

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ROLADORA CON POLEAS
DESLIZABLES PARA EL CONFORMADO DE TUBOS METÁLICOS**

POR:

CARPIO LEÓN MARCOS VINICIO

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para la obtención del título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

2006

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el señor Marcos Carpio, como requerimiento parcial para obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA.

M. Sc. Ing. Dag Bassantes
DIRECTOR DEL PROYECTO

OCTUBRE, 2006

DEDICATORIA

El presente proyecto de grado lo dedico de todo corazón a las personas mas importantes de mi vida; mis padres: Marco y Beatriz, quienes con su apoyo moral y económico me supieron ayudar para lograr culminar este importante paso en mi vida profesional, a mis hermanas: Moni y Paoli; y en especial a mis sobrinos Alex, Cristian, Sebastián, Ariel pues fueron el aliento e impulso que necesité para alcanzar la meta esperada, ya que ellos en mi ven un ejemplo a seguir.

También dedicado a Eri, esa persona tan especial en mi vida que en los momentos de flaqueza y adversidad que se me presentaron en el período de mis estudios siempre estuvo a mi lado, con todo su cariño, apoyándome y dándome fuerzas para que continuara y finalizara con éxitos mi carrera profesional.

Marcos

AGRADECIMIENTO

Mi más grande agradecimiento para, Dios, el ser todo poderoso, que me ha permitido con su fuerza y cariño espiritual llegar a culminar esta etapa importante de mi vida.

Agradezco también a todas aquellas personas, en especial a mis tíos, familiares y amigos que con sus toneladas de arena de colaboración, llegaron hasta mí para que no me rindiera en este difícil camino.

Un agradecimiento especial para mi tío y padrino Mario León quien me supo brindar un gran apoyo dotándome de un computador que me sirvió para mis estudios. También a mis tíos, Mario Acosta y Paty León que me colaboraron con todo lo que tuvieron a su alcance para este logro.

Al Ing. Dag Bassantes por su colaboración incondicional al dirigir con sus amplios conocimientos y experiencia, el proyecto que se planteó realizar y se lo ha logrado con éxito.

Al Ing. Neptalí Martínez, mi auspiciante, un agradecimiento especial por haber confiado en mi persona, para la realización de la máquina que irá para el servicio de su taller.

Al culminar agradezco a todos mis coordinadores, instructores aerotécnicos y profesores en el I.T.S.A.; de manera especial a todos aquellos que a más de ser maestros se convirtieron en amigos impartiendo sus enseñanzas; sin olvidarme también de todos mis compañeros de aula.

Marcos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS	Página
Portada.....	I
Certificación.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
Índice de contenidos.....	V
Lista de tablas.....	IX
Lista de anexos.....	X
Resumen.....	XI

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Alcance.....	2

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Roladora.....	3
2.1.1 Poleas deslizables.....	3
2.1.2 Sistema de arrastre.....	4
2.1.3 Bastidor.....	5
2.2 Tornillo de potencia.....	5

2.2.1 Rosca cuadrada.....	6
2.2.2 Transmisión de potencia.....	6
2.3 Radio de curvatura.....	10
2.3.1 Curvatura.....	10
2.3.2 Curvatura de la circunferencia.....	11
2.3.3 Ecuación para la determinación de la curvatura.....	11
2.4. Doblado.....	11
2.4.1 Retorno Elástico.....	12
2.4.2 Margen por dobléz.....	12
2.4.1 Enderezadora de rodillos.....	13
2.4.2 Cargas de flexión.....	13
2.5 Tipos de Roladoras.....	12
2.4.1 Roladora mecánica de accionamiento manual.....	14
2.4.2 Roladora electromecánica.....	19

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

3.1 Planteamiento de alternativas.....	21
3.1.1 Primera alternativa.....	21
3.1.2 Segunda alternativa.....	22
3.2 Estudio de factibilidad.....	22
3.2.1 Ventajas y desventajas.....	23
3.2.2 Parámetros de evaluación y selección.....	23
3.2.3 Factor de ponderación.....	24
3.2.4 Parámetros del factor técnico constructivo.....	24
3.2.5 Parámetro del factor operacional.....	25
3.2.6 Parámetro del factor económico.....	25
3.2.7 Matriz de evaluación.....	25
3.3 Selección de la mejor alternativa.....	26

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN

4.1 Descripción de la máquina roladora.....	27
4.1.1 Partes constitutivas.....	28
4.1.2 Dimensiones.....	29
4.1.3 Operación.....	29
4.2 Cálculos realizados.....	30
4.3 Construcción.....	33
4.3.1 Codificación de máquinas, herramientas y equipos.....	33
4.3.2 Codificación de simbología para diagramas de procesos.....	34
4.3.3 Elementos construidos.....	34
4.3.4 Diagrama de proceso de construcción de los poleas.....	35
4.3.5 Diagrama de proceso de construcción de las cajas de los rodamientos.....	36
4.3.6 Diagrama de proceso de construcción de la bancada.....	38
4.3.7 Diagrama de ensamble.....	40

CAPÍTULO V

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y MANUALES

5.1 Pruebas de funcionamiento.....	41
5.2 Manuales.....	41
5.2.1 Manual de operación.....	41
5.2.2 Manual de mantenimiento.....	41
5.2.3 Manual de seguridad.....	42
5.2.4 Hojas de registro.....	42

CAPÍTULO VI

ESTUDIO ECONÓMICO

6.1 Presupuesto.....	48
6.2 Estudio económico.....	48
6.2.1 Materiales.....	48
6.2.2 Máquinas, equipos y herramientas.....	49
6.2.3 Mano de obra.....	50
6.2.4 Costo total.....	50
6.3 Comparación con una máquina que se encuentra en el mercado regional.....	51

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones.....	52
7.2 Recomendaciones.....	52

Bibliografía

Anexos

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 3.1 Ventajas y desventajas de la primera alternativa.

Tabla N° 3.2 Ventajas y desventajas de la segunda alternativa.

Tabla N° 3.3 Matriz de evaluación.

Tabla N° 3.4 Matriz de selección.

Tabla N° 4.1 Codificación de máquinas.

Tabla N° 4.2 Codificación de herramientas.

Tabla N° 4.3 Codificación de equipos.

Tabla N° 5.1 Pruebas.

Tabla N° 5.2 Codificación de manuales.

Tabla N° 6.1 Materiales.

Tabla N° 6.2 Máquinas.

Tabla N° 6.3 Herramientas.

Tabla N° 6.4 Equipos.

Tabla N° 6.5 Mano de obra.

Tabla N° 6.6 Costo total.

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Carta de auspicio.

Anexo B. Proceso de construcción.

Anexo C. Planos

RESUMEN

El presente Proyecto de Grado se enmarca en la construcción de una máquina para el curvado de tubos de diámetro 40mm para diversos radios de curvatura. Comúnmente a esta máquina curvadora se la denomina como **Roladora**; en su constitución física, esta conformada por tres poleas deslizables, bastidor y sistema de arrastre.

El material a curvar es atrapado entre las poleas y por acción de la fuerza de fricción se desliza a través de ellos, el radio de curvatura se regula mediante el desplazamiento de las poleas.

En el desarrollo del proyecto se considera y estudia el sistema de transmisión y, mediante el análisis de alternativas se seleccionó para la construcción el sistema de arrastre por fricción. Para el desplazamiento de las poleas se utiliza un sistema de perno de potencia el cual al ser accionado desplaza a la polea por el interior de una corredera construida en la bancada superior.

La rotación de las poleas de arrastre se lo realiza manualmente, por medio de volantes de accionamiento.

En el material atrapado entre las poleas se generan fuerzas de fricción. Al ser el componente longitudinal de la fuerza de fricción mayor que la componente longitudinal de la fuerza normal y opuesta a esta, el material es forzado a desplazarse a través de las poleas.

En base a las pruebas realizadas la máquina roladora se encuentra en condiciones estándar de operación.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el campo profesional, al interior de la Mecánica Industrial como en el Aeronáutico se emplean diversidad de máquinas entre ellas las roladoras que permiten conformar material tubular, proporcionando diversos radios de curvatura para la construcción de elementos tales como cubiertas de invernaderos, aros, arneses, etc.

Al no contar con una máquina roladora, muchos talleres de mecánica industrial ven limitado su campo de acción laboral o a su vez deben recurrir al arrendamiento de este tipo de máquina en talleres que disponen de ellas cancelando rubros altos, lo cual limita la competitividad de estos talleres.

El Taller de Mecánica Industrial “MEC MART” de propiedad del Sr. Neptalí Martínez, no cuenta al interior de su equipamiento con una máquina roladora, lo cual limita la productividad del mismo.

1.2 JUSTIFICACIÓN.

En la construcción metalmecánica, cuando se fabrican elementos tales como cubiertas para invernadero, aros, arneses, otros; se usa mucho las máquinas roladoras que permiten curvar los tubos de metal con diferentes radios de curvatura en función de las dimensiones del elemento a construir.

El Sr. propietario del Taller de Mecánica Industrial “MEC MART”, a fin de satisfacer su requerimiento de equipamiento y sobre la base de que uno de los roles del ITSA como institución educativa es la participación activa con la empresa pública, privada y la comunidad, ha considerado auspiciar la construcción de una roladora, misma que se la desarrollaría como proyecto de grado previa la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Construir una máquina Roladora de tubos con poleas deslizables para el conformado de tubos de diámetro de 40mm.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Recopilar información sobre tipos de máquinas roladoras.
- Realizar el estudio del radio de curvatura.
- Analizar mecanismos que permitan el deslizamiento de las poleas.
- Realizar la construcción de la máquina roladora y pruebas de la misma.
- Elaborar manuales de Operación y Mantenimiento de la máquina.

1.4 ALCANCE.

El presente proyecto tiene por alcance la construcción de una máquina roladora con poleas deslizables para el conformado de tubos de metal de diámetro de 40mm para diversos radios de curvatura. Esta máquina al ser auspiciada por el Sr. propietario del taller “MEC MART” irá en beneficio del auspiciante.

Para realizar el proyecto se realiza el estudio de varios tipos de máquinas, se plantean alternativas seleccionando la más adecuada en base a los requerimientos del taller. Una vez construidas se realiza pruebas para verificar su correcto funcionamiento y reajustes necesarios a fin de evitar corrugados por la deformación del material a ser curvado, y así demostrar que la maquina opera como es debido.

CAPÍTULO II

MARCOTEÓRICO

2.1 ROLADORA.

Es una máquina herramienta con la que se curva tubos metálicos de variados diámetros a diversos radios de curvatura (ver Fig. 2.1). Sus elementos constitutivos son básicamente tres poleas deslizables, bastidor y sistema de arrastre.

