

Capítulo 2

Antecedentes

2.1 Máquina manual

La máquina manual utilizada actualmente puede subdividirse en tres partes principales, estas son:

- Carrete para alimentar el alambión.
- Mesa de enderezado y corte.
- Sistema de doblez.

A continuación se describirán las características y el funcionamiento de cada uno de estos componentes o subsistemas.

Carrete para alimentar el alambión

Consiste en una estructura capaz de soportar el alambión y girar con él mientras es alimentado a las secciones siguientes de la máquina.



Figura 2.1 Carrete.

Mesa de enderezado y corte

Esta mesa consta de un sistema de doce poleas para el enderezado del alambión, una manivela para alimentar el alambión y una chuchilla para realizar el corte.

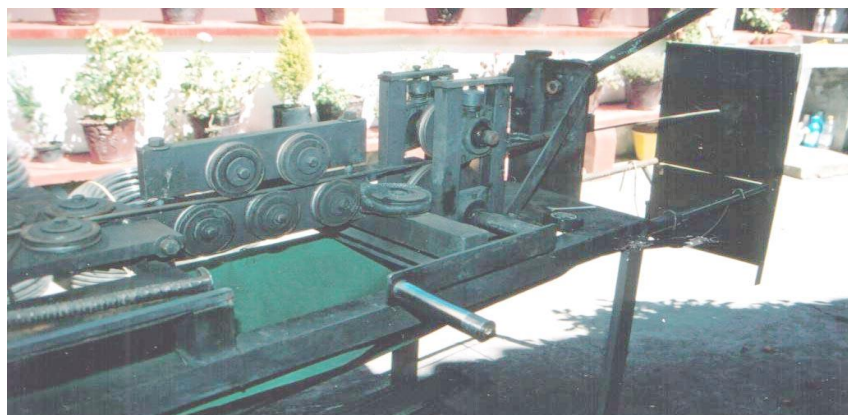


Figura 2.2 Sección de enderezado.

Para cortar el alambión es necesario accionar una palanca que mueve la cuchilla de corte.



Figura 2.3 Sección de corte.

Sistema de doblez

El doblez se realiza en una máquina independiente a donde son trasladadas las piezas de alambión cortadas previamente. Para efectuar la operación de doblado es necesario accionar una palanca que dobla el alambión.



Figura 2.4 Sistema de doblez.

2.2 Uso y características de los anillos de alambión

Definición de alambión

El alambión es un producto de sección circular laminado en caliente, apto para transformarse en alambre mediante el proceso de trefilación o laminación en frío. Está compuesto principalmente de acero al carbono. [www.saapsa.com.mx/normas.php?menu=B_365] Dicho acero es considerado de bajo carbono por tener una composición menor al 0.25%. [www.acerosnet.com.ar/Info%20tecnica.htm]

El alambión utilizado para la realización de estos estribos tiene un diámetro de $\frac{1}{4}$ de pulgada, esto es 0.635[cm].

Uso

Los anillos o estribos de alambión son utilizados principalmente como refuerzos en el armado de obra civil. [http://www.mallacentro.com.mx/estribo_alambron.html]

Anillo

La Figura 2.5 muestra un anillo, cuyas características geométricas pueden ser principalmente de forma cuadrada, rectangular o triangular, están hechos de un material elástico, habilitado y armado en alambión de $\frac{1}{4}$ " (un cuarto de pulgada de diámetro), cerrados completamente y se colocan en forma perpendicular al eje del elemento estructural.

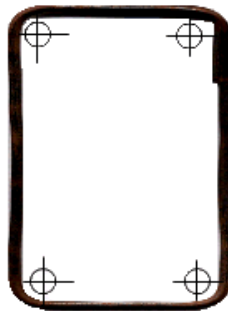


Figura 2.5 Estribo de alambión.

[<http://www.cmic.org/boletin/15jul04/disenostribos/index.htm>]

La presencia de estribos colocados en un elemento estructural (vigas, trabes, columnas) a lo largo del eje de las piezas, restringe el crecimiento de grietas inclinadas a 45° producidas por esfuerzos.

