



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES

*“Elaboración y desarrollo de tecnología de
lamínación en matriz con forma de canales
en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.”*

*Tesis de Grado previa la
Obtención del Título de
Ingeniero en Electromecánica*

AUTORES:

René Geovanny Aguirre López

Víctor Hugo Reinoso Carpio

DIRECTOR:

Dr. Miguel Ángel Caraballo Núñez, PhD

Loja-Ecuador

2010



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

CERTIFICACIÓN

Dr. Miguel Ángel Caraballo Núñez, PhD

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación, bajo el tema **“Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.”**, previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, realizado por los señores egresados: **René Geovanny Aguirre López y Víctor Hugo Reinoso Carpio**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, Junio del 2010

Dr. Miguel Ángel Caraballo Núñez, PhD

DIRECTOR DE TESIS



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La responsabilidad en la investigación, análisis y conclusiones del presente trabajo de tesis les corresponden exclusivamente a sus autores y el patrimonio intelectual a la Universidad Nacional de Loja, autorizamos al Área de la Energía, las Industrias y Recursos Naturales no Renovables y por ende a la carrera de Ingeniería Electromecánica; hacer uso del presente documento en lo conveniente.

René Geovanny Aguirre López

Víctor Hugo Reinoso



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedicó con todo el cariño a mi madrecita que desde el cielo me estuvo apoyando en los momentos más difíciles para poder concluir satisfactoriamente este objetivo tan importante de mi vida.

René Geovanny Aguirre López

Dedico este trabajo a mis padres, que supieron apoyarme moralmente y que estuvieron presentes en los momentos más difíciles para poder concluir satisfactoriamente este objetivo tan importante en mi vida personal.

Víctor Hugo Reino Carpio



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

AGRADECIMIENTO

Es grato expresar nuestros sinceros agradecimientos a la Universidad Nacional de Loja, a la carrera de Ingeniería Electromecánica, a los docentes que de manera desinteresada contribuyeron con sus conocimientos para nuestra formación académica y poder aplicarlos en nuestra vida profesional.

Al Dr. Miguel Ángel Caraballo Núñez. PhD por su acertada dirección e invaluable colaboración para la realización de este trabajo investigativo

Los Autores



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

RESUMEN

Nuestro proyecto de investigación tiene como objetivo el aprovechamiento de la energía solar para la construcción de colectores solares de placa plana con forma de canales, ahorrando energía eléctrica y no contaminando el medio ambiente. La investigación está estructurada en introducción, revisión de literatura, métodos y materiales, resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones.

Se realizó una compilación detallada de cada uno de los contenidos necesarios para el desarrollo de ésta investigación, posteriormente se estableció el diseño adecuado en base a los modelos matemáticos y sobre todo a sugerencias de profesionales sobre los principios de las máquinas laminadoras de este campo.

Diseñado todas las partes constitutivas de la máquina, se realizó la construcción de la máquina laminadora y pruebas de funcionamiento de la misma.

Se realizó los dibujos en el software AUTOCAD para finalmente obtener las guías de funcionamiento y mantenimiento de la máquina.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Summary

Our investigation project has as objective the use of the solar energy for the construction of solar collectors of flat badge with form of channels, saving electric power and not contaminating the environment. The investigation is structured in introduction, literature revision, methods and materials, results, discussion, conclusions and recommendations.

One carries out a detailed compilation of each one of the necessary contents for the development of this investigation, later on the appropriate design settled down based on the mathematical models and mainly to professionals' suggestions on the principles of the machines laminadoras of this field.

Designed the entire constituent parts of the machine, he/she was carried out the construction of the machine laminadora and tests of operation of the same one.

One carries out the drawings in the software AUTOCAD for finally to obtain the operation guides and maintenance of the machine.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

INDICE.

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	VI
SUMMARY	VII
ÍNDICE	VIII
SIMBOLOGÍA	XX
INTRODUCCIÓN	22

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Características de la potencia solar.....	25
3.2. Potencia Solar.....	26
3.3. Tipos y características de los componentes de los colectores solares de placa plana.....	26
3.3.1. Descripción general de un colector solar plano.....	27
3.3.2. Tipos de colectores solares de placa plana para agua caliente.....	28
3.4. Proceso de cambio de forma en los metales	30
3.4.1. Método por estampado.....	30
3.4.2. Método de Laminación.....	31
3.4.3. Proceso de laminación de chapas.....	32
3.4.4. Criterios de diseño del perfil.....	32
3.4.4.1. Grandes radios de doblado interior.....	33
3.4.4.2. Altura mínima del perfil.....	33
3.4.4.3. Utilizar espesores medios.....	33
3.4.4.4. Estudio del material del perfil.....	34



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

3.5. Propiedades importantes de los materiales.....	34
Propiedades Mecánicas.....	34
Resistencia.....	34
Dureza.....	34
Elasticidad.....	35
Plasticidad.....	35
Tenacidad.....	35
Fragilidad.....	35
Resiliencia.....	35
Fluencia.....	35
Fatiga.....	35
3.6. Conductividad Eléctrica y Calorífica. Efecto de la Temperatura.....	36
3.7. Ley de Hooke.....	36
Período elástico.....	37
Período elasto-plástico.....	38
Período plástico (fluencia).....	38
Período de endurecimiento y de estricción.....	38
3.8. Criterio de termo-transferencia y resistencia mecánica.....	40
3.9. Velocidad del semiproducto en el mecanizado.....	42
3.10. Engranajes de dientes rectos.....	42
3.11. Transmisión por Cadena.....	42
3.12. Reductor de velocidad.....	43
3.13. Transmisión por bandas.....	44
3.14. Husillo.....	45
3.15. Soldadura.....	45
3.16. Rodamientos.....	46
3.17. Temple superficial.....	46



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

3.18. Control de calidad de la placa laminada.....	47
4. MÉTODOS Y MATERIALES	
4.1. Coeficiente Normativo.....	48
4.2. Momento de Inercia de una Sección Rectangular.....	48
4.2.1. Deformación Lineal y Transversal.....	49
4.3. Potencia en cuerpos que realizan un movimiento de rotación.....	50
4.4. Momento de torsión en un árbol.....	50
4.5. Grado de seguridad. Tensiones reales y admisibles.....	51
4.6. Fuerza de rozamiento entre dos superficies.....	51
4.7. Diámetro del eje de sección maciza.....	53
4.8. Chavetas.....	54
4.9. Velocidad del semiproducto en el mecanizado.....	57
4.10. Engranajes de dientes rectos.....	57
4.10.1. Sistema módulo.....	61
4.10.2. Condiciones que deben cumplir los engranajes.....	62
4.10.3. Principales fallas de los engranajes.....	62
4.10.4. El fallo por los esfuerzos a contactos.....	63
4.10.5. El fallo por flexión.....	63
4.10.6. El fallo por desgaste.....	63
4.11. Transmisión por Cadena.....	69
4.11.1. Potencia de diseño.....	69
4.11.2. Relación de transmisión.....	70
4.11.3. Distancia entre centros y largo de la cadena.....	73
4.11.4. Selección del tamaño y cantidad de cadenas en paralelo.....	76
4.11.5. Número de dientes Z_1 de la rueda menor.....	77
4.11.6. Coeficiente de Explotación K_e	78



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

4.11.7. Presión admisible en las articulaciones.....	79
4.11.8. Paso de la cadena.....	80
4.11.9. Distancia entre los ejes de rotación de las ruedas y longitud de la cadena.....	82
4.11.10. Velocidad de la cadena.....	83
4.11.11. Número de choques.....	84
4.11.12. Esfuerzo tangencial.....	84
4.11.13. Coeficiente de seguridad de la cadena.....	85
4.12. Engranaje sin Fin.....	87
4.12.1. Tornillo sin fin y rueda helicoidal.....	87
4.13. Transmisión por bandas.....	95
4.13.1. Tipo de correa.....	95
4.13.2. Relación de transmisión.....	96
4.13.3. Velocidades angulares.....	96
4.13.4. Distancia entre ejes.....	97
4.13.5. Largo de la banda.....	97
4.13.6. Angulo de abrazamiento (grados).....	98
4.13.7. Potencia (KW) de La banda.....	98
4.13.8. Velocidad periférica V_1 (m/s).....	100
4.13.9. Número de bandas.....	100
4.13.10. Esfuerzo de la Banda (N).....	101
4.13.11. Fuerza aplicada en el eje (N).....	101
4.14. Husillo.....	102
4.14.1. Ángulo de inclinación de la hélice (ϑ).....	103
4.14.2. Fuerza Tangente del tornillo (F).....	103



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

4.14.3. Dimensiones del tornillo.....	104
4.14.4. Trabajo que se realiza en la palanca del brazo	104
4.15. Flexión de vigas.....	105
4.16. Soldadura.....	107
4.17. Rodamientos.....	108
4.17.1. Rodamientos rígidos de bolas.....	108
4.17.2. Rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular.....	108
4.17.3. Rodamientos de agujas.....	108
4.17.4. Rodamientos de rodillos cónicos.....	108
4.18. Temple superficial.....	109
5. RESULTADOS	
5.1. Propiedades mecánicas de la chapa a utilizar para la deformación.....	110
5.2. Coeficiente parcial de seguridad.....	110
5.3. Flecha requerida (y) para la deformación.....	111
5.3.1. Fuerza requerida para la deformación de la plancha en un solo canal.....	113
5.3.2. Longitud de la plancha ya deformada.....	114
5.3.3. Reducción de plancha después del proceso de laminado.....	115
5.4. Fuerza de Rozamiento a vencer para que gire el eje y deforme la plancha.....	116
5.5. Fuerzas.....	117
5.6. Radio del rodillo.....	117
5.7. Sumatoria de los momentos torsores.....	118
5.8. Momento en el punto A en el eje YZ.....	120
5.9. Potencia del eje 1 para su rotación.....	120
5.9.1. Potencia corregida.....	120
5.10. Momento Torsor.....	121
5.11. Momento Flector del eje 1(YZ).....	121
5.12. Momento flector del eje 1 (YX).....	125



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

5.13. Diámetro del eje 1.....	129
5.13.1. Momento máximo a la flexión.....	129
5.13.2. Momento equivalente total.....	129
5.13.3. Diámetro del eje de los rodillos.....	129
5.14. Diámetro del eje central que mueve a los rodillos.....	130
5.14.1. Fuerza del eje central para su rotación.....	130
5.14.2. Determinación del momento torsor.....	130
5.14.3. Sumatoria de fuerzas en el eje X.....	130
5.14.4. Sumatoria de fuerzas en el eje Z.....	131
5.14.5. Momento flector máximo.....	131
5.14.6. Diámetro del eje central.....	132
5.14.7. Momento equivalente total.....	133
5.15. Chaveta.....	133
5.15.1. Fuerza tangencial.....	133
5.16. Ruedas dentadas.....	134
5.16.1. Momento de torsión en el árbol del piñón.....	135
5.16.2. Distancia interaxial.....	135
5.16.3. Tensión admisible por contacto.....	135
5.16.4. Relación de transmisión.....	136
5.16.5. Módulo.....	137
5.16.6. Número sumario de dientes Z_{Σ}	137
5.16.7. Número de dientes Z_1	137
5.16.8. Número de dientes de Z_2	137
5.16.9. Precisión de la distancia interaxial por contacto.....	137
5.16.10. Ancho del diente.....	137
5.16.11. Flexión.....	138
5.16.12. Tensión admisible a la flexión.....	138
5.16.13. Corrección del cálculo de engranes rectos.....	140
5.17. Transmisión por cadenas en el ramal 1.....	143
5.17.1. Relación de transmisión i	144



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

5.17.2. Coeficiente de explotación K_e	144
5.17.3. Paso para una cadena monoramal.....	145
5.17.4. Distancia mínima entre ejes.....	145
5.17.5. Diámetro del círculo primitivo.....	146
5.17.6. Número de eslabones.....	146
5.17.7. Velocidad de la cadena.....	146
5.17.8. Se comprueba la cadena al número admisible de choques.....	147
5.17.9. Se comprueba la cadena al esfuerzo tangencial.....	147
5.17.10. El esfuerzo tangencial admisible será.....	147
5.17.11. Coeficiente de seguridad de la cadena.....	148
5.17.12. Corrección del cálculo de las cadenas.....	150
5.17.13. Transmisión por cadenas en el ramal 2.....	156
5.18. Tornillo sin fin y la rueda helicoidal del reductor.....	162
5.18.1. Relación de transmisión.....	162
5.18.2. Carga teórica o momento teórico.....	162
5.18.3. Tensión admisible por contacto con ruedas de bronce.....	162
5.18.4. Distancia interaxial.....	163
5.18.5. Módulo de la rueda helicoidal.....	163
5.18.6. Precisamos la distancia interaxial.....	164
5.18.7. El ángulo de la hélice (δ) del tornillo sin fin.....	164
5.18.8. Velocidad de deslizamiento.....	164
5.18.9. El rendimiento en el engranaje de tornillo sin fin.....	165
5.18.10. Flexión de la rueda.....	166
5.18.11. Tensiones nominales admisibles a la flexión para las ruedas helicoidales de bronce.....	167
5.19. Transmisión por bandas.....	169
5.19.1. Relación de transmisión.....	169
5.19.2. Velocidades angulares.....	169
5.19.3. Diámetros de las poleas.....	169



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

5.19.4. Distancia entre ejes (mm).....	170
5.19.5. Largo de la banda.....	170
5.19.6. Ángulo de abrazamiento (grados).....	170
5.19.7. Potencia calculada (KW).....	170
5.19.8. Velocidad periférica V1 (m/s).....	171
5.19.9. Número de bandas.....	171
5.19.10. Esfuerzo de banda (N).....	171
5.19.11. Fuerza aplicada en el eje (N).....	172
5.20. Husillo.....	172
5.20.1. Diámetro del perno.....	173
5.20.2. Ángulo de inclinación de la hélice.....	173
5.20.3. Fuerza tangencial del perno.....	173
5.20.4. Trabajo que se realiza en la palanca del brazo.....	173
5.21. Estructura de la máquina.....	174
5.21.1. Cordón de soldadura para la unión de vigas de tubo cuadrado.....	176
5.21.2. Límite de Trabajo de soldadura.....	176
5.21.3. Peso que soporta el cordón de soldadura.....	176
5.21.4. Coeficiente de resistencia a la fatiga del cordón.....	176
5.22. Rodamientos.....	177
5.23. Temple superficial aplicada a los rodillos y husillos.....	178
5.24. Tecnología de Construcción.....	184
5.24.1. Construcción de la estructura de máquina.....	179
5.24.2. Construcción de los rodillos.....	179
5.24.3. Construcción de los husillos.....	181
5.24.4. Temple de los Rodillos y Husillos.....	185
5.24.5. Engranés.....	185
5.24.6. Mecanización de los piñones de las cadenas.....	187
5.24.7. Mecanización del conjunto del eje central.....	188
5.24.8. Construcción de la estructura para el eje central.....	189
5.24.9. Acoplamiento del Reductor.....	191



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

5.24.10.	Ensambladura del motor.....	191
5.24.11.	Ensamblaje de banda y cadenas.....	192
5.24.12.	Guías para la plancha.....	193
5.24.13.	Control del Motor.....	194
5.24.14.	Pintado de la máquina.....	196
5.25.	Tecnología de laminación.....	196
5.26.	Seguridad e higiene de trabajo.....	198
5.27.	Practicar de la máquina laminadora.....	199
5.28.	Rendimiento de la máquina.....	199
5.29.	Construcción de un colector solar para agua.....	199
5.30.	Datos adquiridos del colector solar.....	204
5.31.	Valoración Económica.....	204
6.	DISCUSIÓN	214
6.1.	Valoración ambiental.....	215
6.2.	Valoración Social.....	215
7.	CONCLUSIONES	216
8.	RECOMENDACIONES	217
9.	BIBLIOGRAFÍA	218
10.	ANEXOS	220



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Simbología.

q = Flujo de calor por conducción. [W/m²]

k = Conductividad térmica del material. [W/m·K]

A = Área normal al flujo calórico, siempre perpendicular al flujo. [m²]

L = Espesor de paso de flujo. [m].

T = Temperatura. [°K]

E = Módulo de elasticidad

P = Esfuerzo axial

Ω = Área de la sección transversal de la barra

δ = Desplazamientos en una probeta

ε = Deformación lineal

σ = Tensión

φ = Coeficiente de estricción lateral

n = Coeficiente Normativo

N = Potencia W

F = Fuerza periférica, N.

ω = velocidad angular, rad/s.

r = radio de rotación, m.

T = Momento de rotación, N.m.

V = Velocidad periférica m/s

M_{tor} = Momento de torsión, en Kgf.cm.

n_1 = Número del revoluciones del árbol, en r/s

τ_{res} = Límite de resistencia

W_{roz} = Resistencia de rozamiento

(μ_0) = Coeficientes de rozamiento en reposo



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

(μ_{roz}) = Coeficientes de rozamiento en movimiento

M_{max} = Momento máximo en Nm

W_x = Es el momento axial de resistencia de la sección

D = Diámetro

M_{eq} = Momento equivalente

M_{flex} = Momento flector

M_{tor} = Momento torsor

b = Ancho,

a = Altura,

l = Longitud

i = Relación de transmisión

Z = Número de dientes

K = Coeficiente de carga

a_w = Distancia interaxial

K_α = Coeficiente de concentración de la carga.

K_v = Coeficiente de carga dinámica.

$[\sigma]_T$ = Tensión admisible por contacto

σ_{ot} = Límite de fatiga de las capas superficiales de los dientes por contacto

Z_R = Coeficiente que considera la aspereza de las superficies y que se selecciona en función del grado de aspereza de las superficies

m_n = Módulo normal, en m

mt = módulo normalizado

h = Altura del diente, en m

hc = Altura de cabeza, en m



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

h_r = Altura de raíz , en m

D_p = Diámetro primitivo, en m

D_e = Diámetro exterior, en m

D_i = Diámetro interior o de raíz, en m

p = Paso circunferencial del engrane, en m.

Z_Σ = Sumatorio de dientes.

σ_F = Resistencia a la flexión

m = Módulo

Y_F = Coeficiente de resistencia de los dientes

$[\sigma]_F$ = Tensión admisible a la flexión

σ_0 = Límite de resistencia a la fatiga

Y_R = Coeficiente que considera la aspereza de la superficie

Y_R = Coeficiente de rectificado fino o pulido de los dientes

$Y_{e.m}$ = Coeficiente que considera el endurecimiento por deformación en frío:

Y_e = Factor de escala

L = Largo de la cadena.

K_e = Coeficiente de explotación

K_c = Coeficiente de las cargas dinámicas:

K_a = Coeficiente que toma en consideración la distancia entre los ejes.