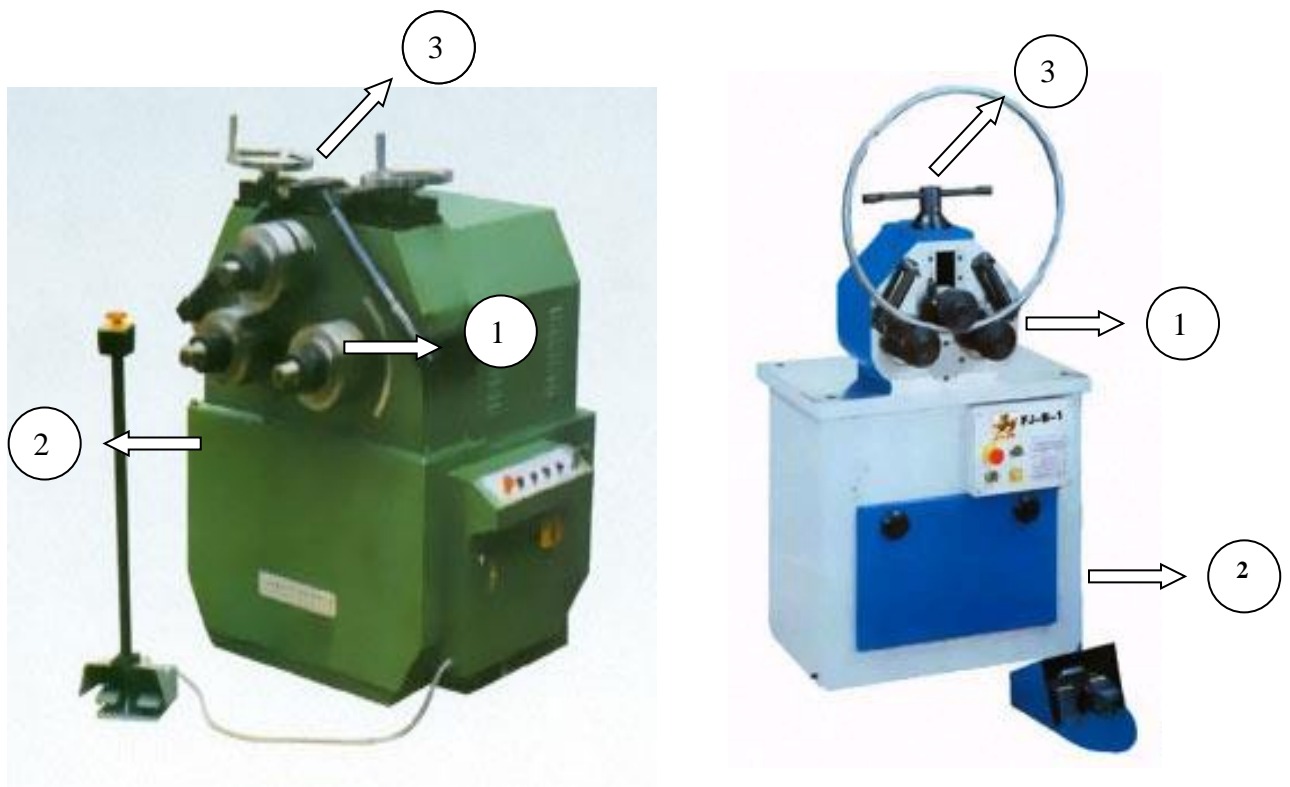


Fig. 2.1 Roladora.

1 Poleas deslizables, 2 Bastidor, 3 sistema de arrastre.

2.1.1 Poleas deslizables.

La polea, es un elemento circular, acanalado por todo el borde, en su extremo está acoplada a un eje que se alojan al interior de rodamientos en chumaceras (cajas) o bocines lubricados que permiten su fácil rotación. Las cajas están acopladas a pernos de potencia

que son los elementos que permiten deslizarlos longitudinalmente ya sea transversal o verticalmente según sea su posición en el conjunto.

El tubo al ser sujetado por la polea motriz y uno de las poleas de arrastre es forzado a desplazarse entre ellas y la tercera polea permite que el tubo adquiera una deformación de variados radios de curvatura en función de su posición, (ver figura 2.2).

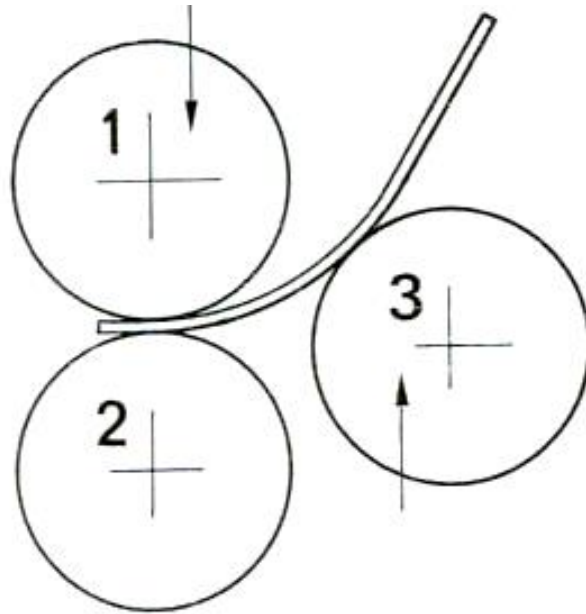


Fig. 2.2 Poleas de curvado.

La polea principal (1) o generadora del movimiento rotacional, gira en sentido horario o antihorario, en tanto que las dos poleas seguidoras (2 y 3) lo hacen en sentido opuesto a ésta.

2.1.2 Sistema de arrastre.

El sistema de arrastre permite el giro simultáneo de las poleas y el avance del tubo a través de las mismas. Puede estar conformado por un juego de engranajes cilíndricos de dientes rectos accionados manualmente o por medio de un moto reductor eléctrico; o simplemente por efecto de la fricción del tubo con las poleas.

Una de las tres poleas, está acoplado directamente a la rueda dentada o a su vez al volante de rotación.

Si el sistema de arrastre estuviese conformado por un juego de engranajes, al ser, las poleas deslizables se produce una variación en la distancia entre centros lo cual provoca un contacto no apropiado entre los dientes de las ruedas dentadas y muy posiblemente el desengrane entre ellas. Para mantener el correspondiente contacto entre los dientes de los engranajes será necesario el montaje de una lira con ruedas locas.

2.1.3 Bastidor.

Es la estructura que soporta el conjunto de poleas y del sistema de arrastre. En la parte superior es donde hay mayor número de partes, ya que consta de ranuras transversales y verticales, al interior de las cuales se deslizan las cajas de rodamientos por acción de los pernos de potencia. La parte inferior es en si solamente el soporte de toda la máquina Roladora.

El bastidor, a menudo, cuenta con tensores que son elementos que refuerzan la rigidez del mismo, evitando posibles deformaciones en la estructura, por los esfuerzos que se producen al realizar el rolado en los tubos.

2.2 Tornillo de potencia.

Es un dispositivo que se utiliza en maquinaria para transmitir potencia. Entre las aplicaciones más usuales se encuentran los husillos de tornos, tornillos para prensas de banco, prensas de sujeción, gatos mecánicos.

El tornillo de potencia en la Roladora se refiere básicamente a un perno de rosca cuadrada, mediante el cual se ejerce fuerza sobre la superficie del tubo a curvar a través de las poleas.

2.2.1 Rosca cuadrada (Fig. 2.3).

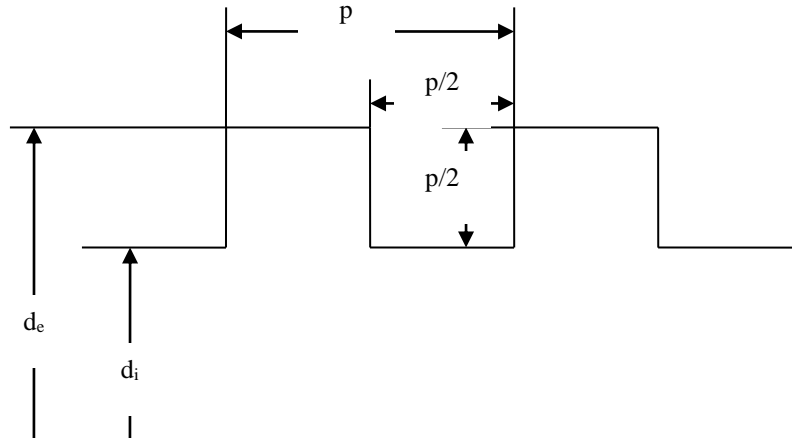


Fig. 2.3 Rosca cuadrada.

Denominación.

d_e : Diámetro exterior.

d_i : Diámetro interior.

p : Paso.

$p/2$: Altura del diente y espesor del diente.

Diámetro exterior.- Es el diámetro externo del tornillo, medido entre las alturas totales de la cuerda de la rosca.

Diámetro interior.- Es el diámetro interno del tornillo, medido entre las bases de las alturas de la cuerda de la rosca.

Paso.- Distancia entre dos cuerdas adyacentes, medida de forma paralela al eje de la rosca.

Altura del diente.- Es la altura del filete de rosca, medido del radio interno al radio externo.

$$H = (d_e - d_i) / 2 \quad (\text{Ec. 2.1})$$

2.2.2 Transmisión de potencia.

En la figura 2.4, se presenta un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada, con rosca simple, con un diámetro medio d_m , un paso p , un ángulo de avance λ y el ángulo de hélice Ψ , está sometido a la fuerza de compresión axial F . Las expresiones para determinar el par de torsión requerido para elevar la carga y para bajarla, se detallan a continuación.

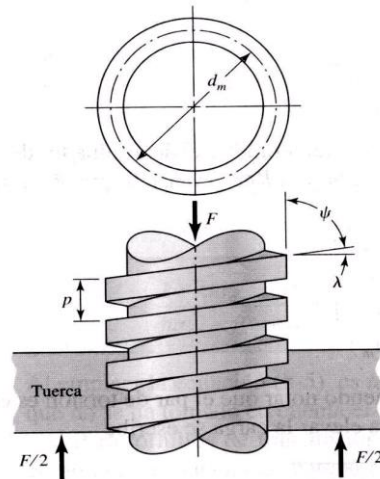


Fig. 2.4 Rosca cuadrada denominación y carga.