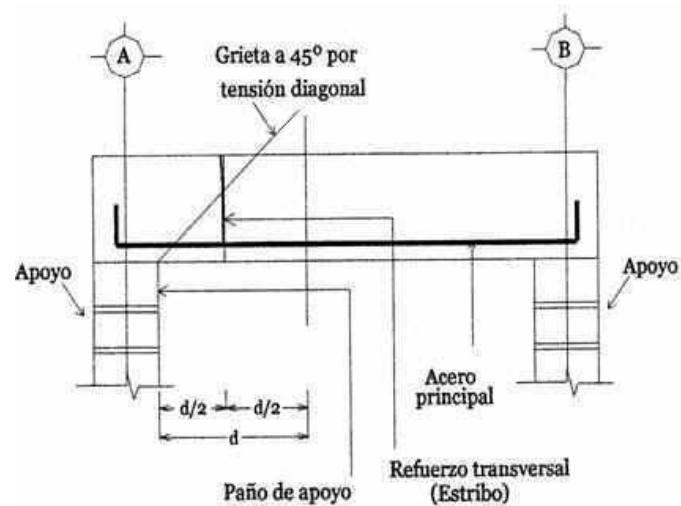


Figura 2.6 Elemento estructural. Se muestra el estribo como refuerzo transversal.
[\[http://www.cmic.org/boletin/15jul04/disenioEstribos/index.htm\]](http://www.cmic.org/boletin/15jul04/disenioEstribos/index.htm)

2.3 Análisis del problema

Cálculo de fuerzas

Los datos utilizados para realizar los cálculos de la fuerza necesaria para alimentar, doblar y cortar el alambón en la máquina manual, fueron datos obtenidos mediante medición directa del proceso manual, según consta en las imágenes mostradas a continuación. Las fuerzas determinadas experimentalmente fueron de 15 [kg_f] para la alimentación del alambón, 50 [kg_f] para el corte y 15 [kg_f] para realizar el doblar del alambón.

Fuerza necesaria para la alimentación del alambón

Para alimentar el alambón se utiliza un sistema de poleas, el cual es impulsado por una manivela, esto es posible observarlo en la Figura 2.7.

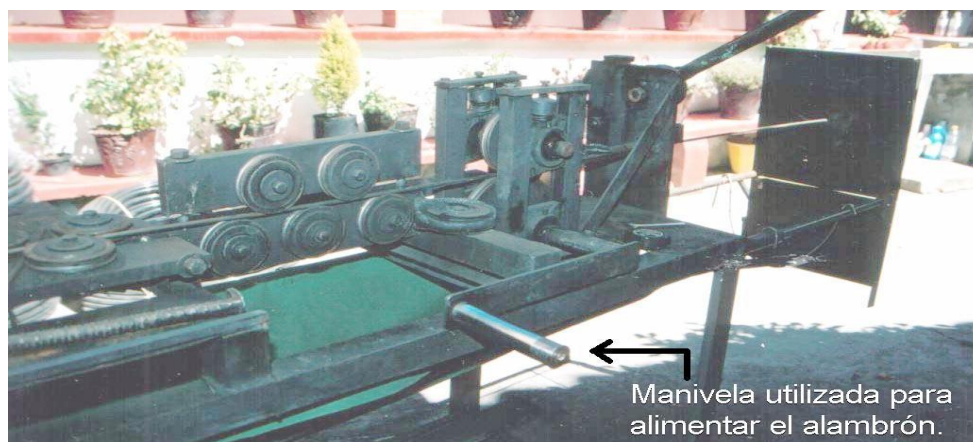


Figura 2.7 Máquina manual utilizada para la alimentación y corte del alambón.

La manivela tiene una longitud de 33 [cm]. Esta longitud se ilustra en la Figura 2.8 y en la Figura 2.9.

