





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 muy importante en las empresas que trabajan la madera. Por ello la mayoría de las fichas proponen accesorios y dispositivos auxiliares que pueden mejorar las prestaciones del puesto con máquinas tradicionales.

Las fichas pueden ser utilizadas 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:

- Cepilladora
- Chapadora de cantos
- Copiadora de talla
- Encoladora de rodillos
- Escuadradora
- Espigadora
- Guillotina de chapa
- Ingletadora
- Ingletadora doble
- Lijadora de plato/disco

- Lijadora de banda
- Mechonadora de cajones
- Moldurera
- Grapadoras/clavadoras
- Prensa de montaje
- Prensa de platos calientes
- Regruesadora
- Sierra de cinta
- Taladro oscilante
- Tronzadora
- Tupi



Función y utilización

Las cepilladoras son máquinas que se utilizan para cepillar la madera. Se llama cepillar a la operación de aplanar una superficie de madera para hacer que ésta quede lisa y sin alabeo.

En el caso de piezas procedentes del aserrado se planea una cara que servirá de referencia para el regruessado de la pieza (dos caras planas al espesor deseado). Fundamentalmente se distinguen dos tipos de operaciones, la de planeado y la de canteado. La primera se da cuando se cepilla la cara de la pieza, y la segunda cuando se cepilla el canto.

La cepilladora está formada por un bastidor que soporta el plano de trabajo, compuesto de dos mesas horizontales entre las que se sitúa el árbol portacuchillas.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en las cepilladoras:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Espacio insuficiente para los pies.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, tronco, brazos, codo y muñeca.
- Necesidad de más información, interfaz trabajador-máquina.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Distinta distribución de los mandos en máquinas del mismo tipo.
- Esfuerzo físico para accionar los mandos-controles.
- Presencia de oscilaciones de luz y sombras.
- Efecto estroboscópico.
- 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 cepilladora.

Alturas de trabajo

Aunque la mesa de entrada es regulable en altura, esta regulación no se debe a aspectos ergonómicos sino que sirve para establecer la profundidad de pasada (que determina el espesor de madera a eliminar por la herramienta). El bastidor es fijo y la altura del árbol también, luego la altura de trabajo está determinada en gran medida por esta característica.

No existe una altura del plano de trabajo consensuada o estándar, de hecho durante las visitas a las empresas se han encontrado máquinas cepilladoras suplementadas con tacos para corregir una altura de trabajo demasiado baja.

En la cepilladora se dan ciertos requisitos de aplicación de fuerza, necesarios para hacer que la pieza avance mientras que se presiona contra la herramienta a la vez que se mantiene un cierto control. Además, el operario controla mediante su propio peso el retroceso o vuelco de la pieza. Dados los requisitos del tipo de tareas a desarrollar en la cepilladora se recomienda que la altura del plano principal de trabajo esté por debajo de altura de codo, comprendida aproximadamente **entre 75 y 85 cm** (Figura 1).

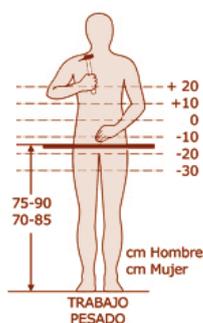


Figura 1. Altura de trabajo
(Fuente: IBV).

Espacio previsto para los pies

Se recomienda 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 norma son los siguientes:

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



Correcto



Incorrecto

Figura 2. Hueco para los pies
(Fuente: IBV).

Muchas de las máquinas existentes en el mercado ya incorporan esta característica (Figura 2), por lo que a la hora de escoger una nueva máquina se debería tener en cuenta que se cumple este aspecto.

Posturas

Las alturas de trabajo demasiado bajas llevan asociadas flexiones de tronco y cuello, por lo que cuanto más elevada esté la superficie de la cepilladora menos tendrá que inclinarse el trabajador. Sin embargo, también hay que considerar que cuanto más alta sea la superficie de trabajo, más se estará dificultando la aplicación de fuerza.

Reducción de movimientos requeridos en la operación

En la actualidad, algunas cepilladoras llevan incorporado un árbol de corte vertical provisto de motor que permite la realización simultánea de las operaciones de planeado y canteado (Figura 3). Este aspecto, es especialmente interesante, si hay demandas significativas de este tipo de operaciones combinadas ya que pueda ayudar a reducir el número de repeticiones de movimientos a realizar por el trabajador.

Otra medida para la reducción de movimientos requeridos en la operación es la incorporación de **mesas de entrada motorizadas** que pueden suponer una ayuda

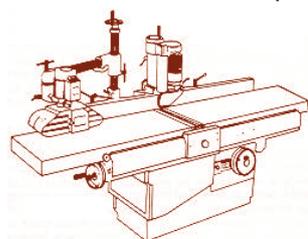


Figura 3. Cepilladora con árbol de canteado incorporado
(Fuente: NTP 91).

de cara a evitar manipulaciones de material. Sin embargo, esta medida no es aplicable en muchos casos.

Esfuerzos

Aunque ciertamente la dureza de la madera influye más que el formato de la pieza en el esfuerzo, existen en el mercado algunas soluciones comerciales encaminadas a reducir éste último durante la utilización de la máquina. Por ejemplo, hay máquinas provistas de mesas con **superficies de acero** especiales que mejoran la fricción en la alimentación de la pieza (Figura 4), dando la sensación de ser mesas de aire. Este último sistema si es empleado por ejemplo en las seccionadoras.



Figura 4.
Superficies especiales
(Fuente: Panhans).

Otra posible ayuda, cuando el tipo de tarea lo permita, es el **carro de alimentación automática**. Y en el caso de grandes formatos o piezas muy largas, el empleo de **mesas de apoyo o prolongaciones de banco** que permitan unas condiciones de trabajo más óptimas (Figura 5). 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.



Figura 5.
Prolongaciones
de mesas
(Fuente: Aigner).

Otras soluciones existentes en el mercado y que pueden reducir el esfuerzo manual son los rodillos prensores y los sistemas de planeado automáticos:

Los **rodillos prensores superiores** son elementos que impiden que las piezas se levanten de la mesa de la máquina. Estos rodillos pueden emplearse en muchas posiciones y están disponibles con presión neumática o con acción de muelle (Figura 6).



Figura 6. Rodillos
prensores (Fuente:
Weinig).

Los **sistemas de planeado automáticos** evitan tener que realizar mediciones y ajustes en la alimentación. El operario únicamente tiene que colocar la pieza en el alimentador, ajustar el espesor deseado de las piezas de trabajo. Unos cilindros neumáticos llevan las piezas hasta el tope y las guían debajo de los rodillos de avance (Figura 7).

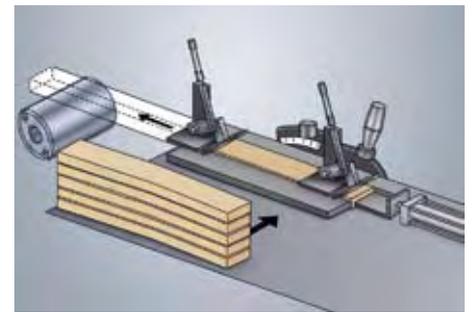


Figura 7. Sistema
planeado (Fuente:
Weinig).

También existe la posibilidad de automatizar la operación de planeado empleando un alimentador automático y rodillos transportadores. Se han desarrollado dispositivos que ocupan poco espacio y pueden desmontarse con relativa facilidad para alimentar manualmente (Figura 8).

Sentido de trabajo/alimentación

La alimentación de la pieza debe realizarse siempre en sentido contrario al del giro del árbol. Con ello se logra una sujeción más correcta de la pieza, ya que a las elevadas velocidades de trabajo de la máquina, la alimentación de la pieza en el sentido de giro del árbol incrementa considerablemente la posibilidad de proyección de la misma, ya que las cuchillas "tiran" de la madera hacia la salida y paralelamente crece el riesgo de que las manos del operario se precipiten hacia las cuchillas de corte y entren en contacto con ellas.

La conducción de la madera hay que hacerla de forma tal que se evite que las manos del operario que guían y empujan la pieza entren en contacto con las cuchillas. Para ello es



Figura 8. Alimentador
(Fuente: Weinig).

recomendable colocar la mano izquierda sobre el extremo anterior de la pieza apretándola contra la mesa, manteniendo los dedos cerrados; la mano derecha situada en el extremo posterior de la pieza la empuja hacia adelante. Cada pieza hay que conducirla, si sus dimensiones lo permiten, de tal modo que después de colocada no haya necesidad de variar la situación de las manos. En el cepillado de piezas largas, cuando el extremo anterior de la pieza haya sobrepasado unos 40 cm el árbol portacuchillas, se detiene el avance, se sujeta la pieza con la mano derecha mientras que la izquierda vuelve nuevamente a disponerse detrás del árbol portacuchillas, iniciándose la realimentación de la pieza.



Figura 9. Enlace de dos máquinas-procesos (Fuente: Panhans).

Cepillado-regruessado

Cuando las piezas tengan que pasar directamente al regruesado tras el cepillado se puede plantear la posibilidad de enlazar estos dos procesos-máquinas con el objeto de tratar de minimizar al máximo manipulaciones de las piezas. Existen en el mercado fabricantes que facilitan estaciones conjuntas (Figura 9).

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.

Hay dos posibles configuraciones para la localización de los mandos principales de accionamiento (puesta en marcha y parada normal) (Figura 10):



Figura 10. Distintas localizaciones de los mandos (Fuente: SCM, Panhans).



- Por debajo de la superficie de trabajo. En cuyo caso deben situarse al menos a 600 mm del suelo y al menos a 50 mm por debajo de la superficie superior de la mesa y en el lado de la mesa de entrada.
- Por encima de la superficie de trabajo, en un panel de mando móvil cuya superficie superior no esté a más de 1800 mm del suelo y cuya cara frontal como máximo esté a 600 mm del borde de la mesa de entrada.

Esfuerzo físico para accionar los mandos-contrroles

Es posible encontrar en el mercado máquinas con el ajuste de la altura de la mesa (regulación del grosor de arranque) por medio de pulsadores eléctricos con visualizador electrónico digital de la altura de trabajo, que pueden hacer más fácil y confortable su regulación (Figura 11).



Figura 11. Regulación electrónica del grosor de arranque (Fuente: Panhans).

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.

Iluminación y efecto estroboscópico

La zona de trabajo debe estar correctamente iluminada, evitándose además oscilaciones de luz y sombras moletas sobre las superficies de trabajo. La presencia de sombras duras en la superficie de trabajo puede ser la causa de



Figura 13. Cepillado fácil y seguro con el tope auxiliar. (Fuente: Aigner).



Figura 14. Empujador Quickly (Fuente: Aigner).



Figura 15. Guía auxiliar para piezas estrechas, y canteado de piezas (Fuente: Panhans).



Figura 16. Sistema de apertura de las mesas neumático (Fuente: Griggio).

- **Tope auxiliar:** Se trata de un accesorio giratorio de fácil colocación, se mantiene siempre instalado y solo hay que girarlo (Figura 13). Se puede plegar rápidamente hacia arriba para no molestar en otros trabajos.
- **Empujador:** permite realizar los finales de pasada con total seguridad alejando las manos del operario de la zona de peligro. Se han estudiado varias empuñaduras ergonómicas sumamente prácticas y adaptables a cualquier trabajo. Sin embargo, es común encontrar para el desarrollo de esta función listones de madera adaptados por el propio trabajador. Se han encontrado en el mercado empujadores que no disponen de mangos ergonómicamente correctos, para lo cual éstos deberían de cumplir con una serie de premisas (véase tabla 14). Algunos empujadores incorporan puntas de agarre que agarran la madera en varios puntos de la pieza (desde arriba y desde el lateral) para facilitar el empuje (como por ejemplo, el modelo Quickly de Aigner, figura 14).

- **Mesas auxiliares:** Éstas prolongan las mesas de la cepilladora para trabajar piezas largas sin necesidad de ayuda. Hay sistemas que permiten una fijación rápida y segura de estos dispositivos sin necesidad de utilizar herramientas, se trata de unos carriles que se fijan a la máquina (Figura 5).
- **Guía auxiliar:** El cepillado de piezas de dimensiones reducidas comporta poca superficie de apoyo y por tanto un defecto de presión sobre la pieza al ser atacada por las cuchillas, lo que facilita su retroceso o vuelco al producirse una variación en la resistencia a la penetración de las cuchillas en la madera. Las guías auxiliares son un elemento de ayuda a la mecanización de piezas estrechas y de pequeña altura, que facilita el paso y deslizamiento de las manos del operario acompañando la pieza (Figura 15).
- **Presores laterales:** ayudan a mantener la pieza contra la guía en la zona de corte, se fijan a la mesa mediante un carril deslizante.
- **Plantilla de achaflanado:** permite la realización de chaflanes de piezas de pequeña sección con total seguridad.
- **Carro de alimentación automática:** sistema tractor por rodillos que realiza automáticamente la alimentación de piezas de madera a la zona de operación de la cepilladora. Sin ser en sí mismo un protector específico de la cepilladora, debe considerarse como tal, ya que manteniendo la madera apretada contra el órgano cortante, sustituye a las manos en la zona peligrosa. Aunque pueden ser de gran ayuda, hay que prestar atención a su facilidad de regulación (altura, profundidad, inclinación y velocidad).

Mantenimiento

Existen cepilladoras dotadas de apertura asistida (neumática) que facilitan las tareas de acceso a la herramienta (Figura 16).



Función y utilización

La chapadora de cantos o canteadora se emplea para pegar chapa de madera o de plástico a los cantos de tableros. Hay versiones bilateral y unilateral. Estas máquinas disponen, en algunos casos, de diversos módulos de mecanizado.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en las chapadoras de cantos:

- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, tronco, brazos, codo y muñeca.
- Información insuficiente.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Situación incorrecta de la parada de emergencia.
- Falta de iluminación auxiliar regulable.
- El ritmo de trabajo está ligado al del equipo.
- En el trabajo en equipo no hay una correcta distribución de la carga de trabajo.

b. Propuestas de mejora ergonómica

Seguidamente se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la chapadora de cantos.

Posturas y movimientos

Alimentación: Aunque las máquinas actualmente disponen de arrastre automático de los tableros, el operario debe introducir las piezas (tableros) en la máquina y retirarlo una vez que éste está mecanizado. Se recomienda proporcionar al trabajador medios de manutención que faciliten la alimentación de la máquina, organizando el flujo de mate-

riales de forma que se haga con la mínima elevación y descenso de los objetos transportados.

Es preferible, especialmente en el caso de piezas pesadas y/o voluminosas, posibilitar el empuje y la tracción ya que son menos agotadores y más seguros que el levantamiento. Se recomienda analizar el puesto, y poner los medios para alimentar y retirar horizontalmente los materiales pesados empujándolos o tirando de ellos, en lugar de levantarlos. Mover horizontalmente los materiales es más eficiente y permite un mejor control del trabajo, pues requiere de menos fuerza.

Una posibilidad de mejora puede ser enlazar el elemento de transporte de las piezas (habitualmente un palet) con la máquina. Por ejemplo empleando una mesa elevadora que posicione el tablero a la altura de entrada de manera que el trabajador mueva la pieza horizontalmente y con apoyo, en lugar de tener que agacharse y levantar.

Las guías de grandes dimensiones en la entrada de la máquina pueden facilitar la alimentación de las piezas.

Se debe ajustar el grupo de rodillos de soporte extensibles, de manera que el trabajador no tenga dificultades en la alimentación.

Retirada: Integrar dispositivos a la salida de la máquina que permitan la acumulación de la pieza o piezas que acaban de salir, de modo que en el caso en que el trabajador esté solo, disponga de tiempo de reacción.

Mesas auxiliares y prolongaciones

Para facilitar la salida de las piezas largas en la chapadora de cantos, algunos dispositivos comerciales disponen de sistemas que permiten una fijación rápida y segura de éstos, sin necesidad de utilizar herramientas, se trata de unos carriles que se fijan a la máquina (Figura 1).



Figura 1. Prolongaciones de mesa (Fuente: Aigner).

Sistema de retorno de la salida

Se pueden encontrar en el mercado soluciones para evitar la manipulación manual del tableros cuando se necesita cantear varios cantos del mismo. Se trata de sistemas de manutención automáticos que permiten el retorno de barras y tableros al operario, sin que este se mueva de la entrada de la máquina. Además, se pueden encontrar diferentes modelos en función de las necesidades: con retornos angulares de 90° y 180°, para piezas de pequeñas dimensiones o grandes, etc.

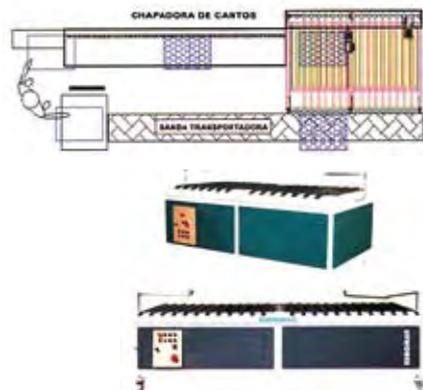
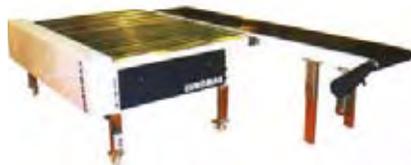


Figura 2. Sistemas de retorno de piezas (Fuentes: Euromak Yecla, Maquinaria La Fonteta).



Además, existe la posibilidad de conectar dos chapadoras unilaterales en continuo mediante un sistema de retorno alimentador en (Figura 3).

Combinación con otras máquinas e integración en líneas de producción

En la medida de lo posible, es recomendable combinar operaciones para reducir la necesidad de mover materiales entre las mismas. Cuando dos o más procesos (máquinas) se realicen frecuentemente seguidos, y el tipo de pieza y proceso así lo permita, enlazar estas máquinas de manera que la manipulación de los materiales sea lo más fácil posible.

Existen fabricantes en el mercado que poseen soluciones para unificar en una sola línea escuadrado y canteado, con un transfer intermedio. Incluso, ofrecen la posibilidad de completar la máquina con un gran número de dispositivos, según las necesidades del cliente.



Figura 3. Conexión en U de chapadoras (Fuente: Maquinaria La Fonteta).

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. Aunque en esta máquina no es tan crítico que estén accesibles desde la posición de trabajo, dado que el tipo de accionamiento es de funcionamiento en continuo.

Los principales órganos de accionamiento para puesta en marcha, la parada normal, el avance de la pieza y la selección de modo deben estar situados en el puesto desde el que se realice la carga.

La configuración más habitual es por encima de la superficie de trabajo, en un panel de mando fijo o móvil (Figura 4). Se recomienda que este sea móvil y que su superficie superior no esté a más de 1800 mm del suelo, además la cara frontal del panel no debería de estar a más de 600 mm del borde de la entrada.



Figura 4. Localización de los mandos en las chapadoras (Fuentes: Cehisa, Egurko).

No se recomiendan los mandos empotrados en la máquina y por debajo de la superficie de trabajo, ya que podrían no ser accesibles cuando se están canteando las piezas. En todo caso, todos los mandos de accionamiento que se accionan con la mano deben estar situados a una altura igual o superior a 600 mm por encima del nivel del suelo.

Parada de emergencia

Este tipo de máquinas deberían de disponer de parada de emergencia tanto en la entrada (posición de carga) como en la salida (posición de descarga), en cada mando de control móvil o fijo y no a más de medio metro del accionamiento de puesta en marcha, situado de tal forma que pueda ser alcanzado desde cualquier posición de trabajo en la máquina.

Iluminación

Principalmente, es a la salida del proceso donde tiene que haber un nivel de iluminación adecuado. Como mínimo debería de garantizarse un nivel de iluminación de 200 lux, recomendándose 500 lux si el trabajador debe comprobar que las piezas están correctas.