Si se desarrolla una vuelta de la rosca del tornillo (ver Fig. 2.5), el borde de la rosca forma la hipotenusa de un triángulo cuya base es el perímetro de la circunferencia del círculo de diámetro medio de la rosca y la altura esta dada por el avance. El ángulo λ , en las figuras 2.5a, b., es el ángulo de avance de la rosca. La suma de todas las fuerzas axiales unitarias que actúan sobre el área normal de la rosca se representa por F . Para elevar una carga, una fuerza P actúa a la derecha (Fig. 2.5a) y para bajar la carga, P actúa hacia izquierda (Fig. 2.5b). La fuerza de fricción es el producto del coeficiente de fricción f por la fuerza normal N , y actúa en oposición al movimiento. El sistema está en equilibrio bajo la acción de las fuerzas, por lo tanto, para elevar la carga, se tiene:

$$\Sigma F_H = 0$$

$$P - N \cdot \text{Sen}\lambda - f \cdot N \cdot \text{cos}\lambda = 0 \quad (\text{Ec. 2.2})$$

$$\Sigma F_V = 0$$

$$F + f \cdot N \cdot \text{Sen}\lambda - N \cdot \text{cos}\lambda = 0 \quad (\text{Ec. 2.3})$$

De similar manera, para bajar la carga:

$$\Sigma F_H = 0$$

$$-P - N \cdot \text{Sen}\lambda + f \cdot N \cdot \text{cos}\lambda = 0 \quad (\text{Ec. 2.4})$$

$$\Sigma F_V = 0$$

$$F - f \cdot N \cdot \text{Sen}\lambda - N \cdot \text{cos}\lambda = 0 \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Como no interesa la carga normal, se elimina de cada uno de los sistemas de ecuaciones y se despeja P. Para elevar la carga, se expresa:

$$P = F (\text{sen}\lambda + f \cdot \text{cos}\lambda) / (\text{cos}\lambda + f \cdot \text{sen}\lambda) \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Y para bajarla:

$$P = F (f \cdot \text{cos}\lambda - \text{sen}\lambda) / (\text{cos}\lambda + f \cdot \text{sen}\lambda) \quad (\text{Ec. 2.7})$$

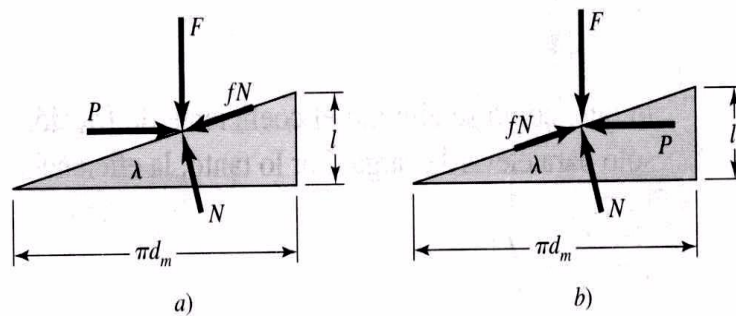


Fig. 2.5 Diagrama de fuerzas.

a) Al subir la carga, b) al bajar la carga

Al dividir el numerador y denominador de las dos últimas ecuaciones entre el $\text{cos}\lambda$ y se emplea la relación $\text{tg}\lambda = 1 / (\pi \cdot d_m)$ (ver Fig.2.5). Entonces resulta, respectivamente:

$$P = F \left(\frac{1}{\pi \cdot d_m} + f \right) / \left(1 - \frac{1}{\pi \cdot d_m} \right) \quad (\text{Ec. 2.8})$$

$$P = F \left(\frac{f - 1/(\pi \cdot d_m)}{1 + f \cdot 1/(\pi \cdot d_m)} \right) \quad (\text{Ec. 2.9})$$

El par de torsión es el producto de la fuerza P y el radio ($d_m / 2$), para elevar la carga se escribe:

$$T = (F \cdot d_m / 2) \cdot (1 + \pi \cdot f \cdot d_m) / (\pi \cdot d_m - f \cdot l) \quad (\text{Ec. 2.10})$$

Donde T representa el par de torsión requerido para superar la fricción en la rosca y elevar la carga.

El par de torsión necesario para bajar la carga es:

$$T = (F \cdot d_m / 2) \cdot (\pi \cdot f \cdot d_m - l) / (\pi \cdot d_m + f \cdot l) \quad (\text{Ec. 2.11})$$

Este par de torsión se requiere para superar una parte de la fricción al bajar la carga. En casos específicos donde el avance o la fricción sea baja, puede darse que la carga baje por si misma, causando que el tornillo gire sin ningún esfuerzo externo. El par de torsión T, de acuerdo con la ecuación 2.11, será negativo o igual a cero. Cuando se obtiene un par positivo mediante esta ecuación, se dice que el tornillo es *autobloqueante*. Así, la condición para el autobloqueo es:

$$\pi \cdot d_m \cdot f > l \quad (\text{Des. 2.1})$$

Dividiendo ambos lados de la desigualdad entre $(\pi \cdot d_m)$, y recordando que $\tan \lambda = l / (\pi \cdot d_m)$, se tiene que:

$$f > \tan \lambda \quad (\text{Des. 2.2})$$

En esta relación se establece que el autobloqueo se presenta cuando el coeficiente de fricción de la rosca es igual o mayor que la tangente del ángulo de avance de la rosca.

2.3 Radio de curvatura.

2.3.1 Curvatura.

La forma de una curva (su cualidad de aguda o achatada) en un punto depende de la razón de la variación de su dirección. Esta razón se denomina curvatura en el punto, y se representa por **K** (Fig. 2.6).

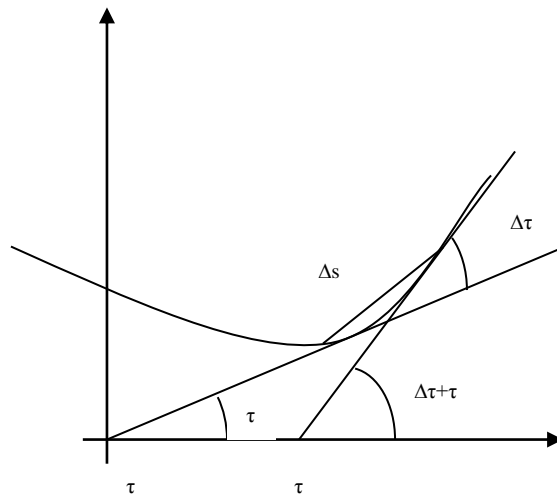


Fig. 2.6 Curvatura.

En la figura 2.6, sea P y P' dos puntos próximos en la curva. Cuando el punto de contacto de la tangente describe un arco PP' (= Δs), la tangente gira el ángulo $\Delta\tau$. Es decir la variación que sufre la inclinación de la tangente.

$$\Delta\tau / \Delta s = \text{curvatura medida del arco PP'}$$

Se llama curvatura en P (= K) el límite de la curvatura media cuando P' tiende a P, es decir:

$$K = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \Delta\tau / \Delta s = d\tau / ds = \text{curvatura en P.}$$

En términos formales, la curvatura es la razón de la variación de la inclinación con respecto al arco.

Puesto que el ángulo $\Delta\tau$ se mide en radianes y la longitud del arco Δs en unidades de longitud, se tiene que la unidad de curvatura en un punto es un radian por unidad de longitud.

2.3.2 Curvatura de la circunferencia.

“Teorema: La curvatura de una circunferencia en un punto cualquiera es igual al recíproco del radio, y, por lo tanto, es la misma en todos los puntos”. Granville, William. Cálculo Diferencial e Integral, Pg. 180.

Desde el punto de vista de la curvatura, la circunferencia es la curva más sencilla, puesto que un círculo se va curvando de manera uniforme, es decir que tiene una curvatura perfecta.

2.3.3 Ecuación para la determinación de la curvatura.

Cuando la ecuación de la curvatura se da en coordenadas rectangulares, la curvatura esta determinada por:

$$K = Y'' / (1 + Y'^2)^{3/2} \tag{Ec. 2.12}$$

Siendo Y' y Y'' , respectivamente, la primera y segunda derivada de Y con respecto a X.

2.4 Doblado.

El grupo de operaciones de doblado o curvado se efectúan en prensas, plegadoras, dobladoras de ángulos, máquinas conformadora de varios rodillos, bancos de estirado, rodillos conformadores y enderezadores de rodillos.

2.4.1 Retorno Elástico.

Debido a la elasticidad del metal y a la magnitud del doblado, puede compensarse con un exceso en el doblado o impedirse en gran parte golpeando el metal en la curva con una presión de acuñado, suficiente para establecer esfuerzos de compresión que contrarresten las tensiones, o esfuerzos de tracción superficiales.

Se puede usar un cincel de hacer rebordes muy estrecho para localizar el golpe donde se necesite y hacer mínimo el peligro de aplicar la presión en un área grande. Bajo tales condiciones se han obtenido buenos dobleces muy pronunciados en matrices en V con dos a cuatro veces la presión necesaria para cortar el metal a través de la misma sección.

2.4.2 Margen por doblez.

El espesor del metal sobre un radio pequeño o sobre un doblez agudo es del 10 al 15% menor que antes del doblado por que el metal se mueve más fácilmente a la tracción que a la compresión. Por la misma razón, el eje neutro del metal se mueve hacia el centro del radio del doblado.

Por tanto, para calcular la longitud L de la pieza base o que ha de considerarse en ella para la curva de doblez con un radio interno r de dos a tres veces el espesor de metal t , se puede determinar dicha longitud con mucha exactitud tomándola a lo largo de la línea neutra cuyo radio es el interno de la curva mas $0,4t$.

Así, con referencia a la Fig. 2.7, para un ángulo de a grados y a las demás dimensiones en pulgadas, se tiene:

$$L = (r+0,4t)2\pi a/360 = (r+0,4t)a/57,3 \quad (\text{Ec. 2.13})$$

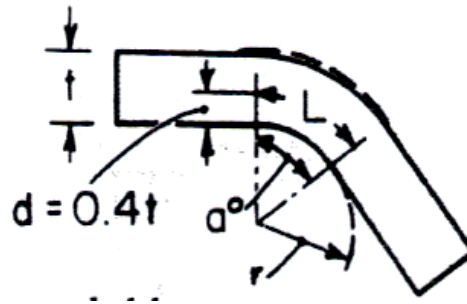


Fig. 2.7 Margen por dobléz.

El factor $0,4t$, que localiza el eje neutro, está sujeta a cierta variación, digamos $0,35$ a $0,45t$, de acuerdo con el radio, el estado del metal y el ángulo. Al calcular los márgenes, o longitudes necesarias, para dobleces agudos o curvas muy pronunciadas, obsérvese que el metal se acumula en el lado de compresión del dobléz. Por tanto, al localizar el eje neutro, considérese un radio interno, r , de unas $0,5t$ como mínimo.

2.4.3 Enderezadores de rodillos.

Trabajan sobre el principio de lesionar o curvar el metal más allá de su límite elástico en un sentido sobre rodillos de diámetro bastante pequeño, en proporción al espesor del metal, para producir una deformación permanente, y luego eliminar el curvado invirtiendo repetidamente el sentido de la flexión y reduciéndola sucesivamente en magnitud.

El metal se endereza también sujetándolo con mordaza, estirándolo más allá de su límite elástico y también martillándolo; los resultados de esta última operación dependen de la destreza del operario.

2.4.4 Cargas de flexión.

Para calcular aproximadamente las cargas de flexión o curvado, se puede usar la fórmula de vigas, pero deben ser considerablemente incrementadas a causa de las cortas luces. Así, para una luz de unas 4 veces la altura de la sección, la carga de flexión es alrededor del 50% mayor que la indicada por la fórmula de vigas.

La carga aumenta desde este valor hasta casi la resistencia de la sección a la cortadura cuando se produce algo de planchado, es decir, el adelgazamiento del metal cuando el juego entre el punzón y la matriz es menor que el espesor del metal.

Cuando las matrices de golpe atinado efectúan un poco de acuñado para asentar el doblez, la presión puede variar desde dos o tres veces la resistencia al esfuerzo cortante, con cinceles de rebordar y cuidado apropiado, hasta cifras mucho mayores.

El trabajo necesario para doblar en rodillos una lámina o plancha de t pulg. de espesor con un volumen de V pulg³, formando una curva de r pulg. de radio, es dado por:

$$W = CS(l/r)V/48 \text{ pie} \cdot \text{lb} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

En la cual S es la resistencia a tracción, y C es un factor de la experiencia comprendido entre 1.4 y 2.

2.5 Tipos de Roladoras.

En el mercado existen varios tipos de roladoras las mismas que pueden ser mecánicas de accionamiento manual y electromecánicas. Entre otras se tiene:

- Roladora mecánica de accionamiento manual.
 - Sistema de transmisión por fricción.
 - Sistema de transmisión por engranajes.
- Roladora electromecánica.
 - Piramidal.