K_i = Coeficiente que depende de la posición de la transmisión.

K_r = Coeficiente que tiene en cuenta la posibilidad de regular la distancia entre los ejes.

K_l = Coeficiente que depende de la lubricación.

K_{re} = Coeficiente del régimen de trabajo de la transmisión.

$[p]_0$ = Presión admisible en las articulaciones en N/m^2 ,



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

t = paso de la cadena en m

a_{\min} = Distancia mínima entre los ejes (m)

a_{op} = Óptima distancia entre los ejes (m)

a_{\max} = Distancia máxima entre los ejes (m)

a_r = Distancia interaxial preliminar

\mathcal{G} = Número de choques de la cadena

F_t = Esfuerzo tangencial

$(F_t)_{adm}$ = Esfuerzo tangencial útil admisible

s = Coeficiente de seguridad de la cadena

Q = Carga de rotura para el tipo de cadena seleccionado; en N.

k_{cd} = Coeficiente de la carga dinámica.

F_t = Esfuerzo tangencial que actúa sobre la cadena; en N.

F_c = Esfuerzo centrífugo que actúa sobre la cadena; en N.

F_q = Esfuerzo debido al pandeo de la cadena, en N.

$[s]$ = Coeficiente de seguridad para el tipo de cadena.

N_Z = Número equivalentes de ciclos de cargas

$[\sigma]^0_T$ = Tensión admisible al contacto.

V_{des} = Velocidad de deslizamiento, m/s

$W1$ = Velocidad angular Rad/s

T_o = Altura de la sección transversal de la correa

L_p = Largo de la banda

α = Angulo de abrazamiento en grados

P_p = Potencia (W)

P_o = Carga admisible útil de una correa trapezoidal



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$C\alpha$ = Coeficiente de abrazado

Cp = Coeficiente de régimen de trabajo y de la carga dinámica

CL = Coeficiente de longitud de la correa trapezoidal

So = Esfuerzo (N)

P = Potencia del motor

$V1$ = Velocidad periférica

$Z1$ = Número de bandas

Φ = Coeficiente de sección de la banda

dn = Diámetro del núcleo del tornillo.

P_{cr} = Fuerza crítica

I_{zmin} = Mínimo momento axial de inercia de la sección, en m^4 ;

r_z = Radio de inercia de la sección, en m.

Gt = Límite de trabajo.

Ge = Límite elástico de la soldadura.

(Tr) = Límite elástico originado por el cordón



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene la finalidad de presentar una metodología de selección y cálculo para la elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua. Para lo cual se resalta los diferentes tipos de colectores solares el cual se escogió el de tubos embutidos por tener una mayor área de contacto entre el tubo y la plancha.

Se escogió la placa de aluminio aleado por tener una alta conductibilidad térmica, con las características mecánicas de esta placa y la velocidad de mecanizado de las máquinas laminadoras se diseñan las partes constitutivas de la máquina tales como: rodillos, husillos, engranes, cadenas, bandas, potencia del motor y reductor de velocidad.

Obtenidos los resultados matemáticos del diseño de las partes constitutivas de la máquina laminadora se procede a la tecnología de construcción en el cual tenemos los siguientes pasos:

- Construimos la estructura de la máquina laminadora que soporta todo el peso y vibración de las piezas de la máquina.
- Mecanizamos los rodillos de laminación que da la forma de canal para la deformación de la placa.
- Temple superficial de los rodillos para una mayor dureza a la superficie y aumentar la vida útil de los rodillos.
- Selección del tipo de rodamiento el cual nos ayuda a reducir la fricción para la rotación de los rodillos
- Mecanizamos los husillos que es el que da la profundidad para la deformación de la placa
- Eje central sirve para dar el movimiento de las dos etapas de los rodillos
- Selección de chumaceras para la rotación del eje central



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

- Mecanización del diámetro interior de los piñones para acoplar al eje de los rodillos y eje central.
- Mecanizamos el diámetro interior de los engranes para acoplar en los rodillos.
- Construcción de la estructura para sujeción y peso del eje central y reductor
- Selección del motor para realizar el trabajo de rotación del mecanismo de transmisión de la máquina.
- Construcción de la base del motor para soportar la vibración y peso del motor.
- Montaje y acoplamiento del motor, reductor, banda y cadenas.
- Diseño y montaje del control eléctrico del motor con inversor de giro.
- Pintado de la máquina

Luego de construir la máquina se hizo la primera prueba de funcionamiento sin carga lo cual funciono correctamente.

La segunda prueba de funcionamiento se la realizó con la placa de aluminio; lo cual se concluyo que el funcionamiento de máquina es la correcta y óptimo para la deformación final de la placa en 5min.

Deformada la plancha procedemos a la construcción del colector solar para agua el cual consiste en:

- Soldar tubos de cobre de tal manera que se acople a los canales deformados de la plancha.
- Remachamos los tubos de cobre de tal manera que se acople en los canales deformados de la plancha.
- Construimos el cajón donde va a ir la plancha con los tubos de cobre.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



- Forramos el cajón con lana de vidrio.
- Colocamos la placa con los tubos de cobre dentro del cajón y enroscamos neoplos de 20cm, luego cubrimos con un vidrio para hermetizar con silicón y evitar fugas de calor.
- Instalamos el equipo con un tanque acumulador de 40GL

Instalado el colector solar las temperaturas fueron las siguientes:

- 34°C, 46°C y 42°C lo cual se ve que es agradable para el uso del agua y poderse bañar.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Características de la potencia solar

Las características del sol

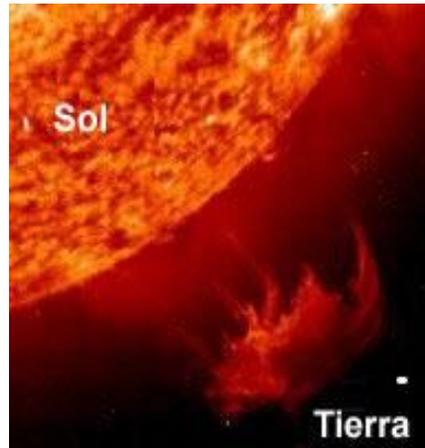


Figura 3.1 El sol

El Sol es el centro del sistema solar, es el objeto más grande de nuestro sistema solar. El sol es inmenso comparado a la tierra. Si el Sol fuera una pelota hueca podría contener más de un millón de tierras.

El Sol ha existido desde hace mucho tiempo atrás. Tiene 4.5 billones de años de edad. El sol tiene un diámetro de 1.35 millones de kilómetros. La distancia del la tierra al sol son 93 millones de millas.

El centro es la parte más caliente del sol. La temperatura del centro es 27 millones grados Fahrenheit y la superficie es 10000 grados Fahrenheit. A pesar de que el superficie es la parte más fría del sol, todavía es 100 veces más caliente que en la tierra.

En América del sur se puede aprovechar una potencia 1000 kilovatios-hora de energía, directamente o bien ser convertida en otras formas útiles como, por ejemplo, en electricidad y para calentar agua por medio de colectores solares planos u otros.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

3.2. Potencia Solar

Tabla. 3.1 La potencia solar promedio anual

Insolación Promedio 10 Años en kWh m ⁻² día ⁻¹												
Sitio: Latitud (Sur) / Longitud (Oeste)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cotopaxi: -1/79	3.73	3.98	4.05	3.88	3.74	3.47	3.71	3.97	3.98	3.77	3.88	3.79
Cuenca - Loja: -3/79	3.76	3.99	3.98	3.87	3.84	3.53	3.79	4.17	4.29	4.08	4.26	4.05
Esmeraldas: 0/80	4.05	4.42	4.71	4.51	4.17	3.79	3.75	3.90	3.96	3.88	3.93	3.97
Guayaquil: -3/80	4.34	4.58	4.66	4.55	4.37	3.85	3.96	4.30	4.53	4.37	4.62	4.53
Ibarra - Tulcán: 0/79	3.73	4.01	4.17	3.95	3.75	3.56	3.85	4.01	3.95	3.79	3.81	3.73
Islas Galápagos: -1/91	6.25	6.56	6.78	6.49	6.03	5.56	4.92	5.19	5.28	5.49	5.46	6.01
Manabí: -2/81	5.05	5.22	5.51	5.45	5.00	4.01	3.84	4.15	4.42	4.26	4.54	4.91
Napo: -2/77	4.45	4.36	4.33	4.04	4.11	3.74	4.01	4.55	4.82	4.59	4.47	4.67
Quevedo: -1/80	4.15	4.44	4.63	4.50	4.21	3.68	3.68	3.92	4.01	3.86	4.01	4.09
Quito: -1/79	3.73	3.98	4.05	3.88	3.74	3.47	3.71	3.97	3.98	3.77	3.88	3.79
Riobamba: -2/79	3.74	3.97	3.96	3.83	3.76	3.43	3.63	3.98	4.05	3.82	3.99	3.87
Santa Elena: 3/81	5.25	5.43	5.62	5.51	5.13	4.32	4.25	4.59	4.97	4.84	5.13	5.28

En la ciudad de Loja es 3.9675Kwh/m² dia

(www.epsea.org/esp/pdf2/Capit01a.pdf)

3.3. Tipos y características de los componentes de los colectores solares de placa plana

En la ciudad de Loja la construcción e instalación de colectores solares de agua son realizadas sin el suficiente conocimiento técnico, algunos de ellos o la mayoría no son monitoreadas en el aprovechamiento de su eficiencia, por este motivo no existen datos reales y concisos para observar problemas en estos colectores solares y así poder mejorar su diseño y rendimiento del mismo.

De tal forma se construirá una máquina para obtener en serie placas para colectores solares con tubos embutidos, para una mejor eficiencia en la conducción del calor en dichas placas.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

3.3.1. Descripción general de un colector solar plano

El colector solar plano muestra un corte transversal de uno de estos dispositivos que maneja un líquido como fluido de trabajo. La energía solar incidente, tiene que atravesar una o varias capas de vidrio o algún otro material transparente adecuado, antes de alcanzar la placa de absorción negra que es el elemento más importante del colector solar, al cual está unido el tubo o ducto. En esta placa, es donde la energía radiante es convertida en calor. Este calor, posteriormente es transferido por conducción hacia el fluido de trabajo (agua, aire), que es el que finalmente remueve la energía térmica del colector y la transfiere al tanque de almacenamiento térmico o al espacio o producto que va a ser calentado, según la aplicación que se le esté dando. El vidrio o su equivalente, además de permitir la entrada de la radiación solar hasta la placa de absorción, sirven también para minimizar las pérdidas de calor por radiación y convección hacia el medio ambiente por la parte superior del colector.

El aislante térmico (espuma de poliuretano, polietileno, lana de fibra de vidrio o algún otro) colocado en la parte posterior y lados del colector, disminuye también las pérdidas de calor hacia el medio ambiente en esas partes. Todas las partes mencionadas se encuentran dentro de una caja que sirve como parte estructural del colector y que puede ser hecha de diversos materiales como lámina metálica, madera o plástico.

El diseño de cada colector depende fundamentalmente de la aplicación específica a la cual vaya a destinarse. Este debe ser diferente si por ejemplo se trata de calentar agua para una alberca (22 - 30 °C), agua para uso doméstico (40 - 60 °C) o aire para el acondicionamiento calorífico de edificios (90 - 100 °C). Algunos de los parámetros más importantes que se tienen que tomar en cuenta para su diseño y funcionamiento, son los siguientes: tipo de tubo o ducto, diámetro nominal, longitud, número de tubos y espaciamiento entre ellos; material, espesor y acabado de la placa de absorción o aleta; número y tipo de capas o cubiertas transparentes; tipo de aislante y espesor; tipo de fluido de trabajo y flujo de masa del mismo; inclinación y orientación del colector; condiciones ambientales como

*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



velocidad del viento y temperatura del aire y, por supuesto, la intensidad de la radiación solar.

3.3.2. Tipos de colectores solares de placa plana para agua caliente.

Las sustancias o materiales que están en contacto con la fuente cálida tienen una energía de vibración mayor en las moléculas que están expuestas a la fuente o en contacto con ella que en las moléculas más alejadas. Esta energía, asociada en los gases y líquidos a modos trasnacionales, se puede transferir por choque entre partículas. A este modo de transferir calor se lo llama conducción.

En el caso de flujo de calor por conducción se debe a la rigidez de las moléculas que obstaculiza la vibración o a presencia de huecos en el material. En todos los casos se puede plantear la ecuación generalizada:

$$\text{Intensidad de Flujo} = \frac{\text{Potencial}}{\text{Resistencia}} \tag{3.1}$$

La transferencia de calor por conducción la rige la Ley de Fourier; el mismo que en 1822 estudió los fenómenos de transferencia de calor y estableció su conocida ecuación:

$$q = \frac{kA(T_1 - T_2)}{L} \tag{3.2}$$

q = Flujo de calor por conducción. [W/m²]

k = Conductividad térmica del material. [W/m·K]

A = Área normal al flujo calórico, siempre perpendicular al flujo. [m²]

L = Espesor de paso de flujo. [m].

T = Temperatura. [°K]



Fig. 3.2 Tubos soldados o grapados

Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

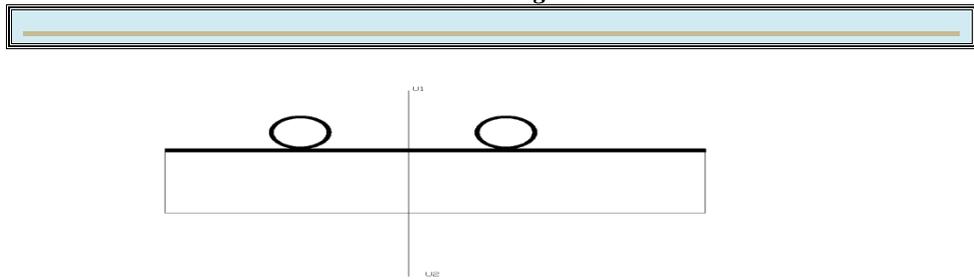


Fig.3.3 Tubos soldados

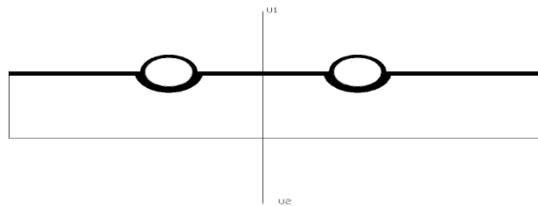


Fig. 3.4 Tubos embutidos

En nuestro proyecto construiremos placas laminadas en forma de canales para colectores solares de tubos embutidos por tener una mayor área de conducción, ya que otras placas solares tienen menor área de transferencia de calor. (wikipedia.org/wiki/Colector_solar), (Ricardo Martín, 2008).

Ejemplo de un colector solar plano para agua



Colector plano



Esquema de colector plano

Fig. 3.5 Colector plano

3.4. Proceso de cambio de forma en los metales

3.4.1. Método por estampado

El método por estampado se refiere a lograr deformaciones leves a moderadas en una chapa.

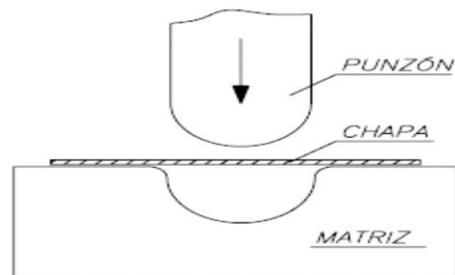


Fig. 3.6 Estampado por punzón



Fig. 3.7 Balancín de estampado



Fig. 3.8 Piezas estampadas

3.4.2. Método de Laminación

Concepto de Laminación

La laminación es un método de mecanizado utilizado para crear láminas o chapa de metal de determinada configuración. Este proceso metalúrgico se puede realizar con varios tipos de máquinas. La elección de la máquina más adecuada va en función de las dimensiones de la lámina que se desea obtener (espesor y longitud) y de la naturaleza y características del metal. La máquina más común es de simples rodillos, entre los cuales se introduce el metal a altas temperaturas o en frío y se deforma hasta obtener la forma deseada.

Fabricar piezas en chapa de longitud variable y sección uniforme.



Fig. 3.9. Rodillos

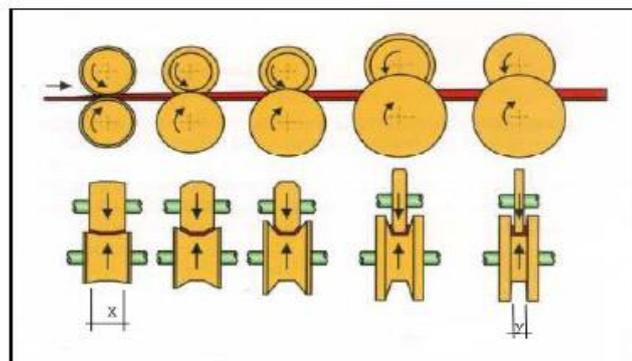


Fig. 3.10. Esquema de laminado

*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

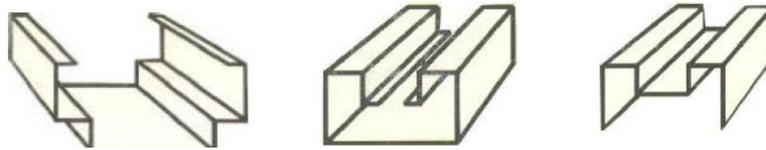


Fig. 3.11. Ejemplos de laminación

3.4.3. Proceso de laminación de chapas

El tipo de proceso se puede clasificar en las categorías de doblado. Podemos observar un ejemplo de deformación progresiva de una chapa en la Figura 3.12. El conformado de la chapa se consigue tras hacer pasar la chapa a través de varias etapas de rodillos dispuestos en línea. Estas etapas presentan como mínimo dos rodillos, pero según la forma del perfil deseado pueden presentar más.

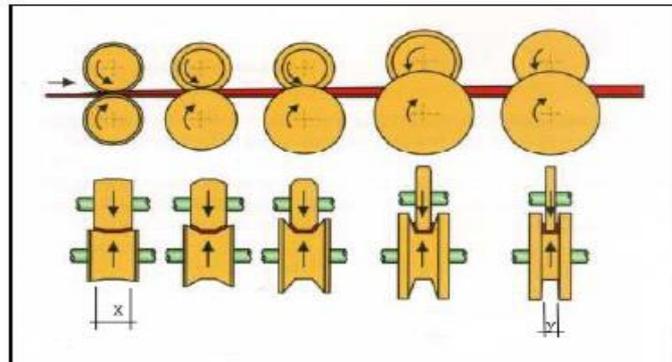


Fig. 3.12. Etapas de conformación por rodillos

3.4.4. Criterios de diseño del perfil.

Es importante que el diseñador de la máquina, debe llegar a un acuerdo de la forma final, es decir, el laminado final, de tal forma que el “nuevo” perfil se ajuste a los requerimientos para el que es necesario, pero con una forma idónea al proceso de conformado por rodillos, y de esta forma evitar altos costes de los útiles, alto desgaste de la herramienta, y la formación de problemas.