Para operaciones menos frecuentes, puesta a punto, abastecimiento, ajustes, etcétera, que se realizan en la parte trasera de la máquina, se debe garantizar unos niveles de iluminación mínimos. Si no es posible garantizar esto con los sistemas de iluminación general, hay que proveer de iluminación auxiliar regulable.

Ritmo de trabajo

Es recomendable evitar que el ritmo de trabajo venga impuesto por la máquina. Si además, sumamos que el trabajador debe atender ambos extremos del equipo, se puede incrementar la presión por tiempos.

La velocidad de avance debe poder ser ajustada por el trabajador de manera que pueda atender la máquina tanto a la entrada como a la salida si está trabajando solo, especialmente si se trata de un trabajador en formación.

Como se ha recomendado anteriormente, en máquinas donde se esté chapando más de una pieza en continuo, y el trabajador deba atender tanto la alimentación como la retirada, se puede optar por facilitar algún dispositivo de acumulación a la salida para evitar que las piezas puedan caer, o bien implantar algún sistema de transporte de piezas hasta la entrada.

Frente a este tipo de soluciones que suponen una inversión en equipos de manutención se plantearía el trabajo en equipo.

Organización del trabajo

Cuando se trabaje en equipo se debe procurar hacer una correcta distribución de la carga de trabajo.

Otros

En cateadoras con calderín de cola se debe prestar especial atención al acceso a éste para la operación de llenado de cola termofusible. Esta no debería, por su diseño, obligar al operario a realizar esta operación subido a una escalera ni en posturas penosas.



Función y utilización

Este tipo de máquina está diseñada para la copia y mecanizado de una pieza n veces, dependiendo del número de cabezales de que disponga. Se trata de una máquina que está provista de varios cabezales de mecanizado con movimiento solidario, dispuestos sobre un soporte común. La copia se realiza mediante el copiado de una pieza original por un palpador guiado manualmente que permite la repetición de sus formas por el resto de cabezales de mecanizado. También existen en el mercado máquinas que permiten a partir de una pieza derecha obtener su simetría izquierda, y viceversa (Figura 1).

Las máquinas modernas permiten la grabación de programas a partir de un único “palpado” manual de la pieza patrón, de manera que trabaja de forma automática sin necesidad de que el operario tenga que estar empleando el palpador en sucesivas series. Este tipo de máquina también es conocida como pantógrafo esculpidor múltiple.



Figura 1. Copiadora de piezas simétricas (Fuente: Andreoni).

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en las copiadoras de talla:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Distancias insuficientes entre la máquina y otros elementos.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, tronco, brazos, codo y muñeca.
- Se manipulan cargas por encima del peso máximo recomendado.
- Alturas de manipulación elevadas.
- Esfuerzo incorrecto en el empuje-arrastre de partes móviles de las máquinas manuales.
- Se requieren movimientos de precisión que requieren de esfuerzo.
- Interpretación de información visual (pantallas e indicadores).

- Necesidad de más información, interfaz trabajador-máquina.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Esfuerzo físico para accionar los mandos.
- 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 la copiadora de talla.

Es importante señalar que la problemática que presentan las copiadoras de talla con posibilidad de programación o automáticas y las manuales es muy distinta. Siendo éstas últimas muchos más exigentes desde el punto de vista de la demanda física.

Alturas de utilización



Figura 2. Torno copiadore con carga vertical de las piezas (Fuente: Bacci).

Dados los requisitos de control visual y precisión para calcar la pieza patrón se recomienda que la altura de agarre del palpador y el conjunto esté ligeramente por encima de la altura de codos. En la copiadora se recomienda que la altura del trabajo esté por encima de altura de codo, comprendida entre 100 y 110 cm aproximadamente.

Además, se recomienda que el palpador disponga de mangos de agarre que faciliten el manejo a una altura adecuada, y en una posición correcta, es decir, con el trabajador situado de frente a la máquina y con el cuello y el tronco lo más rectos posible. Este aspecto es especialmente crítico en el caso de las copiadoras de tipo manual, donde el operario tiene que manejar el palpador en todos los ciclos.

En lo que respecta a las alturas de carga y descarga de piezas, en el caso de los tornos copiadores donde las piezas se cargan en vertical (Figura 2) se recomienda evitar los alcances por encima del nivel del hombro o por debajo de los nudillos. Y si se trata de piezas pesadas los levantamientos se deberían realizar a una altura comprendida entre los nudillos y los codos.

Distancias entre la máquina y otros elementos

Es importante que haya espacio suficiente para que el trabajador pueda moverse cómodamente en la zona de palpado, en alguna máquina se ha detectado que este espacio es insuficiente (Figura 3). Y en el caso de que tuviera que pasar a la parte trasera de la máquina, durante la carga o ajuste de la máquina, se debe garantizar un paso con unas dimensiones mínimas ajustadas a las recomendaciones dadas en la presente guía.



Figura 3. Operación del palpador (Fuente: Empresas colaboradoras en el estudio de campo).

Posturas y movimientos

Dado el tipo de demanda física que exige este tipo de máquina, la opción más recomendable es automatizar la tarea, restringiendo el copiado de las piezas con el palpador a la introducción de los programas.

Durante la carga de piezas muy grandes o largas, el trabajador puede verse obligado adoptar posturas con flexión de brazos y tronco. En estos casos se recomienda limitar la profundidad de alcance a 60 cm, especialmente en el caso de que las piezas se carguen en horizontal.

Manipulación de cargas

Durante la carga y descarga de las piezas en la máquina se debe evitar manipular piezas por encima del peso límite recomendado, y en el caso de que esta manipulación sea inevitable se deberán de emplear medios auxiliares de manutención. En cada caso particular, y siempre que los pesos o condiciones de manipulación sean desfavorables se debería realizar una evaluación del levantamiento.

Accesorios

Existen en el mercado accesorios que pueden ayudar a cargar y posicionar diferentes formatos de piezas. Por ejemplo: instrumentos neumáticos para posicionar correctamente todas las piezas, mesas de acero con recubrimiento de madera para trabajos en plano y curvo, etc. (Figura 4).



Figura 4. Accesorios para la fijación de piezas en la copiadora de talla (Fuente: Andreoni).

Esfuerzo físico

Aunque el soporte donde va el palpador y los cabezales de mecanizado dispone de contrapesos, el trabajador debe realizar cierta fuerza, ya que debe mover todo el conjunto. El problema no es tanto de un esfuerzo excesivamente alto, sino de un esfuerzo significativo mantenido y con requerimientos muy exigentes de precisión.

La recomendación general existente al respecto es que las tareas que requieran de precisión no deben de requerir esfuerzo. Por lo que se recomienda que el sistema de contrapeso esté correctamente regulado para minimizar el esfuerzo que debe realizar el trabajador, aunque dadas las demandas físicas de la tarea la opción más recomendable es automatizar la tarea, restringiendo el copiado de las piezas con el palpador a la introducción de los programas.



Figura 5. Mandos ubicados en el propio cuerpo del palpador (Fuente: Empresa colaboradora en el estudio de campo).

Dispositivos de información y mando

Los órganos de accionamiento deben estar a una altura comprendida entre 600 mm y 1.800 mm del nivel del suelo. Y estos no deben de entorpecer el trabajo del operario. Durante las visitas a empresa se detectó un modelo de copiadora cuyos mandos interferían con la operación de palpado de la pieza (Figura 5).

Interpretación de la información

Muchas máquinas provenientes de fabricantes extranjeros facilitan información en otros idiomas, que no son el castellano. Se recomienda que se solicite al suministrador que se solvante esto, demandando la traducción de la información presentada, así como de los

rótulos de los controles y mandos. 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.

Iluminación y efecto estroboscópico

La zona del palpador debe de estar correctamente iluminada, debería de haber como mínimo 500 lux.

El efecto estroboscópico puede ser eliminado iluminando los órganos giratorios de las máquinas con un sistema auxiliar que utilice lámparas incandescentes. También pueden ser aminorado repartiendo la conexión de las lámparas fluorescentes de cada luminaria a las tres fases de la red, o empleando balastos electrónicos de alta frecuencia.



Función y utilización

Se trata de una máquina diseñada para la aplicación de colas en continuo sobre maderas, chapas de madera, tableros aglomerados, etc. La aplicación puede ser a una o dos caras por pasada.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en la encoladora de rodillos:

- Distancias insuficientes entre la máquina y otros elementos.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, tronco, brazos y piernas.

b. Propuestas de mejora ergonómica

Seguidamente se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la encoladora de rodillos.

Distancias y espacios de trabajo

Debe preverse espacio suficiente para todas las partes del cuerpo, de forma que se permitan los movimientos necesarios para realizar la tarea y para facilitar el acceso y los cambios de postura. La separación entre los elementos materiales existentes en el puesto de trabajo será suficiente para que los trabajadores puedan ejecutar su labor en condiciones de seguridad y salud.

El espacio mínimo recomendado para empujar una carga es de 700-900 mm, y para tirar o arrastrar la misma 600-800 mm (Figura 1).

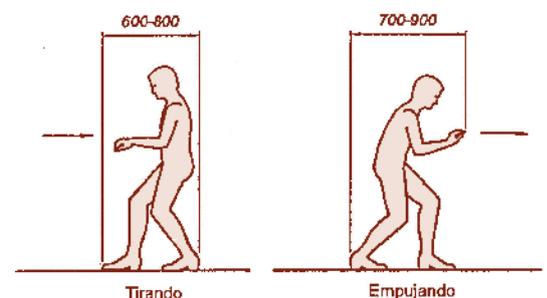


Figura 1. Espacios mínimos recomendados para empujar y tirar de piezas en una máquina.

Posturas y movimientos

Se recomienda minimizar la necesidad de mover materiales, mediante la mejora de la disposición del área de trabajo. Para ello se recomienda analizar y discutir con los trabajadores cómo se puede reducir la frecuencia y distancia de movimiento de los materiales. Se deben disponer los materiales de acuerdo con la secuencia de trabajo realizada para permitir el movimiento fácil y eficiente de los mismos.



Figura 2. Ayudas para la manipulación de materiales (Fuente: Kaiser-Kraft).

Si los tableros llegan apilados o en paquetes, emplear sistemas de manutención que posicionen éstos a la misma altura de entrada de la máquina, y eviten que los trabajadores tengan que agacharse en la recogida. Por ejemplo mediante el empleo de: mesas elevadoras, plataformas, traspaletas con elevación, etc.

La alimentación no puede ser continua ya que deben quedar tiempo para tirar la chapa a la salida.

Mesas formadoras de paneles



Figura 3. Mesas formadoras de paneles (Fuente: Barberán).

Se trata de estaciones de ayuda para la aplicación de hojas rígidas o semirrígidas de recubrimiento a paneles encolados, permitiendo que esta tarea sea realizada por una sola persona. Estas soluciones están formadas por una mesa de transporte de banda y una o más bandejas superiores que facilitan la colocación manual de láminas sobre paneles encolados en una línea de prensado (Figura 3).

Líneas completas de encolado y prensa



Figura 4. Combinación de máquinas y operaciones (Fuente: Barberán).

Otra forma de reducir la necesidad de mover materiales entre operaciones, y minimizar la manipulación de cargas, es combinar operaciones. Existen en el mercado líneas completas para encolado de tableros,

que están formadas por una mesa entrada, la encoladora, una estación formadora de paneles compuesta de una mesa de entrada, una mesa de formación de paneles, una calandra para prensado y una mesa de salida (Figura 4).

Empuje y arrastre manual de las piezas

El empuje y el arrastre son menos agotadores y más seguros que el levantamiento y depósito de los tableros voluminosos y/o pesados. Se recomienda analizar el caso y poner los medios para alimentar y retirar horizontalmente los materiales pesados empujándolos o tirando de ellos, en lugar de levantarlos. El mover horizontalmente los materiales es más eficiente y permite un mejor control del trabajo, pues requiere de menos fuerza. Se recomienda que la máquina este dotada de rodillos para facilitar la manipulación de los paneles (Figura 5).

Alturas de trabajo

En lo que respecta a las alturas de aplicación de la fuerza de empuje o tracción, independientemente de la intensidad de la fuerza, ésta no se aplicará correctamente si se empuja o tracciona una carga con las manos por debajo de la altura de los nudillos, o por encima del nivel de los hombros, ya que fuera de estos rangos, el punto de aplicación de las fuerzas será excesivamente alto o bajo.



Figura 5.
Encoladoras
dotadas de
rodillos (Fuente:
Osama).

Dispositivos de información y mando

Todos los mandos de accionamiento que se accionan con la mano deben estar situados a una altura igual o superior a 600 mm por encima del nivel del suelo.



ESCUADRADORA

Función y utilización

La escuadradora es una máquina con avance manual de la pieza, provista de una hoja de sierra circular que está fija durante la operación de corte, y de una mesa móvil integrada, adyacente al disco de corte, que puede estar equipada con disco incisor para cortar cantos posformados. El disco de corte está montado sobre un husillo horizontal situado por debajo de la mesa. Se emplea para realizar el corte lineal a escuadra de tableros o tablonés de madera.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en las escuadradoras:

- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, tronco, brazos y muñecas.
- Se requieren movimientos de precisión que requieren de esfuerzo.
- Detección inadecuada de la información visual.
- Información insuficiente.
- 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

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

Posturas y movimientos

Posiciones de trabajo en la máquina: La escuadradora tiene la peculiaridad de que puede ser atendida desde diferentes posiciones de trabajo (Figura 1):

- Posición 1: En el lado izquierdo (visto desde el sentido del avance) del carro de rodillos dobles, en la parte frontal de la máquina (posición de trabajo principal).

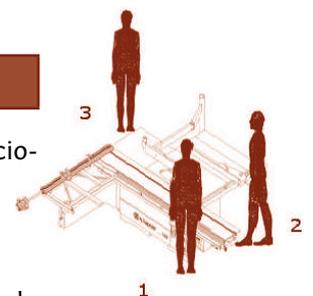


Figura 1. Posiciones de trabajo en la escuadradora (Fuente: Altendorf).

- Posición 2: En la parte transversal frontal de la máquina, a la derecha del carro de rodillos dobles, para el trabajo con el tope-guía paralelo.
- Posición 3: En la posición de la persona que recoge las piezas en la parte transversal posterior de la máquina, detrás de la prolongación de la mesa.

Se recomienda mejorar el movimiento de materiales dentro del puesto:



Figura 2. Extensiones de carro y mesa (Fuente: Griggio).

- El giro e inclinación de la espalda es un movimiento inestable, que hace que el trabajador invierta más tiempo y termine más fatigado que cuando hace el mismo trabajo sin inclinar o girar el tronco. Se recomienda cambiar la colocación de los materiales o productos semiacabados de forma que, la tarea de manipulación se haga delante del trabajador, sin inclinación del cuerpo. Para ello, se debe evitar colocar materiales sobre el suelo usando estantes o plataformas de altura apropiada, modificar las alturas de trabajo, emplear medios mecánicos, etc.
- Emplear prolongaciones de mesa/carro para el corte de piezas muy grandes (Figura 2). Por ejemplo, las extensiones telescópicas permiten ajustar las dimensiones de la máquina a las de la pieza, sin alejar al trabajador de la misma innecesariamente cuando las piezas son pequeñas.



Figura 3. Interruptores en el carro (Fuentes: Altendorf, Martin, Griggio).

- Para el corte de planchas de gran formato, puede ser útil disponer de **interruptor marcha-paro en el propio carro** (Figura 3). De este modo el interruptor

tor marcha/parada se encuentra siempre a mano. Con ello se evitan desplazamientos adicionales. Además, si la sierra se enciende solamente cuando se necesita se aumenta la seguridad y se reduce el ruido.

- Adoptar una posición de trabajo en la que se encuentre siempre a un lado de la hoja de sierra, fuera del área expuesta a posibles contragolpes.

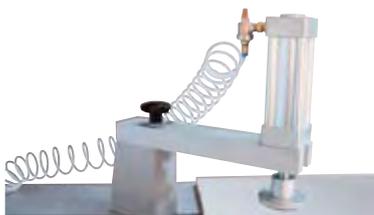
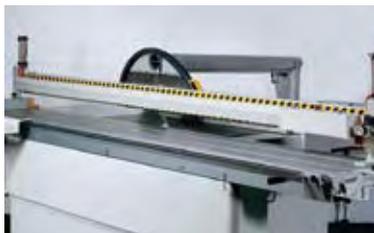


Figura 4. Prensa y mordazas (Fuentes: Griggio, Martin y Altendorf).

trabajador tenga que sujetar manualmente la pieza en el carro deslizante (Figura 5). El sistema funciona mediante una bomba de vacío que genera el vacío con varias hileras de ventosas, fijando firmemente la pieza sobre el carro.

Esfuerzos

- Para reducir el esfuerzo, el carro debe deslizarse con facilidad y precisión, así como poder ponerse fácilmente en movimiento.
- Cuando se trabaja con el carro, el agarre de la pieza se realiza con la mano abierta, y esto es malo. Se recomienda, cuando sea posible, emplear **mordazas o prensos** para asegurar la pieza durante el corte y evitar esfuerzos. Estos elementos ayudan a asegurar la pieza. Existen en el mercado **prensos neumáticos rápidos** con mando por control remoto (Figura 4).

Una novedad en el mercado es el **carro con sistema de vacío**, que evita por completo la necesidad de que el

Cuando se trabaja entre guía y disco, operación en la cual no se utiliza el carro, con piezas estrechas o cortas, se recomienda emplear **empujadores para el final de pasada** (debería tener entre 300-400 mm de longitud, 80-100 mm de anchura y 15-20 mm de espesor) para evitar trabajar con las manos en la proximidad del disco de corte. Éstos serán de plástico, de madera o de madera contrachapada. Los empujadores deben de estar provistos de una empuñadura adecuada. Algunos empujadores incorporan puntas de agarre que agarran la madera en varios puntos de la pieza (desde arriba y desde el lateral) para facilitar el empuje (Figura 6).



Figura 5. Sistema de vacío (Fuente: Altendorf).



Figura 6. Empujador con empuñadura (Fuente: Aigner).

Empujador guiado: Se recomienda para el corte de piezas largas el uso de empujadores guiados, ya que evitan el desplazamiento lateral de las mismas.

- Hay escuadradoras dotadas de carro motorizado que permiten trabajar distintos materiales y formatos gracias a que disponen de ajuste de velocidad de avance. Estos sistemas se suelen complementar con una barra de prensado neumático (Figura 7).



Figura 7. Escuadradora dotada de carro motorizado y barra de prensado.

Mesa delantera: Supone un soporte adicional para piezas largas y estrechas. Se coloca delante de la mesa de la máquina, y es inclinable y abatible (Figura 8).

Otras soluciones existentes en el mercado que pueden facilitar el trabajo son (Figura 9):

- Sistema motorizado de subida, bajada e inclinación del disco principal.
- Topes-guía dotados de asideros para su mejor manipulación.
- Tope-guía transversal de inglete: para cortes precisos de ángulos e ingletes en una única función. Los hay disponibles con visualización digital de longitudes y ángulo.
- Tope-guía paralelo electromotriz: Al regularse el tope-guía directamente desde el puesto central de mando se evita tener que moverse alrededor de la máquina, con el consiguiente ahorro de desplazamientos. Existen en el mercado escuadradoras con sistemas de tope-guía que reconocen automáticamente su posición, especialmente en la zona de peligro de la sierra.



Figura 9. De izquierda a derecha: tope-guía con asidero, tope-guía paralelo electromotriz, tope-guía transversal de inglete e inglete dotado de visualización digital con ajuste de precisión (Fuentes: HACO y Altendorf).

Dispositivos de información y mando

Todos los mandos de accionamiento que se accionan con la mano deben de 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, este puede estar: en la bancada, sobre poste y articulado en altura o en la superficie



Figura 10. Diferentes configuraciones de mandos en función de su ubicación (Fuentes: Alterdorf, Haco y Griggio).