2.5.1 Roladora Mecánica de Accionamiento Manual.

Como su denominación lo indica, estas roldadoras son accionadas manualmente por parte de un operario. Por el sistema de transmisión se las puede clasificar en dos tipos: sistema de transmisión por fricción y sistema de transmisión por engranajes.

Sistema de transmisión por fricción.- En física e ingeniería se define como rozamiento, o fricción a la resistencia que se opone a la rotación o al deslizamiento de un cuerpo sobre otro, o también a la fuerza que aparece en la superficie de contacto de dos cuerpos cuando se intenta deslizar uno sobre otro.

Es importante acotar que la fuerza de rozamiento no depende del tamaño de la superficie de contacto entre los dos cuerpos, pero sí depende de cual sea la naturaleza de esa superficie de contacto; y además que la fuerza de rozamiento es directamente proporcional a la **Fuerza Normal** que actúa entre las superficies de contacto.

La magnitud de la fuerza de roce entre dos cuerpos se puede expresar matemáticamente mediante la siguiente expresión

$$F_r = \mu N \quad (\text{Ec. 2.15})$$

Donde F_r es la fuerza de roce, μ es el coeficiente de fricción y N es la fuerza en la dirección normal a la fuerza aplicada.

Existen dos tipos de fuerza de fricción o rozamientos que son:

Fuerza de Fricción Estática.- Con la figura se representa la aplicación de una fuerza de fricción entre dos objetos que no están en movimiento relativo. En la siguiente figura se aplica una fuerza \mathbf{F} que aumenta gradualmente, pero el bloque permanece en reposo. Como en todos estos casos la aceleración es cero, la fuerza \mathbf{F} aplicada es igual y opuesta a la fuerza de fricción estática F_e , ejercida por la superficie.

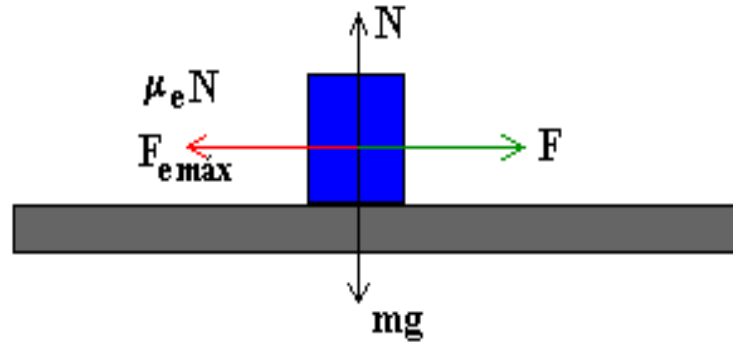


Fig. 2.8 Diagrama de fuerzas de un cuerpo en reposo.

La máxima fuerza de fricción estática $F_{e \text{ máx}}$, corresponde al instante en que el bloque está a punto de deslizar. Los experimentos demuestran que:

$$F_{e \text{ máx}} = \mu_e N \quad (\text{Ec. 2.16})$$

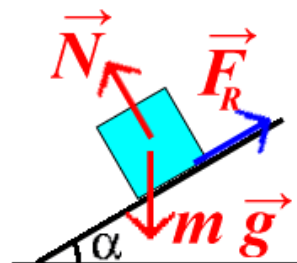
Donde la constante de proporcionalidad se denomina *coeficiente de fricción estática*. Por tanto, la fuerza de fricción estática varía, hasta un cierto límite para impedir que una superficie se deslice sobre otra:

$$F_{e \text{ máx}} \leq \mu_e N \quad (\text{Des. 2.3})$$

Fuerza de Fricción Dinámica.- Se denomina así cuando el cuerpo ya está en movimiento, y la fuerza de oposición que actúa es más débil. En la siguiente figura se muestra un bloque de masa m que se desliza por una superficie horizontal y otro sobre una inclinada con velocidad constante. Sobre el bloque actúan tres fuerzas:

- El Peso $\mathbf{W} = \mathbf{mg}$
- La fuerza normal \mathbf{N}
- La fuerza de fricción \mathbf{F}_R

Si el bloque se desliza con velocidad constante, la fuerza aplicada \mathbf{F} será igual a la fuerza de fricción \mathbf{F}_R



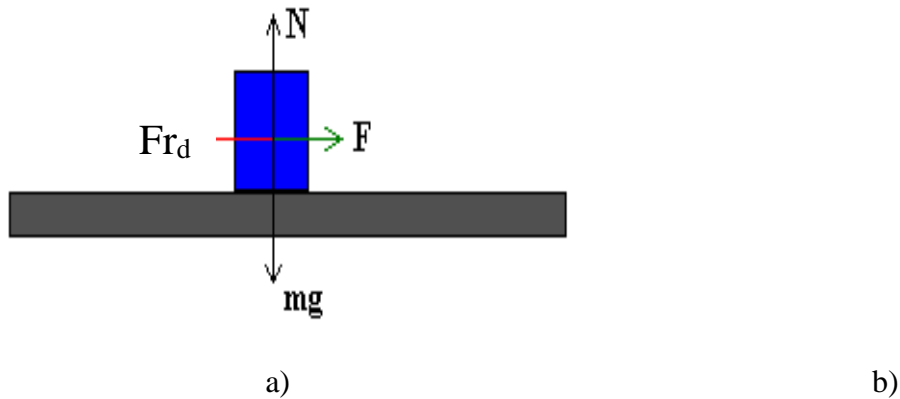


Fig. 2.9 Diagrama de fuerzas de un cuerpo en movimiento.

a) En plano horizontal, b) En plano inclinado

Se puede ver que si se duplica la masa m , se duplica la fuerza normal \mathbf{N} , la fuerza \mathbf{F} con que se tira del bloque se duplica y por tanto \mathbf{F}_{ra} se duplica. Por tanto la fuerza de fricción dinámica \mathbf{F}_{ra} es proporcional a la fuerza normal \mathbf{N} .

$$F_{rd} = \mu_e N \quad (\text{Ec. 2.17})$$

Se observa que es más difícil iniciar el movimiento de un cuerpo que mantenerlo, porque la fricción estática es más intensa que la fricción dinámica.

En la roladora, se entiende que en este sistema, el arrastre del material se da simplemente por fricción, la polea motriz presiona al tubo a conformar contra uno de las poleas seguidoras y al girar ésta obliga a que el material se desplace entre estas poleas, la tercera polea (segunda polea seguidora) permite curvar el tubo.

El radio de curvatura se logra en función de la separación de las poleas, esta separación se la realiza por medio de tornillos de potencia que las desplaza al interior de ranuras en el bastidor.

La roladora con sistema de transmisión por fricción consta de tres poleas de curvado distribuidos en forma piramidal. El tubo es forzado a pasar a través de los poleas por efecto de la fuerza de fricción que se genera al girar las poleas (Fig. 2.7).

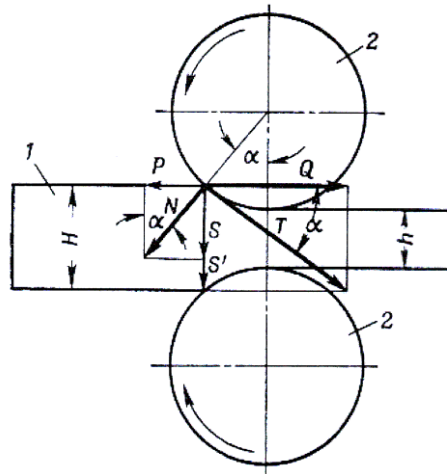


Figura 2.10. Fuerzas en las poleas

En la figura, el tubo 1 es atrapado por las poleas 2 que giran en el sentido indicado por las flechas. En los puntos de contacto del tubo con las poleas se genera la fuerza normal N y la de fricción T . Descomponiendo las fuerza N y T en los componentes PS y $S'Q$. Las fuerza S y S' que accionan en la dirección vertical deforman el tubo, y las fuerzas P y Q situadas en una línea recta pero dirigida en sentidos opuestos hacen que el tubo se desplace hacia delante, con la condición de que:

$$P > Q \quad (\text{Des. 2.4})$$

Determinando las fuerzas P y Q y reemplazando sus valores en la desigualdad se obtiene:

$$T \cos \alpha > N \operatorname{sen} \alpha \quad (\text{Des. 2.5})$$

Siendo α el ángulo de contacto del tubo con las poleas. Ahora bien, la fuerza:

$$T = fN \quad (\text{Ec. 2.18})$$

Donde:

f : es el coeficiente de fricción e igual a la Tangente del ángulo de fricción ϕ .

$$fN \cos\alpha > N \sin\alpha \quad (\text{Des. 2.6})$$

Dividiendo ambos miembros de la desigualdad anterior por $N \cos\alpha$ resulta.

$$f > \tan\alpha \text{ ó } \tan\phi > \tan\alpha \quad (\text{Des. 2.7})$$

Definitivamente.

$$\phi > \alpha \quad (\text{Des. 2.8})$$

Por consiguiente, para que se produzca el arrastre es necesario que el ángulo de contacto α sea menor que el ángulo de fricción ϕ .

Sistema de transmisión por engranajes.- En este sistema, la transmisión de movimiento está relacionado directamente con el arrastre del tubo por fricción, con la ventaja de que se requiere realizar menor esfuerzo por parte del operario ya que los engranajes transmiten el par torsor a las dos ruedas dentadas seguidoras. Como se manifestó en el numeral 2.1.2, al desplazarse los engranajes existe una variación de la distancia entre centros, lo cual conlleva a un acople incorrecto de los dientes de los engranajes y para su corrección, las ruedas dentadas se deben montar por medio de una lira con ruedas locas adicionales tomando en cuenta el no cambiar el sentido de giro de las poleas (ver Fig. 2.8).



Figura 2.11 Transmisión por engranajes.

2.4.2 Roladora Electromecánica.

Esta roladora es accionada por medio de una moto reductora. Son variados los tipos de roladoras que se encuentran en el mercado industrial, entre otras se tiene la tipo piramidal.

Roladora tipo piramidal.-

La disposición geométrica de las poleas tiene la forma de una pirámide (Fig. 2.10). La polea superior se desliza verticalmente, en tanto que las poleas inferiores frontal y posterior se desplazan horizontalmente al mismo nivel.