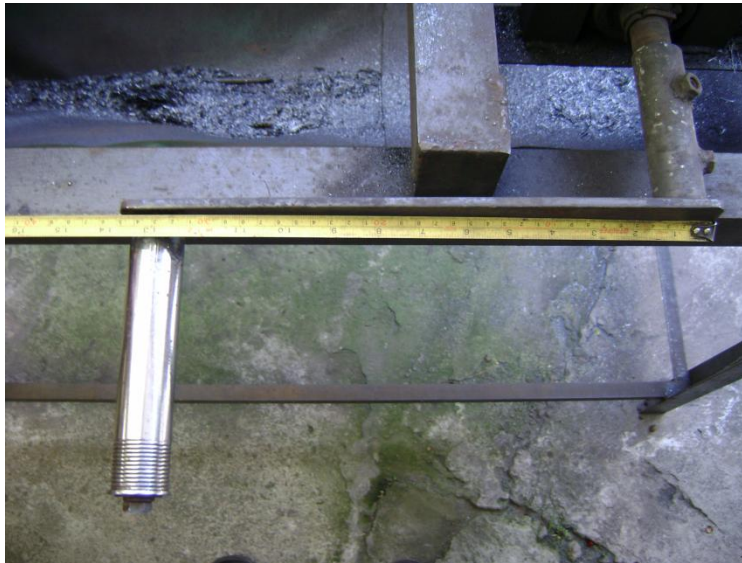


Figura 2.8 Longitud de la manivela.



Figura 2.9 Longitud de la manivela (Acercamiento).

Se sabe que el par se calcula de la siguiente manera:

$$T = F \times r \dots\dots\dots \text{"Ecuación 2.1"}$$

Donde:

T = par [N m].

F = fuerza [N].

r = brazo de palanca [m].

La fuerza aplicada a la manivela para hacer avanzar el alambrcn es de 15 [kg_f], se sabe que 1[kg_f]=9.81 [N] por lo que:

$$15[kg_f] = 15[kg_f] \frac{9.81 [N]}{1[kg_f]} = 147.15[N]$$

Además se conoce el brazo de palanca, el cual es igual a la longitud de la manivela, es decir 33 [cm] ó 0.33 [m], por lo cual el cálculo del par queda de la siguiente manera:

$$T = 147.15[N] \times 0.33[m] = 48.6 [N \cdot m]$$

Es común encontrar el par en libras-pulgada, por lo que se realizará la conversión.

Puesto que 1 [kg]=2.20 [lb] entonces:

$$15[kg_f] = 15[kg_f] \frac{2.20 [lb]}{1[kg_f]} = 33[lb_f]$$

Y como se observa en la Figura 2.9 la distancia es de 13 [in] entonces se tiene que el par requerido es de $T = 33[lb_f] \times 13[in] = 429[lb \cdot in]$

Fuerza necesaria para el corte del alambón

El corte en la máquina manual es efectuado mediante una cuchilla empujada por una leva, que a su vez es accionada por una palanca, como se muestra en la Figura 2.10 y en la Figura 2.11.

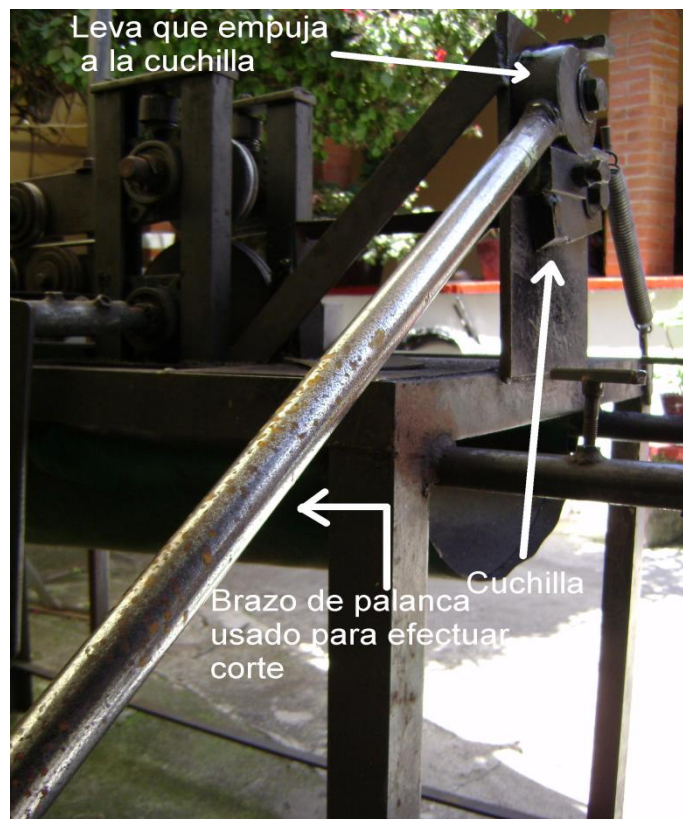


Figura 2.10 Sistema de corte.