(Figura 10). 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.

La información y textos deben estar en castellano. Algunas máquinas en el mercado disponen, además, de visualización digital de anchuras de corte del tope-guía paralelo con ajuste manual de precisión, lo que facilita la regulación exacta del tope-guía paralelo.



Figura 11. Visualización de parámetros (Fuentes: Felder y Altendorf).

Puede ser de gran ayuda disponer de visualización digital de los principales parámetros (ajuste de altura, inclinación y velocidad de giro.) Hay escuadradoras que permiten introducir mediante pantalla táctil los principales parámetros (altura del disco, ángulo del disco) y los elementos de la máquina se posicionan automáticamente.

Otras posibles mejoras que incorporan algunas máquinas es que la escala de la regla esté inclinada hacia el operario, lo que permite una lectura más exacta de las medidas requeridas, y la lupa de lectura (Figura 11).

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. Por ejemplo, si la máquina dispone de varios paneles de control, el pulsador de parada de emergencia debería de estar disponible en todos ellos, para una desconexión rápida y segura de todos los accionamientos.

Efecto estroboscópico

Este efecto puede ser eliminado iluminando los órganos giratorios de las máquinas con un sistema auxiliar que utilice lámparas incandescentes. También pueden ser aminorado repartiendo la conexión de las lámparas fluorescentes de cada luminaria a las tres fases de la red, o empleando balastos electrónicos de alta frecuencia.

Por otra parte, el acceso al área del disco de corte por encima de la mesa debe ir protegido con un resguardo regulable, que abarcará la mayor parte posible del disco.

Mantenimiento



Figura 12. Sistemas rápidos de cambio de disco (Fuentes: Martin y Griggio)

Cambio de disco: Existen en el mercado máquinas dotadas con sistemas de cambio de disco rápido. Por ejemplo, la empresa Martin dispone de un sistema de cambio íntegramente sin llaves “V-lock” que permite cambiar el disco principal en segundos (Figura 12). Además, prescinde de tener que establecer la referencia de altura y ancho de corte después del cambio de disco ya que el control permite un menú para diez herramientas. Y la empresa Griggio dispone de escuadradoras que permiten el cambio accionando una palanca y desplazando el carro, dejando libre el cuerpo de la máquina (Figura 12).

cambio accionando una palanca y desplazando el carro, dejando libre el cuerpo de la máquina (Figura 12).

Formación

La escuadradora sólo podrá ser utilizada por personal formado y preparado para ello.

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

Elementos auxiliares y complementarios

En el mercado se pueden encontrar una serie de accesorios y elementos cuya función es facilitar determinados trabajos en la escuadradora:

- **Bridas de apoyo** para la sujeción del husillo al disco de corte en caso de que el diámetro del primero sea menor que el del segundo.
- **Cuñas de alejamiento** para cortes o despuntes que generen pequeños trozos de madera, que impidan que los trozos contacten con el disco y sean proyectados sobre el operario.
- **Rodillos de apoyo integrados en el carro** para introducir y retirar piezas en el carro (Figura 13).
- **Mesas flotantes:** este tipo de dispositivos amplían la superficie de apoyo cuando es necesario (Figura 14). Existen diferentes formatos en el mercado y no necesitan de apoyo.
- **Rodillos de apoyo:** Cuando se mecanizan piezas muy pesadas o para poder aprovechar todo el recorrido de un carro se recomienda usar rodillos de apoyo para la mesa transversal (Figura 15). También es posible emplear carros dobles.



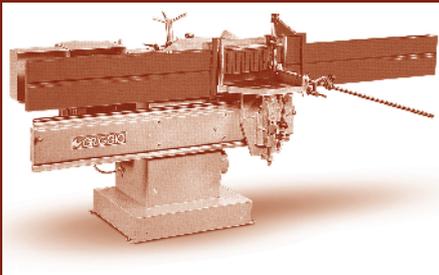
Figura 13. Rodillo de apoyo (Fuente: Rojek).



Figura 14. Mesa flotante (Fuente: Aigner).



Figura 15. Rodillos de apoyo (Fuentes: Martin y Griggio).



ESPIADORA

Función y utilización

La espiadora consta de herramientas de fresar y disco(s) de corte, montados en uno o varios husillos, que mediante un movimiento de rotación y traslación generan la forma y dimensión de la espiga en un extremo de la pieza. Esta máquina permite mecanizar en el extremo de la madera una forma, denominada espiga, cuyo espesor se ha disminuido para que encaje en un hueco, permitiendo de este modo el ensamblaje de dos piezas de madera. Existen diferentes formas y tipos de espiga en función del tipo de ensamblaje a realizar.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en la espiadora:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Espacios previstos para los brazos y pies insuficientes.
- Aberturas de acceso con dimensiones insuficientes.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, brazos, codo, muñeca y piernas.
- Detección y/o identificación inadecuada de la información visual.
- Posibilidad interpretación equívoca de la información visual.
- No se suministra toda la información interfaz hombre-máquina necesaria.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Nivel de iluminación inapropiado.
- Presencia de sombras.
- 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

Seguidamente se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la espigadora.

Altura de trabajo

Las alturas de trabajo deben evitar la adopción de posturas forzadas, por ejemplo flexiones de tronco y espalda, y esta recomendación es también aplicable a las tareas de preparación y puesta a punto de la máquina.

Hay que señalar que el tipo de espigadora influye en la tareas y demandas físicas:



Figura 1. Cargador para la alimentación de piezas en espigadora (Fuente: Bacci).

La **espigadora convencional** es una máquina que requiere la alimentación de la pieza, el accionamiento y la retirada de la misma. Durante el mecanizado de la misma ésta se sujeta mediante un pistón, y la máquina hace un giro de órbita de la herramienta. El accionamiento se hace mediante pedal, que es accionado normalmente desde un lateral.

También existen las denominadas **espigadoras automáticas**, las cuales están dotadas de sistemas de alimentación automática (Figura 1). En este tipo de espigadoras el operario alimenta un cargador y retira las piezas ya mecanizadas, pudiendo atender la máquina por lotes y eliminando la necesidad de alimentar y retirar pieza a pieza. El sistema asegura mediante unas guías el correcto descenso de las piezas hasta la posición de carga, y un sistema automático toma la pieza ya orientada.

Las **espigadoras dotadas de Control Numérico** efectúan tanto el posicionamiento de la espiga en la pieza de madera como la ejecución de la espiga mediante la interpolación de los ejes de la herramienta, reduciendo la necesidad de regular la posición de los bancos y apoyo de la pieza. De tal manera que los bancos están fijados en una posición que permite la ejecución de cualquier tipo de espiga que esté dentro del límite de la carrera de los ejes de la herramienta.

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 espigar como ya mecanizadas.

Además, durante la preparación y ajuste de la máquina se deben garantizar las aperturas de acceso suficientes para que el trabajador pueda acceder. Se recomienda consultar los apartados correspondientes de la guía.

Posturas y movimientos

Es importante que el operario no tenga que adoptar posturas forzadas ni penosas durante el trabajo en la espigadora. Por ejemplo, en el caso de que se trabaje con piezas de grandes dimensiones o muy largas, se recomienda emplear prolongaciones de mesa o apoyos auxiliares que den mayor soporte a éstas, como por ejemplo caballetes con rodillo (Figura 2).

En los casos donde las piezas tengan que ser espigadas por ambos extremos, la **espigadora doble** mecaniza ambos lados de la pieza a la vez sin necesidad de tener que cogerla y girarla (Figura 3).



Figura 2. Prolongación de mesa y caballete de apoyo (Fuentes: Aigner, Hammer).



Figura 3. Espigadora doble (Fuente: Bacci).

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. Por otra parte, el manejo de la espigadora debe ser lo más simple e intuitivo posible. Por ejemplo, en el caso de algunas espigadoras modernas el sistema de programación guía paso a paso al usuario en la introducción de los datos.

Existen diferentes configuraciones en función de la ubicación de los mandos principales de la máquina (Figura 4): en la propia máquina o en un módulo aparte. Todas las máquinas vistas en el estudio disponen de mandos situados por encima del plano de trabajo.



Figura 4. Diferentes disposiciones de panel de mandos en la espigadora (Fuentes: SCM, Colombo Angelo, Balestrini).

Los indicadores y dispositivos de información deben ser visibles por el operador desde las diferentes posiciones habituales de trabajo.

Las espigadoras más avanzadas disponen de visores digitales y pantallas que no sólo mejoran la interpretación de la información sino que también aceleran los ajustes de la máquina (espesor y anchura de espiga, colocación horizontal y vertical de las espigas, longitud de la pieza a trabajar, etc.). Pudiéndose memorizar las secuencias de trabajo seguidas en el ajuste (Figura 5).

A fin de evitar una interpretación errónea de la información, los criterios y simbologías empleados por los indicadores visuales deben ser conocidos por el operador al objeto de ser sencilla e intuitiva su interpretación.

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.



Figura 5. Espigadora programable (Fuentes: Balestrini).

Iluminación

En esta máquina el trabajador inspecciona las piezas una vez acabada, por lo que es importante que la zona de trabajo esté correctamente iluminada, debería de haber como mínimo 500 lux. Si la iluminación general no garantiza estos niveles, entonces se deberá plantear la posibilidad de instalar iluminación local regulable. Es importante que se estudie la localización de esta iluminación al objeto de evitar sombras molestas en el área de trabajo.

Formación

La espigadora sólo podrá ser utilizada por personal formado y preparado para ello.

Otras máquinas para espigar

También es posible espigar y ranurar con tupís dotadas de un carro especial (Figura 6).



Figura 6. Accesorio para espigar y ranurar en tupí (Fuentes: Felder, Griggio).



Función y utilización

La guillotina de chapa es una máquina de corte rectilíneo de chapa o láminas de poco espesor, destinada a piezas de grandes dimensiones.

Existen variantes de las guillotinas tradicionales que pueden mejorar las condiciones de trabajo en determinado tipo de tareas o circunstancias. A continuación, se recogen un par de ejemplos:

Guillotina con control numérico

Las guillotinas con control numérico permiten obtener a partir del paquete de chapa cualquier figura geométrica poligonal (cuadrados, rectángulos, rombos, trapecios, triángulos, polígonos regulares e irregulares) de modo totalmente automático.

Gracias a dos ejes controlados, lineal y angular, la máquina ejecuta el ciclo completo de trabajo sin intervención por parte del operador. El operario coloca el paquete de chapa sobre el plano de trabajo, dentro de las referencias predispuestas, y controla el software y vigila el correcto funcionamiento de la máquina (Figura 1).



Figura 1. Guillotina CNC (Fuente: Casati Macchine).

Guillotina doble de corte transversal

Este tipo de guillotinas permite el corte transversal simultáneo de ambos extremos del paquete de chapa y la medida automática de la longitud del paquete. Además, se pueden obtener series de paquetes o fardos submúltiplos de la longitud del original (Figura 2). Su principal ventaja radica en que al tener uno de las guillotinas móviles, que se mueve automáticamente a lo largo de toda la mesa, no es necesario manipular el paquete de chapa una vez depositado en la mesa.



Figura 2. Guillotina de corte transversal (Fuente: Casati Macchine).

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en la guillotina de chapa:

- Posturas-movimientos inadecuados de los brazos.
- Falta de iluminación auxiliar regulable.

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 guillotina de chapa.

Posturas y movimientos



Figura 3. Guillotina dotada de mesas de entrada y salida (Fuente: Casati Macchine).

Durante las visitas se detectaron movimientos repetitivos de brazos asociados fundamentalmente a la alimentación y retirada de piezas. Se recomienda disponer mesas auxiliares por la parte anterior y posterior que faciliten la manipulación de las piezas (Figura 3). Estas mesas se deben disponer siguiendo el flujo de trabajo y evitando movimientos innecesarios.

Es posible combinar distintos tipos de guillotinas; por ejemplo, una guillotina longitudinal se puede instalar dispuesta a 90 grados con respecto a una guillotina transversal. Esta composición permite una operación de corte más rápida y precisa de los cuatro lados del paquete; asimismo el corte transversal desgasta sólo la cuchilla de la guillotina de refrentado, más económica para afilar gracias a su longitud más reducida (Figura 4).



Figura 4. Combinación de guillotinas (Fuentes: Casati Macchine, Josting).



También es posible reducir el número de movimientos empleando guillotinas dotadas de mesa móvil y/o doble cuchilla. Las **guillotinas con doble cuchilla** permiten realizar dos cortes en ambos extremos del paquete de chapa en un solo golpe. Entre las principales ventajas de estas guillotinas destacan: la reducción de tiempos de trabajo respecto a la guillotina de cuchilla simple, la eliminación de la necesidad de mover el paquete para posicionarlo para el segundo corte y el paralelismo perfecto entre ambas caras guillotinadas de la pieza.

También existen **guillotinas dobles dotadas de mesa móvil** de tal manera que una de las cuchillas está fija en la máquina, y la otra está en la mesa deslizante, definiendo la distancia entre ambos cortes (cuchillas) el movimiento de la mesa (Figura 5).



Figura 5. Guillotina dotada de mesa móvil para el ajuste de la distancia de corte (Fuente: Casati Macchine, Josting).



En este tipo de guillotinas de doble cuchilla con mesa móvil el operario coloca el paquete de chapa con la mesa en su posición extraída contra un tope, y selecciona la anchura de corte mediante el haz luminoso. Una vez la anchura está definida se ejecuta el ciclo de corte de forma automática. La mesa se mueve hacia el interior de la posición de corte, el prensador afianza el paquete, y las cuchillas inferiores y superiores cortan

el paquete a la medida indicada. Cuando el ciclo de corte finaliza, la mesa vuelve a salir (Figura 6).

Al objeto de evitar que cada cierto número de ciclos o cortes el trabajador tenga que ir a la parte trasera y retirar los recortes se puede instalar un sistema de recogida y triturado de restos de chapa (Figura 7). Otra ventaja de la instalación de este tipo de dispositivos es que reducen un 50% el volumen de los restos, lo que supone una reducción de costes en el transporte.

Iluminación

La zona de alimentación debe de estar correctamente iluminada, debería de haber como mínimo 500 lux.

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 sirve de gran ayuda para posicionar los paquetes (Figura 8).

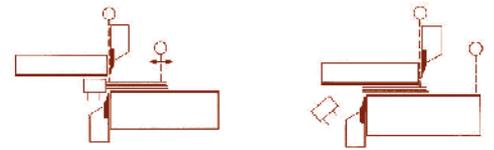


Figura 6. Ciclo de corte con mesa móvil en guillotina doble (Fuente: Josting).



Figura 7. Sistema de recogida y triturado de residuos de chapa (Fuente: Casati Macchine).



Figura 8. Haz luminoso indicador de corte (Fuente: Casati Macchine).



INGLETADORA

Función y utilización

La ingletadora es una máquina empleada para cortar madera a un ángulo determinado entre 45° a derecha e izquierda del plano normal de contacto del disco con la madera, pudiendo cortar en 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 de corte 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 las ingletadoras:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Empuñaduras del equipo inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de tronco, brazos y codos.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Nivel de iluminación inapropiado.
- Presencia de oscilaciones de luz.
- 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

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



Figura 1. Banco auxiliar de trabajo regulable en altura (Fuente: Bosch).

Alturas de trabajo

A fin de ajustar el plano de trabajo a las características del sujeto y requisitos de la tarea, se recomienda que la mesa o banco de trabajo sobre el que se sitúa la máquina sea regulable en altura. Hoy en día existen soluciones para máquina portátiles (Figura 1).

Posturas y movimientos

En ocasiones, durante la operación de corte con la ingletadora, se sujeta la pieza a cortar con la mano izquierda, y mediante la mano derecha se acciona la palanca de descenso del disco. La sujeción de la pieza a cortar a la mesa de apoyo no debe realizar nunca manualmente, se recomienda utilizar **prensos** para sujetar la pieza a la mesa (especialmente en piezas de pequeñas dimensiones). De este modo no sólo se previene un posible contacto con el disco, sino que también se reduce el esfuerzo necesario para sujetar firmemente la pieza. Estos prensos deben garantizar que en cualquier circunstancia (aparición de nudos, etc.) la pieza esté sólidamente fijada a la mesa.

Para el corte de piezas largas o que sobrepasen la mesa de la ingletadora, se recomienda emplear prolongaciones de mesa o caballetes de apoyo.

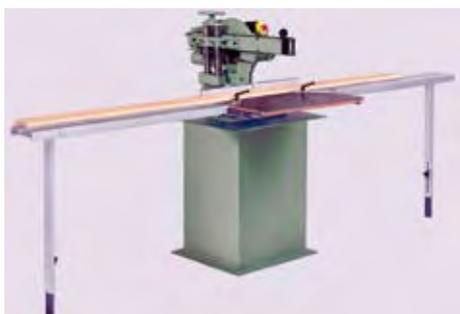


Figura 2. Prolongaciones de mesa (Fuente: Aigner).

Prolongación de mesa integrada

Las prolongaciones de mesa deben de poder instalarse y retirarse sin necesidad de herramientas auxiliares, a fin de agilizar su instalación y retirada. Además deben de poder regularse en altura (Figura 2).



Figura 3. Rodillos de carga y descarga (Fuente: Compa).

Rodillos de carga y de descarga

Este tipo de accesorios están indicados especialmente para el trabajo de piezas largas. Existen modelos en el mercado dotados de volante manual y pantalla digital (Figura 3).



Figura 4. Caballetes de apoyo (Fuente: Lombarte).

Caballetes de apoyo

Para el corte de piezas muy largas cuando no se disponga de un banco de trabajo de dimensiones suficientes, emplear caballetes. Estos deben ser regulables en altura, los hay con rodillo, bolas y mixtos (Figura 4).

Puede ser de ayuda al operario durante el **ajuste del ángulo de corte**, que la máquina esté dotada de sistema rápido de desbloqueo del ángulo, por ejemplo mediante palanca de presión, o bien de una palomilla de ajuste más grande (Figura 5). También puede ser útil que la ingletadora disponga de bloqueo automático del ángulo de corte a determinados ángulos (90°- 45° - 30° - 22,5° - 15°).



Figura 5. Palanca de presión (Fuentes: Compa).



Figura 6. Máquina con indicador láser de línea de corte (Fuente: Compa).

El **indicador láser de la línea de corte** puede ser también recomendable para ayudar en el proceso de corte de la pieza ya que permite evitar posibles errores y derroches de material (Figura 6).



Figura 7. Ingletadoras con diferentes tipos de empuñadura (Fuentes: Bosch, Makita).

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, y entre 0,8-1,6 cm si se requiere de precisión.
- La empuñadura debe de estar recubierta de material antideslizante. Se pueden encontrar en el mercado empuñaduras antivibraciones constituidas por materiales que amortiguan las mismas.

Tipos de empuñadura: Existen diferentes tipologías de empuñadura: de tipo horizontal o vertical, abiertas y cerradas, situadas por encima del disco, a nivel del disco, centradas con respecto del disco o laterales (Figura 7). Este aspecto influye tanto en las posturas de brazo y mano adoptadas por el trabajador como en las dimensiones y características que debería de reunir.

Lo recomendable es que pueda ajustarse y bloquearse en varias posiciones, de este modo se consigue una mejor adaptación a los usuarios y tareas a realizar.

El mando de puesta en marcha y el mando de parada deben estar incorporados o bien en la palanca de funcionamiento de la ingletadora 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.



Figura 8. Ingletadora con parada de emergencia (Fuente: Omgga).

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 (Figura 8).

Iluminación

Es recomendable que la máquina esté dotada de luz para visualizar el corte. La zona de corte debe de estar correctamente iluminada, debería de haber como mínimo 500 lux. Si la iluminación general no garantiza estos niveles, entonces se deberá plantear la posibilidad de instalar iluminación local regulable. Hay ingletadoras dotadas de iluminación auxiliar (Figura 9).