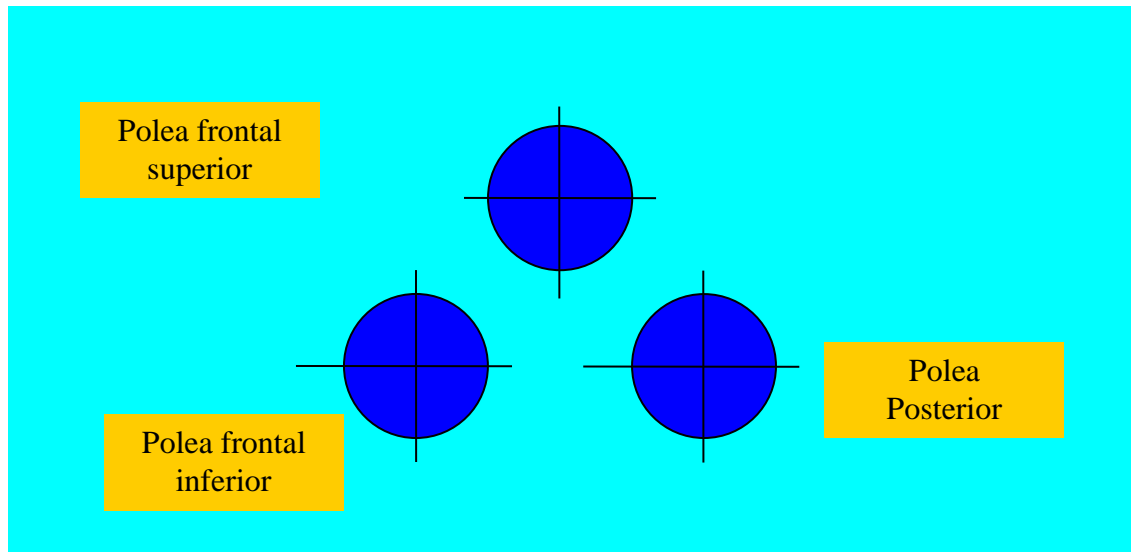


Figura 2.12. Disposición piramidal.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

3.1 Planteamiento de alternativas.

Para el estudio y análisis, en base al desarrollo del marco teórico en referencia a los tipos de roladoras y en función del requerimiento del Taller “MEC MART”, se plantean las siguientes alternativas:

- Roladora con sistema de transmisión por fricción.
- Roladora con sistema de transmisión por engranajes.

Las alternativas planteadas poseen una distribución piramidal de las poleas para el curvado.

3.1.1 Primera Alternativa

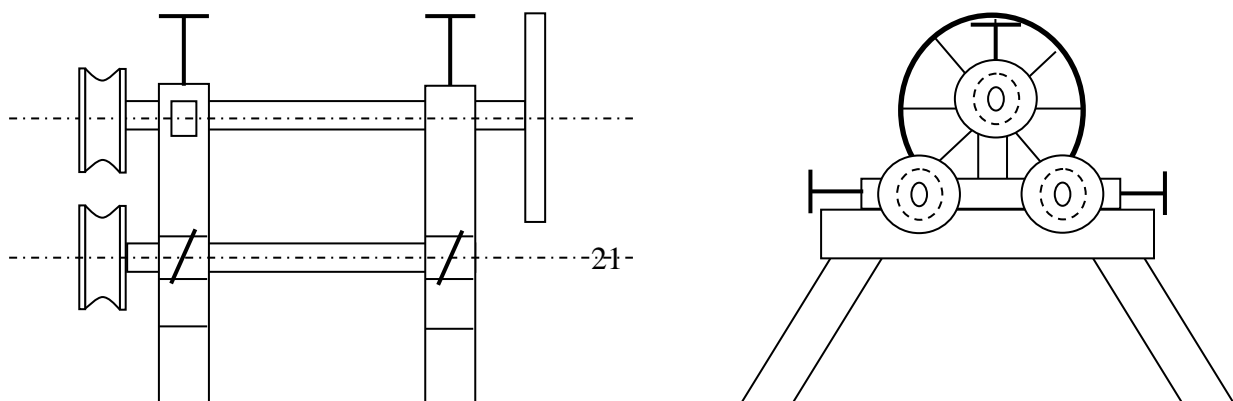


Fig. 3.1 Roladora con sistema de transmisión por fricción

3.1.2 Segunda alternativa.

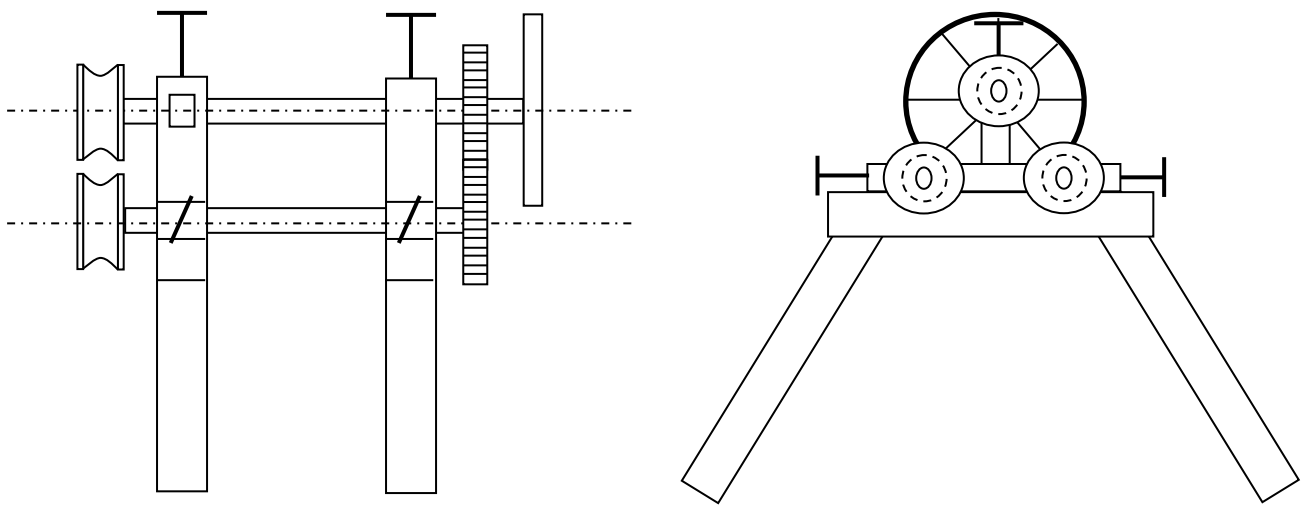


Fig. 3.2 Roladora con sistema de transmisión por engranajes.

3.2 Estudio de factibilidad.

Para el estudio de factibilidad se consideran los siguientes factores:

- Factor técnico constructivo;
- Factor operacional; y,

- Factor económico.

Factor técnico constructivo.- Refiere al proceso constructivo de las piezas y partes de la roladora.

Factor operacional.- Refiere a facilidad de utilización de la roladora.

Factor económico.- Refiere al costo económico que se debe erogar para la construcción de la máquina.

Los parámetros de comparación se determinan en base al estudio de las ventajas y desventajas que presentan las dos alternativas planteadas en comparación entre ellas.

3.2.1 Ventajas y Desventajas.

Tabla 3.1 Ventajas y desventajas de la primera alternativa.

Alternativa N° 1	
Ventajas	Desventajas
• Fácil operación.	• Mayor esfuerzo del operario para el curvado del tubo.
• Curvado del tubo a 360°	• Menor espesor de pared del tubo a curvar.
• Desplazamiento de las poleas para modificar el radio de curvatura.	
• Fácil retiro del tubo curvado.	
• Menor cantidad de elementos mecánicos.	
• Estructura consistente.	
• Menor mantenimiento.	
• Menor costo.	

Tabla 3.2 Ventajas y desventajas de la segunda alternativa.

Alternativa N° 2	
Ventajas	Desventajas
• Fácil operación.	• Mayor cantidad de elementos mecánicos.

• Curvado del tubo a 360°	• Mayor mantenimiento.
• Menor esfuerzo del operario.	• Mayor costo.
• Mayor espesor de pared del tubo a curvar.	• Desplazamiento de las poleas para modificar el radio de curvatura.
• Estructura consistente.	

3.2.2 Parámetros de evaluación y selección.

Los parámetros de selección que se han considerado, son los siguientes:

Técnico constructivo.

- Facilidad de construcción;
- Complejidad de las piezas;
- Funcionabilidad;
- Mantenimiento; y,
- Materiales.

Operacional.

- Facilidad de operación.

Económico.

- Costo de construcción.

3.2.3 Factor de ponderación.

Al evaluar las alternativas, se asignará un valor X_i a los parámetros de selección, que se han considerado importantes.

La asignación de los valores X_i dependerán del grado de importancia que considere el investigador (factor de ponderación) en base a los factores antes indicados.

El factor de ponderación (Fp), varía entre 0 y 1.

$$0 < Fp < 1.$$

3.2.4 Parámetros del factor técnico constructivo.

- **Facilidad de construcción.-** Las roladoras consideradas en el presente estudio deben ser de fácil construcción, con máquinas herramientas existentes en el taller “MEC MART”. Se asigna un valor de ponderación $Fp = 0.8$.
- **Complejidad de las piezas.-** Las piezas a construirse deben ser geoméricamente lo más sencillo posible y que satisfagan los requerimientos de esfuerzos y operación. Se asigna un valor de ponderación $Fp = 0.8$.
- **Funcionabilidad.-** La máquina tiene que ser funcional y versátil en relación al curvado del tubo. Se asigna un factor de ponderación $Fp = 0.7$.
- **Mantenimiento.-** El mantenimiento de la máquina debe ser fácil de realizar y con el menor costo. Se asigna un valor de ponderación $Fp = 0.7$.
- **Materiales.-** Los materiales deben ser adecuados para el trabajo a realizar con la máquina y de fácil adquisición en el mercado local. Se asigna un valor de ponderación $Fp = 0.8$.

3.2.5 Parámetro del factor operacional.

- **Facilidad de operación.-** La roladora debe ser de fácil operación por parte de un solo operario. Se asigna un valor de ponderación $Fp = 0.9$.

3.2.6 Parámetro del factor económico.

- **Costo de construcción.-** La roladora se debe construir al menor costo posible en razón a que este proyecto es auspiciado. Se asigna un valor de ponderación $Fp = 0.9$.

3.2.7 Matriz de evaluación.

Tabla 3.3 Matriz de evaluación.

N°	Parámetros de evaluación	Fp	Alternativa N° 1	Alternativa N° 2
			C1	C2
1	Facilidad de construcción	0.8	10	8
2	Complejidad de las piezas	0.8	10	8
3	Funcionabilidad	0.7	9	9
4	Mantenimiento	0.7	9	7
5	Materiales	0.8	9	9
6	Facilidad de operación	0.9	10	10
8	Costo de construcción	0.9	10	8

Tabla 3.3 Matriz de selección.

N°	Parámetros de evaluación	Alternativa N° 1	Alternativa N° 2
		C1 x Fp	C2 x Fp
1	Facilidad de construcción	8.0	6.4
2	Complejidad de las piezas	8.0	6.4
3	Funcionabilidad	6.3	6.3
4	Mantenimiento	6.3	4.9
5	Materiales	7.2	7.2
6	Facilidad de operación	9.0	9.0
8	Costo de construcción	9.0	7.2
TOTAL		53.8	47.4

3.3 Selección de la mejor alternativa.

De la matriz de selección se determina que la mejor alternativa la constituye la roladora con sistema de transmisión por fricción, por lo tanto se construye esta máquina.

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN

4.1 Descripción de la máquina roladora.

La máquina a construir en base a la selección realizada es la roladora con sistema de transmisión por fricción (Fig. 4.1). Está constituida por tres poleas de igual diámetro dispuestas en forma piramidal, deslizables por medio de pernos de potencia.

El bastidor está constituido por dos partes soldadas entre sí. La parte superior contiene los canales o ranuras para el desplazamiento vertical de la polea superior y horizontal de las poleas inferiores.

La parte inferior del bastidor es el elemento que soporta en si toda la máquina.