3.4.4.1. Grandes radios de doblado interior.

Esto permite que el material deslice de una forma más fácil y sin rotura.

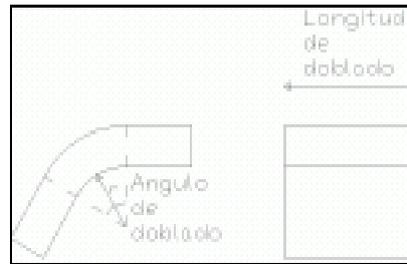


Fig. 3.13. Radio de doblado

3.4.4.2. Altura mínima del perfil.

Cuanto menor sea la altura mínima del perfil menor será la diferencia de velocidades entre las dos caras de la chapa tendiendo más a desgarrarse, consiguiendo de esta forma peores resultados o incluso resultados inadmisibles.

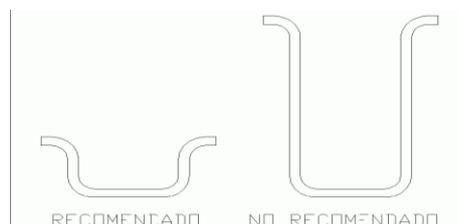


Fig. 3.14. Altura recomendado y no recomendado

En caso de la existencia de operaciones de punzonado o corte, es aconsejable realizarlas una vez realizada la deformación. Si estos se tienen que realizar antes es aconsejable que se realicen con un cierto ángulo si la cara en la que se encontrará esta inclinada.

3.4.4.3. Utilizar espesores medios.

Un espesor demasiado fino puede presentar problemas de ondulaciones y desgarros, en cambio, espesores demasiado gruesos requieren esfuerzos importantes y la máquina obtenida puede resultar de grandes dimensiones y demasiado cara.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

3.4.4.4. Estudio del material del perfil

Prácticamente cualquier material que pueda ser conformado en frío con un cierto radio de doblado, también puede ser conformado en una máquina de laminado. En la Tabla 3.2 Se muestra un ranking de los materiales con mejores características para ser conformados mediante una máquina de laminado.

(www.premio.terniumsiderar.com/files/JC_2006_Procesos.pdf)

Tabla 3.2 Ranking de materiales deformables

MATERIAL	RANKING	MATERIAL	RANKING
Aluminio y aleaciones	100	Magnesio y aleaciones	80
Cobre y aleaciones	100	Níquel y aleaciones	80
Zinc y aleaciones	100	Titanio y aleaciones	50
Acero	80	Hierro puro	0
Acero aleado	80	Metales refractarios	0
Acero inoxidable	80	Termoplásticos	0
		Photo-polímeros	0
		Materiales Cerámicos	0
		Madera	0

3.5. Propiedades importantes de los materiales

Propiedades Mecánicas

Son aquellas que expresan el comportamiento de los metales frente a esfuerzos o cargas que tienden a alterar su forma.

Resistencia: Capacidad de soportar una carga externa si el metal debe soportarla sin romperse se denomina carga de rotura y puede producirse por tracción, por compresión, por torsión o por cizallamiento, habrá una resistencia a la rotura (kg/mm²) para cada uno de estos esfuerzos.

Dureza: Propiedad que expresa el grado de deformación permanente que sufre un metal bajo la acción directa de una carga determinada. Los ensayos más importantes para designar la dureza de los metales, son los de penetración, en que se aplica un



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

penetrador (de bola, cono o diamante) sobre la superficie del metal, con una presión y un tiempo determinados, a fin de dejar una huella que depende de la dureza del metal.

Elasticidad: Capacidad de un material elástico para recobrar su forma al cesar la carga que lo ha deformado. Se llama límite elástico a la carga máxima que puede soportar un metal sin sufrir una deformación permanente. Su determinación tiene gran importancia en el diseño de toda clase de elementos mecánicos, ya que se debe tener en cuenta que las piezas deben trabajar siempre por debajo del límite elástico, se expresa en Kg/mm².

Plasticidad: Capacidad de deformación permanente de un metal sin que llegue a romperse.

Tenacidad: Resistencia a la rotura por esfuerzos de impacto que deforman el metal. La tenacidad requiere la existencia de resistencia y plasticidad.

Fragilidad: Propiedad que expresa falta de plasticidad, y por tanto, de tenacidad. Los materiales frágiles se rompen en el límite elástico, es decir su rotura se produce espontáneamente al rebasar la carga correspondiente al límite elástico.

Resiliencia: Energía absorbida en la rotura por unidad de sección. Caracterizar a un material respecto a otro pero su resultado no puede ser utilizado en situaciones reales.

Fluencia: Propiedad de algunos metales de deformarse lenta y espontáneamente bajo la acción de su propio peso o de cargas muy pequeñas. Es una deformación lenta.

Fatiga: Si se somete una pieza a la acción de cargas periódicas (alternativas o intermitentes), se puede llegar a producir su rotura con cargas menores a las que producirían deformaciones.

3.6. Conductividad Eléctrica y Calorífica. Efecto de la Temperatura.

La conductibilidad eléctrica de los metales es máxima en el estado de pureza, disminuyendo a medida que contienen otros elementos, como por ejemplo el fósforo y el aluminio en el cobre. Así mismo aumenta con la temperatura y la dilatación. Los metales son materiales que tienen una amplia dilatación, en parte debido a su conductibilidad. Las dilataciones son perceptibles a veces aún con los cambios de temperatura ambiental. Se miden linealmente y se fija la unidad de longitud para la variación de 1° C de temperatura.

(http://es.wikipedia.org/wiki/Tecnolog%C3%ADa_de_materiales)

3.7. Ley de Hooke

En el diagrama esfuerzo – deformación, la línea recta indica que la deformación es directamente proporcional al esfuerzo en el tramo elástico, este principio conocido como la ley de Hooke. Así mismo, la proporción representada por la pendiente de la recta, es constante para cada material y se llama módulo de elasticidad (E).

Como veremos en el ejemplo, cuando una barra está sometido a un esfuerzo axial P, aparecen internamente tensiones normales σ calculables a través de la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{P}{\Omega} \quad (3.3)$$

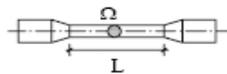


Fig. 3.15. Probeta de acero

Dónde Ω es el área de la sección transversal de la barra. Sabemos también que se originan desplazamientos δ . Si entonces se miden los valores (P; δ) para cada escalón de carga, se pueden graficar los valores (σ ; ϵ), que se evalúan mediante las expresiones ya conocidas.

Para el caso del acero común, también llamado acero dulce, que es de bajo contenido de carbono, el diagrama tenso-deformación resulta como el de la figura siguiente.

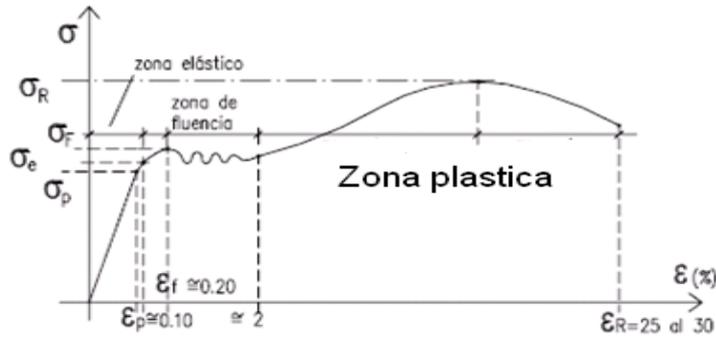


Fig. 3.16. Diagrama de tensión- deformación para el acero dulce

a) Período elástico

Este período queda delimitado por la tensión σ_e (límite de elasticidad). El límite de elasticidad se caracteriza porque, hasta llegar al mismo, el material se comporta elásticamente, es decir que producida la descarga, la probeta recupera su longitud inicial. En la práctica, este límite se considera como tal cuando en la descarga queda una deformación específica remanente no mayor a 0.001 %.

Este período comprende dos zonas: la primera, hasta el σ_p (límite de proporcionalidad), dónde el material verifica la ley de Hooke. La segunda entre σ_p y σ_e , si bien es elástica, no manifiesta proporcionalidad entre tensiones y deformaciones.

$$\text{En la primer zona : } \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = \frac{\sigma}{\varepsilon} = E \tag{3.4}$$

$$\text{En la segunda zona : } \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = f(\varepsilon) = \text{Módulo de elasticidad reducido} \tag{3.4}$$

En general, los límites de proporcionalidad y de elasticidad difieren muy poco entre sí.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

b) Periodo elasto-plástico

Para valores de tensión superiores al límite elástico, la pieza si fuera descargada no recobraría su dimensión original, apreciándose una deformación remanente acorde con la carga aplicada. A medida que aumenta la sollicitación, la gráfica representativa es la de una función para la cual disminuye el valor de su Tangente, tendiendo a anularse en el tramo final del período, al cual se llega con un valor de tensión que se indica como σ_f (tensión de fluencia).

c) Periodo plástico (fluencia)

Una vez arribado al valor de tensión σ_f (límite de fluencia), el material fluye, es decir, aumentan las deformaciones sin que existe aumento de tensión. En realidad este fenómeno no es tan simple, ya que puede verse que la tensión oscila entre dos valores límites y cercanos entre sí, denominados límites de fluencia superior e inferior, respectivamente.

La tensión de proporcionalidad resulta ser aproximadamente el 80% de la tensión de fluencia.

En nuestro proyecto realizaremos los cálculos para determinar el punto de fluencia de nuestra plancha a utilizar.

$$\sigma_p \cong 0.8 \sigma_f \quad (3.5)$$

d) Periodo de endurecimiento y de estricción

Como consecuencia de un acomodamiento cristalográfico, luego de la fluencia el material sufre un re-endurecimiento, que le confiere la capacidad de incrementar la resistencia, es decir, puede admitir un incremento de carga. Sin embargo en este período las deformaciones son muy pronunciadas. La tensión aumenta hasta alcanzar un valor máximo σ_R , denominado “tensión de rotura”, a partir del cual la tensión disminuye hasta que alcanza una determinada deformación de rotura, produciéndose la rotura física.

*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Una valoración cuantitativa del fenómeno de estricción está dada por el “coeficiente de estricción lateral”, el cual se define según la siguiente expresión:

$$\varphi = \frac{A_i - A_f}{A_f} \tag{3.6}$$

Dónde:

Ω_i = área inicial

Ω_f = área final

En los aceros comunes $\varphi \approx 50 \%$

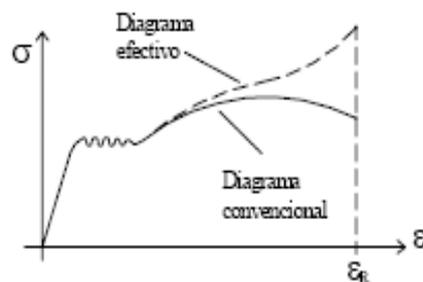


Fig. 3.17. Diagrama efectivo y convencional

Si al realizar el ensayo de un acero común, una vez alcanzado un punto tal como el M de la gráfica, se descarga la probeta, se llega a una tensión nula a través de una recta paralela a la que define el período elástico, quedando una deformación remanente. Si la probeta vuelve a cargarse retoma la curva en el punto N, pero con un nuevo recorrido donde ya no existe el período de fluencia. Así mismo, la zona recta se prolonga hasta un valor $\sigma'_p > \sigma_p$.

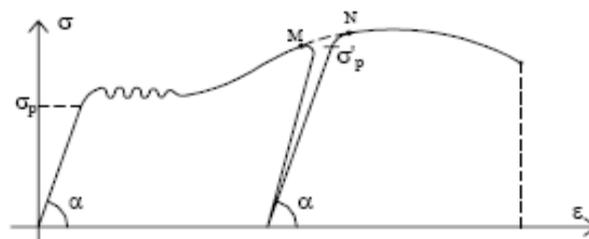


Fig. 3.18. Endurecimiento mecánico del acero dulce



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Debido a que el perfil presenta un plegado del material hace que el material que podemos utilizar para la chapa se encuentre limitado por su composición. De esta forma los aceros que permiten plegados de 180° en la dirección de avance de la chapa, son los que presentan un porcentaje de carbono inferior de 0,25. Los aceros con un porcentaje de carbono entre 0,25 y 0,4 pueden conformarse pero presentan limitaciones importantes en el ángulo mínimo de doblado, y en ningún caso podemos conseguir un plegado de 180°. Mientras que los aceros con porcentaje de carbono superior a 0,4 son realmente difíciles de conformar.

(http://ing.unne.edu.ar/pub/e2_cap1.pdf)

3.8. Criterio de termo-transferencia y resistencia mecánica

Los materiales que tienen mejor conductividad térmica se clasifican en:

- | | |
|-------------|------------|
| 1 Oro. | 6 Platino. |
| 2 Plata. | 7 Plomo. |
| 3 Cobre. | 8 Zinc. |
| 4 Aluminio. | 9 Hierro. |
| 5 Estaño. | 10 Níquel. |

Los materiales que son buenos conductores de calor son el oro, plata, cobre. Se podrían utilizar para el mecanizado de las chapas, pero estos materiales son muy costosos en el mercado. Por lo cual se tomaría en cuenta otros materiales más económicos tales como Aluminio, Zinc y Hierro.



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

En la Tabla 3.3 Podemos observar las propiedades de algunos materiales

Tipo	Designación	Estado	C	Mn	Si	P	S	(N/mm ²)	(N/mm ²)	%
F-111	Acero extra-suave	Normalizado	0,15	0,4	0,22	0,04	0,04	380	300	23
F-112	Acero suave	Normalizado	0,25	0,55	0,22	0,04	0,04	480,00	350	18
St 34-2	Acero de construcción	No aleado	0,15					330	205	28
St 37-2	Acero de construcción	No aleado	0,18					360	235	25
St 37-3	Acero de construcción	No aleado	0,17					360	235	25
St 42-2	Acero de construcción	No aleado	0,25			0,06	0,06	410	255	22
St 42-3	Acero de construcción	No aleado	0,23			0,055	0,055	410	255	22
St 52-3	Acero de construcción	No aleado	0,22			0,055	0,055	510	355	22
1050-h24	Aluminio Semiduro							120	100	11
1200-0	Aluminio Recocido							90		40
3003-0	Aluminio Recocido							115		40
3003-h18	Aluminio Semiduro							220	190	7
5754-h38	Aluminio Recocido							220	190	23
5754-h39	Aluminio Semiduro							310	270	5
5083-0	Aluminio Recocido							300	140	18
	Aluminio Aleado							540	480	11

Fuente: (<http://www.luminum.com/es/data/dmechprop.html>)

Tabla 3.4. Propiedades mecánicas de las planchas de aluminio.

Características a la tracción			Resist. a la Cizalladura	Módulo elástico	Peso específico	Coefc. de dilatación a 100°C	Conductividad	
Rm	Rp0.2	A5.56					Térmica	Eléctrica
$\frac{N}{mm^2}$	$\frac{N}{mm^2}$	%	$\frac{N}{mm^2}$	$\frac{N}{mm^2}$	$\frac{g}{cm^3}$	10 ⁶ K	$\frac{W}{m^{\circ}C}$	% IACS
ALUMINIO Y ALEACIONES								
120	100	11	75	69000	2.70	23.6	231	61.6
90	-	40	65	69000	2.71	24.3	222	69.5
115	-	40	75	69000	2.73	23.9	180	50
220	190	7	110	69000	2.73	23.9	154	40
220	190	23	130	71000	2.66	23.8	125	35.3
310	270	5	165	71000	2.66	23.6	126	31
300	140	18	180	71000	2.67	24.5	120	28.3
375	285	9	-	71000	2.67	24.5	120	28.3
120	60	28	80	69000	2.70	23.2	156	-
210	270	13	280	69000	2.70	23.2	156	43.1
390	245	14	260	74000	2.73	23.0	134	-
460	320	18	290	73000	2.77	23.6	121	30
250	290	10	250	71500	2.78	23.0	140	37.5
540	480	11	330	72000	2.80	23.5	130	34

Fuente: (<http://www.luminum.com/es/data/dmechprop.html>)



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

El material que se utilizara para hacer los cálculos en el diseño de la máquina laminadora es de aluminio aleado ver tabla 3.3; el motivo que hemos escogido este material es por la facilidad de su compra en el mercado y por tener un alto coeficiente de conductibilidad térmica.

3.9. Velocidad del semiproducto en el mecanizado.

La velocidad en las máquinas de laminado para la deformación de chapas está entre 0.5-35m/min y entre 7-12 rpm; para nuestro estudio se escogerá la velocidad de 2m/min y 8rpm, por el motivo que la chapa a laminar es de un espesor de 1.2mm que puede romperse con una velocidad alta.

(www.premio.terniumsiderar.com/files/JC_2006_Procesos.pdf)

3.10. Engranajes de dientes rectos

Los engranajes cilíndricos se emplean para transmitir movimiento entre árboles paralelos; es el grupo de engranajes más difundido e importante, se emplean en los más diversos campos y condiciones de trabajo, máquinas muy pesadas; para transmitir fuerzas circunferenciales pequeñas y muy grandes.

En comparación con otras transmisiones poseen las siguientes ventajas:

- Dimensiones exteriores pequeños.
- Rendimiento alto.
- Gran duración y fiabilidad de funcionamiento.
- Constancia de la relación de transmisión por ausencia de patinaje.

Fuente: (Caraballo, 2007)

3.11. Transmisión por Cadena.

Sirve para transmitir potencia entre ejes paralelos, en el accionamiento de destino general (para transportadores, máquinas agrícolas y de construcción, extractores de carbón) y otras máquinas, con distancias entre ejes considerables (hasta 5 metros), se emplean generalmente las cadenas de rodillos y dentadas de transmisión.

En el caso simple la transmisión por cadena consta de una cadena y dos ruedas de estrellas: la conductora con números de dientes Z_1 y la conducida con número de dientes Z_2 . La rotación del árbol conducido se efectúa por el conductor mediante el engranaje a cuenta del tensado de la cadena producido por la rueda de estrella conductora. Existen transmisiones por cadena reductora y multiplicadora.

Las transmisiones por cadena han adquirido gran difusión para potencias de hasta 100 Kw, a velocidades periféricas de hasta 15 m/s y relación de transmisión i hasta 7.