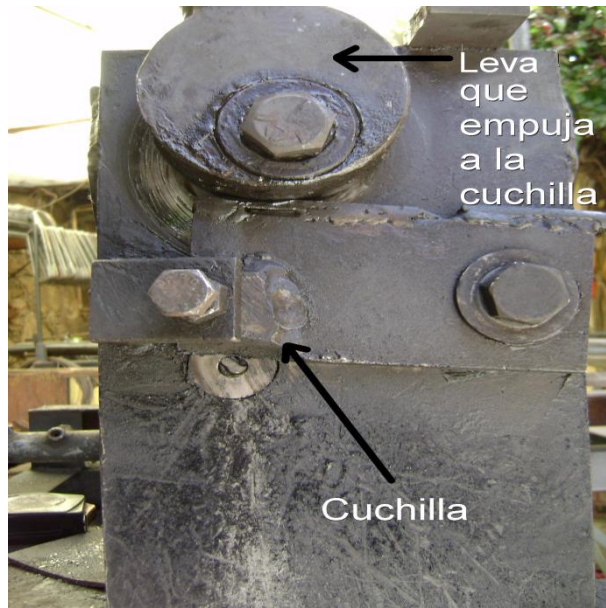


Figura 2.11 Sistema de corte visto de frente.

Es posible observar en la Figura 2.12, que el brazo de palanca tiene una longitud de 78.6 [cm]



Figura 2.12 Longitud del brazo de palanca.

Ya que la fuerza no es exactamente aplicada en la parte final de dicha palanca, se considera la reducción de esta longitud en 5 [cm] que aproximadamente es el punto en el cual la mano ejercería la fuerza antes mencionada sobre la palanca. Con la condición anterior se tiene una distancia de 73.6 [cm]

Es posible observar en la Figura 2.13 que la leva utilizada para empujar la cuchilla tiene un diámetro de 9.5 [cm] y por lo tanto un radio de 4.75 [cm]



Figura 2.13 Medición del diámetro de la leva que empuja la cuchilla.

Se sabe que la fuerza aplicada al brazo de palanca es de 50 [kg_f] la Figura 2.14 ilustra la interacción de fuerzas en el proceso de corte.

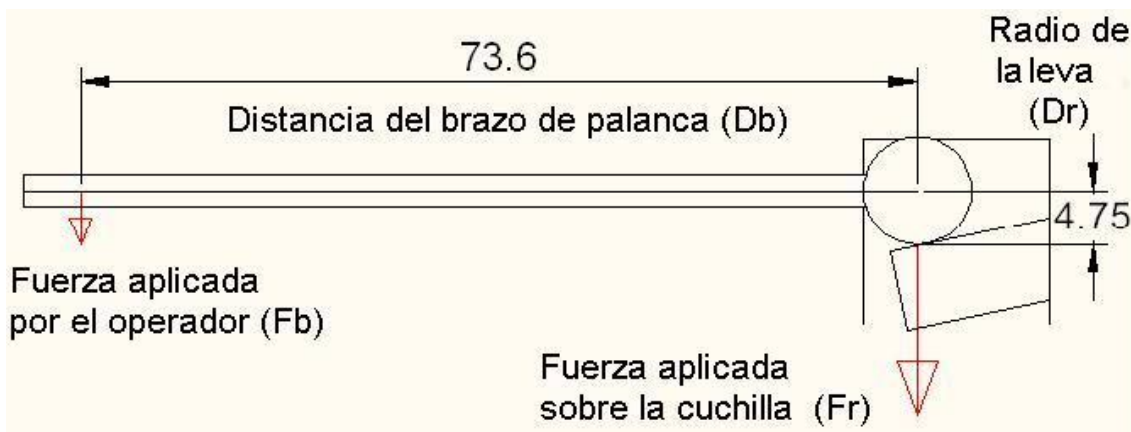


Figura 2.14 Diagrama de fuerzas para palanca de corte.

Igualando momentos se tiene que:

$$F_b [kg_f] \times D_b [m] = F_r [kg_f] \times D_r [m] \dots \dots \dots \text{"Ecuación 2.2"}$$

Donde:

F_b: Es la fuerza aplicada al brazo de palanca [kg_f].