Para el accionamiento de las poleas, la roladora está provista de un volante acoplado a la polea superior, que al ser accionada rotacionalmente produce el giro de éste y por fricción transmite el movimiento a las poleas inferiores.

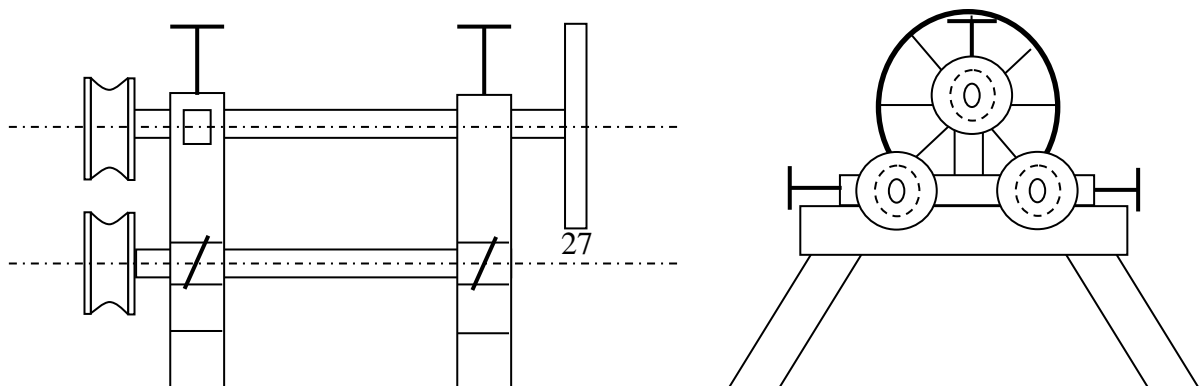
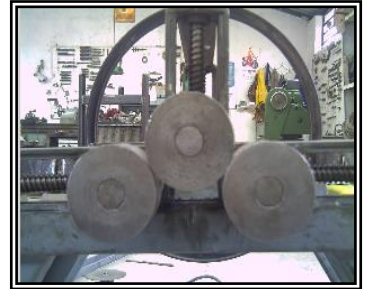
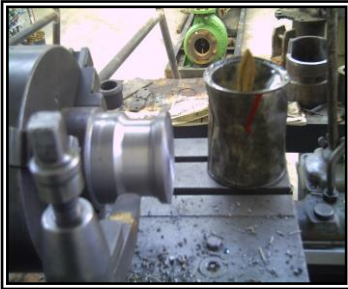


Figura N° 4.1 Roladora

4.1.1 Partes constitutivas.

Los elementos constitutivos de la máquina roladora son:

- Poleas de curvado (3).



- Bancada superior e inferior.
 - Corredera vertical (2).
 - Corredera transversal (4).



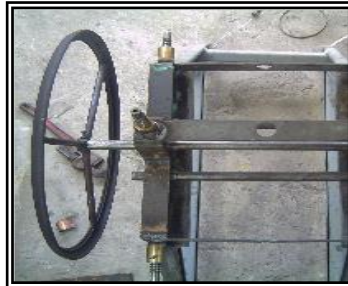
- Bastidor.



- Pernos de potencia.(6)



- Volante.



4.1.2 Dimensiones.

Las dimensiones de la máquina roladora son las siguientes:

- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| ○ Diámetro de las poleas. | $\text{Øe} = 82\text{mm}$ |
| | $\text{Øi} = 40\text{mm}$ |
| | $\text{Øej} = 25\text{mm}$ |
| ○ Largo de las poleas. | $L_r = 89\text{mm}$ |
| ○ Largo de la bancada. | $L_b = 500\text{mm}$ |
| ○ Largo total. | $L_t = 1310\text{mm}$ |
| ○ Alto del bastidor. | $H_b = 710\text{mm}$ |
| ○ Ancho del bastidor. | $A_b = 450\text{mm}$ |
| ○ Diámetro del volante. | $\text{Ø}_v = 500\text{mm}$ |

4.1.3 Operación.

Para la operación de la máquina, básicamente se requiere de un solo operario. Sin embargo, para iniciar el rolado del tubo es necesaria la ayuda de un segundo operario para el posicionamiento del material entre las poleas.

Una vez posicionado el material a curvar, se gira el volante y por el giro de las poleas y el efecto de la fricción el material se desliza a través de éstas y, por medio de la regulación se logra el radio de curvatura requerido.

4.2 Cálculos realizados.

El tubo a ser curvado, debe pasar a través de las poleas de conformado; para ello, se debe ejercer el torque necesario que genere la fuerza de fricción requerida para el arrastre del material atrapado por las poleas.

$$\tau = F \times R \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Donde: τ : Torque,
 F: Fuerza aplicada,
 R: Radio del volante.

El torque τ es igual al τ' en la sección de la polea y el material atrapado.

$$\tau' = T \times R' \quad (\text{Ec. 4.2})$$

Donde: τ' : Torque,
 T: Fuerza de fricción,
 R': Radio de la polea.

$$H - h = D (1 - \cos \alpha) \quad (\text{Ec. 4.3})$$

Donde: H: Diámetro del tubo,

h: Diámetro del tubo después de atravesar las poleas,

D: Diámetro de las poleas (se toma el diámetro medio de las poleas, ya que ahí se encuentra el eje neutro del tubo),

α : Ángulo de contacto.

Ejemplificación de cálculos para determinar la fuerza que debe realizar el operario para forzar a atravesar el material a través de las poleas.

Datos:

Carga aplicada a las poleas.	$P = 75\text{lb}_f$.
Diámetro del tubo.	$H = 40\text{mm}$.
Diámetro de tubo..	$h = 39,85\text{mm}$.
Espesor	$e = 0,15 * 2 = 0.3\text{mm}$

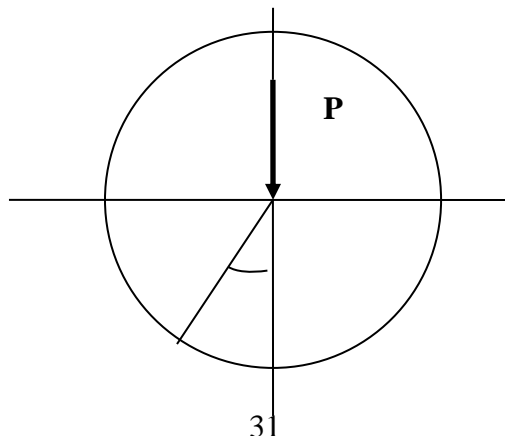
Despejando α de la Ec. 4.3 y reemplazando datos, se tiene:

$$\alpha = \cos^{-1}(1 - (H - h)/D)$$

$$\alpha = \cos^{-1}(1 - (40 - 39,7)/61)$$

$$\alpha = 0,0992176^\circ$$

Aplicado las ecuaciones notadas en el Capítulo II, y en referencia a equilibrio estático de las cargas indicadas en la figura 4.2, se tiene:



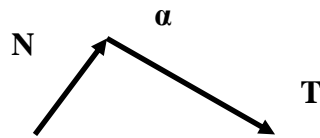


Figura N° 4.2 Cargas.

$$\Sigma F_y = 0$$

$$P = N \cos \alpha$$

Despejando N.

$$N = P \cdot D / (D - H + h)$$

$$N = 75 \text{ lb}_f \cdot 61 \text{ mm} / (61 - 40 + 39,7) \text{ mm}$$

$$N = 75,37 \text{ lb}_f.$$

$$T = N \tan \alpha.$$

$$T = 75,37 \text{ lb}_f \cdot 0,09954$$

$$T = 7,5026 \text{ lb}_f.$$

$$T \cos \alpha > N \sin \alpha$$

$$7,5026 \text{ lb}_f \cdot 0,995 > 75,37 \text{ lb}_f \cdot 0,09905$$

$$7,4657 > 7,4655$$

El material se desplaza a través de las poleas.

$$\tau' = T \times R'$$

$$R' = 20 \text{ mm}$$

$$\tau' = 7,5026 \text{ lb}_f * 20 \text{ mm}$$

$$\tau' = 150,052 \text{ lb}_f * \text{ mm}$$

$$\tau' = \tau$$

$$\tau = F \times R$$

Despejando F.

$$F = \tau / R$$

$$R = 250\text{mm}$$

$$F = 150,052 \text{ lb}_f * \text{ mm} / 250\text{mm}$$

$$F = 0.6002 \text{ lb}_f.$$

El operario debe aplicar una fuerza $F = 0.6002 \text{ lb}_f$.

Nota: Las ecuaciones aplicadas, refieren a las que se emplean en cálculos de una máquina laminadora. En la roladora no se pretende laminar el material, sin embargo, las ecuaciones utilizadas son equivalentes a las de laminación.

4.3 Construcción.

En la construcción de la máquina roladora, se emplearon diversas máquinas herramientas y equipos, que a continuación se procede a codificar.

4.3.1 Codificación de máquinas, herramientas y equipos.

Tabla N° 4.1. Codificación de máquinas.

N°	Máquina	Características	Código
1	Torno	Lp=2000mm, Hv = 400mm	M1
2	Sierra de mecánica	L=15''	M2
3	Esmeril de banco	Dp = 8'', 120V, C.A 60Hz	M3
4	Pulidora	½Hp, Dp=7'', n =1700rpm.	M4
5	Soldadora	Lincoln 225A, 220V	M5

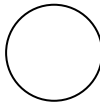
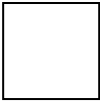
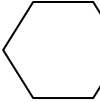
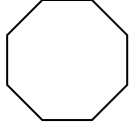
Tabla N° 4.2. Codificación de herramientas.

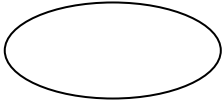
N°	Herramienta	Características	Código
1	Flexómetro	5m, Stanley	H1
2	Escuadra	90°, 45cm, Stanley	H2
3	Calibrador Pie de rey	Stanley. A = .05mm	H3
4	Sierra manual	24 h/inch, Sanflex	H4
5	Entenalla	Mordaza 5"	H5
6	Martillo	1 lib. (peso)	H6
7	Rayador	Normal	H7
8	Cepillo de acero	5 filas	H8
9	Taladro de mano	Db = 12 mm	H9

Tabla N° 4.3. Codificación de equipos.

N°	Equipo	Características	Código
1	Compresor y equipo de pintura	½ Hp, 70 psi	E1

4.3.2 Codificación de simbología para diagramas de procesos.

Detalle	Símbolo
Operación	
Inspección	
Producto semielaborado	
Elementos adquiridos	

Producto terminado	
--------------------	--

4.3.3 Elementos construidos.

Para la construcción de la máquina roladora seleccionada, se debe tomar en cuenta la optimización de recursos materiales disponibles en el taller, en tal razón, no todos los elementos constitutivos de la máquina se construyeron.

Elementos no construidos:

- Perno de potencia (6 unidades, D=20 mm, L=250 mm, P=1/4", n=4h/pulg.);
- Tuerca de rosca cuadrada (6 unidades, D=20 mm, L=48mm, P=1/4", n=4h/pulg.);
- Rodamiento (6 unidades, NT 205, reciclados).
- Ejes motrices (2 unidades D=25 mm, L=600 mm)
- Ejes motrices (1 unidad D=25 mm, L=700 mm)

Elementos construidos:

- Poleas (3 unidades);
- Caja para el rodamiento (6 unidades); y,
- Bancada.
 - Superior ranurada (castillo).
 - Inferior.