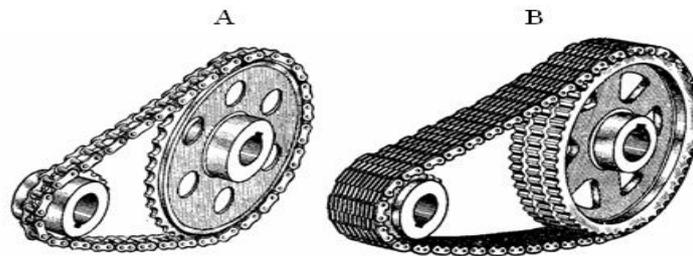


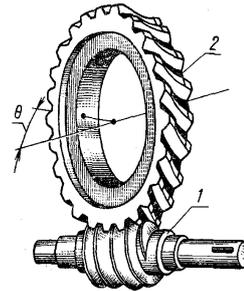
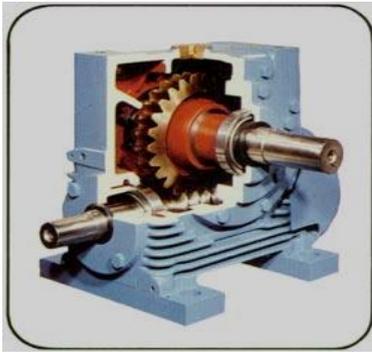
Fig. 3.19. Transmisiones por cadenas. A. Por cadena de rodillos. B. Dentadas.

Fuente: (Caraballo, 2007)

3.12. Reductor de velocidad

Este mecanismo se compone de un tornillo cilíndrico o hiperbólico y de una rueda (corona) de diente helicoidal cilíndrica o acanalada. Es muy eficiente como reductor de velocidad, dado que una vuelta del tornillo provoca un pequeño giro de la corona. Es un mecanismo que tiene muchas pérdidas por roce entre dientes, esto obliga a utilizar metales de bajo coeficiente de roce y una lubricación abundante, se suele fabricar el tornillo (gusano) de acero y la corona de bronce.

Los engranajes por tornillos sin fin consisten en un tornillo con rosca trapecoidal o próxima a ésta, y una rueda con dientes de forma especial, que se obtiene debido al contorneado mutuo con los filetes del tornillo sin fin. En la figura se muestra una transmisión tornillo sin fin – rueda helicoidal y un reductor sinfín seccionado.



Transmisión tornillo sinfín- rueda helicoidal.

1. Tornillo sinfín.

Fig. 3.20. Reductor

Fuente: (Caraballo, 2007)

3.13. Transmisión por bandas

Las bandas se han constituido en un instrumento de trabajo muy importante, ideal para transmitir potencias. Existen varios tipos de bandas, siendo las más utilizadas:

- Bandas de sección circular
- Bandas planas
- Bandas trapeciales

Las bandas trapeciales son las de mayor empleo en la industria actual. El perfil trapecial encaja en los canales de la polea sobre las cuales se presiona debido a la mayor área de contacto que tienen la banda con las poleas.

Los criterios principales de cálculo de las transmisiones por correa son:

1. - Capacidad de tracción (de tiro) o adhesión de la correa con la polea.
2. - Duración de la correa.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Si no se cumple la primera condición, la correa empezará a patinar, si no se cumple la segunda condición, la correa llegará a deshilarse demasiado pronto.

Fuente: (Caraballo, 2007)

3.14. Husillo

Trasforma un movimiento giratorio aplicado a un volante o manilla, en otro rectilíneo en el husillo, mediante un mecanismo de tornillo y tuerca. La fuerza aplicada por la longitud de la circunferencia del volante ha de ser igual a la fuerza resultante por el avance del husillo. Dado el gran desarrollo de la circunferencia y el normalmente pequeño avance del husillo, la relación entre las fuerzas es muy grande. Fuente: (Shingley, 1981)

3.15. Soldadura.

Las uniones soldadas se emplean universalmente en la fabricación de estructuras metálicas, en las reparaciones y en la construcción de maquinaria, casos en los que las construcciones soldadas sustituyen con frecuencia las piezas de fundición de distintas formas geométricas.

El proceso de soldadura reside en el empleo de un calentamiento local y en utilizar las fuerzas del enlace molecular para obtener una unión inseparable de los elementos metálicos.

Las clases fundamentales de soldadura son la soldadura por contacto y por fusión. En el primer caso, el metal se calienta hasta la temperatura de soldar y se comprime. En el caso de soldadura por fusión, las piezas a soldar se calientan hasta la temperatura debida y después se unen por medio del metal adicional de una varilla de acero fundida (electrodo).

La soldadura más difundida en la construcción de maquinaria es la eléctrica al arco, por primera vez aplicada por los ingenieros rusos N. Bernardos (1882) y N. Slavianov (1888). Fuente: (José Alvarado, Dario Sotomayor, Fabián Larriba, Manuel Silva, 2006).

3.16. Rodamientos

Un rodamiento, también denominado rulemán, rolinera, cojinete, balinera o balero, rodaje o también Bolillero, es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

Los rodamientos muestran propiedades características, que dependen de su diseño y que lo hace más o menos apropiado para una aplicación dada.

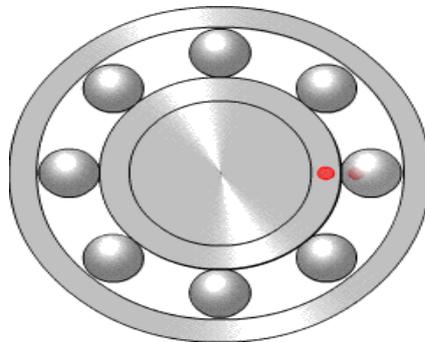


Fig. 3.21 Rulemán de bolas

Fuente: (wikipedia.org/wiki/Rodamiento)

3.17. Temple superficial

El proceso de endurecimiento del acero consiste en el calentamiento del metal de manera uniforme a la temperatura correcta y luego enfriarlo con agua, aceite, aire o en una cámara refrigerada. El endurecimiento produce una estructura granular fina que aumenta la resistencia a la tracción (tensión) y disminuye la ductilidad. El acero al carbono para herramientas se puede endurecer al calentarse hasta su temperatura crítica, la cual se adquiere aproximadamente entre los 790 y 830 °C, lo cual se identifica cuando el metal adquiere el color rojo cereza brillante. Cuando se calienta el acero la perlita se combina con la ferrita, lo que produce una estructura de grano fino llamada austenita. Cuando se enfría la austenita de manera brusca con agua, aceite o aire, se transforma en martensita, material que es muy duro y frágil.

Fuente: (wikipedia.org/wiki/Templado_del_acero)

3.18. Control de calidad de la placa laminada.



Fig. 3.23 Control de calidad.

En la actualidad, se requiere de una etapa de “control de calidad” en el proceso, para poder separar los producto malos de los buenos. Es así como frecuentemente se utiliza el lema “La calidad no se controla, se fabrica”; haciendo énfasis en el seguimiento en cada una de las etapas de la fabricación de un producto. Por último, se puede llegar a una Calidad de Diseño, lo cual significa que no sólo se deben corregir o reducir los defectos encontrados, sino que también se debe procurar prevenir que estos ocurren, tal como se menciona en el enfoque de Calidad Total.

Es un factor estratégico para controlar y detectar fallas en el producto y satisfaga las necesidades para las cuales fue emprendido. Después de terminado el producto se calcula el costo del producto final en el cual se tiene en cuenta el número de personas, el Kw hora, el número de planchas deformadas en un día de trabajo y el costo de adquisición de la plancha de aluminio.

Fuente: (wikipedia.org/wiki/Control_de_calidad)



4. MÉTODOS Y MATERIALES

4.1. Coeficiente Normativo.

Se recomienda en plantear tres coeficientes parciales de seguridad.

(n1) es el coeficiente que considera el error posible al determinar las cargas y las tensiones. Cuando las tensiones se calculan con gran precisión, este coeficiente se puede señalar igual a (1.2 - 1.5).

(n2) Cuando los cálculos se hacen partiendo del límite de fluencia y las cargas son estáticas, cuando se tratan de materiales frágiles n2 se considera (3-4), de materiales poco plásticos, n2 se considera (2-3) y para materiales muy frágiles n2 se considera (4-6).

(n3) es el coeficiente de las condiciones de trabajo que tiene en cuenta el grado de responsabilidad de la pieza. Su valor se admite entre 1 y 1.5.

$$n = (n1) (n2) (n3). \quad (4.1)$$

Fuente: (P.A. STIOPIN, 1988)

4.2. Momento de Inercia de una Sección Rectangular.

El momento de inercia de una sección rectangular se calcula por la ecuación:

$$I = \frac{b * h^3}{12} \quad (4.2)$$

b = Longitud de contacto entre rodillo y placa.

h = Espesor de la placa

I = Momento de Inercia

Fuente: (P.A. STIOPIN, 1988)



4.2.1. Deformación Lineal y Transversal

La deformación lineal se determina por la expresión.

$$\Delta L = \frac{NL}{EA} \quad (4.3)$$

Donde:

ΔL = Es el alargamiento o acortamiento longitudinal o transversal (mm)

N = Esfuerzo (Kg)

L = Longitud inicial de la barra (mm)

A = Área de la barra (mm^2)

E = Modulo elástico del material ($\frac{Kg}{mm^2}$)

La deformación transversal calcula por la ecuación:

$$\varepsilon' = -\mu * \varepsilon \quad (4.4)$$

Donde:

ε' = Deformación Unitaria lineal (mm)

ε = Deformación Unitaria Transversal (mm)

μ = Coeficiente de Poisson

Tabla. 4.2 Coeficiente de Poisson

Material	μ	Material	μ
Acero	0.22-0.33	Plomo	0.45
Cobre	0.31-0.34	Latón	0.32-0.42
Bronce	0.32-0.35	Aluminio	0.32-0.36
Hierro Fundido	0.23-0.27	Zinc	0.21
Vidrio	0.25	Piedra	0.16-0.34
Hormigón	0.08-0.18	Caucho	0.47
Corcho	0.00	Madera	0.07
Celuloide	0.39	contrachapada	

Fuente: (P.A. STIOPIN, 1988)

4.3. Potencia en cuerpos que realizan un movimiento de rotación.



Si un cuerpo (árbol, polea, etc.) realiza un movimiento de rotación, su potencia es

$$N = \frac{F \cdot V}{75} \text{ (HP)}. \quad \text{Ó} \quad N = T\omega \quad \text{(Watt)} \quad (4.5)$$

$$V = \frac{2 * \pi * r * n}{60} \quad (4.6)$$

Donde:

F = fuerza periférica, Kgf.

ω = velocidad angular, rad/s.

r = radio de rotación, m.

T = Momento de rotación, (T = P · r), Kgf.m.

V = Velocidad periférica m/s

Fuente: (P.A. STIOPIN, 1988)

4.4. Momento de torsión en un árbol.

Si se conocen la potencia transmitida a un árbol y el número de revoluciones de está, el momento de rotación del árbol se determina usando la siguiente fórmula:

$$M_{tor} = 71620 \frac{N_1}{n_1}, \text{ Kgf.cm.} \quad (4.7)$$

Siendo:

M_{tor} = Momento de torsión, en Kgf.cm.

N_1 = potencia del árbol, en HP.

n_1 = número del revoluciones del árbol, en r.p.m.

Fuente: (José Alvarado, Dario Sotomayor, Fabián Larriba, Manuel Silva, 2006)



4.5. Grado de seguridad. Tensiones reales y admisibles.

El esfuerzo admisible a la tracción (σ_{ofperm}) para los materiales plásticos se toma del límite de fluencia σ_f a la tracción de acuerdo con la fórmula.

$$\sigma_{\text{ofperm}} = \frac{\sigma_f}{n}, \quad (4.8)$$

Donde n se llama grado de seguridad. Este grado siempre debe ser mayor a la unidad.

Los esfuerzos admisibles a la torsión $\tau_{\text{adm.tor}}$ de una pieza de fundición se determina en términos de la fórmula, (V. I Feodosiev 1985).

$$\tau_{\text{adm.tor}} = \frac{\tau_{\text{res}}}{n}, \quad (4.9)$$

Donde: τ_{res} = límite de resistencia a la torsión para la fundición.

n = grado de seguridad (siempre $n > 1$).

4.6. Fuerza de rozamiento entre dos superficies.

El rozamiento cumple las siguientes leyes:

El valor de la resistencia de rozamiento es proporcional a la fuerza aplicada perpendicularmente a las superficies en contacto.

El valor de la resistencia de rozamiento es independiente de la extensión de las superficies en contacto.

El rozamiento, durante el movimiento, es independiente de la velocidad.

La razón entre la resistencia de rozamiento W_{roz} y la fuerza aplicada P es constante, cualquiera que sea la fuerza, para una unidad de acabado y par cinemático dado.

Al valor de esta razón se le da el nombre de coeficiente de rozamiento μ_{roz} .

$$\frac{W_{\text{roz}}}{P} = \mu_{\text{roz}} \quad (4.10)$$

En la práctica, el problema que se suele plantear es calcular la resistencia por rozamiento que se produce entre dos superficies determinadas, conociendo la fuerza



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

aplicada perpendicularmente a dichas superficies. En tal caso, se debe emplear la fórmula:

$$W_{roz} = \mu_{roz} \times P, \text{ (Kgf)} \tag{4.11}$$

Para diferenciar el coeficiente de rozamiento en movimiento del coeficiente de rozamiento en reposo, se representa el primero por la letra μ_{roz} , y el segundo por μ_o .

En la tabla (4.3) se dan los valores de los coeficientes de rozamiento en reposo (μ_o) y en movimiento (μ_{roz}), para distintos pares de materiales. EDICIONES CEAC S.A. 1986.

Tabla 4.3. Materiales en contacto

Fuente: Serway R. A. Física. Editorial McGraw-Hill. (1992)

Materiales en contacto	Rozamiento en reposo			Rozamiento en movimiento		
	En seco	Lubricado	Mojado o con agua	En seco	Lubricado	Mojado o con agua
Acero sobre acero	0,15	0,10	-	0,12	0,08	-
Acero sobre bronce	0,19	0,10	-	0,18	0,06	-
Acero sobre Aluminio	0.61	-	-	0.41	-	-
Acero sobre fundición gris	0,28	0,15	-	0,20	0,08	-
Acero sobre madera dura	0,56	0,10	-	0,50	0,09	0,24
Banda de acero sobre fundición	-	-	-	0,18	-	0,10
Bronce sobre bronce	-	-	-	0,20	-	0,15
Corcho sobre metal	0,60	0,25	0,62	0,25	0,12	0,25
Cuero sobre metal	-	-	-	0,35	0,30	-
Fundición gris sobre bronce	0,30	0,15	-	0,28	0,08	0,10
Fundición gris sobre fundición	0,28	0,10	-	0,20	0,08	0,15



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

gris						
Fundición gris sobre latón	0,28	-	-	0,20	0,08	-
Guarnición de freno sobre acero	-	-	-	0,45	-	-
Madera de álamo sobre acero	-	-	-	0,30	0,20	-
Madera de álamo sobre fundición	-	-	-	0,28	0,10	0,20
Poliamida 66 sobre acero	0,35	0,11	0,30	-	-	-
Poliamida 66 sobre poliamida 66	0,37	0,15	0,23	-	-	-
Tejido de algodón con resina artificial sobre acero o fundición	-	-	-	0,40	0,15	0,25
Tejido de amianto con resina artificial sobre acero o fundición	-	-	-	0,51	0,15	0,25

4.7. Diámetro del eje de sección maciza.

Si el eje es de sección continua, el cálculo se hace de acuerdo con la sección peligrosa en términos de la fórmula

$$W_x = 0.1 * d^3 = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm.flex}}, \tag{4.12}$$

Donde:

M_{max} = Momento máximo en Kgfc_m (se determina de acuerdo con el diagrama);

$\sigma_{adm.flex}$ = es la tensión límite a la flexión en Kg_f/cm²;

W_x = Es el momento axial de resistencia de la sección, en cm³.

Los árboles se calculan a la resistencia compleja, puesto que, además de las cargas de flexión, transmiten momento de torsión.



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

Las dimensiones de la sección a calcular del árbol se definen de acuerdo con la fórmula. (V. I Feodosiev 1985).

$$D = \sqrt[3]{\frac{10 * M_{eq}}{\sigma_{fperm}}} , \tag{4.13}$$

Tal como vemos en la tabla 4.4

Tabla 4.4. Fórmulas de ejes y árboles.

FUENTE: Manual de formulas técnicas; Kart Gieck/ Reiner Gieck Maquinaria y Elementos Q1, ejes y Árboles

Ejes y árboles (cálculo aproximado)			
Estabilidad			
Ejes	Mód. de secc. a la flexión requerido (S_f)	Diámetro de eje macizo circular ($S_f \approx d^3/10$)	Esfuerzo permisible a la flexión²
fijos ¹⁾	$S_f = \frac{M}{\sigma_{fperm.}}$	$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M}{\sigma_{fperm.}}}$	$\sigma_{fperm.} = \frac{\sigma_b Sch}{(3...5)}$
rotatorios			$\sigma_{fperm.} = \frac{\sigma_{alt}}{(3...5)}$
Arboles	Mód. de secc. a la torsión requerido (S_t) (polar)	Diámetro de árbol macizo ($S_t \approx d^3/5$)	Esfuerzo permisible a la tensión²
Torsión pura	$S_t = \frac{T}{\tau_{tperm.}}$	$d = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot T}{\tau_{tperm.}}}$	$\tau_{tperm.} = \frac{\tau_t Sch}{(3...5)}$
Torsión Flexión			$\tau_{tperm.} = \frac{\tau_t Sch}{(10...15)}$

Siendo M_{eq} el momento equivalente en la sección que se calcula de árbol.

$$M_{eq} = \sqrt{M_{flex}^2 + M_{tor}^2} , \tag{4.14}$$

Donde M_{flex} y M_{tor} son los momentos de flexión y de torsión respectivamente que actúan en la sección que se calcula y que se determinan de acuerdo con los diagramas.

4.8. Chavetas

Las chavetas se fabrican de acero al carbono con un límite de resistencia no inferior a 5000 kgf/cm², pocas veces se hacen de acero aleado.

$$\sigma_{res} = 0.22\sigma_{res} \tag{4.15}$$

*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



σ_{res} = Tensión límite de resistencia

$\sigma_{adm.apl}$ = Tensión admisible al aplastamiento.

Las dimensiones de las chavetas se eligen de la tabla de las Normas Oficiales Soviéticas GOST (tabla 4.5) de acuerdo con el diámetro del árbol. Las dimensiones elegidas de las chavetas (b = ancho, a = altura, l = longitud) se ensayan al aplastamiento:

Tabla. 4.5. Selección de chavetas.