Además, existen otros accesorios, con el indicador láser de la línea de corte, que puede ser de gran ayuda.



Figura 9. Ingletadora dotada de iluminación auxiliar fluorescente (Fuente: Makita).

Oscilaciones de luz

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, bien, a la falta de uniformidad de la iluminación artificial.

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. También es importante la supresión de la luz oscilante; esta iluminación es molesta para todos y causa fatiga en los ojos.

El primer problema puede subsanarse empleando sistemas que permitan regular el flujo de entrada de luz proveniente del exterior (cortinas, persianas, etc.) así como combinando la iluminación natural y artificial.

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

- Empleo de un montaje compensado mediante la conexión de las fuentes de luz a las tres fases de la red eléctrica.
- Utilización de balastos electrónicos para las luminarias.
- Alimentación de las lámparas con corriente continua.

Efecto estroboscópico

El efecto estroboscópico puede ser eliminado iluminando los órganos giratorios de las máquinas con 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, o empleando balastos electrónicos de alta frecuencia.

Por otra parte, el accionamiento del disco mediante “pulsación continua” asegura que el disco no gire en vacío. Y el acceso al área de corte de la hoja de sierra de la ingletadora debe ir protegido con un resguardo autorregulable de modo que se pueda observar la línea de corte disco de corte. Dicho resguardo regulable abarcará la mayor parte posible del disco. El resguardo debe bloquearse en la posición totalmente cerrada cuando el cabezal se encuentre en la posición de reposo.

En el caso de máquinas con corte por la parte superior, deben disponer de protección en dicha zona, consistente en guardadisco y cuchillo divisor para impedir contactos con la parte posterior del disco.

Formación

La ingletadora sólo podrá ser utilizada por personal formado y preparado para ello.



Función y utilización

La ingletadora doble es una máquina empleada para el corte de madera a un ángulo determinado entre 45° a derecha e izquierda del plano normal de contacto del disco con la madera, pudiendo cortar asimismo a bisel. Para ello, la máquina dispone de dos cabezales que pueden trabajar simultáneamente.

Para efectuar los cortes, el operario deposita la pieza sobre la mesa o soportes, contra la guía-tope, selecciona el ángulo de corte e inicia el corte accionado un pedal o pulsador.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en las ingletadoras dobles:

- Diseño inadecuado del pedal.
- Posturas-movimientos inadecuados del codo.
- Posturas-movimientos inadecuados de las piernas.
- Posibilidad interpretación equívoca de la información visual.
- Dispositivos de información y mando incorrectos o inexistentes.
- Iluminación inadecuada (oscilaciones, 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 la ingletadora doble.

Pedal del equipo

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



Figura 1. Pedales (Fuentes: Omga, Berle).

de manera involuntaria. Tanto el pedal como la carcasa deben tener unas dimensiones suficientes a fin de garantizar su correcto accionamiento (Figura 1).

Posturas y movimientos

La sujeción de la pieza a cortar a la mesa de apoyo no debe realizarse nunca manualmente, se recomienda utilizar **prensos** para sujetar la pieza a la mesa (especialmente en el caso de piezas de pequeñas dimensiones). De este modo se previene un posible contacto con el disco, y también se reduce el esfuerzo necesario para sujetar firmemente la pieza. Estos prensos deben de garantizar que en cualquier circunstancia (aparición de nudos, etc.) la pieza esté sólidamente fijada a la mesa.

Para el corte de piezas largas o que sobrepasen la mesa de la ingletadora, se recomienda emplear prolongaciones de mesa o caballetes de apoyo. Esto en las máquinas más modernas no suele ser necesario por disponer de ellas.

En las máquinas actuales se han automatizado muchos de los ajustes y acciones de la máquina que antes se hacían manualmente, por ejemplo:

- Posicionado automático programable de la unidad móvil de corte, configurable con diferentes programas (Figura 2).
- Bajada hidráulica de las cuchillas.
- Mordazas neumáticas.



Figura 2. Posicionador automático (Fuentes: Compa, Berle).

Existen modelos automáticos, con ciclo de corte dirigido por un sistema electro-neumático que ofrecen la posibilidad de ejecutar cortes con diferentes secuencias de trabajo.

Dispositivos de información y mando



Figura 3. Diferentes configuraciones de mandos en función de su ubicación (Fuentes: Omga, Compa, Essepigi).

Todos los dispositivos de información y mando deben estar identificados según su función (al menos en castellano). Hay diferentes configuraciones para la localización de los mandos, en un armario separado, en la propia máquina por

debajo de la altura de la pieza o en un brazo articulado (Figura 3). En lo que respecta a la puesta en marcha y parada lo habitual es emplear un pedal.

- Todos los órganos de accionamiento que se accionan con la mano deben estar situados a una altura igual o superior a 600 mm por encima del nivel del suelo.

La información y textos deben estar en castellano. Algunas máquinas en el mercado disponen, además, de visualización mediante display digital de la posición de los cabezales de corte, lo que facilita la regulación exacta de los mismos (Figura 4).

Puede ser de gran ayuda disponer de visualización digital de los principales parámetros (distancias, inclinaciones, etc.). Como se ha comentado, se pueden encontrar máquinas en el mercado que permiten introducir y programar los principales parámetros (altura

del disco, ángulo del disco, etc.) y los elementos de la máquina se posicionan automáticamente.

Iluminación

La presencia de **oscilaciones de los niveles de iluminación** puede ser debida a diversos factores. Pueden estar originadas por los cambios en la intensidad y flujo de la luz proveniente del exterior o, bien, a la falta de uniformidad de la iluminación artificial.

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. También es importante la supresión de la luz oscilante; esta iluminación es molesta para todos y causa fatiga en los ojos.

El primer problema puede subsanarse empleando sistemas que permitan regular el flujo de entrada de luz proveniente del exterior (cortinas, persianas, etc.) así como combinando la iluminación natural y artificial.

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

- Empleo de un montaje compensado mediante la conexión de las fuentes de luz a las tres fases de la red eléctrica.
- Utilización de balastos electrónicos para las luminarias.
- Alimentación de las lámparas con corriente continua.

Efecto estroboscópico

El **efecto estroboscópico** puede ser eliminado iluminando los órganos giratorios de las máquinas con un sistema auxiliar que utilice lámparas incandescentes. También pueden ser aminorado repartiendo la conexión de las lámparas fluorescentes de cada luminaria a las tres fases de la red, o empleando balastos electrónicos de alta frecuencia.

Por otra parte, el acceso al área de corte de la hoja de sierra de la ingletadora debe ir protegido con un resguardo autorregulable de modo que se pueda observar la línea de corte disco de corte. Dicho resguardo regulable abarcará la mayor parte posible del disco. El resguardo debe bloquearse en la posición totalmente cerrada cuando el cabezal se encuentre en la posición de reposo.

En el caso de máquinas automáticas, estas suelen estar dotadas con un sistema de detección de presencia por fotocélulas.



Figura 4. Display digital (Fuentes: Compa, Omega).

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

Dispositivos para piezas pequeñas

Es importante que se trabaje correctamente tanto con piezas pequeñas como grandes. Existe un accesorio, la mesa supletoria para piezas pequeñas, que en algunos modelos de máquinas puede ser de utilidad de cara a desarrollar el trabajo correctamente (Figura 5).

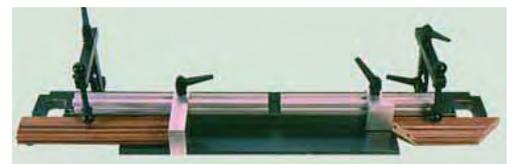


Figura 5. Mesa para piezas pequeñas (Fuente: Berle).



LIJADORA DE PLATO/DISCO

Función y utilización

La máquina está destinada a lijar madera, pudiendo en muchos casos lijar también otros materiales (aleaciones de aluminio, plásticos, etc.).

En esta ficha se han incluido lijadoras frontales y lijadoras de cantos (estas últimas también son denominadas lijadoras de banda).

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en las lijadoras:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, tronco, brazos y muñeca.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Inaccesibilidad del operario a los dispositivos de mando de uso frecuente.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Nivel de iluminación inapropiado.
- Presencia de oscilaciones de luz y sombras.
- Efecto estroboscópico.
- Falta de iluminación auxiliar regulable.
- 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 lijadora.

Alturas de trabajo

Es habitual que las máquinas más nuevas dispongan de mesa principal regulable en altura e inclinación. Sin embargo, este aspecto atiende más a aspectos técnicos que ergonómicos (aprovechamiento de la lija, ajuste al grosor de la pieza, etc.).

Idealmente el trabajador tendría que poder regular la altura tanto de la banda (o lija) como de la mesa para ajustar a sus necesidades y preferencias.

Posturas y movimientos



Figura 1. Prolongaciones de bancada (Fuentes: Aigner, Felder).



Figura 2. Mesa flotante (Fuentes: Aigner)



Figura 3. Circulo de fresado en la lijadora (Fuentes: Aigner)



Figura 4. Rodillos de guía (Fuente: Aigner).

Existen una serie de dispositivos y accesorios en el mercado que pueden facilitar las posturas adecuadas y evitar los movimientos inadecuados de determinados trabajos en la lijadora.

Las **prolongaciones de la bancada** pueden ser de gran ayuda durante el mecaniza-

do de piezas largas así como para el trabajo de piezas grandes, ya que proporcionan una superficie de apoyo extra minimizando el esfuerzo que realiza el trabajador. Hay sistemas que permiten una fijación rápida y segura de estos dispositivos sin necesidad de utilizar herramientas, se trata de unos carriles que se fijan a la máquina. Existen, además, extensiones retráctiles y extensibles que se fijan en la parte inferior de la mesa (Figura 1).

También hay unos dispositivos denominados mesas flotantes que presentan la ventaja de no necesitar apoyo en el suelo; existen diferentes formatos en el mercado (Figura 2).

Para el lijado de superficies y formas curvas se puede emplear el círculo de fresado en la lijadora de cantos (Figura 3).

Un accesorio que puede minimizar el esfuerzo que tiene que realizar el operario durante el mecanizado de la pieza es el rodillo de guía, ya que evita que el trabajador tenga que sostener la pieza contra la lija. En la siguiente figura se puede ver el lijado de una pieza en la lijadora de cantos con **rodillos de guía** (Figura 4).

Lijado de cantos en ángulo y a escuadra: El lijado en ángulo mediante la inclinación de la bancada o mesa donde apoya la pieza es una ayuda de cara a conseguir una ejecución más precisa y cómoda de lijados en ángulo. También se puede disponer de una escuadra ajustable para el trabajo que lo requiera (Figura 5).

Lijado de curvos o trabajo de contorno y redondeado:



Figura 5. Ayudas para el lijado de en ángulo y a escuadra (Fuentes: Felder, Rojek).

Las mesas supletorias, para trabajos de contorneo y redondeado, facilitan el lijado de radios pequeños y evitan que el trabajador tenga que sostener la pieza en altura. Estas deben ser de fácil montaje y desmontaje (Figura 6).

Hay fabricantes que suministran lijadoras con mesa inclinable para el lijado de curvos (Figura 7).



Figura 6. Ayuda para el lijado de radios pequeños (Fuente: Felder).



Figura 7. Ayuda para el lijado de radios pequeños (Fuente: Felder).

Dispositivos de mando

Todos los dispositivos de 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. Es importante que el trabajador pueda llegar a los mandos principales desde las diferentes posiciones de trabajo en la máquina.

Se han observado diferentes configuraciones para la localización de los mandos principales de accionamiento (puesta en marcha y parada normal) tanto por encima como por debajo de la superficie de trabajo (Figura 8).

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, esto incluye cuando se esté haciendo trabajos de contorneo y redondeado en el lateral.

Iluminación

La zona de trabajo debe estar correctamente iluminada, el nivel de iluminación debe ser de 500 lux mínimo, dependiendo de las exigencias del tipo de tarea a realizar. La zona de trabajo debe estar correctamente iluminada, evitándose además oscilaciones de luz y sombras moletas sobre las superficies de trabajo. La presencia de sombras duras en la superficie de trabajo puede ser la causa de una mala calidad en el trabajo, baja productividad, esfuerzo visual, fatiga y accidentes. También es importante la supresión de la luz oscilante; esta iluminación es molesta para todos y causa fatiga en los ojos.



Figura 8. Localización de los mandos por encima de la lija (Fuente: Volpato).

Entre otras medidas, encaminadas a solucionar este tipo de problemas, se recomienda:

- Eliminar luminarias aisladas muy brillantes, dado que dificultan la homogeneidad y son antieconómicas.
- Instalar 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.
- 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.
- Instalar sistemas que permitan regular el flujo de entrada de luz proveniente del exterior (cortinas, persianas, etc.)
- Emplear montajes compensados mediante la conexión de las fuentes de luz a las tres fases de la red eléctrica.
- Utilización de balastos electrónicos para las luminarias.
- Etc.



Figura 9. Lámpara para evitar el efecto estroboscópico (Fuente: Weinig).

Si no se puede garantizar un nivel correcto de iluminación mediante la iluminación general, habría que dotar a la máquina de iluminación local auxiliar.

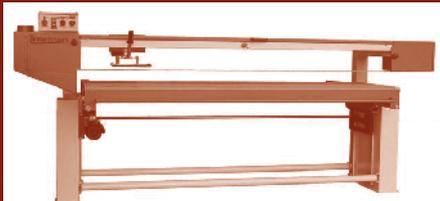
Se recomienda el uso de lámparas fluorescentes adicionales dotadas de estabilizador electrónico que evita el efecto estroboscópico (Figura 9). También es posible proteger frente a este efecto de parada mediante sistemas de protección que cubran la herramienta si hay ausencia de pieza.

Mantenimiento

Acceso a la lija: Hay modelos de lijadoras de disco con mesa basculante, lo que permite un acceso fácil a la muela abrasiva (Figura 10).



Figura 10. Accesibilidad a la lija (Fuente: Rojek).

**LIJADORA DE BANDA**

Función y utilización

La lijadora de banda se emplea para lijar superficies grandes y planas.

Esta máquina consta de una banda cerrada de lija sujeta horizontalmente entre dos rodillos. Un rodillo genera el movimiento de la banda de lija, mientras que el otro sirve para controlar la tensión. Mediante un patín de presión, situado entre ambos rodillos, el operario mantiene la banda de lija inferior contra la pieza a lijar. Y de forma simultánea, el operario tiene que mover la mesa (sobre guías) donde está situada la pieza, en sentido perpendicular al movimiento de rotación de la lija.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en las lijadoras de banda:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Empuñaduras del equipo inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de tronco, brazos, codo y muñecas.
- Se manipulan cargas por encima del peso máximo recomendado.
- Información insuficiente.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Desplazamiento de mandos en discordancia con el tipo de acción de control a realizar.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Distribución de los mandos en máquinas del mismo tipo.
- Efecto estroboscópico.
- No se ha tenido en cuenta a la población de operadores zurda.
- Falta de manual de instrucciones.

b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, vienen recogidas una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la lijadora de banda.

Alturas de trabajo



Figura 1. Postura de trabajo en la máquina (Fuente: Empresa colaboradora en el estudio de campo).

En esta máquina la altura de trabajo no es donde se deposita la pieza, sino donde accede el trabajador durante el lijado, por lo que hay que prestar especial atención al agarre del patín de presión y al tirador de la mesa. La localización de estas empuñaduras así como su forma y dimensiones son aspectos que desde un punto de vista ergonómico hay que considerar. El patín de presión obliga a elevar el brazo a la altura del hombro de forma mantenida, así como a ejercer una fuerza controlada en dicha postura (Figura 1).

Existen modelos con elevación automática de la mesa (Figura 2).

Es recomendable que la máquina disponga de mesa de lijado para el mecanizado de piezas planas, sin embargo, es de gran utilidad que esta pueda ser desmontada total o en parte para lijar elementos como pueden ser marcos o cajones.



Figura 2. Lijadora de banda con elevación automática (Fuente: Linnerman).



Figura 3. Calibradora-lijadora automática (Fuente: Biesse).

Ante situaciones que lo permitan, con lijado plano, plantear la posibilidad de emplear **calibradoras-lijadoras automáticas** ya que eliminan trabajo manual durante el lijado y permiten obtener una precisión elevada (Figura 3).

Empuñaduras del equipo

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 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.

El patín de presión debe disponer de una empuñadura adecuada que se adapte a la anatomía de la mano. En la guía de verificación vienen definidas las características que debe reunir un mango ergonómico.

Por otro lado, el tirador en forma de barra de la mesa en muchas ocasiones no está recubierto de ningún material y el diámetro (grosor) de la barra es demasiado estrecho, aumentando la presión en la mano.

Posturas y movimientos

Se recomienda minimizar la necesidad de mover materiales, mediante la mejora de la disposición del área de trabajo.

Una posible medida encaminada a la mejora del movimiento de materiales en la máquina es emplear lijadoras con diseño acodado que posibilite el movimiento en continuo de los tableros mediante rodillos o sistemas análogos (Figura 4).

Este diseño también presenta la ventaja de que permite lijar piezas muy largas.



Figura 4. Lijadora de banda acodada. (Fuente: Felder).

Manipulación de cargas

La propuesta anterior permitiría estudiar la posibilidad de empleo de sistemas continuos de manutención en ambos extremos, para alimentar y retirar piezas de la lijadora.

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.

Únicamente se ha observado una configuración para la localización de los mandos, en la parte superior de la máquina, a la izquierda.

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. Su localización en la parte central de la máquina presenta la ventaja de que es más accesible desde la posición de trabajo que si se encuentra en un extremo (Figura 5).

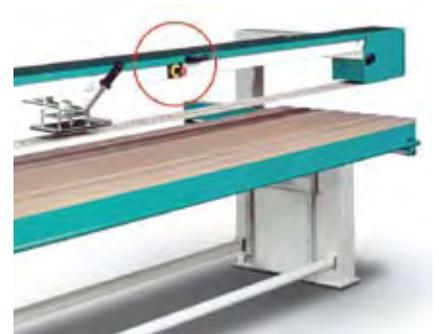


Figura 5. Parada de emergencia situada en una posición intermedia de la lijadora (Fuente: Griggio).

Efecto estroboscópico

El efecto estroboscópico puede ser eliminado iluminando los órganos giratorios de las máquinas con un sistema auxiliar que utilice lámparas incandescentes. También pueden ser aminorado repartiendo la conexión de las lámparas fluorescentes de cada luminaria a las tres fases de la red, o empleando balastos electrónicos de alta frecuencia.



MECHONADORA DE CAJONES

Función y utilización

La mechonadora de cajones está diseñada para tallados de la cola de milano sobre el canto de piezas uniformes de madera.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en las mechonadoras:

- Espacio insuficiente para los pies.
- Empuñaduras del equipo inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, tronco, brazos, codo y muñecas.
- Información insuficiente, no se tiene en cuenta la prioridad y frecuencia de la información.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Iluminación inadecuada.
- Falta de iluminación auxiliar regulable.
- El propio diseño de la máquina obstaculiza la visión.

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 mechonadora de cajones.



Figura 1.
Mechonadora con espacio para los pies (Fuente: OmeC).

Espacio previsto para los pies

Se recomienda 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 norma son los siguientes:

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

A la hora de escoger una nueva máquina se debería tener en cuenta que se cumple este aspecto (Figura 1).

Empuñaduras del equipo

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 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.

Posturas y movimientos

Las posturas y movimientos de brazos y manos están asociados en esta máquina a la alimentación y retirada de las piezas, fundamentalmente. Existen fresadoras con control numérico diseñadas para realizar ensambladuras por cola de milano en los laterales y parte delantera de los cajones en una sola operación. El suministro, bloqueo y descarga de las piezas se lleva a cabo de forma automática en cada ciclo de trabajo, y el operador sólo deberá introducir las piezas en los depósitos de carga y sacarlas de los apiladores de descarga al final de la elaboración (Figura 2).



