).
- Figura 9. Diseño de bancadas (Fuente: Orpi).
- Figura 10. Extractor de virutas (Fuentes: Mupem y Pinacho).
- Figura 11. Torno con pantallas protectoras movibles (Fuente: Heller).
- Figura 12. Alimentador de barras automático (Fuente: Pinacho).
- Figura 13. Torno convencional con diferentes tipos de empuñaduras (Fuente: Pinacho).
- Figura 14. Principales mandos y empuñaduras en tornos (Fuente: IBV).
- Figura 15. Panel de mandos (Fuente: Unamuno).
- Figura 16. Control numérico con diferentes pantallas (Fuente: Unamuno).
- Figura 17. Control interactivo gráfico (Fuente: Unamuno).
- Figura 18. Torno con mandos manuales y con dispositivo de visualización electrónica (Fuente: Knuth).
- Figura 19. Torno con parada y freno de emergencia (Fuente: Heller).
- Figura 20. Torno con iluminación (Fuente: Knuth).

Tronzadora de cinta

Figura 1. Tronzadora manual (Fuente: MG).

Figura 2. Tronzadora semiautomática con dispositivo de sujeción para piezas largas (Fuente: Thomas).

Figura 3. Banco de carga (Fuente: MG).

Figura 4. Tronzadora automática (Fuente: MG).

Figura 5. Transportador para carga y descarga (Fuente: Macc).

Figura 6. Sierra de cinta destinada al corte de materiales especiales (Fuente: Danobat).

Figura 7. Extractores de virutas (Fuente: Danobat).

Figura 8. Línea láser móvil y mordaza hidráulica con tope (Fuente: Danobat).

Figura 9. Sistema de elevación y nivelación (Fuente: Danobat).

Figura 10. Ayudas relacionadas con el desplazamiento del cabezal (Fuente: Danobat).

Figura 11. Sierra para piezas circulares con ajuste de mesa (Fuente: Metl Saw).

Figura 12. Sierra tronzadora tipo pórtico para grandes formatos (Fuente: Danobat).

Figura 13. Botones en la empuñadura (Fuente: MG).

Figura 14. Distintas configuraciones de mandos (Fuentes: Macc y Ultra).

Figura 15. Tronzadora con dispositivo de visualización (Fuente: Thomas).

Figura 16. Tronzadora con dispositivo visual y sonoro (Fuente: MG).

Figura 17. Diferentes localizaciones de la parada de emergencia (Fuentes: MG, Thomas).

Figura 18. Lámpara de posicionado (Fuente: Danobat).

Tronzadora de disco

Figura 1. Mesa de trabajo transportable y regulable (Fuente: Virutex).

Figura 2. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).

Figura 3. Tronzadora portátil con dispositivos de ayuda (Fuente: Makita).

Figura 4. Tronzadora automática (Fuente: Macc).

Figura 5. Tronzadora CNC automática (Fuente: Macc).

Figura 6. Tronzadora de disco con banco de apoyo (Fuente: Macc).

Figura 7. Transportador de rodillos (Fuente: MG).

Figura 8. Banco de carga con volante (Fuente: Tekna).

Figura 9. Mordaza (Fuente: Ferrimaq).

Figura 10. Pedal de accionamiento (Fuente: Macc).

Figura 11. Diferentes tipos de empuñaduras de tronzadoras (Fuentes: MG, Bosch, Makita, Ferrimaq, Ayerbe).

Empresas fabricantes de maquinaria y accesorios para el sector

Nota: Los enlaces o direcciones url que se presentan en la tabla son válidos a fecha 27 de julio de 2009.

Adira	www.adira.pt
Agfra	www.agfra.com
Anayak	www.anayak.es
Apollo	www.apollo.com
Arisa	www.arisa.com
Autopulit	www.autopulit.com
Ayerbe	www.ayerbe.net
Baldor	www.baldor.com
Bessey	www.besseytools.com
Bliss	www.bliss-bret.com
Bluco	www.bluco.com
Bosch	www.bosch-pt.es/profesional/
Bost	www.bost.es
Bret	www.bliss-bret.com
Bruderer	www.bruderer-presses.com
Bugo Systems	www.bugo.com
Bystronic	www.bystronic.com
Casals	www.casals.tv
CEA	www.ceaweld.com
Chevalier	www.chevalier.com.tw
Clarke	www.clarkeinternational.com/pages/clarke-home
CME	www.cmemach.com
Craftsman	www.craftsmantools.com
Danobat	www.danobat.com
Delta	www.delta-spa.it
Delteco	www.delteco.com
DeWalt	www.dewalt.com
DMG, DMU	www.gildemeister.com
Draper	www.draper.co.uk
Durma	www.durmazlar.com.tr
Easson	www.easson.com.cn
Emco	www.emco.at
EMGpresses	www.emgpresses.com
Equiptop	www.equiptop.com.tw
Ermaksan	www.ermaksan.com.tr
Esna	www.esna.es/en-index.html
Famasa	www.famasa.com
Femas	www.femas.com
Fermi	www.femi.it
Ferrimaq	www.ferrimaq.com
Feysama	www.feysama.es
FICEP	www.ficep.it

Finnpower	www.finn-power.com/ http://www.finn-power.es
Fresmak Arnorld	www.fresmak.com
Ganesh	www.ganeshmachinery.com/index.asp
Garboli	www.garboli.com
Gressel	www.gressel.ch
Grizzly	http://grizzly.com/
Heinz Soyer	www.soyer.com
Heller	http://hellermaquinaria.com
Hembrug	www.hembrug.com
Hilti	www.hilti.es
HTC	
Ibarmia	www.ibarmia.com
IMS	www.ims-cm.com
Jetline	www.jetline.com
Jones&Shipman	www.jonesshipman.com
Juaristi	www.juaristi.com
Kaiser kraft	www.kaiserkraft.es
Kent	www.kentind.com
Knuth	www.knuth.de
Kondia	www.kondia.com
Korpleg	www.korpleg.com
Lagun	www.lagun.com.es
Loiresafe	www.loiresafe.com
Lombarte	www.lombartegroup.com
Macc	www.macc.it
Makita	www.makita.co.jp
Maquinaria MC	
Mebusa-Promecam	www.mebusa.com
Metabo	www.metabo.com
Metl Saw	www.metlsaw.com
MG	www.tronzadorasmg.com
Milltronics	www.milltronics.net/index.aspx
Mitee Bite	www.miteebite.com
Mupem	www.mupem.com
MTE	www.mtemachine.com
Orpi	www.orpi-sl.com
Pinacho	www.metosa-pinacho.com/es/index.html
Proxxon	www.proxxon.com/us
RAS	www.RAS-online.de
Renzo borgonovo	www.borgonovo.com/
Rosa Ermando	www.rosa.it
Ryobi	www.ryobitools.com
Sauter	www.mpe.es
Schmalz	www.schmalz.es
Schunk	www.schunk.com

Soraluce	www.soraluce.com
Takumi	www.takumi.com.tw
Tekna	www.alluminium.eu
Thomas	www.thomas.it/es/storia.cfm
Trumpf	www.es.trumpf.com
Ultra	www.ultra-tm.com
Unamuno	www.unamuno-ungo.com
Vallcal	www.vallcal.com
Virutex	www.virutex.es
Wilton	www.wiltontool.com
Yeh Chiun	www.yehchiun.com
Zayer	www.zayer.com