Diámetro del eje d (mm)		Chaveta (mm)		Chaveteros			
				Eje		Cubo	
Mínimo	Máximo	a	b	e	h ₁	F	h
10	12	4	4	2,5	h ₁ =d-e	1,5	h=d+f
12	17	5	5	3		2	
17	22	6	6	3,5		2,5	
22	30	7	8	4		3	
30	38	8	10	4,5		3,5	
38	44	8	12	4,5		3,5	
44	50	9	14	5		4	
50	58	10	16	5		5	
58	65	11	18	6		5	
65	75	12	20	6		6	

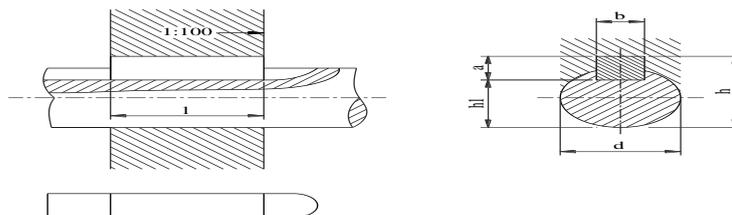




Fig. 4.2. Dimensiones de chaveta (embutida).

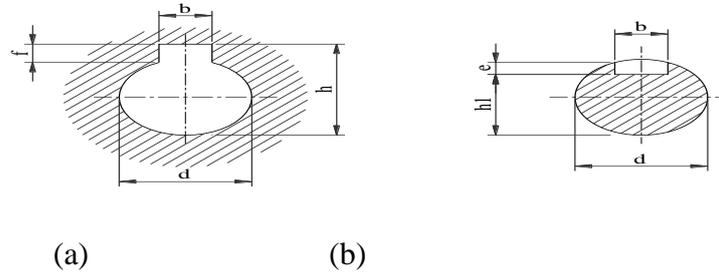


Fig. 4.3. Dimensiones de la chaveta. a) en el cubo, b) en el eje.

Para las chavetas de cuña encajadas de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$\sigma_{apl} = \frac{4 * F}{a * l} \leq \sigma_{adm.apl} , \tag{4.16}$$

Para las prismáticas de acuerdo con la fórmula:

$$\sigma_{apl} = \frac{4 * F}{b * l} \leq \sigma_{adm.apl} , \tag{4.17}$$

Siendo M_{tor} el momento de torsión en el árbol, en kgf.cm y $\sigma_{adm.apl}$ la tensión admisible al aplastamiento. Los valores de estos últimos se dan en la siguiente tabla (4.6)

Tabla. 4.6. Tensión admisible

Material del casquillo	Carácter de la carga (kgf/cm ²)		
	permanente	pulsante	de impacto
Acero.....	1000-1500	700-1000	350-500
Fundición.....	700-900	450-550	200-250

Fuente: F. Sokolov, P. Ussov. MECANICA INDUSTRIAL 3ª edición Editorial MIR, 1977. Moscu-Rusia.



4.9. Velocidad del semiproducto en el mecanizado.

Con la formula (4.6) calculamos la velocidad del semi producto.

$$V = \frac{2 * \pi * n * r}{60}$$

Luego despejamos r de la fórmula (3.3):

$$r = \frac{V * 60}{2 * \pi * n} \quad (4.18)$$

4.10. Engranés de dientes rectos

Para el comienzo de los cálculos se debe tener en cuenta la relación de transmisión, potencia a transmitir, velocidad periférica, número de revoluciones al final de la transmisión, diámetro del engrane conductor y también se debe tomar en cuenta los coeficientes de las tablas para que cumpla las condiciones mecánicas.

$$i = Z_2/Z_1 \quad (4.19)$$

Las relaciones de transmisión $i = Z_2/Z_1$ suelen limitarse por las dimensiones exteriores de los engranajes. En los engranajes reductores de acero mejorado las relaciones de transmisión del escalón rápido son hasta 8; del escalón lento hasta 6,3; en los aceros templados hasta 6,3 y 5,6, respectivamente. Las relaciones de transmisión de los engranajes reductores están normalizadas según las series siguientes:

1ra Serie preferible: 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5.

2da Serie preferible: 1,12; 1,4; 1,8; 2,24; 2,8; 3,55; 4,5; 5,6; 7,1; 9,0; 11,2.

Al diseñar un engranaje suele fijarse la relación entre la anchura de las ruedas y la distancia interaxial; la cual se la puede hallar de en la siguiente fórmula.

$$a_w \geq (i + 1) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{1085 \cdot Z_\varepsilon}{[\sigma]_T \cdot i}\right)^2 \frac{K \cdot M_{tor2}}{\Psi_a}} \quad (4.20)$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Como no se conoce el número de dientes de las ruedas podemos tomar $Z_e \approx 0,9$.

El coeficiente de carga K es cómodo representarlo como el producto de dos coeficientes:

$$K = K_\alpha K_v \quad (4.21)$$

Donde:

K_α .- Coeficiente de concentración de la carga.

K_v .- Coeficiente de carga dinámica.

Para los cálculos preliminares es admisible tomar $K = 1,3 - 1,5$; los valores menores conviene elegirlo si la disposición de las ruedas en los árboles es próxima a la simétrica; los valores mayores se seleccionan si está en disposición asimétrica.

Los valores de Ψ_a de los engranajes reductores, fabricados de acero mejorado y dispuesto de modo asimétrico se recomienda tomar en el rango de 0,315 - 0,4; si se tratara de acero templado igual a 0,25 - 0,315; y si su disposición fuera simétrica respecto a los apoyos $\Psi_a = 0,4 - 0,5$.

Los valores normalizados de Ψ_a para los reductores son:

0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25.

La tensión admisible por contacto $[\sigma]_T$ durante el trabajo prolongado y con diámetro $d_a \leq 700$ mm, se obtiene por la expresión:

$$[\sigma]_T = \frac{\sigma_{ot} \cdot Z_R}{n}; \text{ kgf/cm}^2 \quad (4.22)$$

Donde:

σ_{ot} .- Es límite de fatiga de las capas superficiales de los dientes por contacto que se determina por la dureza media (Tabla 4.7)



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



Tabla. 4.7. Límite a la fatiga

Tratamiento Térmico o Químico-Térmico	Dureza superficial	Grupos de materiales	Límites de fatiga por contacto σ_{ot} : Kgf/cm ²
Mejoramiento (Temple + Revenido) Normalización.	HB(200÷350)	Aceros al carbono y aleados	20* (dureza HB)+700
Temple a corazón	HRC (40 ÷ 56)		180*(dureza HRC) + 1500
Temple superficial	HRC(45 ÷55)		170*(dureza HRC) +2000
Cementación	HRC (55 ÷ 65)	Aceros aleados	230*(dureza HRC)
Nitruración	HRC ≥ 60		200*(dureza HRC) 15*(dureza HV)
Sin tratamiento térmico		Hierro fundido	20*(dureza HB)

n.- Es el coeficiente de seguridad que puede tomarse para consecuencias graves de fallos entre (1,2 - 1,35).

Z_R.- Es el coeficiente que considera la aspereza de las superficies y que se selecciona en función del grado de aspereza de las superficies: (Tabla 4.8)

Tabla. 4.8. Coeficiente que considera la aspereza de las superficies

Grado de aspereza	Z _R
Hasta 5°	0,9
6°	0,95
7° ó mayor	1

Una vez calculada la distancia interaxial a_w se redondea por exceso según serie de números preferibles por ejemplo:

1ra Serie preferible: 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500.

2da Serie preferible: 140, 180, 225, 280, 355, 450, 560, 710, 900, 1120, 1400, 1800, 2240



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Para los engranajes helicoidales se considera los pasos circunferenciales; m_t y normales; m_n , pero se asignan como normalizados los módulos normales.

El siguiente paso es la determinación del módulo del engranaje. El módulo se define como el tamaño de los dientes y para que dos engranes trabajen juntos deben tener igual módulo

Se fija preliminarmente el m_n (módulo normal).

$$m_n = (0,01 \dots 0,02) a_w \quad (4.23)$$

Los dientes pueden tener dos orientaciones: dientes rectos (paralelos al eje) y dientes helicoidales (inclinados con respecto al eje). En la figura se muestra un par de engranajes cilíndricos.

En la tabla (4.9) se puede escoger los módulos para poder construir los engranajes.

Tabla. 4.9. Se estandariza el módulo según la serie de módulos

Módulos	
Preferidos	2da opción
1	1.125
1.25	1.375
1.5	1.75
2	2.75
3	3.5
4	4.5
5	5.5
6	7
8	9
10	11
12	14
16	18
20	22
25	28
32	36
40	45

En el siguiente gráfico podemos observar los diferentes parámetros que existen en la corona y piñón

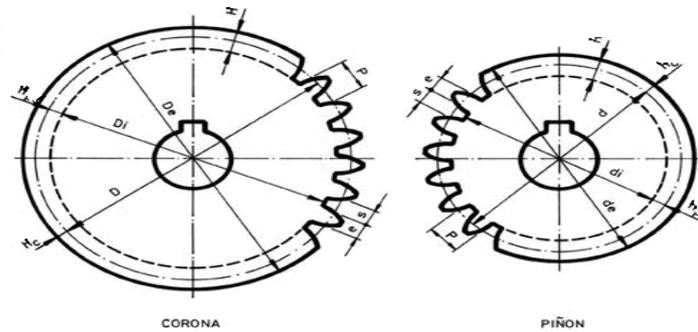


Fig. 4.4 Gráfico de la corona y el piñón

Donde:

h : Altura del diente = $h_c + h_r$ [mm]

h_c : Altura de cabeza [mm]

h_r : Altura de raíz [mm]

D_p o D : Diámetro primitivo [mm]

D_e : Diámetro exterior [mm]

D_i : Diámetro interior o de raíz [mm]

p : Paso circunferencial [mm]

4.10.1. Sistema módulo

Anteriormente había dos sistemas aplicados en el campo de la ingeniería mecánica, según fuera el país de origen: el británico (Diametral Pitch “P”), que consistía en el cociente entre el número de dientes “Z” y el diámetro primitivo expresado en pulgadas “D” y su unidad era (1/“). A partir de entrar en vigencia el Sistema Internacional de Unidades (S.I.), se adoptó el Sistema de Módulo:

$$m^\circ \text{ [mm]} = D \text{ [mm]} / Z \tag{4.24}$$

Los módulos podrían ser infinitos y quedar a consideración del diseñador del engranaje, pero debido al alto costo del herramental por un lado y a la posibilidad de intercambiarse en todos los países, estos se han normalizados de la siguiente manera:

De $m^\circ = 1$ a 6,5 varían en 0,25 mm



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

De $m^\circ = 6,5$ a $8,5$ varían en $0,50$ mm

De $m^\circ = 8$ a 20 varían en $1,00$ mm

De $m^\circ = 20$ a 40 varían en $2,00$ mm

Es decir que tenemos 45 módulos normalizados que debería tener asegurado el herramental y sus respectivos costos; pero como el mercado es quien marca la cantidad mayoritaria de los utilizados, los costos están en función de la cantidad de herramienta que se consuman en dicho mercado.

4.10.2. Condiciones que deben cumplir los engranajes

a) De resistencia:

Los dientes deben ser de un material y dimensiones tales que puedan transmitir los esfuerzos sin romperse, deformarse y/o desgastarse.

b) De forma:

Los dientes deben tener un perfil tal que sus superficies entren en contacto en forma suave y sin choques y que además se mantenga la relación de transmisión requerida. Para que se cumpla esta condición, el movimiento debe ser idéntico al de las curvas básicas ó círculos primitivos, rodando una sobre la otra con movimiento de rodadura pura, y esto es posible si se cumple con la “Ley General de Engrane”.

4.10.3. Principales fallas de los engranajes:

Los dientes de los engranajes pueden fallar por distintas formas, estas son:

- ✓ Fallas por tensiones a contactos.
- ✓ Fallas por esfuerzos de fatiga a la flexión.
- ✓ Fallas por desgastes.



4.10.4. El fallo por los esfuerzos a contactos.

Se debe precisamente a los esfuerzos de este tipo que generan en los dientes, cuando hacen contacto mutuamente desde el principio al final del engranaje. Estos esfuerzos son elevados y actúan de forma periódica, generalmente, cada diente una vez por revolución. El fallo característico de este tipo de esfuerzo es careado (pitting), que se produce sobre todo en engranajes con lubricación abundante en transmisiones cerradas. El diente comienza a desprender partículas que van formando huecos o baches, los cuales van profundizando cada vez mas la geometría del engranaje, el que comienza a producir ruido avisando que se debe sustituir, sino se atiende el aviso se produce una rotura violenta.

4.10.5. El fallo por flexión.

Se produce a un esfuerzo de este tipo que se genera en los dientes. Efectivamente los dientes se comportan como una viga en voladizo que genera un momento máximo en el pie del diente, donde existen concentradores de esfuerzos debido al cambio brusco de sección.

Las roturas por flexión se producen en engranajes con dientes frágiles fundamentalmente, como los fabricados con aceros de temple completo o de fundiciones gris. En estos casos cualquier sobrecarga puede romper el diente, sin aviso previo. También puede producirse el fallo por fatiga, con rotura típica de este comportamiento.

4.10.6. El fallo por desgaste.

Se produce en los engranajes de transmisiones abiertas con poca lubricación. En estos casos, debido a la contaminación con polvo y otras partículas abrasivas y a la escasa lubricación, la superficie del diente va perdiendo dimensiones, aumentando el juego hasta llegar a valores inadmisibles.

Selección del material. Este se selecciona teniendo en cuenta el costo, durabilidad, el tamaño y al esfuerzo que está sometido la transmisión. (Ver algunas recomendaciones en las Tablas (4.10 y 4.11))



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

Tabla. 4.10. Algunas combinaciones recomendadas de las marcas de aceros para piñones y ruedas con dureza no superior a HB 300.

Piñón	Rueda	Piñón	Rueda	Piñón	Rueda
45	35	50Mn	45	30CrMnSi	35Cr
	35L		50L		40Cr
	40L		55L		40MnL
	40		50G		
	45		CT-6		
50	35	35	50	40CrNi	35Cr
	45	40Cr	55L		40Cr
	CT-5		55		40MnL
55	45		35MnL		
	55L	40			
	CT-6				

Tabla. 4.11. Algunas combinaciones recomendadas de aceros para piñones y ruedas superiores a HB 350.

Tratamiento Térmico	Piñón	Rueda
Temple o endurecimiento superficial	40; 50;55; 50Mn	
Temple o endurecimiento superficial	35Cr; 40Cr; 40CrNi	
Cementación	15Cr; 20Cr	
Cementación	12CrNi3A; 20CrNi3A;18CrMnTi	12CrNi3A; 20CrNi3A;18CrMnTi

Se calcula el número sumario de dientes Z_{Σ} .

$$Z_{\Sigma} = \frac{2 \cdot a_w}{m} \geq 36 \tag{4.25}$$

Se calcula el número de dientes del piñón; Z_1



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$Z_1 = \frac{Z_\Sigma}{i+1} \geq Z_{\min} = 17 \quad (4.26)$$

El número de diente del piñón se redondea a un número entero.

Se calcula el número de diente de la rueda; Z_2

$$Z_2 = Z_\Sigma - Z_1 \quad (4.27)$$

La forma más racional de cálculo, que permite asegurar o aproximarse a la resistencia equivalente de los dientes a la picadura y a la flexión, es la determinación del módulo por la condición de resistencia a la flexión, conocidas las distancia interracial a_w y la anchura b a partir de los cálculos de la resistencia de contacto.

Expresemos la condición de resistencia a la flexión de los dientes de un piñón y rueda:

$$\sigma_F = \frac{(i+1)Y_F KM_{tor2}}{i \cdot m \cdot b \cdot a_w} \leq [\sigma]_F \quad (4.28)$$

De aquí el valor mínimo del módulo:

$$m \geq \frac{(i+1)Y_F KM_{tor2}}{i \cdot b \cdot a_w \cdot [\sigma]_F}; \text{ cm} \quad (4.29)$$

Donde:

Y_F . Es el coeficiente de resistencia de los dientes según la tensión local en la sección peligrosa del diente; Los valores se dan en la Tabla (4.12) a base de la resolución al problema de la teoría de elasticidad para el diente.

$$\text{Por lo común } \psi = \frac{b}{m_n}; \text{ Para los engranajes } \Psi_m = 10-25. \quad (4.30)$$



Tabla. 4.12. Coeficientes de resistencia de los dientes para el cálculo de tensiones locales

Z	Y _F	Z	Y _F
17	4,30	50	3,73
20	4,12	60	3,73
25	3,96	80	3,74
30	3,85	100	3,75
40	3,75	&	3,80

La tensión admisible a la flexión $[\sigma]_F$ durante el trabajo prolongado con carga continua se determina por:

$$[\sigma]_F = \frac{\sigma_0 Y_R Y_{e.m} Y_e}{n}; \text{ kgf/cm}^2 \quad (4.31)$$

Donde:

n.- Coeficiente de seguridad: $n = n_1 n_2 n_3$. (4.32)

El coeficiente n_1 se selecciona en función de la probabilidad de trabajo sin fallo en la tabla 4.13; el coeficiente $n_2 = 1,3$ si se trabaja para piezas fundidas; $n_3 > 1$ se introduce al trabajar los dientes en condiciones de corrosión o de alta temperatura

σ_0 .- Límite de resistencia a la fatiga, expresado en las tensiones locales (Tabla 4.12)

Y_R .- Coeficiente que considera la aspereza de la superficie y el rectificado de redondeo.

$Y_R = 1,1 - 1,2$ (en caso de rectificado fino o pulido de los dientes)

Para 4to y 5to grado: $Y_R = 0,85 - 0,95$;

$Y_R = 0,8$ (para rectificado de acabado)

$Y_R = 0,65 - 0,7$ (en el caso de rectificado de desbaste)



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

$Y_{e.m}$.- Coeficiente que considera el endurecimiento por deformación en frío:

$Y_{e.m} = 1,1-1,3$ (después del tratamiento térmico de la cementación y el temple)

$Y_{e.m} = 1,5$ (para el temple con AF)

Y_e .-Factor de escala; con el diámetro exterior del engrane: $d_a \leq 400$ mm y $m \leq 10$ mm, se adopta $Y_e = 1$.

$Y_e = 1,05-0,000125d_a$ (para $400 < d_a < 2000$)

El módulo de las ruedas es necesario elegirlo mínimo, ya que con su incremento aumentan los diámetros exteriores de las piezas brutas y su masa, la cantidad de trabajo necesario para el tratamiento térmico, las pérdidas por rozamiento. Por otro lado no se recomienda adoptar el valor del módulo menor que 1,5-2 m.