4.3.4 Diagrama de proceso de construcción de las poleas.

Material: Acero St37.

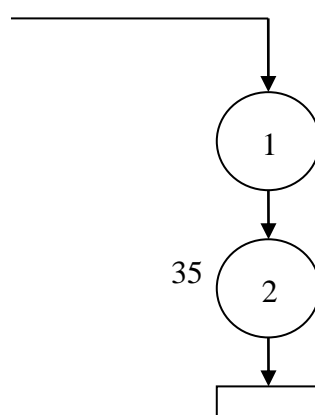


Tabla N° 4.1 Proceso de construcción de las poleas.

Proceso	Descripción	Cantidad	Dimensiones	M – H - E (código)	Tiempo (hr)
1	Corte de material para la polea.	3	Di = 40 mm De = 82 mm Dr = 1” L = 86 mm	M2	0.5
2	Refrentado.	3	L = 84 mm	M1	0.2
1	Inspección.				0.2
3	Biselado.	3	$\leq 30^\circ$	M1	0.2
4	Cilindrado.	3	D ₃ = 25 mm	M1	1
2	Inspección.				0.2
1	Producto semielaborado.				

4.3.5 Diagrama de proceso de construcción de las cajas de los rodamientos.

Material: Acero St37

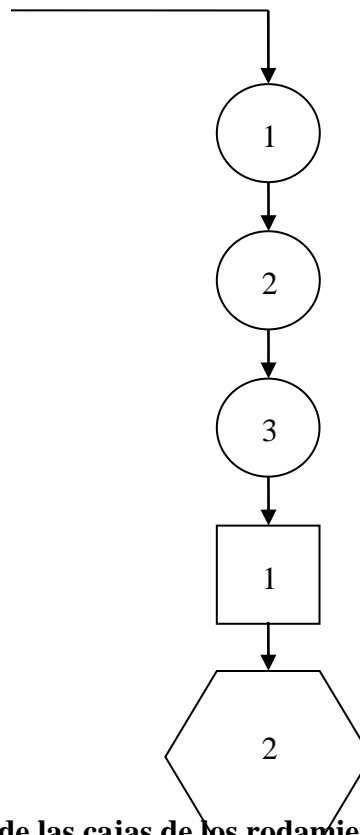


Tabla N° 4.2 Proceso de construcción de las cajas de los rodamientos.

Proceso	Descripción	Cantidad	Dimensiones	M – H - E (código)	Tiempo (hr)
1	Corte del material para la caja.	6	D ₁ = 45 mm D ₂ = 60 mm L = 20 mm	M2	0.5
2	Refrentado.	6	L = 15 mm	M1	0.2
3	Cilindrado interno	6	D ₂ = 2 7/8"	M1	1.0
1	Inspección.				0.2
2	Producto semielaborado.				

4.3.6 Diagrama de proceso de construcción de la bancada.

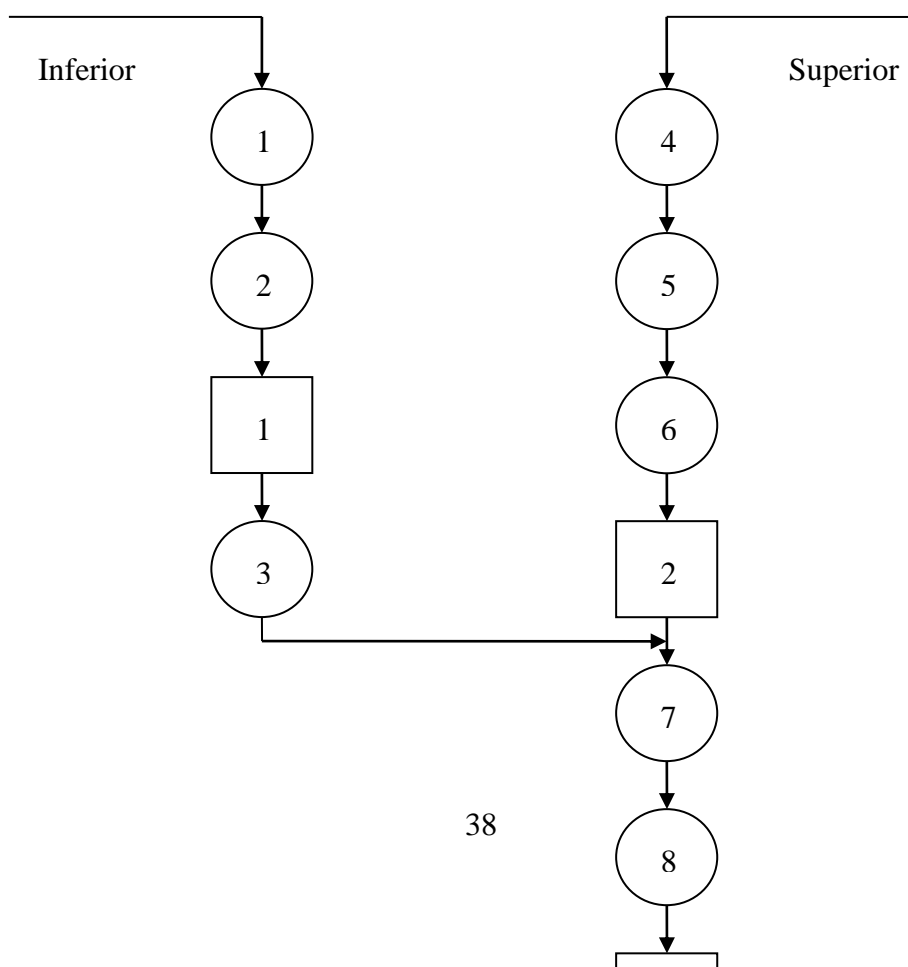
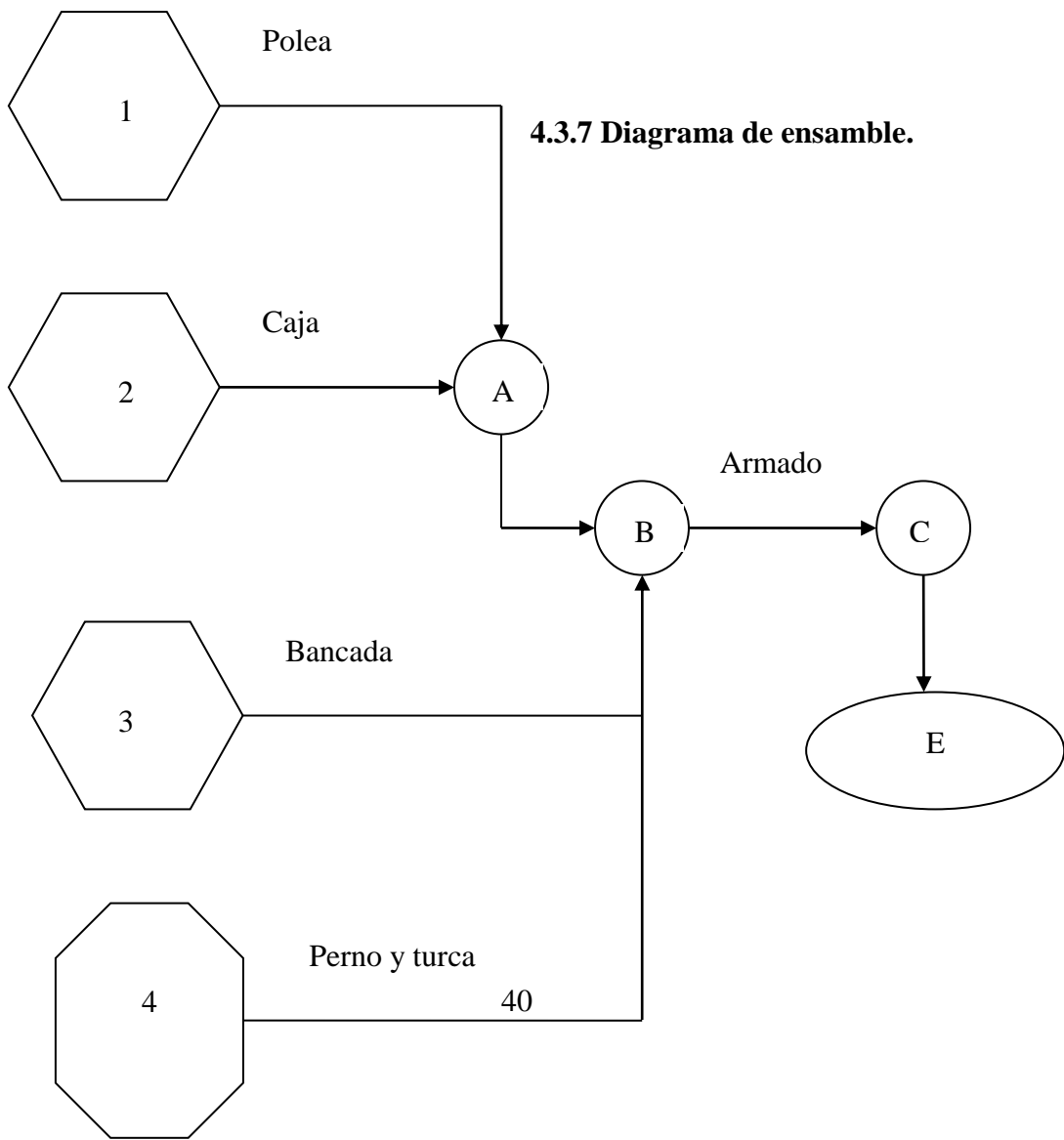


Tabla N° 4.3 Proceso de construcción de los rodillos.

Proceso	Descripción	Cantidad	Dimensiones	M – H - E (código)	Tiempo (hr)
1	Corte de material. Pilares. Longitudinales.	2	Di = 2 7/8” e = ¼ “ L = 1315 mm	H4	0.5
2	Armado (puntos de suelta)	2	L = 1310 mm H = 710 mm	M5	1.0
1	Inspección.				0.2
3	Soldadura	2		M5	1.0
4	Corte de material par correderas.	6	L = 460 mm H = 50 mm	H4	1.0
5	Armado (puntos de suelta).	6	L = 230 mm	M4	1.0
6	Montaje de las cajas y	6		M5	0.5

	pernos de potencia.				
2	Inspección.				0.2
7	Montaje de bancada superior en inferior	2		M5	0.5
8	Soldadura.	2		M5	0.5
3	Inspección.				
9	Pulido.			M4	0.5
4	Inspección.				0.2
1	Producto semielaborado.				



CAPÍTULO V

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y MANUALES

En el presente capítulo, se presentan las pruebas de funcionamiento de la roladora construida, así también, se establecen procedimientos de operación y mantenimiento, formatos de registro.

5.1 Pruebas de funcionamiento.

Para verificar el correcto funcionamiento de la roladora se procedió a realizar pruebas de curvado con tubos de diámetro de 40 mm, obteniéndose resultados óptimos.

Tabla N° 5.1 Pruebas.

N°	Material	Grado de curvatura	Apreciación
1	Tubo $\Phi = 40\text{mm}$	180°	Muy buena
2	Tubo $\Phi = 40\text{mm}$	180°	Muy buena
3	Tubo $\Phi = 40\text{mm}$	180°	Muy buena

5.2 Manuales.

Para una adecuada y efectiva operación de la maquina roladora se debe seguir y respetar los manuales que se establecen.