Figura 2.
Mechonadora automática (Fuente: OmeC).

Dispositivos de información y mando



Figura 3. Distintas localizaciones de los mandos (Fuente: OmeC).

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.

Hay diferentes configuraciones para la localización de los mandos principales de accionamiento (puesta en marcha y parada normal) (Figura 3):

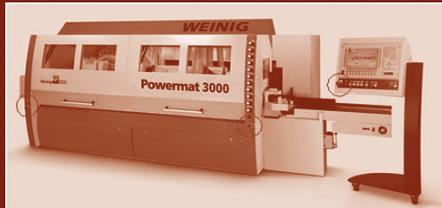
- Por debajo de la superficie de trabajo. En este caso deben situarse al menos a 600 mm del suelo y al menos a 50 mm por debajo de la superficie superior de la mesa y en el lado de la mesa de entrada.
- Por encima de la superficie de trabajo, en un panel de mando cuya superficie superior no esté a más de 1800 mm del suelo.
- Y en un lateral de la máquina.

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.

Iluminación

En esta máquina el trabajador inspecciona las piezas una vez acabadas, por lo que es importante que la zona de trabajo esté correctamente iluminada, debería de haber como mínimo 500 lux. Si la iluminación general no garantiza estos niveles, entonces se deberá plantear la posibilidad de instalar iluminación local regulable. Es importante que se estudie la localización de esta iluminación al objeto de evitar sombras o brillos molestos en el área de trabajo.



MOLDURERA

Función y utilización

La moldurera está diseñada para mecanizar madera maciza, aglomerado, contrachapado, etc. El moldurado comprende operaciones para conseguir un acabado más decorativo o para hacer más seguros los bordes de las piezas, redondeándolos. Existen otros moldurados, como los rebajes, los cuales tienen una finalidad más funcional, ya que normalmente están pensados para servir de asiento a puertas, paneles, etc.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en la moldurera:

- Aberturas de acceso con dimensiones insuficientes en alimentación y descarga.
- Posturas-movimientos del operario inadecuados de cabeza y cuello, así como de los brazos en alimentación y descarga.
- Identificación incorrecta o inexistente de dispositivos de información y mandos.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Presencia de sombras en el área de trabajo del operario.
- Iluminación inadecuada o inexistente.
- 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 moldurera.



Figura 1. Rodillo prensor lateral (Fuente: Weinig).

Posturas y movimientos

En el mercado se pueden encontrar una serie de dispositivos y accesorios cuya función es facilitar determinados trabajos en la moldurera, esto son: rodillo prensor, prolongaciones de mesa, alimentador o cargador, etcétera.

Al alimentar manualmente piezas largas de sección pequeña la presencia de un **rodillo prensor lateral**, justo a la entrada de la máquina, asegura que las piezas queden pegadas contra la guía derecha antes de que lleguen al primer rodillo de avance. En el mercado existen rodillos con muelle y de presión neumática para todos los tipos de máquina (Figura 1).



Figura 2. Prolongaciones de mesa para moldureras (Fuente: Aigner).



Para piezas que sobrepasen la mesa, se recomienda utilizar soportes o mesas auxiliares, tanto a la entrada como a la salida. Las **prolongaciones de mesa** pueden ser de gran ayuda durante el mecanizado de piezas largas así como para el trabajo de piezas grandes, ya que proporcionan una superficie de apoyo extra minimizando el es-

fuerzo que realiza el trabajador. Además, estas prolongaciones son flexibles y pueden unirse prolongando la superficie de apoyo para trabajar piezas muy largas (Figura 2).



Figura 3. Sistema de fijación de los carriles de prolongación (Fuente: Aigner).

Además, se pueden encontrar sistemas que permiten una fijación rápida y segura de estos dispositivos sin necesidad de utilizar herramientas, se trata de unos carriles que se fijan a la máquina (Figura 3).

Alimentación de piezas

El empleo de un **alimentador o cargador de barras** así como **accesorios apiladores** pueden ser de gran ayuda durante la atención de la máquina por parte de un sólo operario, ya que permite una mayor flexibilidad en el tiempo de atención.



Figura 4. Alimentación de la moldurera (Fuentes: Linnerman, Weinig).



El empleo de un **alimentador o cargador de barras** así como **accesorios apiladores** pueden ser de gran ayuda durante la atención de la máquina por parte de un sólo operario, ya que permite una mayor flexibilidad en el tiempo de atención.

Durante la alimentación manual de la moldurera es importante garantizar una altura adecuada de las piezas ya que de este modo se favorecen posturas correctas de trabajo. Se debe evitar coger las piezas del suelo. Esto se puede conseguir, por ejemplo, instalando una mesa elevadora que mantenga las piezas apiladas a una altura constante de recogida, suponiendo además un pulmón de piezas para la alimentación continua de la moldurera (Figura 4).

Hay diferentes grados de automatización de la alimentación, así como soluciones en el mercado. Por ejemplo, con deslizamiento de piezas por gravedad con ordenación manual, con deslizamiento de piezas por gravedad con separación automática, etc. (Figura 5).



Figura 5. Alimentación de la moldurera (Fuentes: Weinig).

Normalmente, a mayor grado de automatización del movimiento de piezas menor intensidad de trabajo físico tendrá el operario, mejorando su disponibilidad para realizar un control tanto de la máquina como de la calidad de las piezas.

En el caso de los **cargadores o alimentadores verticales** la gran ventaja que presentan, aparte de la ayuda al trabajador en la alimentación de piezas a la moldurera, es el **ahorro de espacio**. Además, la formación de un pulmón facilita el control de calidad previo a la alimentación. Estos se suelen montar encima de la mesa de entrada de cualquier moldurera, y están dotados de un empujador que permite introducir en continuo las piezas (Figura 6).



Figura 6. Cargadores y alimentadores verticales (Fuentes: Euromak., Weinig).

Descarga de piezas

Al igual que para la alimentación o carga, la descarga de piezas puede disponer de ayudas con diferentes grados de automatización. Estas pueden ir desde una mesa elevadora a la salida que favorezca unas alturas de manipulación adecuadas, a sistemas que flejan y forman pilas automáticamente (Figura 7).

Otros dispositivos que pueden ser de utilidad son los **sistemas de retorno para la salida** y los **giradores de molduras**, ya que posibilitan que un mismo operario puede cargar y recoger a la salida. En los sistemas de retorno se acopla a una mesa giratoria, o transfer, una banda transportadora (Figura 8).



Figura 7. Descarga de las piezas de la moldurera (Fuente: Weinig).



Figura 8. Sistemas de retorno a la salida y giradores de molduras (Fuente: Euromak, Digarma).

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.

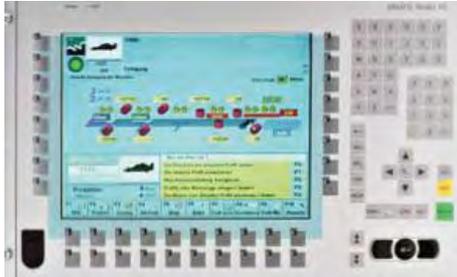


Figura 9. Control informatizado con interfaz gráfico (Fuente: Weinig)..

Se pueden encontrar moldureras en el mercado que permiten seleccionar la función deseada en la pantalla, confirmarla y, poner rápidamente en marcha la producción, facilitando la fabricación económica de series pequeñas. Mediante programación es posible el ajuste completamente automatizado de las herramientas, capotas y elementos prensores.

Sistema de memoria: Los sistemas de memoria permiten recuperar los datos de los perfiles y repetirlos sin tener que ajustar la máquina. Incluso existen modelos en el mercado que permite el posicionamiento de los soportes de herramientas con control numérico informatizado, de manera que los ejes se desplazan automáticamente a la posición exacta, incluyendo la subida y la bajada del grupo de avance (Figura 9).



Figura 10. Moldurera con 3 localizaciones de la parada de emergencia (Fuente: Weinig).

Parada de emergencia

Este tipo de máquinas deberían de disponer de parada de emergencia tanto en la entrada (posición de carga) como en la salida (posición de descarga), en cada mando de control móvil o fijo y no a más de medio metro del accionamiento de puesta en marcha, situado de tal forma que pueda ser alcanzado desde cualquier posición de trabajo en la máquina (Figura 10).

Iluminación

Es importante, especialmente a la salida del proceso, que haya un nivel de iluminación adecuado, ya que el trabajador debe comprobar que la pieza es correcta. Debería de haber como mínimo 500 lux. Sí no es posible garantizar esto con los sistemas de iluminación general, hay que proveer de iluminación auxiliar regulable.

En lo que respecta a la presencia de sombras en el área de trabajo, se recomienda eliminarlas 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.



GRAPADORAS/CLAVADORAS

Función y utilización

Las grapadoras/clavadoras son herramientas neumáticas portátiles, destinadas a clavar elementos de fijación no roscados.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

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

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Espacio insuficiente para los brazos.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, tronco, brazos, codos, muñecas y piernas.
- Presencia de sombras.
- Obstaculización de la visión.
- Esfuerzo realizado con la herramienta.
- Falta de manual de instrucciones.
- En el trabajo en equipo no hay una correcta distribución de la carga de trabajo.

b. Propuestas de mejora ergonómica

Seguidamente se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo con grapadoras y clavadoras.

Alturas de trabajo

Las alturas de trabajo durante las operaciones de grapado y clavado están determinadas en gran medida por las dimensiones y características de las piezas (conjunto) a grapar o clavar. Siendo otro factor determinante, la superficie o banco donde se encuentre apo-

yado el conjunto a grapar, pues determina su posición. Es por ello que se aconseja analizar con cuidado 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. Además, en el caso de piezas de grandes dimensiones, como por ejemplo armarios o aparadores, hay que tener también en cuenta la profundidad de trabajo.



Figura 1. Caballete
(Fuente: Bimaq).



Figura 2.
Posicionador de sofás y mesa de grapado (Fuente: desconocida, Stanley Bostitch).

Existen en el mercado diferentes soluciones alternativas en función de las necesidades de posicionamiento o fijación de la pieza a grapar/clavar. Estas soluciones van desde los sistemas más sencillos a soluciones más globales e incluso automáticas:

- Los **caballetes** permiten sujetar puertas y piezas con espesores máximos de hasta 70 cm, quedando las manos libres para que puedan realizar cualquier trabajo sin necesidad de sujetar la pieza (Figura 1).
- También existen en el mercado bancos y soportes para el grapado dotados de regulación de posición y altura de la pieza, estos permiten al operario orientar y elevar la pieza para grapar/clavar en una posición más cómoda (Figura 2).



En lo que respecta a las **alturas de manipulación de las piezas**, se recomienda tener en cuenta y revisar los aspectos mencionados en el apartado correspondiente de la guía. Si se trata de piezas pesadas los levantamientos se deberían realizar a una altura comprendida entre los nudillos y los codos.

Espacio previsto para los pies

Otro factor a considerar es que el trabajador tenga espacio suficiente para albergar los pies cuando se aproxima al banco de grapado. Si no se garantiza este hueco se alejará unos centímetros al trabajador de la pieza. Se recomienda que el espacio para los pies cumpla las siguientes dimensiones:

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

Posturas y movimientos

Las posturas y movimientos realizados por el trabajador dependen en gran medida de la posición relativa de la pieza durante el grapado. Alturas muy bajas de grapado/clavado llevan asociado posturas forzadas de cabeza, cuello, tronco y piernas; mientras que alturas de grapado/clavado muy altas 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 2).

Por otra parte, la propia grapadora/clavadora también influye en la postura adoptada por el trabajador, concretamente en la postura de brazos y manos. Existen grapadoras/clavadoras con diferentes geometrías y ángulos, por ejemplo grapadoras tipo pistola, rectas, con la punta o pico recto, curvo, corto o largo, etcétera (Figura 3).



Figura 3. Diferentes modelos de grapadoras comerciales (Fuentes: Josef Kihlberg, Apach, Stanley Bostitch, Makita).

Es posible mediante la selección de una herramienta con una orientación adecuada del mango evitar giros, desviaciones, flexiones o extensiones de la muñeca. Se trata de escoger la grapadora o clavadora de acuerdo a la orientación del plano a trabajar a fin de conseguir la postura de muñeca menos forzada (se recomienda consultar el punto 61 de la Guía de Verificación).

Por otra parte, y tal y como se ha comentado antes, se debe favorecer el acercamiento del trabajador durante las operaciones de grapado y clavado dejando hueco para los pies al trabajador. Se este modo se mejora la postura de brazos y espalda.

Algunos fabricantes han incluido cierto tipo de mejoras que pueden evitar tareas al operario, como es el caso de los modelos de grapadora con cargador con limpieza automática.

Visibilidad

Es importante a la hora de grapar/clavar tener una correcta visión del área de trabajo. En ocasiones es la propia herramienta por la disposición de la luz puede generar sombras molestas en el área de trabajo; y también la propia grapadora/clavadora puede entorpecer la visión. Se pueden encontrar grapadoras diseñadas con la punta más larga y estrecha que mejoran la línea de visión (Figura 4).



Figura 4. Grapadora diseñada para mejorar la visión (Fuente: Stanley Bostitch).

Esfuerzo

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, como ya se ha comentado, de una correcta selección de la orientación de la herramienta dependiendo del tipo de trabajo.

La fuerza de agarre varía también con el diámetro del mango. El esfuerzo durante las operaciones de grapado y clavado de cuerpos de muebles y subconjuntos está asociado tanto al uso y características de la herramienta, como a la sujeción y apriete de las piezas. Seguidamente se pasan a revisar estos aspectos.

Características de la grapadora/clavadora: Las características de diseño que tiene que cumplir una herramienta manual para minimizar el estrés físico, mejorando el rendimiento, son:

- **Mango:** Estos deben estar ergonómicamente diseñados, y recubiertos con materiales que mejoran la presión de contacto así como las vibraciones transmitidas a la mano. Las dimensiones y características de los mangos son importantes al ser este el elemento de la grapadora o clavadora que interactúa directamente con la mano del trabajador. La longitud mínima del mango, para agarres de potencia, es de 100 mm,

pero 125 mm resulta más confortable cuando se usan guantes. En cuanto al diámetro, se recomiendan 40 mm. Los mangos de las herramientas manuales deben ser de superficies compresibles, aislantes, lisas y suaves. La superficie de agarre debe ser máxima para asegurar que el área de distribución de las presiones también sea máxima, ya que presiones muy localizadas pueden causar molestias y dolor.

- **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 debe tenerse en cuenta el centro de gravedad de la herramienta, así como la localización de los interruptores debería tenerse en cuenta la necesidad de estabilizar la herramienta durante el uso. Este tipo de herramientas emplean gatillo de dedo índice. El diseño correcto de este tipo de gatillos debe permitir que se accionen con la parte media del dedo índice evitando emplear la punta para disminuir la fuerza de los tendones. Este tipo de gatillos resulta adecuado cuando es necesario posicionar la herramienta antes de arrancarla.



Figura 5. Grapadoras con peso inferior a 1.1 kilos (Fuentes: Josef Kihlberg, Apach)

- **Peso de la herramienta:** En general, no existe un límite establecido de peso de las herramientas para todas las situaciones. Sin embargo, si una herramienta de mano tiene que manejarse durante largos períodos de tiempo se debe aplicar un límite. Para herramientas que son sujetadas con una sola mano con el codo formando un ángulo de 90° durante largos periodos de tiempo (agarres de potencia) se recomienda

que no pesen más de 2.3 Kg. 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. Algunos modelos existentes en el mercado cumplen con esta última recomendación (Figura 5).

- **Fácil y rápida apertura del cargador.** Este aspecto también es importante.

Características de los sistemas de sujeción de la herramienta: Siempre que sea posible se recomienda suspender las herramientas para eliminar el esfuerzo innecesario debido a su peso. Para ello, se emplean unos dispositivos denominados equilibradores o contrabalanceadores, que pueden ser de dos tipos:

- **Equilibrador estándar de muelle:** en este sistema existe un muelle que retrae la herramienta hasta su posición de espera. El inconveniente está en que el trabajador debe vencer la carga cuando quiere variar esta posición.
- **Equilibrador de tensión constante:** la herramienta queda suspendida independientemente de la longitud del cable. El inconveniente puede estar en que la herramienta ha de ser movida hasta la posición de espera manualmente.

Un aspecto de gran importancia es el punto de suspensión, éste debe estar situado en función de la dirección del uso de la herramienta, así como de la distribución de las masas de la misma. Si la herramienta se va a emplear en diferentes posiciones emplear un sistema de acople entre la herramienta y el cable de suspensión, que permiten la rotación en un eje de esta primera. La herramienta debe estar equilibrada, con su centro de gravedad tan cercano como sea posible al centro de gravedad de la mano. Así, la mano o los músculos del brazo no necesitan oponer ningún momento de torsión derivado del desequilibrio de la herramienta.

Características de los sistemas de sujeción y apriete de las piezas (Figura 6): Existe una gran variedad de herramientas y accesorios para la sujeción y apriete de piezas (tornillos

de apriete, tensores de cinta, herramientas de sujeción de ángulos, mordazas normales y en inglete, puntales para marcos, etc.). Se recomienda escoger la solución más adecuada dependiendo de las necesidades de cada caso. Es importante que estos accesorios sean lo más ligeros y manejables posibles y, si están dotados de empuñaduras, que éstas sean ergonómicas. Incluso es posible encontrar dispositivos que pueden emplearse con una sola mano de forma cómoda y sin necesidad de ejercer mucha fuerza, lo que deja libre la otra mano. Como por ejemplo tornillos de apriete.



Figura 6. Accesorios de sujeción y apriete (Fuente: Bessey).

Grapadoras automáticas

La automatización de las operaciones de grapado/clavado es una opción de cara a la mejora de las condiciones de trabajo. Se pueden encontrar en el mercado máquinas desarrolladas específicamente para ciertas operaciones de grapado y/o clavado; como por ejemplo las grapadoras automáticas de cajones.

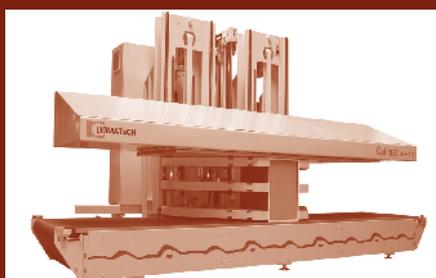
Prensas con robot: Hay centros de trabajo que se componen de prensa electromecánica y robot que realizan el grapado del panel posterior del mueble (trasera) durante la fase de prensado (Figura 7). Esto supone un aumento del rendimiento del proceso.



Figura 7. Prensa de montaje con robot de grapado (Fuentes: Ramarch, Biesse).

Trabajo en equipo

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.



PRENSA DE MONTAJE

Función y utilización

Las prensas de montaje son equipos que se utilizan para el armado del cuerpo o armazón de los módulos. Los dispositivos de presión suelen ser cilindros neumáticos o hidráulicos, y las tipologías existentes son muy diversas (verticales, horizontales y giratorias o rotativas). Y en función de grado de automatización nos encontramos con prensas de tipo manual, semiautomáticas y automáticas.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en las prensas de montaje:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Espacio previsto para los brazos.
- Aberturas de acceso con dimensiones insuficientes.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, tronco, brazos, codos, muñecas y piernas.
- Se manipulan cargas por encima del peso máximo recomendado.
- Inexistencia de elementos técnicos auxiliares para manipular cargas.
- Detección y/o identificación inadecuada de la información visual.
- Necesidad de más 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 prensa de montaje.

Alturas de trabajo

Las alturas de acceso a la prensa de montaje varían sustancialmente en función tanto del tipo de prensa (vertical, horizontal, etc.) como de las piezas a cargar. Y estas se tienen que analizar tanto en la alimentación como en la retirada de las piezas; por todo ello, se aconseja analizar con cuidado 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.