D_b: Es la distancia del brazo de palanca [m].

F_r: Es la fuerza que se ejerce sobre la cuchilla [kg_f].

D_r: Es la distancia que corresponde al radio la leva que empuja la cuchilla [m].

Despejando F_r [kg_f] para obtener la fuerza directa que se ejerce sobre la cuchilla.

$$F_r [kg_f] = \frac{F_b [kg_f] \times D_b [m]}{D_r [m]}$$

$$F_r [kg_f] = \frac{50 [kg_f] \times 0.736 [m]}{0.0475 [m]} = 774.7 [kg_f]$$

Convirtiendo a Newtons. Sabiendo que $1 [kg_f] = 9.81 [N]$

$$F_r = 7600 [N]$$

La cual es la fuerza ejercida directamente sobre la cuchilla para realizar el corte.

Fuerza necesaria para el doblado del alambroón

La máquina que realiza la operación de doblado utiliza un mecanismo similar al que realiza el corte, una pequeña leva que actúa directamente sobre el alambroón cuando se mueve una palanca.

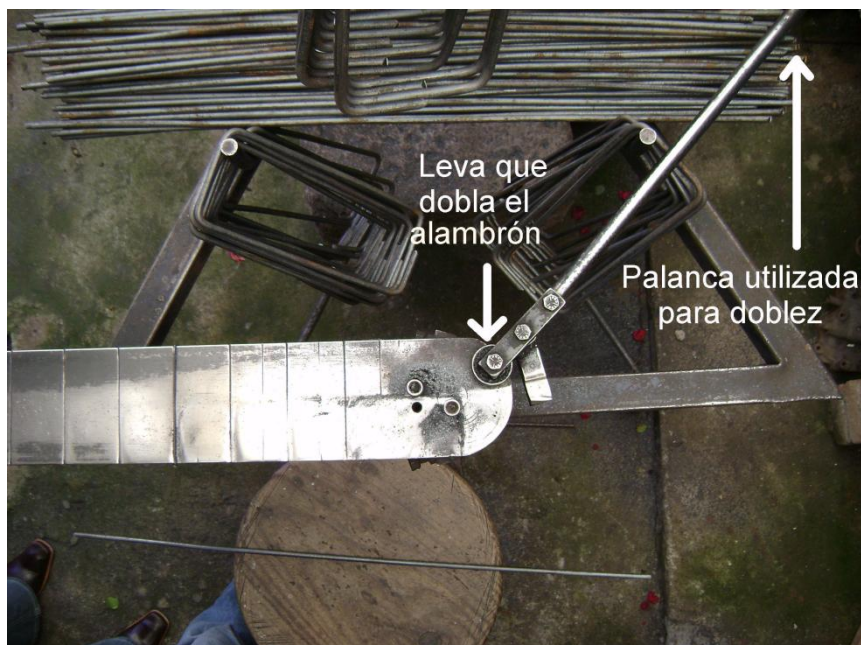


Figura 2.15 Máquina para doblar.

Aquí se tiene un brazo de palanca de 55 [cm], que, al igual que el caso del corte, se le resta una distancia de 5 [cm] puesto que la fuerza no es aplicada exactamente al final de la palanca.



Figura 2.16 Medición del brazo de palanca.

El diámetro de la pequeña leva antes mencionada es de 4 [cm] y por consiguiente tiene un radio de 2 [cm].

Siguiendo el mismo procedimiento utilizado para el caso del corte, se tiene lo siguiente.