5.2.1 Manual de operación.

El manual de operación abarca la verificación y utilización de la maquina roladora.

5.2.2 Manual de mantenimiento.

El manual de mantenimiento establece las operaciones de verificación y mantenimiento que se debe realizar a la maquina roladora a fin de prolongar su vida útil y asegurar su correcto funcionamiento.

5.2.3 Manual de seguridad.

Establece las normas básicas de seguridad que el operario de la roladora debe tener en cuenta para su protección personal y operación segura de la máquina.


5.2.4 Hojas de registro.

El operario y la persona que realiza el mantenimiento de la máquina debe registrar los trabajos de verificación y mantenimiento realizados.

Tabla 5.2 Codificación de manuales.

Manual	Código
Operación.	ITSA-MC-01

Mantenimiento.	ITSA-MC-02
Seguridad.	ITSA-MC-03

<p>I.T.S.A.</p> 	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	Pág.: 1 de 2
	VERIFICACIÓN Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA ROLADORA	Cód: ITSA-MC-01
	Elaborado por: Marcos Carpio	Revisión N 1
	Aprobado por: M. Sc. Ing. Dag Bassantes	Fecha: 2006/07/31
<p>1.- Objetivo.</p> <p>Documentar el procedimiento de verificación y operación del la máquina roladora.</p> <p>2.- Alcance.</p> <p>La máquina roladora esta dirigida a ser utilizada en el taller “MEC MART” por sus operarios.</p> <p>3.- Documentación de referencia.</p> <p>Sin documentos de referencia.</p> <p>4.- Ubicación de la máquina.</p>		

Taller "MEC MART".

5.-Código de la máquina.

ITSA-MC-01

6.- Marca de la máquina.

S/M

7.- Modelo de la máquina.

MC-001

8.- Características técnicas.


L = 1310 mm,

l = 500 mm,

H = 450 mm,

9.- Verificación y Procedimiento.

Los operarios del taller a cargo de la roladora deben realizar la verificación de las condiciones de la máquina antes de su operación y seguir los pasos que se indican para su utilización.


 <p>I.T.S.A.</p>	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	Pág.: 2 de 2
	VERIFICACIÓN Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA ROLADORA	Cód: ITSA-MC-01
	Elaborado por: Marcos Carpio	Revisión N 1
	Aprobado por: M. Sc. Ing. Dag Bassantes	Fecha: 2006/07/31

9.1 Verificación.

- Verificar que no existan materiales que obstruyan a las poleas y/o pernos de potencia.
- Verificar el paralelismo de las poleas inferiores y de la superior.

9.2 Operación.

- Ubique el material a curvar entre las poleas superior e inferior frontal.
- Gire el volante de arrastre.
- Regule la posición de las poleas, por medio de los pernos de potencia para lograr el radio de curvatura requerido.

 I.T.S.A.	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	Pág.: 1 de 1
	MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA ROLADORA	Cód: ITSA-MC-02
	Elaborado por: Marcos Carpio	Revisión N 1
	Aprobado por: M. Sc. Ing. Dag Bassantes	Fecha: 2006/07/31

1.- Objetivo.

Documentar el procedimiento de mantenimiento de la máquina roladora.

2.- Alcance.

La máquina roladora esta dirigida a ser utilizada en el taller “MEC MART” por sus operarios.

3.- Documentación de referencia.

Sin documentos de referencia.

4.- Mantenimiento Periódico.

El personal encargado de la máquina roladora realizara los siguientes pasos para el mantenimiento.

4.1.- Mantenimiento mensual.


- Inspeccionar y limpiar la roladora.
- Revisar los pernos de potencia.
- Revisar las poleas.
- Revisar la estructura superior e inferior.
- Engrasar las correderas de la bancada superior con grasa liviana S/D.

4.2.- Mantenimiento semestral.

- Limpieza y decapado de zonas oxidadas o corroídas.
- Inspeccionar las uniones soldadas, pulir y resoldar en caso que hubiese deterioro con electrodo E-6013.
- Inspeccionar el paralelismo y perpendicularidad de la bancada superior.

4.3.- Mantenimiento anual.

- Inspeccionar deformaciones de la estructura, en caso de existir deformaciones estructurales de la bancada, enderezar y reforzar con tensores.
- Pintar la roladora con pintura anticorrosivo.

	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	Pág.: 1 de 1
	SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA ROLADORA	Cód: ITSA-MC-01
	Elaborado por: Marcos Carpio	Revisión N 1
	Aprobado por: M. Sc. Ing. Dag Bassantes	Fecha: 2006/07/31

1.- Objetivo.

Documentar condiciones de seguridad que se deben observar para un trabajo seguro con la máquina roladora.

2.- Alcance.

La máquina roladora esta dirigida a ser utilizada en el taller “MEC MART” por sus operarios.

3.- Documentación de referencia.

Normas de seguridad INEN.

4.- Normas de seguridad.


El operario de la roladora debe acatar las siguientes normas de protección.

Utilizar:

- Ropa de trabajo como overol o mandil.
- Guantes de cuero.
- Gafas.
- Zapatos con punta de acero.

Operación:

- Girar el volante a velocidad de rotación uniforme.
- Regular el radio de curvatura desplazando las poleas.

I.T.S.A.	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	Pág.: 1 de 1
	LIBRO DE VIDA DEL MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA ROLADORA	Cód: ITSA-MC-01

		Elaborado por: Marcos Carpio			Revisión N 1
		Aprobado por: M. Sc. Ing. Dag Bassantes			Registro N° 1
N°	FECHA	PERSONA A CARGO	TRABAJO EFECTUADO	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS EMPLEADOS	OBSERVACIONES

CAPÍTULO VI

ESTUDIO ECONÓMICO

En el presente capítulo se detalla el costo de la construcción de la máquina roladora.

6.1 Presupuesto.

Basado en una apreciación del monto que podría costar el construir una roladora con sistema de transmisión por fricción, el presente proyecto se presupuestó en \$ 600.00.

6.2 Estudio Económico.

Se consideran cuatro rubros principales en la construcción de la roladora, estos son:

- Materiales;
- Alquiler de máquinas, herramientas y equipos utilizados;
- Mano de obra; y,
- Otros

6.2.1 Materiales.

Comprende todos los materiales utilizados en la construcción de la máquina roladora.

Tabla 6.1 Materiales.

Nº	Material	Dimensiones	Cant.	Unid.	Val / uni	Subtotal
1	Polea. Acero A37	Ø = 82 mm e = 25 mm L = 89 mm	3	unidad	25.00	75.00

2	Rodamientos		6	unidad	5.00	30.00
3	Perfil G	80 x 50 x 15 x 2	1	unidad	19.00	19.00
4	Pletina. Acero A37	2" x 1/4"	1	unidad	15.00	15.00
5	Perno rosca cuadrada	Ø = 20 mm L = 250 mm	6	unidad	12.00	72.00
6	Tuerca rosca cuadrada	Ø = 20 mm	6	unidad	5.00	30.00
7	Pintura anticorrosiva		1	Gl	12.00	12.00
8	Pintura fondo		1	Gl	12.00	12.00
9	Electrodos	E 6013	2	Kg	1.5	3.00
10	Varios					10.00
TOTAL						278.00

6.2.2 Máquinas, equipos y herramientas.

Para la construcción de la roladora se realizaron operaciones de torneado, soldado, pintura entre otros. A continuación se presenta el cuadro del costo de alquiler de máquinas, herramientas y equipos.

Tabla 6.2 Máquinas.

Nº	Máquina	Tiempo (h)	Valor/hora (\$)	Subtotal (\$)
1	Torno	3	10.00	30.00
2	Soldadora	5	5.00	25.00
3	Sierra de vaivén	2	2.00	4.00
4	Taladro de pedestal	1	2.00	2.00
TOTAL				61.00

Tabla 6.3 Herramientas.

Nº	Herramienta	Tiempo (h)	Valor/hora (\$)	Subtotal (\$)
1	Escuadras	1	0.50	0.50
2	Sierra manual	2	0.50	1.00

3	Entenalla	2	1.00	2.00
4	Herramientas varias	1	1.00	1.00
TOTAL				4.50

Tabla 6.4 Equipos.

N°	Máquina	Tiempo (h)	Valor/hora (\$)	Subtotal (\$)
1	Equipo de pintura	2	2.00	4.00
TOTAL				4.00

6.2.3 Mano de obra.

Tabla 6.5 Mano de obra.

N°	Detalle	Subtotal (\$)
1	Operario de torno, suelda, pintura.	100.00
TOTAL		100.00

6.2.4 Costo total.

Tabla 6.5 Costo total.

N°	Detalle	Subtotal (\$)
1	Materiales	278.00
2	Alquiler de máquinas, herramienta, equipos.	69.50
3	Mano de obra	100.00
TOTAL		447.50

El costo total empleado en la construcción de la máquina roladora asciende a *cuatrocientos cuarenta y siete dólares con cincuenta centavos* (\$ 447.50).

6.3 Comparación con una máquina que se encuentra en el mercado regional.

En el mercado regional se cotizó una máquina roladora de características similares a la construida a un costo de \$ 800.00 incluido el IVA. Existe una diferencia de \$ 352.50, monto que representa el 44.0625%.

La diferencia porcentual justifica la construcción de la máquina.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones.

- La máquina roladora seleccionada y construida, en base a las pruebas realizadas permite curvar tubos metálicos de diámetro de 40mm para diversos radios de curvatura, lo cual satisface los objetivos planteados en el proyecto. La roladora se encuentra en condiciones estándar de operación.
- La información recopilada sobre máquinas roladoras, a pesar de ser escasa facilitó la selección de la mejor alternativa para su construcción.
- El estudio y análisis del mecanismo de perno de potencia facilitó la construcción del sistema de desplazamiento de las poleas al interior de las ranuras de la bancada superior.
- El establecimiento de manuales de operación, mantenimiento y seguridad permiten normar los procesos que debe realizar el operario antes, durante y después de la utilización de la roladora observando normas de seguridad y protección personal.

7.2 Recomendaciones.

- Se recomienda al personal de la mecánica “MEC MART”, observar y tener en cuenta los manuales de operación, mantenimiento y seguridad, para la correcta utilización de la roladora.

BIBLIOGRAFÍA.

- MALISHEV A., Nikolaiev G., y Shuvalov (1988). Tecnología de los metales. Séptima Edición. Editora Cultural S. A. Manual de Mecánica Industrial. Edición 2000.

- SHIGLEY J., Mischke C. (2002). Diseño en Ingeniería Mecánica. Sexta Edición. Editorial Mc Graw Hill. México. Edición 2002.
- GERLING H. (1986). Alrededor de las Máquinas Herramientas. Tercera Edición.
- LARBORU N. (1995). Máquinas Prontuario. Séptima Edición. Editorial Paraninfo. Madrid Edición 195.
- Internet. www.maneklalexports.com.
www.dismamex.com.mx
www.maquinariamacias.com
www.monografias.com
- GRANVILLE W. (1982). Cálculo Diferencial e Integral. Sexta Edición. Editorial Limusa S. A. México Edición 1982.