Tabla. 4.13. Límites de resistencia a la fatiga σ_0 , expresado en las tensiones locales

Tratamiento térmico.	Dureza del diente	Marca del acero	σ_0 ; kgf/cm ²	Valores de n_1 para el caso de probabilidad de no destrucción al 98%
Normalización, mejoramiento.	HB(200÷350)	AISI 1040, 45, 3140, 5052-H32	18. (dureza HB)	1,75
Temple a corazón	HRC(45 ÷55)	5052-H32, 3140, 8742	5000-6000	1,75-1,85
Temple superficial	HRC(45÷55)	AISI 1040, 45	6500	1,75
Temple por CAF a corazón.	HRC(45÷55)	5052, 3140	5500	1,75
Cementación	HRC(55÷65)	1015, 1020, 3120,	7500-8000	1,55



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

En la siguiente tabla 4.14 podemos calcular los diferentes parámetros que existe en un engrane.

Tabla. 4.14. Parámetros geométricos de los engranajes cilíndricos.

Parámetros del engrane	Fórmula
Distancia interaxial ; a_w	$a_w = \frac{(Z_1 + Z_2) \cdot m_n}{2 \cdot \cos \beta} = 0,5 \cdot (Z_1 + Z_2) \cdot m_t$
Módulo normal de los dientes ; m_n	$m_n = m_t \cdot \cos \beta$
Altura del diente ; h	$h = 2,25 \cdot m_n$
Altura de la cabeza del diente; h_a	$h_a = m_n$
Juego radial ; c	$c = 0,25 \cdot m_n$
Diámetro de la circunferencia primitiva; d_w	$d_{w1} = m_t \cdot Z_1 = \frac{m_n \cdot Z_1}{\cos \beta}$ $d_{w2} = m_t \cdot Z_2 = \frac{m_n \cdot Z_2}{\cos \beta}$
Diámetro de la circunferencia exterior ; d_a	$d_{a1} = d_{w1} + 2 \cdot m_n$ $d_{a2} = d_{w2} + 2 \cdot m_n$
Diámetro de la circunferencia de fondo; d_f	$d_{f1} = d_{w1} - 2 \cdot m_n - 2 \cdot c$ $d_{f2} = d_{w2} - 2 \cdot m_n - 2 \cdot c$
Nota: El subíndice 1 se refiere al piñón y el 2 a la rueda o corona.	

Fuente: (Caraballo, 2007)



4.11. Transmisión por Cadena.

4.11.1. Potencia de diseño.

Dado que las máquinas conducidas tienen formas particulares de funcionamiento, se deben prevenir fallas debidas a los golpes, vibraciones o tirones. De forma similar, las máquinas motoras tienen formas particulares de funcionamiento, algunas son más suaves que otras, o tienen un impulso inicial o un giro a tirones. Estas situaciones se consideran a través de un factor de servicio (C_1) que aumenta la potencia a transmitir para obtener la potencia de diseño que considera las características de la máquina y el motor utilizado.

En la Tabla 4.15, es posible escoger el motor y la máquina que más se asemeja a los requerimientos de diseño. Se obtiene así el factor C_1 , el cual se multiplica por la potencia a transmitir, para obtener la potencia de diseño.

Tabla. 4.15. Factor de servicio para cadenas de la Norma British Standard (BS)

Factor de servicio C_1 para cadenas de norma BS	Motores de funcionamiento suave	Motores de funcionamiento medio impulsivo	Motores de funcionamiento impulsivo
	Motores eléctricos	Motores de combustión multicilíndricos	Motores de combustión monocilíndricos
Máquinas de carga constante			
Agitadores y mezcladores de líquidos y semilíquidos	1,00	1,25	1,50
Alternadores y generadores			
Sopladores, extractores y ventiladores (centrífugos y de tamaño mediano)			
Compresores centrífugos			
Elevadores y transportadores con carga uniforme			
Maquinaria de industria de alimentos			
Bombas centrífugas			
Maquinas de imprentas.			
Máquinas de carga no constante			
Agitadores y mezcladores de soluciones sólido-líquido	1,25	1,50	1,75
Sopladores, extractores y ventiladores de gran tamaño			
Mezcladoras de cemento			



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



Compresores de más de 3 cilindros			
Grúas			
Transportadores y elevadores con carga no uniforme			
Bombas de dragado			
Maquinaria de lavandería			
Máquinas herramientas			
Molinos			
Máquinas de funcionamiento disperejo			
Alternadores y generadores de soldadoras	1,75	2,00	2,25
Compresores de uno o dos cilindros			
Excavadoras			
Trituradoras			
Alimentadoras vibratorias			
Sierras circulares y lineales			
Molinos de martillos y de mandíbula			
Maquinaria minera			

4.11.2. Relación de transmisión

La razón entre la velocidad del eje más rápido dividido por la velocidad del eje más lento, es la relación de transmisión "i". Con este valor se obtiene el tamaño de las catalinas a utilizar.

La relación "i" debe corresponder a la razón entre la cantidad de dientes de la catalina grande (la del eje más lento) denominada corona dividida por la cantidad de dientes de la catalina pequeña (la del eje más rápido) denominada piñón.

$$i = Z_c / Z_p \tag{4.33}$$

Donde:

Z_c : cantidad de dientes de la corona

Z_p : cantidad de dientes del piñón

En el caso del piñón la cantidad mínima de dientes para un giro más suave de la corona es de 15. Para esta selección se considerarán 19 dientes en el piñón. De ésta forma:

$$i = Z_c / 19 \tag{4.34}$$



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

Como este valor de "i" usualmente no coincide con el calculado, se escoge Z_c lo más cercano al ideal.

Existen catalinas de stock pero con cierta frecuencia hay que fabricar aquellas con cantidad de dientes no estándar.

Se debe comprobar en la Tabla (4.16) si el diámetro del eje que se conectará al piñón tiene un tamaño adecuado, de ser muy grande, debe escoger un piñón con más dientes:

Tabla. 4.16 Relación del paso, número de dientes del piñón y el diámetro del eje máximo.

Paso de la cadena:	3/8"											
Z_p de stock	19	20	21	23	25	30	38	57	76	95	114	150
Eje de diámetro	28	32	35	42	42	35	42	45	45	50	50	50
Paso de la cadena:	1/2"											
Z_p de stock	19	20	21	23	25	30	38	57	76	95	114	
Eje de diámetro máximo	42	45	48	48	48	45	50	50	50	50	50	
Paso de la cadena:	5/8"											
Z_p de stock	19	20	21	23	25	30	38	57	76	95	114	
Eje de diámetro	50	50	55	55	55	50	50	50	50	50	75	



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



máximo													
Paso de la cadena:	3/4"												
Z _p de stock	19	20	21	23	25	27	30	38	57	76	95	114	
Eje de diámetro máximo	55	55	55	55	55	55	55	50	55	55	65	75	
Paso de la cadena:	1"												
Z _p de stock	19	20	21	23	25	30	38	57	76	95	114		
Eje de diámetro máximo	75	75	75	75	75	75	65	75	75	75	100		
Paso de la cadena:	1^{1/4}"												
Z _p de stock	19	21	23	25	38	57	76						
Eje de diámetro máximo	90	90	90	90	90	95	100						
Paso de la cadena:	1^{1/2}"												
Z _p de stock	19	21	23	25	38	57	76						
Eje de diámetro máximo	100	100	100	100	100	110	125						
Paso de la cadena:	1^{3/4}"												



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



Z _p de stock	19	21	23	25	38	57	76					
Eje de diámetro máximo	110	110	110	110	110	125	140					
Paso de la cadena:	2"											
Z _p de stock	19	21	23	25	38	57	76					
Eje de diámetro máximo	125	125	125	125	125	140	150					

4.11.3. Distancia entre centros y largo de la cadena

Para una vida útil adecuada se recomiendan las siguientes relaciones entre la distancia entre centros (a_w) y el paso (p):

Tabla. 4.17. Distancia entre centros.

Paso (p)	[inch]	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2
	[mm]	9,525	12,70	15,875	19,05	25,40	31,75	38,10	44,45	50,80
a _w	[mm]	450	600	750	900	1000	1200	1350	1500	1700

El tamaño de una cadena está representado por la separación entre ejes de los rodillos, llamada paso (p). Existen en la serie BS (British Standart) los pasos: 3/8" (9,525mm), 1/2" (12,70mm), 5/8" (15,875mm), 3/4" (19,05mm), 1" (25,40mm), 1 1/4" (31,75mm), 1 1/2" (38,10mm), 1 3/4" (44,45mm) y 2" (50,80mm) que son los de uso más común.

Además las cadenas pueden ser de una, dos ó tres hileras de cadenas iguales en paralelo. A mayor paso y a mayor cantidad de hileras, la cadena resiste mayor carga.



Fig. 4.5. Número de hileras de las cadenas.

El largo de una cadena se expresa en cantidad de pasos, los cuales deben ser una cifra par con objeto de unir los extremos usando un eslabón desmontable llamado "candado".



Fig. 4.6. Extremos de cadena y candados de cierre.

La fórmula para el largo de la cadena "L" es:

$$L = (Z_p + Z_c) / 2 + A + X/A + Y ; \quad A = (2 * a_w) / p \tag{4.35}$$

Donde:

Z_p : Cantidad de dientes del piñón.

Z_c : cantidad de dientes de la corona.

p : paso de la cadena.

a_w : distancia entre centros.

X: factor obtenido de la Tabla 3.16. en función de $(Z_c - Z_p)$.

Y: valor a agregar para que "L" sea una cifra entera y par.

En la siguiente tabla observamos los valores del factor x en función de $(Z_c - Z_p)$ que sirven para calcular el largo de la cadena



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

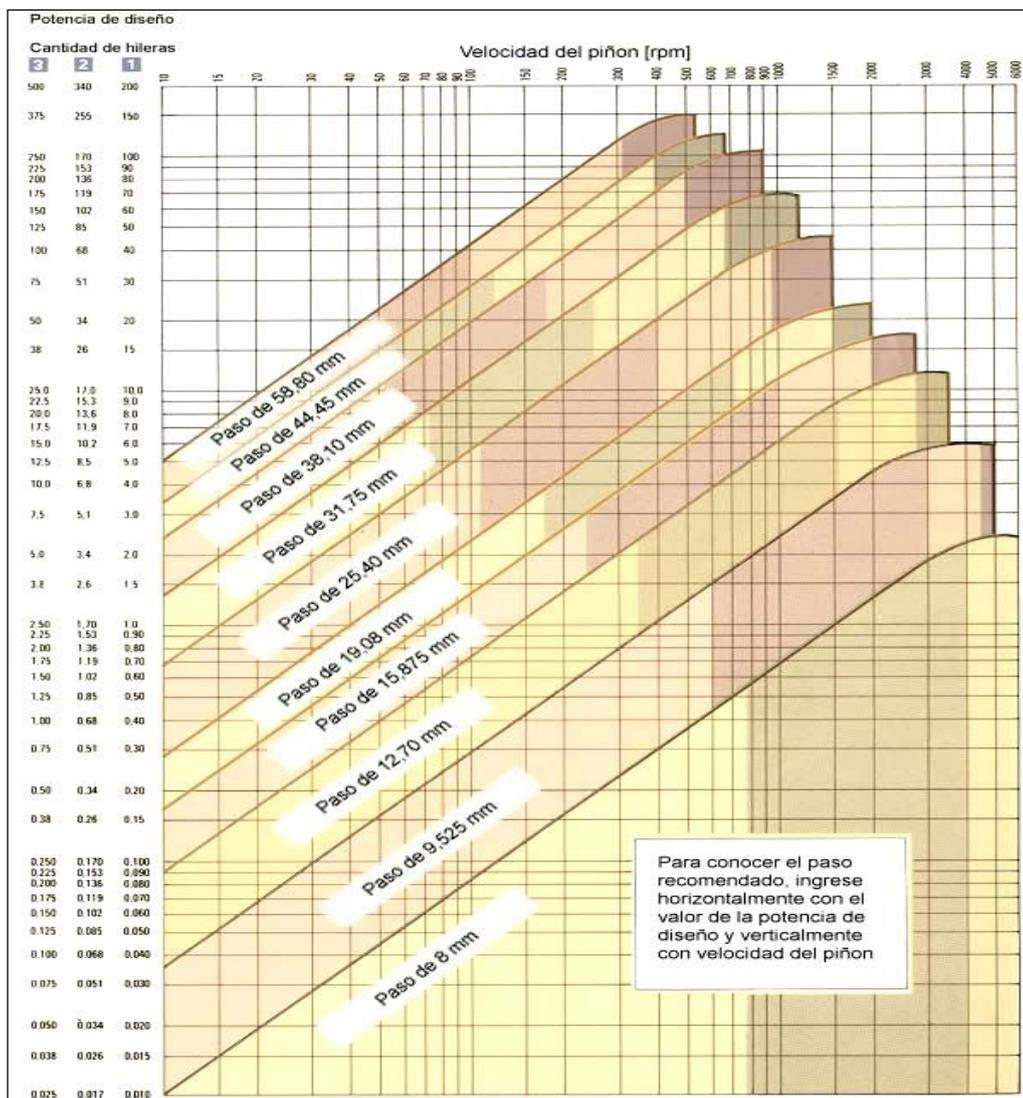
Tabla 4.18. Factor de servicio X

<i>Factor X</i>							
$(Z_c - Z_p)$	X	$(Z_c - Z_p)$	X	$(Z_c -$	X	$(Z_c -$	X
1	0.06	39	77.06	77	300.36	115	669.98
2	0.20	40	81.06	78	308.22	116	681.68
3	0.46	41	85.16	79	316.18	117	693.50
4	0.82	42	89.36	80	324.22	118	705.40
5	1.26	43	93.68	81	332.38	119	717.40
6	1.82	44	98.08	82	340.64	120	729.52
7	2.48	45	102.58	83	349.00	121	741.72
8	3.24	46	107.20	84	357.46	122	754.04
9	4.10	47	111.90	85	366.02	123	766.44
10	5.06	48	116.72	86	374.68	124	778.96
11	6.12	49	121.64	87	383.46	125	791.58
12	7.30	50	126.66	88	392.32	126	804.28
13	8.56	51	131.76	89	401.28	127	817.10
14	9.92	52	136.98	90	410.36	128	830.02
15	11.40	53	142.30	91	419.52	129	843.04
16	12.96	54	147.72	92	428.80	130	856.16
17	14.64	55	153.24	93	438.16	131	869.38
18	16.42	56	158.88	94	447.64	132	882.72
19	18.28	57	164.60	95	457.22	133	896.14
20	20.26	58	170.42	96	466.88	134	909.66
21	22.34	59	176.34	97	476.66	135	923.28
22	24.52	60	182.38	98	486.54	136	937.02
23	26.80	61	188.50	99	496.52	137	950.84
24	29.18	62	194.74	100	506.60	138	964.78
25	31.66	63	201.08	101	516.78	139	978.82
26	34.24	64	207.50	102	527.08	140	992.94
27	36.94	65	214.04	103	537.46	141	1007.1
28	39.72	66	220.68	104	547.94	142	1021.5
29	42.60	67	227.42	105	558.54	143	1035.9
30	45.60	68	234.26	106	569.34	144	1050.5
31	48.68	69	241.20	107	580.02	145	1065.1
32	51.88	70	248.24	108	590.90	146	1079.8
33	55.16	71	255.38	109	601.90	147	1094.7
34	58.56	72	262.62	110	613.00	148	1109.6
35	62.06	73	269.98	111	624.18	149	1124.7
36	65.66	74	277.42	112	635.48	150	1139.8
37	69.36	75	284.96	113	646.88		
38	73.16	76	292.62	114	658.38		

4.11.4. Selección del tamaño y cantidad de cadenas en paralelo

Con el valor de la potencia de diseño ($C_1 \times$ Potencia a transmitir) y la velocidad del eje rápido, se consulta el gráfico siguiente, en donde las columnas de la izquierda se indica la potencia que puede transmitir una cadena simple, una de doble hilera y una de triple hilera. Se ubican en estas 3 columnas el valor de la potencia de diseño en [Kw.], se mueve horizontalmente hasta la velocidad del eje rápido (generalmente la velocidad del piñón). Se determinan de esta forma, 3 puntos ubicados sobre los gráficos. Cada paso está representado por una zona de igual color, los 3 puntos indican el paso que se recomienda usar.

Tabla. 4.19. Grafico de selección del tipo de cadena





Observación: Las curvas mostradas en el gráfico, son recomendaciones para un piñón de 19 dientes.

4.11.5. Número de dientes Z_1 de la rueda menor.

Para disminuir las dimensiones exteriores de la transmisión el número de dientes de la rueda piñón debe ser lo menor posible. No obstante, hay que tener en cuenta que con la disminución de Z_1 aumentan los ángulos de viraje de los eslabones de la cadena lo que propicia el desgaste y el surgimiento de considerables cargas dinámicas.

El valor del número de dientes Z_1 se puede elegir por la Tabla 4.19, conforme a la magnitud de la relación de transmisión.

El número de diente de la rueda mayor se determina por:

$$Z_2 = i \cdot Z_1 \tag{4.36}$$

Donde: i.- es la relación de transmisión.

El número de dientes de la rueda mayor se recomienda que sea impar. El número máximo de dientes no debe ser mayor de:

$Z_{2 \text{ máx}} \leq 120$ Cadenas de rodillos.

$Z_{2 \text{ máx}} \leq 140$ Cadenas dentadas.

Tabla. 4.20. Número de dientes en función de la relación de transmisión

Relación de transmisión; (i)	Hasta 2	2 ...3	3...4	4...5	5...6	6
Número de diente; (Z_1)	31 -27	27-25	25-23	23-21	21-17	17-15

Los valores grandes de Z_1 son para las transmisiones rápidas. Siendo $V \geq 25$ m/s se recomienda fijar $Z_1 \geq 35$. Para las transmisiones lentas ($V \geq 2$ m/s) el valor de Z_1 puede estar en el límite inferior que se presenta en la tabla pero nunca inferior a $Z_{\text{mín}} = 15$

Los números mínimos de dientes de las ruedas se limitan por el desgaste de los pasadores, por las cargas dinámicas y por el ruido de las transmisiones. Cuando menor es el número de dientes de las ruedas, tanto mayor es el desgaste.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Es preferible elegir el número de dientes de las ruedas (sobre todo de la rueda pequeña), en combinación con el número par de eslabones de la cadena para que el desgaste sea uniforme. Desde el punto de vista del desgaste, es mucho más favorable elegir el número de dientes de la rueda pequeña a partir de una serie de números primos.