A mayor grado de automatización de la prensa, menor es la necesidad de acceso a la misma; (*consultar el apartado de posturas y movimientos*).

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 no solo deben garantizar que estos caben sino que la movilidad de los mismos está garantizada. En la guía de aplicación de manual vienen recogidas recomendaciones dimensionales para las aberturas para las diferentes partes del cuerpo.

Algunos fabricantes han desarrollado prensas teniendo en cuenta que la pieza a prensar esté completamente accesible, como es el caso de la Optimat MDE110 (Figura 1). El cuerpo del mueble es prensado en el centro de la prensa y en una línea cero por el lado del operario. Las fuerzas de presión vertical se aplican con un tablero y las fuerzas de presión horizontal con tres piezas por cada lado.



Figura 1. Prensa accesible (Fuente: Ligmatech).



Figura 2. Prensas automáticas autoregulables (Fuentes: Ramarch, S.I.T.I di Basso).

Posturas y movimientos

A mayor grado de automatización menor intervención del operario. Hay prensas que disponen de centraje y ajuste a las dimensiones del mueble automáticas, también conocidas como autoreguladas (Figura 2). Las dimensiones mayores como longitud y anchura se detectan cuando el mueble entra la prensa, y la máquina se predispone automáticamente a sus dimensiones, sin intervención del operador.

- **Alimentación y retirada de la pieza a la prensa:** En los últimos años, se han desarrollado máquinas que disponen de bandas transportadoras que permite la entrada y salida de la pieza a la prensa sin necesidad de manipulación por parte del operario (Figura 3).



Figura 3. Prensas con bandas transportadoras (Fuentes: Ramarch, Italpresse).

La empresa Ligmatech ofrece opcionalmente en algunas prensas una base dotada de aire, como las mesas neumáticas, para mejorar el manejo de los cuerpos.

Es importante tener en cuenta, en especial en la manipulación de cuerpos de muebles, 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.

Además, a fin de economizar manipulaciones de cargas, existe la posibilidad de enlazar la línea de prensa con el puesto de embalaje.

Centros de montaje: Los centros de montaje, de cuerpos de muebles, son sistemas que buscan la productividad, flexibilidad y ahorro de espacio. Estos se pueden componer de dos estaciones, una en la que se ensambla y prensa el esqueleto, y otra estación en la que se clavan las grapas de las partes posteriores, se montan las puertas, cajones o estantes. El centro puede ser operado por un solo trabajador, ya que muchas de las operaciones se pueden realizar de forma automática o programada (Figura 4).



Figura 4. Centro de montaje (Fuente: S.I.T.I di Basso).

Prensas con robot: Existen en el mercado centros de trabajo que se componen de prensa electromecánica y robot que realizan el grapado del panel posterior del mueble (trasera) durante la fase de prensado (Figura 5). Esto supone un aumento del rendimiento del proceso.



Figura 5. Prensas con robot (Fuentes: Ramarch, Biesse).

Prensas específicas: Se han desarrollado prensas para determinados productos concretos, como es el caso de las prensas para cajones (Figura 6), puertas, etc. En el primer caso, por ejemplo, han sido diseñadas para ensamblar diferentes tipos de cajones y han sido concebidas para eliminar totalmente el preensamblaje del cajón.

Existen en el mercado diferentes soluciones alternativas en función de las necesidades de posicionamiento o fijación de la pieza a grapar/clavar. Estas soluciones van desde los sistemas más sencillos a soluciones más globales e incluso automáticas.



Figura 6. Prensa para cajones (Fuentes: Omec, Siti di Basso).

Dispositivos de información

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.

Existen infinidad de configuraciones para la localización de los mandos. En general se recomienda que éstos estén a una altura mínima de 600 mm del suelo y a más de 50 mm por debajo de la superficie superior de la mesa.

En el caso concreto de las prensas giratorias, deben estar provistas de un dispositivo de pulsación continua para efectuar el giro de la prensa.

Los modelos más avanzados existentes en el mercado incorporan terminales de programación que permiten la creación de bases de datos con decenas de referencias de los

parámetros de control de los muebles a prensar (memorización de las dimensiones X-Y, modo de apriete, modo de trabajo, tiempo de prensado, etc.). Además, algunas prensas incorporan la visualización de incidencias, gestión de alarmas, así como estadísticas de trabajo (contador de piezas, horas de funcionamiento, etc.).



Función y utilización

La prensa de platos permite obtener tableros rechapados mediante la aplicación de presión y calor sobre la pieza preencolada. Dependiendo del tamaño de la prensa y la tipología de la misma, se pueden realizar varios tableros a la vez.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en las prensas de platos:

- Diseño inadecuado del pedal.
- Inexistencia de elementos técnicos auxiliares para manipular cargas.
- Distinta distribución de los mandos en máquinas del mismo tipo.
- Falta de iluminación auxiliar regulable.

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 de platos calientes.

Pedal del equipo

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.

Elementos técnicos auxiliares para manipular cargas

En el mercado se pueden encontrar una serie de ayudas a la manipulación cuya función es facilitar determinadas tareas en la prensa. Estas son:



Figura 1. Mesa de rodillos (Fuente: March).



Figura 2. Platos dotados con rodillos (Fuente: March).

Ayudas para la preparación de paneles

Mesas de rodillos con discos de acero inoxidable para el transporte de los tableros encolados desde la encoladora a la mesa de entrada donde se componen los tableros. Algunos modelos disponen de ruedas para facilitar el desplazamiento hacia la mesa de entrada, y facilitar las tareas de limpieza y mantenimiento de la misma (Figura 1).

Ayudas para la alimentación de los platos

Una posible mejora consiste en la incorporación de rodillos de acero en el lado de carga de los platos para facilitar la introducción de piezas (Figura 2).



Figura 3. Mesa flotante instalada en una prensa de chapado (Fuente: Aigner).



Figura 4. Mesa de entrada a prensa (Fuente: March).

Mesas flotantes

También es posible ampliar la superficie de apoyo en la máquina mediante la instalación de mesas flotantes, se trata de un sistema que no necesita apoyo. Existen diversos formatos en función de las necesidades (Figura 3).

Mesa de entrada a prensa

Se trata de mesas provistas de una banda de arrastre sobre la que se preparan los tableros para ser introducidos más tarde en la prensa. Algunas incorporan soportes elevados para el

alojamiento de las chapas a prensar con ruedas para su fácil manejo (Figura 4).

El accionamiento de la banda se realiza mediante un moto-reductor de potencia adecuada al peso que debemos arrastrar. El manejo de la banda de arrastre se realiza mediante dos pedales dispuestos en el entorno de trabajo del operador. Una fotocélula eléctrica se encarga de que los tableros se sitúen adecuadamente para ser introducidos en la prensa.



Figura 5. Mesa de salida de prensa (Fuente: March).

Mesa de salida de prensa

Se trata de mesas provistas de bandas de arrastre, o una banda ancha, cuya misión es la evacuación de los tableros que salen de la prensa acabados. Puede incorporar un mecanismo de apilado para la formación de la pila de tableros al final de la misma (Figura 5).

Sistema de alimentación y retirada automático

Una alternativa frente a la alimentación manual directamente a los platos, es la integración en el proceso de un sistema de alimentación y retirada automático (Figura 6).

Panel de mandos

La disposición de un panel de mandos abatible puede mejorar la visibilidad y accesibilidad de los mismos, ya que permite al operario regular este a la posición que le resulte más ventajosa.



Iluminación

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.

Verificador de tableros

Se trata de un transfer de rodillos que incorpora un dispositivo de elevación de los tableros para poderlos observar en su cara inferior de forma que podemos tener un control de calidad de los mismos. La elevación de los tableros se realiza mediante cilindros neumáticos por un periodo suficiente de tiempo para que el operario que ocupe el puesto de control de calidad pueda realizar su trabajo con comodidad. En la misma máquina también se incorpora un dispositivo de correas transversales entre los rodillos de arrastre para eliminar los posibles tableros defectuosos.

Figura 6. Sistemas automáticos de alimentación y retirada de piezas a la prensa (Fuentes: Simimpianti, Colombo R.).



Figura 7. Verificador de tableros (Fuente: March).



REGRESADORA

Función y utilización

La regresadora se emplea para alisar la madera dándole un espesor definido. La máquina se compone fundamentalmente de la mesa de cepillado y de un portaherramientas rotativo horizontal. La mesa se eleva o bascula, y la pieza pasa por debajo del portaherramienta, cepillando su superficie superior.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en las regresadoras:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de tronco, brazos, codo y muñecas.
- Posibilidad interpretación equívoca de la información visual.
- 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 regresadora.

Alturas de trabajo

Aunque la mesa de entrada es regulable en altura, al igual que en la cepilladora, esta regulación no se debe a aspectos ergonómicos sino que sirve para establecer la profundidad de pasada (espesor de madera quitada por la herramienta). El bastidor es fijo y la altura del árbol también, luego la altura de trabajo está determinada en gran medida por esta característica. Sin embargo, en la regresadora no se dan los mismos requisitos de aplicación de fuerza que en la cepilladora, ya que no hay que presionar la pieza contra

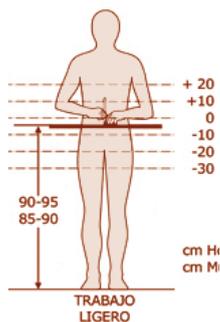


Figura 1. Altura de trabajo recomendada (Fuente: IBV).

la herramienta ni mantener el control. Además, el operario no tiene que controlar con su propio peso el retroceso o vuelco de la pieza.

Dados los requisitos del tipo de tarea a desarrollar en la regruesadora se recomienda que la altura del plano principal de trabajo se sitúe ligeramente por debajo de la altura de codo, alrededor de los **90 cm**.

Otro aspecto a considerar es el **ajuste de la altura de la mesa regruesadora**. Existen fundamentalmente tres posibilidades de ajuste que son: el ajuste manual mediante volante, el ajuste eléctrico y el que se realiza mediante programación. Estos dos últimos casos suelen ir acompañados de un indicador digital del valor de ajuste.

Posturas y movimientos

Posiciones de trabajo en la máquina: La regruesadora tiene dos posiciones de trabajo:

- la posición de trabajo principal, en el lado de entrada (visto desde el sentido del avance) y desde donde se alimenta la máquina.
- y la posición de salida, donde se sitúa el trabajador para recoger las piezas.

Se recomienda mejorar el movimiento de materiales dentro del puesto:

- El giro e inclinación de la espalda es un movimiento inestable, que hace que el trabajador invierta más tiempo y termine más fatigado que cuando hace el mismo trabajo sin inclinar o girar el tronco. Cambiar la colocación de los materiales o productos semiacabados de forma que, la tarea de manipulación se haga delante del trabajador, sin inclinación del cuerpo. Para ello, se debe evitar colocar materiales sobre el suelo usando estantes o plataformas de altura apropiada, modificar las alturas de



Figura 2. Rodillos de apoyo (Fuentes: Felder, Rojek).



Figura 3. Mesa flotante para regruesadora (Fuentes: Aigner, Felder).

trabajo, emplear medios mecánicos, etc.

- Es posible facilitar la alimentación con un **rodillo de apoyo** de piezas (Figura 2).
- Se puede emplear una **prolongación de mesa o mesa flotante** para piezas muy grandes o largas (Figura 3). Este tipo de soluciones permite extender la mesa de regrueso a la salida. De este modo, se puede ampliar el largo total de la superficie de apoyo dando mayor soporte a las piezas. Además, no necesita de apoyo en el suelo, y hay diversos formatos en función de las necesidades.
- Otra posibilidad consiste en colocar una **mesa elevadora** en el lado de salida para facilitar el trabajo sobre todo con piezas largas o pesadas (Figura 4).



Figura 4. Mesa elevadora de salida (Fuente: Felder).

- **Sistema de retorno de la salida:** Existen en el mercado soluciones para evitar que el trabajador



Figura 5. Sistemas de retorno de piezas (Fuente: Maquinaria La Fonteta, Empresa participante en el estudio campo).

tenga que situarse a la salida de la máquina. Se trata de sistemas de manutención automáticos que permiten el retorno de barras y tableros al operario, sin que este se mueva de la entrada de la máquina (Figura 5).

Dispositivos de información

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.

La localización habitual de los mandos principales de accionamiento (puesta en marcha y parada normal) es la parte superior del lado de carga. Se recomienda que los órganos de accionamiento estén al menos a 600 mm del suelo.

La presentación de la información al operador de la máquina puede mejorarse mediante la ubicación de los mandos y dispositivos de información en la parte superior de la misma en lugar de un lateral. Existen regruesadoras en el mercado que mejoran la visibilidad de los mandos y dispositivos de información al estar inclinada la superficie donde se encuentran ubicados (Figura 6).

- Visor digital electrónico de las medidas: Algunas máquinas en el mercado disponen, además, de visualización digital de parámetros con ajuste manual de precisión, lo que facilita la regulación exacta (Figura 7). La información y textos deberían estar en castellano.



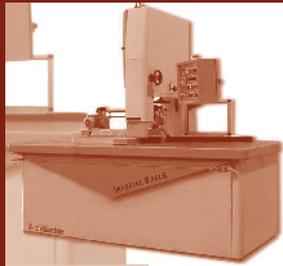
Figura 6. Mandos inclinados para mejorar la visibilidad (Fuente: Robland).

Iluminación

En esta máquina el trabajador puede tener que inspeccionar las piezas una vez acabadas, por lo que es importante que la zona de trabajo esté correctamente iluminada, debería de haber como mínimo 500 lux. Si la iluminación general no garantiza estos niveles, entonces se deberá plantear la posibilidad de instalar iluminación local regulable.



Figura 7. Visor digital (Fuente: Woodman).



SIERRA DE CINTA

Función y utilización

La sierra de cinta debe su nombre a su herramienta de corte, consistente en un fleje de acero en forma de hoja de sierra sin fin a manera de cinta, que se mueve sobre dos poleas o volantes dispuestos sobre el mismo plano vertical, uno encima de otro.

Las principales funciones de esta máquina son el tronzado de tablas brutas en sentido transversal, el corte longitudinal de madera para sacar listones, y corte de piezas con figura siguiendo una plantilla.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en las sierras de cinta:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, brazos, codo y muñecas.
- Necesidad de más información interfaz trabajador-máquina.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Distribución de los mandos inadecuada.
- Efecto estroboscópico.
- Falta de manual de instrucciones.
- 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 sierra de cinta.

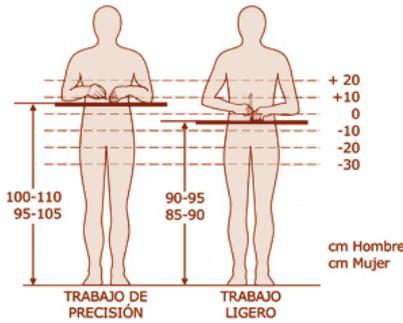


Figura 1. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).

Alturas de trabajo

La altura de trabajo recomendada depende del tipo de trabajo a realizar, por ejemplo, no se recomienda la misma altura para cortar piezas de peso y tamaño medio en recto que para cortar piezas pequeñas siguiendo una determinada figura.

Para tareas de precisión, sin peso, se recomienda una altura ligeramente por encima de la altura de codos, mientras que para tareas de manipulación de objetos no muy pesados, con un nivel medio de fuerza y precisión se recomienda una altura de trabajo ligeramente por debajo de la altura de codos de pie. Todo ello supone un rango de alturas de trabajo recomendable que podría oscilar entre los 90 y 105 cm (Figura 1).

Posturas y movimientos



Figura 2. Regla de corte paralelo (Fuente: Felder).

Existen una serie de dispositivos y accesorios en el mercado que pueden facilitar determinados tipos de trabajos en la sierra de cinta, como por ejemplo: reglas de corte paralelo, prolongaciones de bancada, círculos de fresado, rodillos, etc.

Mediante el empleo de **reglas de corte paralelo** se puede facilitar el corte longitudinal en esta máquina (Figura 2). Estas pueden posicionarse a izquierda y derecha del disco de sierra. Deben de poder deslizarse de forma fácil y precisa.

Las **prolongaciones de la bancada o mesa** pueden ser de gran ayuda durante el mecanizado de piezas largas así como para el trabajo de piezas grandes, ya que proporcionan una superficie de apoyo extra minimizando el esfuerzo que realiza el trabajador. Hay en el mercado dispositivos con sistemas de fijación rápida mediante carril, que no necesitan el empleo de herramientas (Figura 3).



Figura 3. Prolongaciones de bancada (Fuentes: Aigner, Felder).



del operario de la zona de peligro. Es común encontrar para el desarrollo de esta función listones de madera adaptados por el propio trabajador, sin embargo, se deben emplear empujadores que dispongan de mangos correctos. Algunos empujadores incorporan puntas de agarre que agarran la madera en varios puntos de la pieza para facilitar el empuje. (Figura 4)

Empujador. Este elemento permite realizar los finales de pasada con total seguridad alejando las manos



Figura 4. Empujador (Fuente: Aigner).

Operaciones de corte circular: Para operaciones de aserrado circular existen diversos dispositivos de ayuda (p.e. el **circulo de fresado**, el **segmentador**, etc.) que permiten realizar cortes en forma de arco y circunferencias con exactitud, sin tener que marcar. El **segmentador** es un complemento del circulo de fresado que permite serrar segmentos circulares. (Figura 5).

Rodillos. Los rodillos de guía facilitan la conducción precisa y segura de las piezas en la máquina, eliminando parte del esfuerzo que realiza el trabajador (Figura 6).

El avance de la pieza puede ser manual o automático. Existen alimentadores automáticos diseñados especialmente para este tipo de máquinas. Además, también se comercializan máquinas dotadas del **alimentador y otros dispositivos de ayuda al avance** de piezas en la sierra (Figura 7).



Figura 5. Circulo de fresado y segmentador (Fuentes: Aigner, Felder).



Figura 6. Serrado de una pieza con rodillos de guía (Fuentes: Aigner).

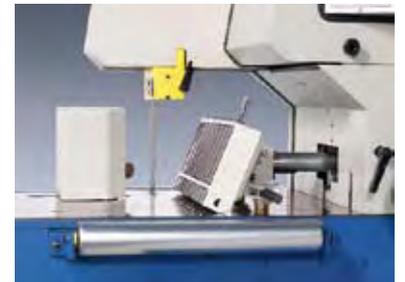


Figura 7. Alimentadores de piezas para sierra de cinta (Fuentes: Agazzani, Griggio, Weinig).



Figura 8. Diferentes configuraciones y ubicación de los mandos (Fuentes: Griggio, Agazzani, Veneta).

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.

La localización habitual de los dispositivos de información y mandos es a la izquierda de la sierra, en la zona o cuello del bastidor por donde circula la cinta entre el volante superior e inferior. Se recomienda que estén a una altura comprendida entre 600 mm y 1400 mm por encima del suelo. Lo habitual es que el panel sea fijo, aunque también hay sierras con paneles móviles y modelos más complejos que disponen de un pupitre de mando independiente (Figura 8).



Figura 9. Mejora de la visibilidad de los dispositivos de información y mando (Fuentes: Griggio, Meber, Agazzani).

Se pueden encontrar sierras que mejoran la visibilidad de la información, y la presentación de los mandos, al estar estos girados hacia el operario o entrada de la máquina (Figura 9).

Además, el hecho de que la botonera esté girada hacia el trabajador o zona de trabajo, puede suponer un ahorro de movimientos y una mejora de las posturas adoptadas por el operario.

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.

Iluminación y efecto estroboscópico



Figura 10. Lámpara para evitar el efecto estroboscópico (Fuente: Weinig).