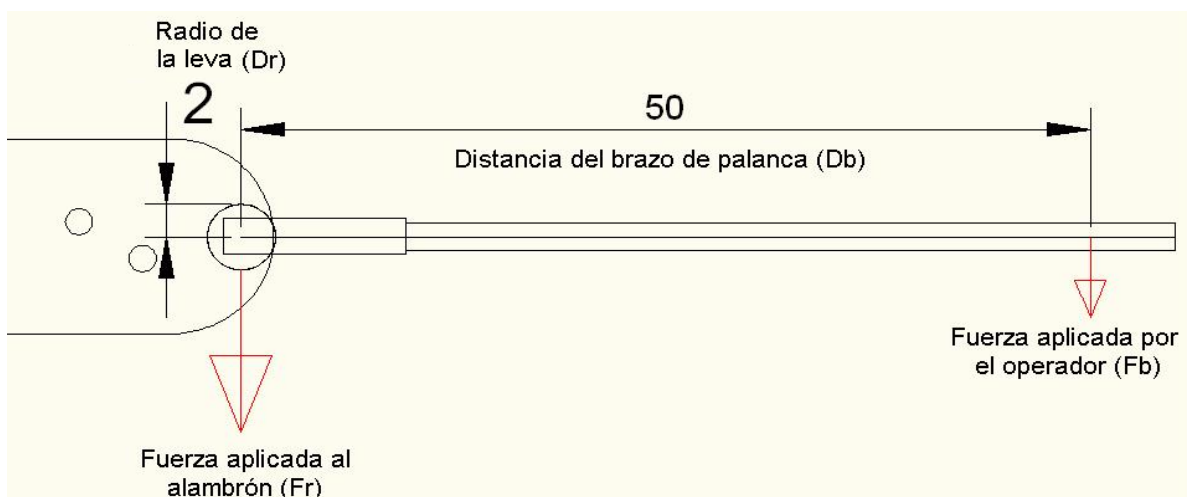


Figura 2.17 Diagrama de fuerzas para palanca de doblez.

Igualando los momentos:

$$F_b [kg_f] \times D_b [m] = F_r [kg_f] \times D_r [m]$$

Donde:

F_b : Es la fuerza aplicada al brazo de palanca [kg_f].

D_b : Es la distancia del brazo de palanca [m].

F_r : Es la fuerza que se ejerce sobre el alambión [kg_f].

D_r : Es la distancia que corresponde al radio de la leva que empuja al alambión [m].

Despejando F_r :

$$F_r [kg_f] = \frac{F_b [kg_f] \times D_b [m]}{D_r [m]}$$

En este caso la fuerza aplicada al brazo de palanca es de 15 [kg_f]. Sustituyendo

$$F_r [kg_f] = \frac{15 [kg_f] \times 0.50 [m]}{0.02 [m]} = 375 [kg_f]$$

Convirtiendo a Newtons:

$$F_r = 3678.8 [N]$$

Que corresponde a la fuerza aplicada para doblar el alambrón.

En la Tabla 2.1 se muestra un resumen de los datos obtenidos hasta el momento.

Alimentación	Longitud del brazo de la manivela [cm]	Fuerza aplicada [kg_f]	Par [Nm]	Par [lb in]		
	33	15	48.6	429		
Corte	Longitud de la palanca [cm]	Brazo de palanca [cm]	Fuerza aplicada [kg_f]	Radio de la leva [cm]	Fuerza sobre la cuchilla [kg]	Fuerza sobre la cuchilla [N]
	78.6	73.6	50	4.75	774.7	7600
Doblez	Longitud de la palanca [cm]	Brazo de palanca [cm]	Fuerza aplicada [kg_f]	Radio de la leva [cm]	Fuerza sobre el alambrón [kg]	Fuerza sobre el alambrón [N]
	55	50	15	2	375	3678.8

Tabla 2.1 Tabla resumen.

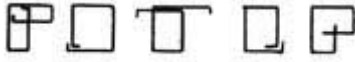


2.4 Máquinas existentes en el mercado

Existen actualmente, en el mercado una gran cantidad de estribadoras automáticas, las cuales son principalmente de tamaños industriales y utilizadas para alta producción, existen también algunas de tamaños pequeños, las cuales no son cien por ciento automáticas, puesto que cada

proceso se realiza por medio del accionamiento de botones y deben ser alimentadas de forma manual.

Las estribadoras están basadas en sistemas puramente eléctricos o híbridos, ya sea con sistemas electroneumáticos o electrohidráulicos; tienen la capacidad de doblar estribos de formas diversas, como por ejemplo, cuadrangulares, rectangulares, triangulares, circulares, tridimensionales y algunos de formas caprichosas; dependiendo de sus características y el diámetro de los hilos, son capaces de doblar y cortar varios hilos de alambón a la vez. Los precios de estas máquinas varían entre los \$4,700 USD hasta más de \$49,000 USD dependiendo de la velocidad, la fuerza, las posibilidades de doblado, etc.