4.11.6. Coeficiente de Explotación K_e

El coeficiente de explotación K_e puede representarse como el producto de coeficientes particulares.

$$K_e = K_{cd} \cdot K_a \cdot K_i \cdot K_r \cdot K_l \cdot K_{reg} \quad (4.37)$$

Donde:

K_{cd} .- Coeficiente de las cargas dinámicas:

$K_{cd} = 1$ (Carga estática)

$K_{cd} = 1,2 \dots 1,8$ (Carga de choque)

K_a .- Coeficiente que toma en consideración la distancia entre los ejes.

$K_a = 0,9$; Si: $a_w = (60 - 80) \times t$

$K_a = 1$; Si: $a_w = (30 - 50) \times t$

$K_a = 1,25$; Si: $a_w < 25 \times t$

Aquí: t es el paso de la cadena; en mm

K_i .- Coeficiente que depende de la posición de la transmisión.

$K_i = 1$ (Si la línea de centros está inclinada un ángulo menor de 60°)

$K_i = 1,25$ (Si la línea de centros está inclinada un ángulo superior de 60°)

K_r .- Coeficiente que tiene en cuenta la posibilidad de regular la distancia entre los ejes.

$K_r = 1$ (Con regulación)

$K_r = 1,25$ (No regulable)

K_l .- Coeficiente que depende de la lubricación.

$K_l = 1,5$ (Lubricación periódica); ($V < 4$ m/s).



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



$K_l = 0,8$ (Lubricación continua en baño de aceite o por bomba); ($V = 4 - 8$ m/s).

$K_l = 1$ (Lubricación regular por goteo o bien para la lubricación en el interior de las articulaciones); ($V > 8$ m/s)

K_{reg} .- Coeficiente del régimen de trabajo de la transmisión.

$K_{reg} = 1$ (Un solo turno de trabajo)

$K_{reg} = 1,25$ (Para dos turnos de trabajo)

$K_{reg} = 1,45$ (Para tres turnos de trabajo)

Observación: Si el coeficiente K_e , según los cálculos, es mayor que 3 es necesario tomar medidas constructivas para mejorar el trabajo de la transmisión por cadena.

4.11.7. Presión admisible en las articulaciones

El cálculo preliminar de la presión admisible en las articulaciones $[p]_o$, en Kgf/mm^2 , se realiza de la siguiente manera:

- Según sea el paso (t) de la transmisión, y para una velocidad de rotación determinada del piñón de una transmisión de cadena de rodillos (n_1), en la Tabla 3.19 se establece la magnitud de la presión admisible en las articulaciones $[p]_o$, en Kgf/mm^2
- También puede determinarse la presión admisible media en las articulaciones por la (Tabla 4.21) función de la velocidad de rotación del piñón. En este caso, se determina el promedio de las presiones admisibles correspondientes a dicha velocidad.

Tabla 4.21 Selección de la presión admisible en las articulaciones en función de velocidad de rotación del piñón

Paso t, mm	Velocidad de rotación de la estrella menor, en r.p.m										
	≤50	≤200	≤400	≤600	≤800	≤1000	≤1200	≤1600	≤2000	≤2400	≤2800
Presión admisible en las articulaciones $[p]_o$, en kgf/mm^2 (para cadenas de rodillos)											
12,7 y 15,875	3,5	3,15	2,85	2,6	2,4	2,25	2,1	1,85	1,65	1,5	1,4
19,05 y	3,5	3,0	2,6	2,35	2,1	1,9	1,75	1,5	-	-	-



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



25,4												
31,75 y 38,1	3,5	2,9	2,1	1,75	1,5	-	-	-	-	-	-	-
44,45 y 50,8	3,5	2,6	2,1	1,75	1,5	-	-	-	-	-	-	-

4.11.8. Paso de la cadena

Según la frecuencia de rotación del piñón n_1 , en r.p.m., por la (Tabla 4.22) se toman los posibles pasos de cadenas que se pueden utilizar.

Tabla. 4.22. Selección del paso de las cadenas (norma soviética)

Tipo de cadena	Velocidad de Rotación (rev/min)	Paso de la cadena t, (mm)											
		8	9,52	12,7	15,875	19,05	25,4	31,75	38,1	44,45	50,8	63,5	78,1
De rodillo :	n_{mr}	3000	2500	1250	1000	900	800	630	500	400	300	200	150
PIP, PIPY, PIPI	n_{lim}	6000	5000	3100	2300	1800	1200	1000	900	600	450	300	210

Donde:

n_{mr} .- Frecuencia de rotación máxima recomendable.

n_{lim} .- Frecuencia de rotación límite.

Tabla. 4.23. Selección del paso de las cadenas (norma europea DIN 8187)

Relación entre la velocidad n y el paso de la cadena p

Paso p	mm	8	9,525	12,7	15,875	19,05	25,4	31,75	38,1	44,45	50,8	63,5	76,2
	in.	-	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/2"	3"
Velocidad n_{max}	rpm	6000	5000	3600	2700	2000	1500	1200	900	700	550	450	300



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

El paso de la cadena es el parámetro principal de la transmisión por cadena. Las cadenas con gran paso tienen alta capacidad portante, pero aguantan velocidades de rotación notablemente menores, trabajan con grandes cargas dinámicas y ruido. Conviene seleccionar la cadena con un paso mínimo admisible para la carga dada.

Casi siempre $a_w/80 \leq t \leq a_w/25$, para las cadenas de rodillos es posible reducir el paso empleando cadenas multiramales.

Al diseñar las transmisiones por cadena de manguitos y de rodillos monoramales el paso se determina por:

$$t \geq 280 \cdot \sqrt[3]{\frac{N_1 \cdot K_e}{[p_0] \cdot Z_1 \cdot n_1}} ; \text{mm} \tag{4.38}$$

Donde:

N_1 .- Es la potencia de la estrella conductora, en KW.

n_1 .- Es la frecuencia de rotación del piñón, en rev/mín.

Z_1 .- Es el número de dientes del piñón.

$[p_0]$.- Es la presión admisible media en las articulaciones, en kgf/mm^2 .

Posteriormente se normaliza el paso, según los pasos normalizados para cadenas de rodillos (Ver Tablas 4.22 y 4.23.)

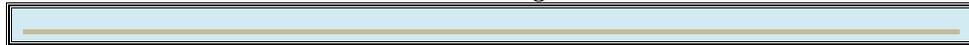
Según el paso normalizado se toma el tipo de cadena y los parámetros fundamentales, en la Tabla 4.24

Tabla. 4.24. Parámetros fundamentales de la cadena.

Tipo de cadena	Paso de la cadena; t (mm)	Masa de 1 m de cadena; q (Kg/m)	Distancia entre placas interiores; B (mm)[no menos de]	Diám. del pasador; d (mm)	Diám. del rodillo; D (mm)	Ancho la placa interior; b (mm)	Carga de rotura; Q (kgf)	Anchura del eslabón interior; B (mm)	Proyección de la superf. del pasador; F (mm ²)
Casquillo simple	9,525	0,44	7,60	3,59	5	8,80	1100	11,20	40
	9,525	0,62	9,52	4,45	6	9,85	1200	13,44	60
Rod. Simple	(8,00)	0,18	3,00	2,31	5,0	7,11	460	4,77	11
	9,525	0,41	5,72	3,28	6,35	8,26	900	8,53	28
(IIP)	(12,70)	0,31	3,30	3,66	7,75	9,91	900	5,80	21
	(12,70)	0,62	5,40	4,45	8,51	11,81	1800	8,90	40



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



	12,70	0,71	7,75	4,45	8,51	11,81	1800	11,30	50
	(15,875)	0,80	6,48	5,08	10,16	14,73	2300	10,78	55
	15,875	0,96	9,65	5,08	10,16	14,73	2300	13,95	71
	19,05	1,52	12,70	5,96	11,91	18,08	2500	17,75	105
	25,40	2,57	15,88	7,95	15,88	24,13	5000	22,61	180
	31,75	3,73	19,05	9,55	19,05	30,18	7000	27,46	260
	38,10	5,50	25,40	11,12	22,23	36,10'	10000	35,46	395
	44,45	7,50	25,40	12,72	25,40	42,24	13000	37,19	475
	50,80	9,70	31,75	14,29	28,58	48,26	16000	45,21	645
Observación: Las columnas negritas corresponden a los parámetros fundamentales									

Después de seleccionar la cadena es necesario que se compruebe que la frecuencia de rotación de la rueda de estrella conductora (menor) n_1 , no exceda el valor límite de la frecuencia de rotación fijada para el paso dado, según lo dispuesto en la Tabla 4.21.

Si $n_1 > n_{lim}$ (transmisiones rápidas) se escogen las cadenas multirramales garantizando con esto la capacidad de trabajo de las mismas.

4.11.9. Distancia entre los ejes de rotación de las ruedas y longitud de la cadena.

La distancia mínima entre los ejes $a_{mín}$ (mm) se determina por la condición de que el ángulo de abrazado por la cadena en la rueda menor no debe ser menor de 120°

$$\text{Con } i \leq 3 \quad a_{mín} = \frac{D_1 + D_2}{2} + (30..50) \cdot mm \tag{4.39}$$

$$\text{Con } i > 3 \quad a_{mín} = \frac{D_1 + D_2}{2} \cdot \left[\frac{9 + i}{10} \right] \tag{4.40}$$

Donde: D_1 y D_2 son los diámetros exteriores de las ruedas conductora y conducida, en mm.

La óptima distancia entre los ejes es:

$$a_{op} = (30..50)t ; mm \tag{4.41}$$

Generalmente, la distancia entre los ejes se recomienda limitarla por el valor de:



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$a_{m\acute{a}x} = 80.t ; \text{ mm} \quad (4.42)$$

El número requerido de eslabones de una cadena W se determina por la distancia entre los ejes previamente seleccionada (generalmente se toma la distancia óptima), por el paso y los números de dientes de las ruedas Z_1 y Z_2 :

$$W = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2 \cdot a_{op}}{t} + \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \frac{t}{a_{op}} \quad (4.43)$$

Posteriormente se redondea a un número par de eslabones.

En esta fórmula se deduce que los primeros términos dan el número requerido de eslabones si $Z_1 = Z_2$; Cuando los ramales de la cadena son paralelos, el tercer término tiene en cuenta la inclinación de los mismos.

La distancia entre los ejes de las ruedas según el número elegido de eslabones de la cadena (sin tener en cuenta la flecha de ésta) viene dada por la fórmula siguiente:

$$a_w = \frac{t}{4} \cdot \left[W - \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \sqrt{\left(W - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2\pi} \right)^2} \right] \quad (4.44)$$

Para garantizar un buen trabajo de la transmisión por cadena con la distancia interaxial no regulable, el ramal conductor debe ser flexionado con cierta magnitud. Por tanto durante el montaje se hace un poco más corta la distancia entre los ejes. A fin de asegurar la flecha de la cadena, la distancia entre los ejes se reduce en:

$$a_r = a_w - (0,002 \dots 0,004) \cdot a_w \quad (4.45)$$

4.11.10. Velocidad de la cadena

La velocidad de las cadenas y de rotación de las ruedas se limita por el desgaste de las primeras, ya que al aumentar la velocidad aumentan también la distancia de rozamiento por unidad de tiempo y la fuerza de choque de la cadena contra la rueda, así como por el ruido de las transmisiones. Habitualmente, las velocidades de las cadenas se seleccionan hasta 15 m/s. En las transmisiones rápidas de cadena de alta



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

calidad, de pasos pequeños, con gran número de dientes de las estrellas y buena lubricación, las velocidades alcanzan 30 – 50 m/s.

La velocidad media de la cadena se determina por:

$$v = \frac{Z \cdot n \cdot t}{60000}; \text{ m/s} \quad (4.46)$$

Donde:

z.- Es el número de dientes de la rueda

n.- Es la frecuencia de rotación de la rueda; en r.p.m.

t.- Es el paso de la cadena; en mm.

4.11.11. Número de choques

El número de choques de la cadena se determina por la expresión:

$$g = \frac{4 \cdot Z_1 \cdot n_1}{60 \cdot W} \leq [g]; \text{ s}^{-1} \quad (4.47)$$

El número admisible de choques se da en la (Tabla 4.25) según el paso de la cadena.

Tabla. 4.25. Número admisible de choques

Paso de la cadena; t, (mm)	12,7	15,875	19,05	25,4	31,75	38,1	44,45	50,8
$[g], \text{ s}^{-1}$	40	30	25	20	16	14	12	10

4.11.12. Esfuerzo tangencial

El esfuerzo tangencial para las cadenas de rodillos monoramales, normales y reforzados, que actúa sobre la cadena viene dada por:

$$F_t = \frac{1000 \cdot N_1}{v}; \text{ N} \quad (4.48)$$

Donde:



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

N_1 .- Es la potencia a transmitir por la estrella pequeña; en Kw.

v .- Es la velocidad de rotación de la cadena; en m/s.

El esfuerzo tangencial útil admisible que puede transmitir la cadena se puede expresar como:

$$(F_t)_{adm} = \frac{[p_o] \cdot F}{K_e}; \text{ kgf} \quad (4.49)$$

Donde:

$[p_o]$.- Es la presión admisible precisada para el paso normalizado, en kgf/mm². (Ver Tabla (4.21))

F .- Es la proyección de la superficie del pasador, en mm². (Ver tabla 4.24)

Por lo tanto una vez calculado se compara (considerando las mismas unidades para el esfuerzo):

$$F_t < (F_t)_{adm} \quad (4.50)$$

Si no se cumple la condición se vuelve a tomar otro paso o tipo de cadena.

4.11.13. Coeficiente de seguridad de la cadena:

$$s = \frac{Q}{k_{cd} \cdot F_t + F_c + F_q} \geq [s] \quad (4.51)$$

Donde:

Q .- Es la carga de rotura para el tipo de cadena seleccionado; en kgf. (Ver Tabla No 4.24)

k_{cd} .- Es el coeficiente de la carga dinámica.

F_t .- Es el esfuerzo tangencial que actúa sobre la cadena; en kgf.

F_c .- Es el esfuerzo centrífugo que actúa sobre la cadena; en kgf. El esfuerzo centrífugo se determina por la fórmula siguiente:



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



12,7...15,875	7	7,8	8,5	9,3	10,2	11	11,7	13,2	14,8	16,3	18
19,05...25,40	7	8,2	9,3	10,3	11,7	12,9	14,0	16,3	-	-	-
31,75...38,10	7	8,5	10,2	13,2	14,8	16,3	19,5	-	-	-	-

Tabla. 4.27. Parámetros geométricos fundamentales de las ruedas de estrellas

Dimensiones principales de las ruedas de estrella, en mm.		
Parámetros	Signos	Fórmulas a calcular.
Diámetro del círculo primitivo.	Dp	$Dp = \frac{t}{\text{sen}(180/z)}$
Ancho del diente de la rueda de estrella.	b ₁	$b_1 = 0,93 \cdot B_i - 0,15$
Dimensiones: t, B _i ; D (Ver la Tabla No 23)		
Si d ₁ > 150 mm. $D_c = t \cdot \text{ctg} \frac{180}{z} - 1,3 \cdot h_1$		

Fuente: (Caraballo, 2007)

4.12. Engranaje sin Fin

4.12.1. Tornillo sin fin y rueda helicoidal.

Los cálculos geométricos de estos engranajes son análogos a los cálculos geométricos de ruedas dentadas.

Los engranajes de tornillo sin fin se calculan a la resistencia por las tensiones de flexión y de contacto. En la mayoría de los casos, la resistencia a la flexión no determina las dimensiones del engranaje, y este cálculo se usa como cálculo de verificación. El cálculo de mayor importancia es el cálculo por las tensiones de contacto, que debe evitar la picadura y el agarrotamiento en los engranajes en diseño.

La comprobación de la resistencia de contacto de la transmisión después de hacer algunas transformaciones en la ecuación de Hertz para las máximas tensiones de contacto se obtiene la fórmula siguiente:



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



$$\sigma_r = \frac{540}{\frac{Z_2}{q}} \sqrt{\left(\frac{\frac{Z_2}{q} + 1}{a_w}\right)^3} K \cdot M_{tor2} \leq [\sigma]_T \quad ; \text{ kgf/cm}^2 \quad (4.54)$$

Se calcula la distancia entre ejes:

$$a_w = \left(\frac{Z_2}{q} + 1\right) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{540}{[\sigma]_T \cdot \frac{Z_2}{q}}\right)^2} \cdot K \cdot M_{tor2} \quad ; \text{ cm} \quad (4.55)$$

Donde:

q .- Es el coeficiente del diámetro del tornillo sin fin ($q = d_p/m$). En los cálculos preliminares se toma $q = 10$. El valor de q al igual que el módulo de engrane se escoge por las normas. La serie principal de q es: 8; 10; 12.5; 16; 20; 25. La serie auxiliar: 7.1; 9; 11.2; 14; 18; 22.4. También es admisible la siguiente serie: 7; 11; 12

Los valores menores de “ q ” se usan para engranajes rápidos para evitar que se desarrollen grandes velocidades circunferenciales. Los valores mayores se emplean en los engranajes con altas relaciones de transmisión (y, por consiguiente, con grandes distancias entre los apoyos del tornillo sin fin), para obtener su rigidez suficiente.

M_{tor2} .- Es el momento torsional de la rueda helicoidal, kgf.cm.

$[\sigma]_T$.- Es el valor de la tensión de cálculo admisible por contacto con ruedas de bronce de media resistencia mecánica y suficiente resistencia al agarrotamiento (bronce al estaño y semejantes a éstos).

Se seleccionan según la condición de la resistencia del material a la fatiga superficial, es decir:

$$[\sigma]_T = [\sigma]_T^0 \cdot \sqrt[8]{\frac{10^7}{N_E}} \quad ; \text{ kgf/cm}^2. \quad (4.56)$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



Donde:

N_E .- Es el número equivalentes de ciclos de cargas, que se adopta $\leq 25 \cdot 10^7$

$[\sigma]_T^0$.-Tensión admisible al contacto. $[\sigma]_T^0 = (0,75..0,9) \cdot \sigma_{res}$; kgf/cm².