La zona de trabajo debe estar correctamente iluminada, los niveles de iluminación deben estar comprendidos entre 200 y 500 lux, dependiendo de las exigencias del tipo de tarea a realizar. Si no se puede garantizar un nivel correcto de iluminación mediante la iluminación general, habría que dotar a la máquina de iluminación local auxiliar. Se recomienda el uso de lámparas fluorescentes adicionales dotadas de estabilizador electrónico que evita el efecto estroboscópico (Figura 10). También es posible proteger frente a este efecto de parada mediante sistemas de protección que cubran la herramienta si hay ausencia de pieza.

Formación

La sierra sólo podrá ser utilizada por personal formado y preparado para ello.

c. Otros aspectos ergonómicos



Figura 11. Sierras copiadoras (Fuente: Veneta).

Sierras de cinta copiadoras

Existen modelos de sierra que copian con plantilla, los hay con alimentación manual y automática de la pieza (Figura 11).

También hay sierras (centros de trabajo) con control numérico, dotadas de cargador automático y gestión totalmente automática de la operación de corte (Figura 12).



Figura 12. Centro de trabajo (Fuente: Veneta).



TALADRO OSCILANTE

Función y utilización

El taladro oscilante es una máquina que se emplea para el mecanizado de agujeros elípticos. Éste consta de un módulo de taladro con movimiento horizontal perpendicular al eje de taladrado. La pieza se sujeta mediante un pistón a la mesa, que es fija, durante el ciclo de mecanizado.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en el taladro oscilante:

- Espacio insuficiente para los brazos.
- Aberturas de acceso con dimensiones insuficientes.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, tronco, codos, muñecas y piernas.
- Esfuerzo incorrecto en el empuje-arrastre de partes móviles de las máquinas manuales durante la preparación de la máquina.
- 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.
- Situación de los mandos de uso frecuente fuera del alcance inmediato del operario.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Distribución de los mandos inadecuada.
- Nivel de iluminación inapropiado.
- Presencia de oscilaciones de luz y sombras.
- Efecto estroboscópico.
- Falta de iluminación auxiliar regulable.
- Obstaculización de la visión.

- Falta de manual de instrucciones.
- Falta de formación específica en el manejo de la máquina.

b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se hacen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo con el taladro oscilante.

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 aperturas de acceso suficientes para que el trabajador pueda acceder. Se recomienda consultar los apartados correspondientes de la guía.

Posturas y movimientos

Existen una serie de dispositivos y accesorios en el mercado que pueden facilitar determinados tipos de trabajos en el taladro oscilante, como por ejemplo: mesas flotantes o prolongaciones de bancada, guías de retención, topes, etc.



Figura 1. Prolongaciones y mesas flotantes (Fuentes: Aigner y Felder).



Las **prolongaciones de la bancada o mesas flotantes** pueden ser de gran ayuda durante el mecanizado de piezas de grandes dimensiones o largas, ya que proporcionan una superficie de apoyo extra minimizando el esfuerzo que realiza el trabajador (Figura 1).

Otro elemento auxiliar de gran ayuda son los **topes de longitud** con palancas de sujeción. Estos topes son especialmente útiles para trabajos de taladro en serie o trabajos de escopeado (Figura 1).

Los **topes de inglete o angulares** se montan sobre la mesa o bancada de la máquina mediante una palanca de sujeción; su montaje y reglaje debe ser fácil. Es especialmente útil que los topes dispongan de guía de retención para encontrar las posiciones más usadas son -45° , $-22,5^\circ$, 0° y $+22,5^\circ$ (Figura 2).



Figura 2. Tope angular (Fuente: Felder).

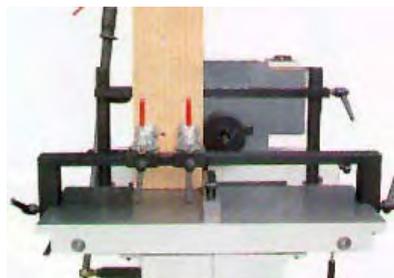


Figura 3. Guía puente para presión horizontal (Fuente: CMC).

Para tareas en las que se precisa fijar la pieza en posición vertical, existe accesorios que permiten fijarla presionando horizontalmente, en lugar de verticalmente contra la mesa (Figura 3).

Hay taladros dotados de **unidad suplementaria para trabajos de escopear**. Gracias a un portabrocas



Figura 4. Taladros con portabrocas especial (Fuente: Felder).



Figura 5. Guías de retención y mando a distancia (Fuente: Felder).

especial pueden realizar agujeros cuadrados o rectangulares sin ningún problema, no haciendo falta redondear la espiga porque se puede escoplear de manera “angular”. Así, se puede evitar trabajos manuales que requieren mucho tiempo (Figura 4).

Existen máquinas que disponen de dispositivos de mando a distancia para el manejo de las guías de retención posicionado ergonómicamente en la palanca de mando (Figura 5).

Taladro oscilante de doble mesa. El hecho de que las mesas estén dotadas de movimientos independientes permite mejorar la eficacia. Ya que si las mesas trabajan en ciclos alternos, el operario puede cargar una de las mesas mientras una pieza se está taladrando en la otra mesa. En el mercado hay modelos que disponen de esta opción (Figura 6).

Las **taladradoras múltiples**, más complejas, puede realizar simultáneamente varias ranuras de diferentes longitudes e inclinaciones en un mismo ciclo de máquina. Este tipo de máquinas, gracias a sus diversas regulaciones, son adecuadas para mecanizar patas de sillas y otras piezas de características similares (Figura 7).



Figura 6. Taladro oscilante dotado de mesas independientes (Fuente: Balestrini).

Esfuerzo físico

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 (Figura 8), aunque es deseable emplear la aspiración evitando el soplado.



Figura 7. Taladro múltiple (Fuente: Balestrini).

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 1). 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.



Figura 8. Taladro oscilante dotado de panel de control centralizado (Fuente: Linnerman).

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.**

En el caso de las máquinas de doble mesa el panel de control centralizado facilita el trabajo independiente con una, otra mesa o ambas a la vez (Figura 8).

Los indicadores y dispositivos de información, en el caso de existir, deben ser visibles por el operador desde las diferentes posiciones habituales de trabajo.

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.

Iluminación y efecto estroboscópico

La zona de trabajo debe estar correctamente iluminada, el nivel de iluminación debe ser de 500 lux. La zona de trabajo debe estar correctamente iluminada, evitándose además oscilaciones de luz y sombras moletas sobre las superficies de trabajo. La presencia de oscilaciones de luz puede ser debido a los cambios en la intensidad y flujo de la luz proveniente del exterior o, bien, a la falta de uniformidad de la iluminación artificial. La presencia de sombras duras en la superficie de trabajo puede ser la causa de una mala calidad en el trabajo, baja productividad, esfuerzo visual, fatiga y accidentes. También es importante la supresión de la luz oscilante; esta iluminación es molesta para todos y causa fatiga en los ojos.

Entre otras medidas, encaminadas a solucionar este tipo de problemas, se recomienda:

- Eliminar luminarias aisladas muy brillantes, dado que dificultan la homogeneidad y son antieconómicas.
- Instalar 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.
- 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.
- Instalar sistemas que permitan regular el flujo de entrada de luz proveniente del exterior (cortinas, persianas, etc.)
- 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.

Si no se puede garantizar un nivel correcto de iluminación mediante la iluminación general, habría que dotar a la máquina de iluminación local auxiliar.

Se recomienda el uso de lámparas fluorescentes adicionales dotadas de estabilizador electrónico que evita el efecto estroboscópico (Figura 9). También es posible proteger frente a este efecto de parada mediante sistemas de protección que cubran la herramienta si hay ausencia de pieza.

Formación

La sierra sólo podrá ser utilizada por personal formado y preparado para ello.



Figura 9. Lámpara para evitar el efecto estroboscópico (Fuente: Weinig).



Función y utilización

La principal función de esta máquina es el tronzado de tablones de tronco brutos (o canteados) en sentido transversal.

a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en la tronzadora:

- Diseño inadecuado del pedal.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, tronco, brazos, codo y muñecas.
- Se manipulan cargas por encima del peso máximo recomendado.
- Inexistencia de elementos técnicos auxiliares para manipular cargas.
- Transportes manuales.
- Esfuerzo incorrecto en el empuje-arrastre de partes móviles de las máquinas manuales.
- Inexistencia de medios mecánicos auxiliares para aplicación de fuerzas.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Presencia de oscilaciones de luz.
- Falta de manual de instrucciones.
- Falta de formación específica en el manejo de la máquina.
- En el trabajo en equipo no hay una correcta distribución de la carga de trabajo.

b. Propuestas de mejora ergonómica

Seguidamente, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la tronzadora.

Pedal del equipo

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.

Posturas y movimientos

El grado de mecanización del puesto de tronzado tiene una gran influencia en el trabajo que tiene que realizar el operario. Los centros de tronzado automáticos son los que menor intervención manual del operario requieren, ya que empujan y posicionan los paquetes de tablones 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, etc.

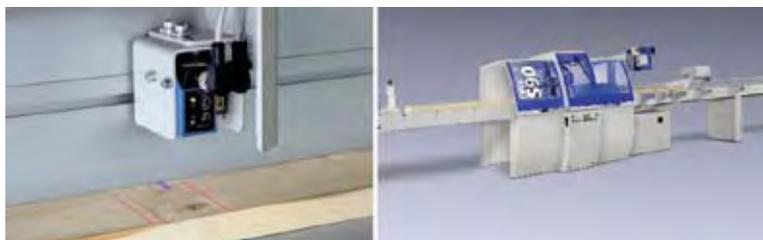


Figura 1. Tronzadora con detección automática de defectos (Fuente: Weinig).

Existen tronzadoras que incorporan sistemas para detectar y eliminar por sí solas defectos en la madera (nudos, grietas, etc.) garantizando un mínimo de desperdicios (Figura 1). Y capaces de clasificar hasta 4 calidades.

Manipulación de cargas

Durante la carga y descarga de los tablones en la máquina se debe evitar manipular piezas por encima del peso límite recomendado, y en el caso de esta manipulación sea inevitable se deberán de emplear medios auxiliares de manutención. En cada caso particular, y siempre que los pesos o condiciones de manipulación sean desfavorables se debería realizar una evaluación del levantamiento.

Es recomendable implantar algún tipo de ayuda a la manipulación cuando los pesos superen los límites recomendados por la Guía de Cargas del INSHT. Como por ejemplo, sistemas de transporte en continuo o manipuladores por vacío para el movimiento de los tablones (Figura 2).

Se han desarrollado **sistemas de alimentación** capaces de medir los tablones, previo a la alimentación de la sierra. Los tablones son medidos durante su paso por el dispositivo de alimentación, y en función del resultado de la medición, es decir según la anchura y el grado de curvatura calcula la combinación de medidas que da el resultado óptimo. Las cadenas transversales y una cadena de alimentación montada por arriba transportan el tablón hacia la sierra garantizando la alimentación precisa (Figura 3).



Figura 2. Manipuladores de tablones (Fuentes: Sermasa-Schmalz, Man Industrias Teixido).



Figura 3. Sistema de medición y alimentación automático (Fuente: RaiMech).

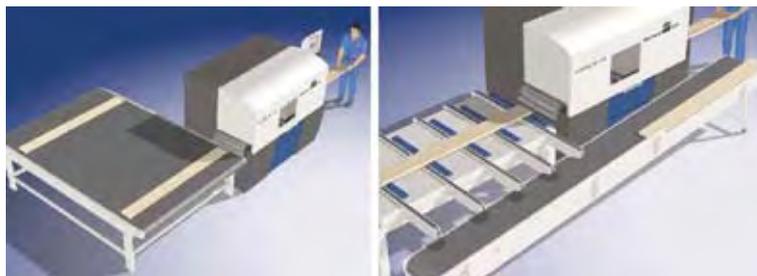


Figura 4. Sistemas de salida (Fuente: RaiMech).

Sistemas de retirada: A la salida de la sierra se pueden instalar cintas transportadoras clasificadoras, transportadores transversales y/o sistemas de retorno que devuelvan las piezas a la entrada (Figura 4).

Otro accesorio, especialmente útil para determinados formatos, es el apilador automático (Figura 5).

Puede ser recomendable en determinadas circunstancias, a fin de evitar manipulaciones y transportes intermedios, unir mediante un sistema de transporte, la sierra tronczadora con una sierra múltiple.



Figura 5. Apiladora (Fuente: Weinig).

Esfuerzo físico

La automatización del proceso, o de partes del proceso, disminuye la carga física y puede eliminar sobreesfuerzos en el trabajo. En el caso del empuje y arrastre de los tablones se puede optar por soluciones como las comentadas en el punto anterior de esta ficha, consisten en la implantación de elementos técnicos para el manejo de cargas.



Figura 6. Combinación de sierras y sistemas de transporte de material (Fuente: Weinig).

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. Las tronczadoras accionadas manualmente pueden ser accionadas mediante pedal (consultar primer punto de esta ficha) o bien con doble mando (Figura 7).



Figura 7. Tronzadora con doble mando manual (Fuente: Weinig).

Oscilaciones de luz

La presencia de oscilaciones de luz puede ser debido a los cambios en la intensidad y flujo de la luz proveniente del exterior o, bien, a la falta de uniformidad de la iluminación artificial.

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. También es importante la supresión de la luz oscilante; esta iluminación es molesta para todos y causa fatiga en los ojos.

El primer problema puede subsanarse empleando sistemas que permitan regular el flujo de entrada de luz proveniente del exterior (cortinas, persianas, etc.) así como combinando la iluminación natural y artificial. Mientras que los posibles problemas debidos a las oscilaciones o parpadeos de la iluminación artificial pueden solucionarse adoptando alguna de las siguientes medidas:

- Empleo de un montaje compensado mediante la conexión de las fuentes de luz a las tres fases de la red eléctrica.
- Utilización de balastos electrónicos para las luminarias.
- Alimentación de las lámparas con corriente continúa.
- Etc.

Trabajo en equipo

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.

Formación

La tronzadora sólo podrá ser utilizada por personal formado y preparado para ello.



TUPÍ

Función y utilización

La tupí se utiliza para la modificación de perfiles de piezas de madera, para la creación de molduras, ranuras, galces, etc.

La tupí de alimentación manual, está provista de un husillo vertical monobloque o fijo desmontable, cuya posición es fija durante la ejecución de la tarea, y de una mesa horizontal en la que todos los elementos están fijos durante su funcionamiento.

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, tronco y muñecas.
- Detección y/o identificación inadecuada de la información visual.
- Posibilidad interpretación equívoca de la información visual.
- Ritmo y sentido de las variaciones de la información incompatibles con las fuentes que las originan.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- 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 tupí.



Figura 1. Prolongaciones de la bancada (Fuente: Aigner, Rojek).



Figura 2. Carriles de fijación (Fuente: Aigner).



Figura 3. Alimentador para tupí (Fuentes: Casadei, Aigner).



Figura 4. Topes transversales para tupí (Fuente: Aigner).



Posturas y movimientos

Existen el mercado una serie de **accesorios y dispositivos dirigidos a la mejora de las condiciones de trabajo en determinados tipos de tarea o circunstancias.**

- **Prolongaciones y extensiones de la bancada.** Las **prolongaciones** pueden ser de gran ayuda durante el mecanizado de piezas largas así como para el trabajo de piezas grandes, ya que proporcionan una superficie de apoyo extra minimizando el esfuerzo que realiza el trabajador (Figura 1).

Sin embargo, hay que tener en cuenta que estas prolongaciones no deben llevar asociada la adopción de posturas forzadas debido

a que alejan la zona de trabajo. Por lo que se recomienda que estas sean fácilmente montables y desmontables, para evitar que no se empleen, o bien, se dejen montadas cuando no sean necesarias.

Hoy en día, en el mercado se comercializan sistemas específicos para la tupí que permiten montar tanto dispositivos de trabajo, como otros dispositivos de seguridad, de forma continua y sin herramientas. Un ejemplo de ello son los carriles de fijación V de la compañía Aigner (Figura 2).

- **Alimentador.** En trabajos estándar o con guía en la tupí se puede emplear el alimentador automático. Existen diferentes suministradores de estos dispositivos que ofrecen una amplia gama de productos. Los carros de alimentación deben cumplir con la normativa (el paro de la máquina y del alimentador, modo de parada independiente, etc.). La norma **UNE EN 848-1** asimismo exige que el alimentador sea abatible, de manera que se pueda desplazar de su posición de trabajo sin necesidad de utilizar una llave o un dispositivo similar, dejando totalmente libre la mesa de la tupí (Figura 3).

- **Tope transversal.** El accesorio, denominado tope transversal, facilita el fresado exacto impidiendo el retroceso de la pieza a la entrada. Con el objeto de favorecer su uso, éste puede ser depositado a mano mediante unos colgadores que facilita el fabricante próximo al área de trabajo. Se pueden encontrar diferentes modelos y sistemas en el mercado, que se ajustan a diferentes demandas (Figura 4).

- **Guías.** Se trata de dispositivos versátiles que facilitan y guían de forma segura las piezas durante su mecanizado, como por ejemplo el dispositivo denominado Centrex comercializado por Aigner (Figura 5).



Figura 5. Fresado de una pieza en posición vertical (Fuente: Aigner).



Figura 6. Fresa maestra de círculos y círculo de fresado (Fuente: Aigner).

- **Fresa maestra de círculos:** Para el fresado seguro, exacto y económico de piezas curvadas y anulares existen en el mercado soluciones como las que presenta la empresa Aigner. Este dispositivo de seguridad y trabajo permite el fresado rápido y seguro de piezas, también con alimentador. La fresa maestra de círculos se monta y ajusta rápidamente y sin herramienta en cualquier tupí; permitiendo el fresado con giro a derecha e izquierda. Se pueden acoplar a este dispositivo guías y carriles de soporte para la conducción y manipulación de la pieza de forma segura (Figura 6).
- **Dispositivos para el fresado circular.** Para facilitar el fresado de arcos y circunferencias con exactitud, y sin marcar, hay dispositivos de ayuda como el círculo de fresado (Figura 6).
- **Dispositivos de sujeción:** La mecanización de piezas de pequeñas dimensiones presenta una mayor dificultad tanto en la sujeción como en la correcta conducción de las mismas. Los dispositivos o plantillas de sujeción facilitan el fresado de piezas cortas de forma segura, ya que las piezas son amordazadas a estos mediante palancas de sujeción y mordazas. Además, existen dispositivos especialmente diseñados para el perfilado de piezas por el lado transversal (Contermax de Aigner). Es aconsejable que estén fabricados en materiales ligeros, como por ejemplo el aluminio. Además, las asas largas facilitan la sujeción, y los sistemas de fijación de la pieza deben ser rápido y seguros (Figura 7).



Figura 7. Dispositivos de sujeción de la pieza (Fuente: Aigner).

Estos dispositivos tienen aplicación en diversos trabajos en la tupí, como por ejemplo la conducción de piezas cortas en el fresado, o el perfilado de piezas estrechas por el lado transversal (Figura 8).

- **Empujador:** permite realizar los finales de pasada con total seguridad alejando las manos del operario de la zona de peligro. Se han estudiado varias empuñaduras ergonómicas sumamente prácticas y adaptables a cualquier trabajo. Sin embargo, es común encontrar para el desarrollo de esta función listones de madera adaptados por



Figura 8. Ejemplos de aplicación de los dispositivos de sujeción (Fuente: Aigner).



Figura 9. Empujador (Fuente: Aigner).

el propio trabajador. Se pueden encontrar empujadores con mangos ergonómicos. Algunos incorporan puntas de agarre que agarran la madera en varios puntos de la pieza (desde arriba y desde el lateral) para facilitar el empuje (Figura 9).

- **Carro desplazable, mesa de avance y bastidor de apoyo:** Este tipo de accesorios permiten una conducción de las piezas guiada y apoyada en todo momento (Figura 10).