Para efectos de esta tesis se compararon las características de 20 máquinas, incluyendo automáticas y semiautomáticas. Las estribadoras comparadas presentan características dentro de los siguientes rangos.

Diámetros de alambre que pueden ser trabajados. [mm]	De 3.5 a 20
Sistema utilizado.	<ul style="list-style-type: none"> • Híbrido (electroneumático o electrohidráulico) • Únicamente eléctrico (principalmente en máquinas semiautomáticas)
Velocidad de alimentación de alambre. [m/min]	De 80 a 180.
Consumo de energía [kW/h]	De 2 a 37
Presión de funcionamiento. (en caso de utilizar un sistema neumático) [bar]	7
Características adicionales.	<ul style="list-style-type: none"> • Recolector de anillos. • Dobleces en varios ángulos (siendo el máximo de 180°) y tridimensional.
Dobleces.	<ul style="list-style-type: none"> • Un solo tipo de ángulo, diferentes dobleces. <ul style="list-style-type: none">  • Ángulos diferentes y 6 dobleces. <ul style="list-style-type: none">  • Ángulos diferentes y 9 pliegues <ul style="list-style-type: none"> 

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">• Dobleces tridimensionales. |
|--|--|

Tabla 2.2 Comparación de máquinas comerciales.

A manera de referencia se presentan a continuación algunos modelos de estribadoras comerciales.

Estribadora Schnell Prima 16

Es una estribadora automática bidireccional, permite producir estribos y barras cortadas a medida utilizando alambres sencillos de hasta 16 mm de diámetro o dobles de hasta 12 mm de diámetro. [www.schnell.it/prodotti4.asp?se=a3&seb=a09&cod=36]



Figura 2.18 Prima 16. [www.schnell.it/prodotti4.asp?se=a3&seb=a09&cod=36]

Características:

1 alambre: diámetro entre 6 y 16 [mm].

2 alambres: diámetro entre 6 y 12.7 [mm].

Ángulo de doblez máximo: 180°.

Máxima velocidad de arrastre: 84[m/min].

Máxima velocidad de doblado: 1258° por segundo.

Consumo medio de energía: 6 [kW/h].

Presión de funcionamiento: 7 [bar].

[www.schnell.it/prodotti4tec.asp?se=a3&seb=a09&cod=36]

Máquina Automática IDMAC

Esta es la máquina que ofrece la empresa IDMAC.



Figura 2.19 Máquina Automática IDMAC. [<http://idmac.260mb.com/MqAt.html>]

Características:

- Alimentación bifásica o trifásica.
- Realiza la operación completa, esto es: endereza, corta y dobla el alambón de máximo $\frac{1}{4}$ de pulgada de espesor.
- Dobla todas las medidas comerciales de anillos.
- Sólo necesita un operador para encender la máquina y recoger los anillos.
- Trabaja con un motor de 2 [hp].

[<http://idmac.260mb.com/MqAt.html>]

Dobladora Neumática y Máquina Eléctrica

IDMAC ofrece la combinación de estas dos máquinas para la producción de anillos de forma semiautomática, la máquina eléctrica es capaz de enderezar y doblar el alambón por sí sola, y la complementa una dobladora neumática.



Figura 2.20 Máquina Eléctrica IDMAC. [<http://www.infored.com.mx/anuncios/maquina-enderezadora-de-alambon-electrica.html>]



Figura 2.21 Dobladora Neumática IDMAC.

[<http://www.infored.com.mx/anuncios/dobladora-de-alambron-neumatica.html>]

Características:

Máquina Eléctrica IDMAC

- Alimentación bifásica o trifásica.
- Endereza y corta alambión de máximo ¼ de espesor.
- Distancia mínima de corte 48 [cm].
- Distancia máxima de corte 1.18 [m].
- Sólo requiere de un operador.
- Incluye carrete de alambión.

[<http://idmac.260mb.com/MqEl.html>]

Dobladora Neumática IDMAC

- Alimentación neumática con compresor de aire de 3 [hp] a 5 [hp] con un tanque de 300 a 500 [l].
- Dobla alambión de máximo ¼ de pulgada de espesor.
- Dobla cualquier medida de anillo.
- Dobla de 1 a 10 barras de alambión a la vez.
- Requiere de un operador.

[<http://idmac.260mb.com/MqNm.html>]