Figura 10. Ejemplos de aplicación de los dispositivos de sujeción (Fuente: Rojek).



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. En el caso de que estén ubicados en la máquina, en la zona

delantera, deberán de estar situados entre 50 mm por debajo de la superficie de la mesa y 600 mm por encima del suelo.

Existen diversas configuraciones en lo que respecta a la ubicación del panel de control: en la bancada, sobre poste y articulado en altura o en la superficie (Figura 11).



Figura 11. Diferentes configuraciones de mandos en función de su ubicación (Fuentes: Griggio, Martin, Rojek)

Se están desarrollando nuevos modelos de máquinas dotadas de control elevado, montado sobre un brazo regulable. Algunas 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 (Figura 12).



Figura 12. Paneles de mandos con pantallas LCD (Fuentes: SCM, Martin).

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.

Se recomienda el uso de lámparas fluorescentes adicionales dotadas de estabilizador electrónico que evita el efecto estroboscópico (Figura 13). También es posible proteger frente a este efecto de parada mediante sistemas de protección que cubran la herramienta ante la ausencia de pieza.



Figura 13.
Lámpara para evitar el efecto estroboscópico (Fuente: Weinig).

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

Otros elementos auxiliares y complementarios

- Distanciador:** Se trata de un elemento que complementa al tope integral diseñado por la empresa Aigner, y que está ideado para piezas con tendencia volcar. Este se coloca a la altura deseada en una ranura del tope y permite ajustar la profundidad mediante un dedo distanciador, de manera que la pieza es mecanizada de forma más segura (Figura 14).
- Sistemas de presión, rodillos y patines:** Se trata de unos accesorios que facilitan la conducción precisa y segura de las piezas en la máquina, eliminando parte del esfuerzo que realiza el trabajador. A continuación se presentan algunos ejemplos de trabajos donde se aplican este tipo de soluciones (Figura 15 - Figura 19).



Figura 14.
Distanciador (Fuente: Aigner).



Figura 15. Fresado de un tablero vertical con rodillo y patín de presión (Fuente: Aigner).



Figura 16. Aplanado de una pieza pequeña con patín semicircular (Fuente: Aigner).



Figura 17. Fresado de un listón con patín oscilante y rodillo cuádruple (Fuente: Aigner).



Figura 18.
Fresado de una tabla fina con rodillos guía (Fuente: Aigner).



Figura 19. Conducción segura de una pieza curvada en el fresado con el rodillo individual (Fuente: Aigner).

- Contraguía:** este dispositivo permite el fresado de piezas a un espesor exacto. Además, existen modelos que disponen de un mecanismo de ajuste preciso con indicador digital.



Figura 20. Fresado de una pieza fina y estrecha en la regla adicional con placas de presión y patín oscilante (Fuente: Aigner).

Es indispensable en todos los trabajos de fresado en los que no se puede cubrir el espacio entre los semitopes, en especial con piezas finas y pequeñas (Figura 20).

Preparación y ajuste de la tupí

Tiempos de preparación: Existen diversas máquinas en el mercado con sistema de cambio rápido del eje. Esto puede ayudar a ahorrar tiempo en los cambios y preparación de la máquina. Algunos modelos comercializados (Figura 21) poseen un sistema electrónico de reconocimiento de las herramientas que se monta sobre la máquina que es capaz de reconocer las dimensiones de éstas y elegir los programas adecuados para la producción. Evitando errores de activación de la máquina en presencia de herramientas no adecuadas al tipo de producción.



Figura 21. Tupí dotada de sistema de reconocimiento

Herramientas para la medición y ajuste: El **distómetro** o calibrador de reglaje es un instrumento de medición y ajuste que permite la verificación del correcto reglaje de la fresa sin tener que realizar las llamadas “pasadas de prueba”, fuente de riesgo por diversos motivos. Pueden ser tanto analógicos como digitales. Existen hoy en día distómetros electrónicos dotados de microprocesador e indicador digital que ofrecen múltiples posibilidades. Los distómetros se pueden utilizar para la medición rápida y exacta de: la altura y profundidad de la herramienta, del espesor de las piezas, de la profundidad de ranuras y perfiles así como de galces en la pieza, etc. (Figura 22 - Figura 24).

- **Movimiento motorizado del eje.** Otro accesorio que puede añadirse en algunas máquinas es el movimiento motorizado del eje tupí (subida, bajada e inclinación en algunos casos) con visualizador digital.



Figura 22. Distómetro. Medición de un espesor directamente sobre la superficie de trabajo (Fuente: Aigner).

- **Inclinación del eje.** La inclinación del eje “hacia atrás” ofrece, según algunos fabricantes de maquinaria, una mayor comodidad de manejo así como una serie de ventajas (Figura 25):

- Mayor seguridad porque la pieza a trabajar está por encima de la herramienta en vez de estar por debajo.
- Uso ilimitado del alimentador porque el eje inclinado no entra en conflicto con él.
- La altura de la pieza no importa porque la inclinación hacia atrás no limita la altura.
- Acabado de fresado más preciso.
- Y mejor evacuación de las virutas.

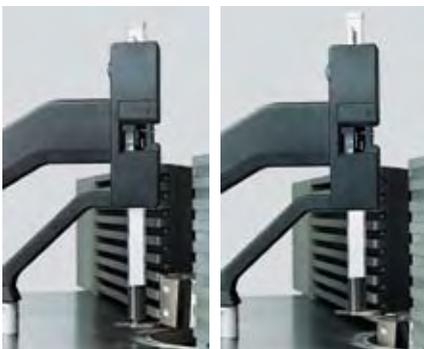


Figura 23. Medición del borde superior e inferior de la herramienta (tupí) mediante el distómetro (Fuente: Aigner).



Figura 24. Ajuste de la herramienta a la profundidad de fresado deseada (Fuente: Aigner).



Figura 25. Inclinación del eje “hacia atrás” (Fuente: Felder).



RECOMENDACIONES ERGONÓMICAS GENERALES PARA EL TRABAJO EN MÁQUINAS

En esta ficha final se recogen una serie de recomendaciones ergonómicas generales que no hacen referencia a las máquinas, sino a aspectos del puesto en el entorno inmediato de las mismas como son: la manipulación de materiales y piezas, el almacenamiento y los dispositivos de protección.

Al igual que la información contenida en las fichas anteriores estas recomendaciones están dirigidas a la mejora de las condiciones de trabajo del operador de la máquina.

Manipulación de materiales y piezas

Es importante minimizar la necesidad de mover cargas de forma manual, ya que no aporta nada y por contra presenta una serie de inconvenientes. El levantamiento, transporte y, en general, la manipulación manual de materiales pesados es una de las causas principales de accidentes y lesiones de espalda; y por otro lado, consume tiempo del trabajador.

La mejor forma de prevenir estos accidentes y lesiones es mejorar o eliminar el trabajo manual mediante el uso de ayudas mecánicas. Existen infinidad de dispositivos y equipos de ayuda a la manipulación que pueden evitar o minimizar la realización de esfuerzos en el manejo de material tanto dentro del puesto de trabajo como fuera de él. Lógicamente, estas ayudas deben ajustarse a los requisitos y necesidades del puesto así como a las restricciones existentes. Son por ejemplo: mesas elevadoras, carretillas elevadoras, vías de rodillos, transfers, volteadores, grúas, manipuladores por vacío o ingravidos, etc.

Se recomienda a nivel general:

- Cambiar la colocación de los materiales o productos semiacabados de forma que, la tarea de manipulación se haga delante del trabajador, sin inclinación del cuerpo. El giro e inclinación del tronco es un movimiento inestable, que hace que el trabajador invierta más tiempo y termine más fatigado que cuando hace el mismo trabajo sin inclinar o girar el tronco. Para ello se recomienda: modificar las alturas de trabajo, emplear medios mecánicos, etc.
- Organizar la tarea de transporte de forma que se haga con la mínima elevación y descenso de los objetos transportados. Por ejemplo: transportando materiales de trabajo desde una superficie de trabajo a otra de igual altura, o evitando colocar materiales sobre el suelo usando estantes o plataformas de altura apropiada.

- Minimizar la necesidad de mover materiales, mediante la mejora de la disposición del área de trabajo, por ejemplo disponiendo los materiales de acuerdo con la secuencia de trabajo realizada para permitir el movimiento fácil y eficiente de los mismos. Un modo de llevar a cabo esta tarea, es analizando y discutiendo con los trabajadores cómo se puede reducir la frecuencia y distancia de movimiento de los materiales. Disponer la situación de los puestos de trabajo, de modo que los materiales o productos que lleguen del puesto precedente puedan ir directamente a la siguiente área de trabajo.
- Siempre que se pueda, combinar las operaciones para reducir la necesidad de mover materiales entre operaciones. Por ejemplo, enlazando o combinando máquinas cuyas operaciones se realizan frecuentemente de forma consecutiva. Cuando dos procesos se realicen frecuentemente seguidos, poner los medios para que los elementos de trabajo puedan llegar desde un área a la siguiente para ser utilizados sin tener que recorrer una larga distancia.
- Emplear disposiciones flexibles que puedan adaptarse a los cambios de flujo de trabajo.
- Si no es posible reemplazar mediante el uso de dispositivos mecánicos la realización de tareas de manipulación manual de cargas, es mejor combinar el levantamiento de cargas pesadas con otras tareas más ligeras. La idea es evitar concentrar las tareas pesadas y desfavorables en unos pocos trabajadores. Combinando las tareas pesadas de levantamiento con tareas más ligeras, se reduce la fatiga, así como el riesgo de lesiones de espalda. Esto ayuda a aumentar el conjunto de la productividad del trabajador. Además, si los trabajadores están formados para realizar tareas múltiples, es mucho más fácil encontrar a un trabajador sustituto en caso de ausencia de otro trabajador por enfermedad o permiso. El alternar tareas es a menudo bastante menos cansado, y así se mejora la motivación y productividad del trabajador.
- Si fuera inevitable el levantamiento de una carga muy pesada de forma manual, intentar que la carga se reparta, haciendo que la lleven conjuntamente dos o más trabajadores.
- Proporcionar pausas suficientes para la recuperación de la fatiga y para una mejor productividad. Las tareas con demandas físicas importantes, como el levantamiento

de cargas pesadas, siempre requieren pausas frecuentes.

A continuación, se presentan una serie de **dispositivos de ayuda a la manipulación** que pueden facilitar las tareas de movimiento de materiales dentro del puesto.

- A un nivel básico, se pueden emplear **sistemas de ayuda no mecanizados** que pueden suponer una ayuda de cara a la elevación y transporte de diferentes formatos de

piezas. Como por ejemplo: transportadores y carros para planchas, rodadores de muebles, transportadores elevadores para cuerpos de muebles, portaplanchas, caballetes, etcétera (Figura 1).



Figura 1. Sistemas de ayuda no mecanizados (Fuente: Kaiser).

- Existen **carros especiales** dotados de sistemas que pueden favorecer el posicionamiento y manipulación de las piezas. Como por ejemplo:
 - **Carros con mesa elevadora.** Se trata de carros que incorporan una mesa elevadora en el propio equipo. Se pueden encontrar diferentes modelos, como el de elevación por pantógrafo, con doble pantógrafo, con fuelle, etc. También se pueden acoplar accesorios como las vías de rodillos, bolas, etc. Combinan la posibilidad de regulación en altura con su portabilidad, eliminando en algunos casos la doble manipulación del material al pasar éste del carro a una mesa elevadora. Además, este tipo de elementos permiten nivelar las alturas durante la carga y descarga, minimizando las posturas incómodas durante el levantamiento.
 - **Carros de transporte de tableros** (Figura 2). Se trata de un tipo de carro que permite el transporte de tableros desde una estantería de almacenaje vertical a una sierra horizontal o vertical, y viceversa. La parrilla puede ser elevada y bajada a diferentes alturas, y tiene integrado un dispositivo de basculación mecánico.
- Las **mesas elevadoras** permiten subir y bajar las cargas situándolas a la altura idónea sin necesidad de esfuerzo manual por parte de trabajador. Facilitando la ubicación de las piezas a la altura de trabajo de la máquina para su alimentación o retirada, y/o su manipulación a una altura adecuada. Existen multitud de modelos de mesas (tipos, tamaños, pesos máximos, etc.), además, también se presentan diferentes opciones de encimera: lisas, con rodillos, con bolas, con plataforma abatible, giratorias, etc. (Figura 3). Además, las mesas elevadoras pueden facilitar el apilado de piezas (Figura 4).



Figura 2. Carro de transporte de tableros (Fuente: Schmalz).



Figura 4. Mesas elevadoras para el apilado (Fuente: Ramarch).

Figura 3. Mesas elevadoras (Fuente: Kaiser Kraft, Ramarch).



- Estudiar la posibilidad de emplear unidades de almacenaje, o **acumuladores**, de las piezas en los puntos de entrada y salida. Estos sistemas evitan desplazamientos, y en el caso de piezas de peso bajo o moderado permiten su manipulación en bloque (Figura 5).



Figura 5. Sistemas de acumulación a la entrada y salida de máquinas (Fuente: Bottene).

- Existen diferentes **sistemas de transporte continuo** en el mercado (vías de rodillos, listones de rodillos, cintas transportadoras, vías de pantógrafo, toboganes, transfer, curvas, etc.) que permiten la alimentación, transporte y retirada de material en la propia máquina o entre máquinas, así como la realimentación de una misma



Figura 6. Sistemas de transporte continuo (Fuentes: Weinig, Renzo borgonovo, Ligmatech).



máquina, adaptándose a las características de la situación concreta. Este tipo de dispositivos reducen las distancias, o incluso eliminan los transportes manuales de materiales. La altura debería ser la apropiada para manipular el elemento de trabajo sin inclinar la parte superior del cuerpo (Figura 6).

- Además, de los sistemas de transporte y manipulación en continuo es posible emplear otro tipo de sistemas como son las grúas y los sistemas de manipulación por vacío. Este tipo de dispositivos eliminan la manipulación manual de cargas, ya que permiten manejar grandes cargas con pequeños esfuerzos. Además, permiten el giro y posicionamiento de los materiales (tableros, cajas de cartón cargadas, muebles montados, etc.) sin que el trabajador tenga que soportar el peso de las piezas. Se suelen montar sobre un pórtico o poste, y presentan la ventaja frente a los sistemas de transporte continuo que liberan el espacio en el área de trabajo, facilitando la movilidad de los trabajadores. En estos sistemas es necesario vigilar que el alcance al material sea adecuado, para evitar las posturas de flexión extrema de los brazos. Existen diferentes modelos en el mercado que se adaptan a diferentes situaciones.



Figura 7. Alimentador (Fuente: Maggi).

- El empuje y la tracción son menos agotadores y más seguros que el levantamiento y depósito de los materiales, especialmente el de los materiales pesados. Analizar el caso y poner los medios para alimentar y retirar horizontalmente los materiales pesados empujándolos o tirando de ellos, en lugar de levantarlos. Emplear alimentadores para manipular las piezas durante su mecanizado en la máquina cuando el tipo de trabajo lo permita (Figura 7).



Figura 8. Dispositivos volteadores (Fuentes: Ramarch, Osama, Biesse).

- Para girar piezas hay también diferentes tipos de **dispositivos de volteo** en el mercado. Estos permiten realizar diferentes tipos de giros (a 90°, 180°, etc.) con diferentes formatos de piezas (chapas, cuerpos de muebles, etc.) Estos puede resultar especialmente útiles en la realimentación de máquinas para su mecanización en varias caras o laterales, así como en la expedición de productos acabados (Figura 8).



Figura 9. Mesa de aire (Fuente: Iriarte).

- Un sistema muy extendido en las máquinas seccionadoras para el movimiento de tableros de gran formato, son los sistemas de **mesas de aire** que permiten una manipulación más fácil de los mismos. Existen fabricantes en el mercado que suministran mesas de aire (Figura 9).



Figura 10. Sistemas de carga-descarga (Fuente: Técnicos Granel, SCM, Biesse, Bottene).

- El grado de automatización de la manipulación de materiales puede ser tal que se elimine por completo la manipulación manual, de tal manera que las instalaciones para formar y transportar los materiales y productos sean automáticas. Es el caso de los **alimentadores-apiladores automáticos de puente y cargadores-descargadores**. Por ejemplo, los **sistemas de carga y descarga automáticos por ventosa** están especialmente indicados en la manipulación de piezas grandes (Figura 10). Este tipo de soluciones, aunque resultan desde un punto de vista ergonómico muy ventajosas, no siempre son viables.
- **Cargadores y descargadores de listones**. Existen dispositivos proyectados específicamente para la manipulación automática de varillas y listones mediante el uso de carros especiales para el almacenamiento, que permiten cargar y descargar en modo automático las piezas trabajadas por la máquina (Figura 11).



Figura 11. Apiladora y desapiladora de listones y varillas (Fuente: Renzo Borgonovo).

Por último, señalar que se pueden encontrar en el mercado una gran variedad de **dispositivos de ayuda a la manipulación** e incluso es posible el **desarrollo de soluciones a medida** en función de las necesidades específicas de la empresa.

Almacenamiento de materiales y piezas

En lo que respecta al almacenamiento de materiales, se recomienda:

- Proporcionar estanterías en las proximidades del área de trabajo para evitar que los materiales se depositen en el suelo o en las vías de circulación. Hay que procurar que el lugar de trabajo esté despejado, suficientemente iluminado y no resbale.
- Cuando tengan que moverse muchos objetos pequeños (herramientas, herrajes, tornillería, etc.), proporcionar el espacio adecuado para cada objeto, de forma que todos los objetos puedan colocarse ordenadamente en carros auxiliares, estanterías rodantes, o similar (Figura 12).



Figura 12. Carros y estanterías rodantes (Fuente: Kaiser Kraft).



Figura 13. Sistemas de almacenaje
(Fuente: SITI di Basso).

- Proporcionar contenedores para los desechos en el espacio de trabajo, estos ayudan a mantener el orden y limpieza y eviten accidentes.
- Cuando se usen muchos carros auxiliares similares, es conveniente normalizarlos. De igual modo, cuando se usen muchos pallets o contenedores para los objetos de trabajo, normalícelos también de forma que puedan colocarse fácilmente en un carro auxiliar o en una carretilla.
- Se debe llevar a cabo un correcto mantenimiento de las ruedas o rodillos porque hace más fácil el empuje y la tracción.
- Habitualmente hay un gran número de objetos que necesitan ser transportados a otros puestos de trabajo o a las áreas de almacenamiento. Si los objetos se colocan en carros auxiliares y estos son llevados hasta el siguiente lugar, se pueden evitar muchos viajes innecesarios.
- Al objeto de optimizar el movimiento de materiales y productos ya acabados y ensamblados, plantear la posibilidad de implantar almacenes motorizados con rodillos o cintas (Figura 13).

Dispositivos de protección

En general, todos los dispositivos de protección y sistemas de ayuda al trabajo deben reunir una serie de condiciones que favorezcan su uso y garanticen la seguridad del trabajador:

- Se tienen que montar y ajustar de forma fácil y rápida (preferiblemente sin necesidad de herramientas).
- No deben requerir esfuerzo.
- Han de garantizar, siempre que sea posible, una buena visión del trabajo que se realiza.
- Facilitar los cambios de herramienta, por ejemplo permitiendo ser abatidos o retirados de forma rápida.
- Y por supuesto, deben ser sólidos y garantizar su función.

Existe multitud de accesorios (soportes, caballetes, patines, prensas, rodillos, etc.) que han sido diseñadas para facilitar la ejecución de operaciones concretas sobre piezas, siempre teniendo en cuenta como premisa fundamental la seguridad del trabajador.

Como se ha visto en la fichas anteriores también se han desarrollado muchos tipos de accesorios y dispositivos, no solo destinados al incremento de la seguridad en estas máquinas, sino también a facilitar cierto tipo de trabajos en las mismas.