Aquí σ_{res} es el límite de resistencia a la tracción para el material de la rueda. Ver la (Tabla 4.28)

Tabla. 4.28. Límite de resistencia a la tracción

Aleación	Marca	Propiedades físico - mecánicas de algunos bronces.		
		Límite de resistencia a la tracción ; kgf/mm ²	Límite de fluencia a la tracción; kgf/mm ²	Dureza Brinell HB
Bronce al estaño fosforoso	B _p .0Φ10-1	20 -35	14 - 20	80 -120
Bronce al estaño zinc plomoso	B _p .0IIC6-6-3	15 -20	8 -10	60 -75
Bronce de aluminio ferroginoso	B _p .AX9-4	40 -50	-	100 -120
Bronce plomoso	B _p .C30	6 -8	-	25 -35

La carga teórica o el momento teórico pueden obtenerse multiplicando las carga nominal o el momento nominal por el coeficiente de carga K ; que es el coeficiente de carga referente a los engranajes de tornillo sin fin, el cual se determina como producto del coeficiente de velocidad K_v y el coeficiente de concentración de la carga K_β es decir:

$$K = K_v \cdot K_\beta. \tag{4.57}$$

Para cargas continuas $K_\beta = 1$

El coeficiente de velocidad se determina por la calidad de fabricación y la velocidad de rotación. Casi siempre $K_v = 1 \dots 1,3$.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

El número de dientes de la rueda helicoidal se determina por la expresión:

$$Z_2 = i \cdot Z_1 \geq 28. \quad (4.58)$$

Previamente debe escogerse el número de vueltas o filetes del tornillo sin fin; es decir, el valor de Z_1

El número de vueltas (o filetes) del tornillo sin fin se elige en función de la relación de transmisión. (Ver Tabla 4.29)

Tabla. 4.29. Número de filetes en función de la relación de transmisión

Relación de transmisión (i)	7...8	9...13	14...24	25...27	28...40	40 y más
Número de filetes del tornillo sin fin (z_1)	4	4	2	2	1-2	1
<u>Observación:</u> El empleo de las transmisiones por tornillo sin fin con pequeño número de relación de transmisión no es conveniente usarlo sin una necesidad especial.						

Una vez calculada la distancia interaxial a_w se normaliza por la serie de número preferidos siguientes:

Serie preferible:

40; 50; 63; 80; 100; 125; 140; 160; 180; 200; 225; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500 mm.

Posteriormente se determina el módulo de la rueda helicoidal por la siguiente relación:

$$m = \frac{2 \cdot a_w}{Z_2 + q} ; \text{ mm} \quad (4.59)$$



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

Después de calcular el módulo se redondea hasta el próximo valor normalizado donde a partir del valor elegido de Z_1 y para el módulo normalizado m , se escoge la magnitud definitiva del coeficiente q . (Ver Tabla 4.30).

Tabla. 4.30. Valores del coeficiente del diámetro del tornillo sin fin q

Módulo normalizado en mm; (m)	Coficiente del diámetro del tornillo sin fin; (q)	Número de vueltas del tornillo sin fin;(Z ₁)
1	8; 10 ; 12,5; 16; 20	1; 2; 4
1,25		
1,6		
2		
2,5		
3,15		
4		
5		
6,3	8; 10 ; 12,5; 14; 16; 20.	1; 2; 4
8	8; 10 , 12,5 ; 16; 20	1; 2; 4
10		
12,5		
16	8; 10 ; 12,5; 16	1; 2; 4
20	8; 10	1; 2; 4
<p>Todos los tornillos sin fin a excepción de las transmisiones condicionadas por la cinemática del accionamiento deben tener vuelta derecha.</p> <p>Es admisible la serie de módulo: 1,5; 3; 6; 12</p>		

De acuerdo con los valores de m y q escogidos por la tabla 4.30, se precisa la distancia interaxial a_w por la fórmula:

$$a_w = 0,5 \cdot m \cdot (Z_2 + q) ; \text{ mm} \tag{4.60}$$

El cálculo a la flexión se lleva a cabo también para la rueda, ya que los filetes de los tornillos sin fin son muchos más resistentes, y por las tensiones nominales. La condición de resistencia a la flexión de los dientes:



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



$$\sigma_f = \frac{Y_t \cdot F_{t2} \cdot \cos \delta}{1,3 \cdot m^2 \cdot q} \leq [\sigma]_F ; \text{ kgf/cm}^2 \tag{4.61}$$

Donde:

m.- Es el módulo axial del engranaje; cm.

F_{t2}.- Es el esfuerzo tangencial de la rueda helicoidal.

Y_t.- Es el coeficiente de resistencia de los dientes para las ruedas del tornillo sin fin, que se elige según el número equivalente de dientes *Z_v*. (Ver la Tabla 4.31)

$$Z_v = \frac{Z_2}{\cos^3 \delta} ; \tag{4.62}$$

Tabla. 4.31. Coeficientes de resistencias de los dientes de las ruedas helicoidales

Z _v	Y _t						
20	1,98	30	1,76	40	1,55	80	1,34
24	1,88	32	1,71	45	1,48	100	1,30
26	1,85	35	1,64	50	1,45	150	1,27
28	1,8	37	1,61	60	1,40	300	1,24

El ángulo de la hélice (*δ*) del tornillo sin fin se determina por:

$$\text{tag } \delta = \frac{Z_1}{q} \leq 27^\circ \tag{4.63}$$

Las tensiones nominales admisibles a la flexión para las ruedas helicoidales de bronce, cuando los dientes trabajan con una cara, vienen dadas por la fórmula:

$$[\sigma]_F = [\sigma]_F^o \cdot \sqrt[9]{\frac{10^6}{N_E}} ; \text{ kgf/cm}^2 \tag{4.64}$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



Donde:

$$[\sigma]_F^o = 0,25 \cdot \sigma_{flu} + 0,08 \cdot \sigma_{res} \tag{4.65}$$

σ_{flu} y σ_{res} son los límites calculados de fluencias y resistencia del bronce a la tracción, que se obtienen por la (Tabla 3.27)

El rendimiento en el engranaje de tornillo sin fin se determina por la dependencia establecida por los tornillos, pero que tiene carácter general y que es válida para los engranajes de tornillo sin fin:

$$\eta = \frac{\text{tag} \delta}{\text{tag}(\delta + \vartheta)} \tag{4.66}$$

Donde:

$\vartheta = \text{arctag} \cdot f$ Ángulo reducido de rozamiento, siendo f es el coeficiente reducido de rozamiento que escogen en la (Tabla 4.32) según sea la velocidad de deslizamiento V_{des} , la cual se determina por la siguiente relación:

$$V_{des} = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000}; \text{ m/s} \tag{4.67}$$

Aquí:

d_1, n_1 , Es diámetro primitivo del tornillo sin fin, en mm, y la frecuencia de rotación, en rpm; respectivamente.

Tabla. 4.32. Coeficiente reducido de rozamiento

$V_{des};$ (m/s)	f	ϑ	V_{des}	f	ϑ
0,1	0,08-0,09	4°34'-5°09'	2,5	0,03-0,04	1°43-2°17'
0,25	0,065-0,075	3°43-4°17'	3	0,028-0,035	1°36-2°



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

0,5	0,055-0,065	3°09-3°43	4	0,023-0,03	1°26-1°43
1	0,045-0,055	2°35-3°09	7	0,018-0,026	1°02-1°29
1,5	0,04-0,05	2°17-2°52	10	0,016-0,024	0°55-1°22
2	0,035-0,045	2°-2°35	15	0,014-0,02	0°48-1°09

Observación 1.- Se toman los valores menores si el tornillo sin fin es rectificadado o pulido.

Observación 2.- Hay que aumentar en un 30 % - 50% los valores de la tabla si la corona de la rueda helicoidal es de bronce sin estaño

Tabla. 4.33. Parámetros geométricos principales de un par tornillo sin fin-rueda helicoidal

Nombre del diámetro	Dimensiones, mm	
	del tornillo sin fin	de la rueda helicoidal.
Primitivo.	$d_1 = m \cdot q$	$d_2 = m \cdot Z_2$
de los vértices.	$d_{a1} = m \cdot (q + 2)$	$d_{a2} = m \cdot (Z_2 + 2)$
de las cavidades.	$d_{F1} = m \cdot (q - 2,4)$	$d_{F2} = m \cdot (Z_2 - 2,4)$
Diámetro máximo de la rueda helicoidal: $d_{aM2} \leq d_{a2} + 2 \cdot m \rightarrow Z_1 = 1$ $d_{aM2} \leq d_{a2} + 1,5 \cdot m \rightarrow Z_1 = 2$ $d_{aM2} \leq d_{a2} + m \rightarrow Z_1 = 4$		

Longitud de la parte de corte del tornillo sin fin; b_1 , en mm	
$b_1 = (11 + 0,06 \cdot Z_2) \cdot m$	siendo $Z_1 = 1, 2$
$b_1 = (12,5 + 0,09 \cdot Z_2) \cdot m$	siendo $Z_1 = 4$
Ancho de la corona de la rueda helicoidal; b_2 , en mm	
$b_2 \leq 0,75 \cdot d_{a1}$	siendo $Z_1 = 1, 2$
$b_2 \leq 0,67 \cdot d_{a1}$	siendo $Z_1 = 4$

Fuente: (Caraballo, 2007)

4.13. Transmisión por bandas

4.13.1. Tipo de correa:

El tipo de correa se escoge en función de la potencia que se transmite por la polea menor. (Ver Tabla 4.34)

Tabla. 4.34. Elección de la correa.

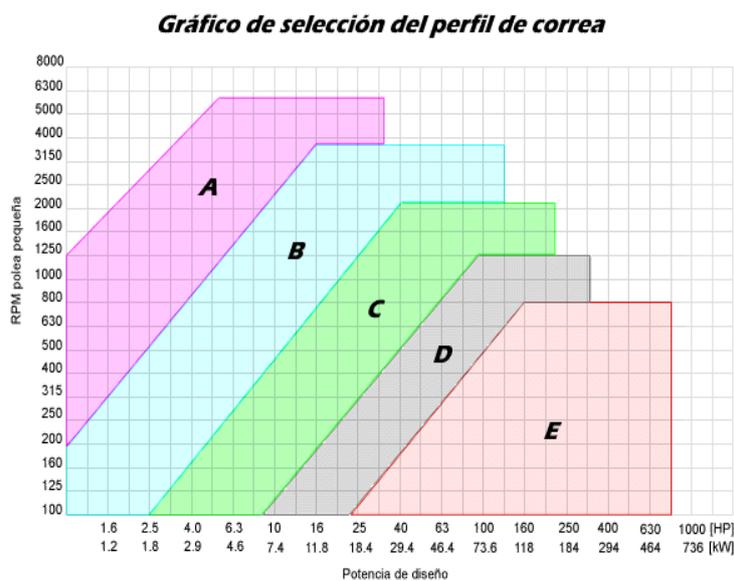


Fig. 4.7. Selección del perfil de la correa



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

- NOTA:** - Banda Z < 2Kw
- Banda F > 200Kw

4.13.2. Relación de transmisión

$$i = \frac{n1}{n2} \quad \text{O} \quad i = \frac{d1}{d2} \quad (4.68)$$

$n1$ = rpm

$d1$ = Diámetro de las poleas

4.13.3. Velocidades angulares

$$W1 = \frac{2 * n * \pi}{60} \quad W2 = \frac{W1}{i} \quad (4.69)$$

$W1$ = Velocidad angular Rad/s

i = Relación de transmisión

Para la determinación del tipo de correa y sus características fundamentales en función del diámetro mínimo de la puela menor para correas trapezoidales, se debe observar las Tablas 4.35 y 4.36.

Tabla. 4.35. Dimensiones fundamentales de las correas trapezoidales

Sección	W	lp	To	Lp (mm)	d. mínimo
Z	10	8.5	6	400-2500	63
A	13	11	8	560-4000	90
B	17	14	10.5	800-6300	125
C	22	19	13.5	1800-10000	200



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



D	32	27	19	3150-14000	315
E	38	32	23.5	4500-18000	500
F	50	42	30	6300-18000	800

Fuente: (Caraballo, 2007), (Larburu, N., 1995)

4.13.4. Distancia entre ejes

$$a_{\min} = 0.55 * (D_{\min} + D_2) + T_o \tag{4.70}$$

$$a_{\max} = D_{\min} + D_2 \tag{4.71}$$

$$amed = \frac{a_{\max} + a_{\min}}{2} \tag{4.72}$$

T_o = Altura de la sección transversal de la correa

a_{\min} = Distancia mínima entre ejes

a_{\max} = Distancia máxima entre ejes

$amed$ = Distancia media entre ejes

4.13.5. Largo de la banda.

$$L_p = 2 * amed + \frac{\pi}{2} * (D_{\min} + d_2) + \frac{(D_2 - D_{\min})^2}{4 * amed} \tag{4.73}$$

L_p = Largo de la banda

Tabla. 4.36. (L_p) “Para Tipo Z”

L_p (mm)	Z
400	0,79
450	0,80
500	0,81
560	0,82



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

630	0,84
710	0,86
800	0,90
900	0,92
1000	0,94
1120	0,95
1250	0,98
1400	1,01
1600	1,04
1800	1,06
2000	1,08
2240	1,10
2500	1,30

El valor obtenido por el cálculo debe ser normalizado. (Ver Tabla 4.36)

4.13.6. Angulo de abrazamiento (grados)

$$\alpha = 180 - 57 * \frac{D2 - D \min}{amed} \quad (4.74)$$

α = Angulo de abrazamiento en grados

Para la transmisión por correa plana es recomendable tomar un ángulo de abrazado mínimo igual a 150°; para la transmisión por correa trapezoidal, 120°; no obstante con ángulo de 90° esta transmisión funciona con bastante fiabilidad.

4.13.7. Potencia (KW) de La banda

$$Pp = Po * \frac{C\alpha * CL}{Cp} \quad (4.75)$$

Pp = Potencia (KW)

Po = Carga admisible útil de una correa trapezoidal ver (tabla 4.37)

$C\alpha$ = Coeficiente de abrazado ver (tabla 4.39)



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



C_p = Coeficiente de régimen de trabajo y de la carga dinámica ver (tabla 4.38)

CL = Coeficiente de longitud de la correa trapezoidal ver (tabla 4.36)

Tabla. 4.37. Carga admisible (Po)

Sección de la Banda Lp	di	i	Frecuencia de Giro del Motor (rpm).							
			400	800	950	1200	1450	2200	2400	2800
Z	80	1,2	0,26	0,47	0,55	0,66	0,77	1,08	1,15	1,28
		1,5	0,27	0,49	0,56	0,68	0,80	1,11	1,18	1,32
		>3	0,28	0,50	0,58	0,71	0,82	1,14	1,22	1,36
	>112	1,2	0,42	0,76	0,88	1,07	1,25	1,72	1,84	2,04
		1,5	0,43	0,78	0,91	1,10	1,29	1,78	1,90	2,11
		>3	0,44	0,81	0,94	1,14	1,33	1,84	1,96	2,17

Tabla. 4.38. Coeficiente del régimen de trabajo y de la carga dinámica(Cp)

Carácter de la carga	Tipo de máquina	Coeficiente C_r
Suave. Carga de arranque, hasta de 120 % de la normal	Generadores eléctricos, ventiladores, bombas y compresores centrífugos, transportadores por cinta, máquinas de corte continuo: tornos, taladradoras, rectificadoras	1,0
Variaciones moderadas de la carga (de oscilaciones no bruscas). Carga de arranque, hasta	Bombas y compresores de pistón con tres y más cilindros, transportadores por elementos de acero articulados, máquinas herramientas automáticas,	0,9



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

de 150 % de la normal	fresadoras	
Variaciones notables de la carga (de oscilaciones bruscas). Carga de arranque, hasta de 200 % de la normal	Acoplamientos reversibles, máquinas cepilladoras y mortajadoras. Bombas y compresores de pistón con uno o dos cilindros, transportadores de tornillo y de rascador, elevadores, prensas de tornillo y excéntricas con volantes relativamente pesados	0,8
Cargas de choque brusca e irregular. Carga de arranque, hasta de 300 % de la normal	Elevadores, excavadoras, dragas, prensas de tornillo y excéntrica con volantes relativamente ligeros, cizallas, martillos, trapiches, molinos	0,7

Tabla. 4.39. Coeficiente de abrazado (Ca)

Angulo de Abrazamiento (α)	180	170	160	150	140	130	120	100	90
Ca	1,0	0,98	0,95	0,92	0,89	0,86	0,82	0,73	0,63

4.13.8. Velocidad periférica V1 (m/s)

$$V1 = \frac{\pi * n * D \text{ min}}{60} \tag{4.76}$$

V1 = Velocidad periférica

n = rpm del motor

4.13.9. Número de bandas



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



$$Z = \frac{P}{P_p * C_z} \tag{4.77}$$

Z = Numero de bandas

P = Potencia del motor

P_p = Potencia calculada

C_z = Coeficiente de número de bandas

Tabla. 4.40. Coeficiente de número de bandas (Cz)

Z	2-3	4-6	>6
C_z	0,95	0,90	0,85

4.13.10. Esfuerzo de la Banda (N)

$$S_o = \frac{850 * P * C_p * CL}{Z * V_1 * C_\alpha} + \Phi * V_1^2 \tag{4.78}$$

S_o = Esfuerzo (N)

P = Potencia del motor

V₁ = Velocidad periférica

Z₁ = Numero de bandas

Φ = Coeficiente de sección de la banda ver tabla (4.41)

Tabla. 4.41. Sección de la banda (θ)

Sección de la banda	Z	A	B	C	D	E	F
θ	0,06	0,1	0,18	0,3	0,6	0,9	1,5



4.13.11. Fuerza aplicada en el eje (N)

$$F = 2 * S_o * Z * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (4.79)$$

F = Fuerza aplicada al eje

α = Angulo de abrazamiento

S_o = Esfuerzo de la banda

Z = Número de bandas.

Fuente: (Caraballo, 2007), (Larburu, N., 1995)

4.14. Husillo

Tabla. 4.42 Dimensiones de las roscas de tipo unificado y nacional americano



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

DIAMETRO EN PULGADAS	EQUIVALENCIAS EN MILIMETROS	HILOS POR PULGADA	
		UNC	UNF
1/8"	3.17	40	44
5/32"	3.97	32	36
3/16"	4.76	24	32
1/4"	6.35	20	28
5/16"	7.94	18	24
3/8"	9.53	16	24
7/16"	11.11	14	20
1/2"	12.7	13	20
9/16"	14.29	12	18
5/8"	15.88	11	18
3/4"	19.05	10	16
7/8"	22.23	9	14
1"	25.4	8	12 / 14
1.1/8"	28.57	7	12
1.1/4"	31.74	7	12
1.3/8"	34.93	6	12
1.1/2"	38.09	6	12
1.3/4"	44.44	5	
2"	50.79	4.1/2	
2.1/4"	57.14	4.1/2	
2.1/2"	63.49	4	

4.14.1. Ángulo de inclinación de la hélice (θ)

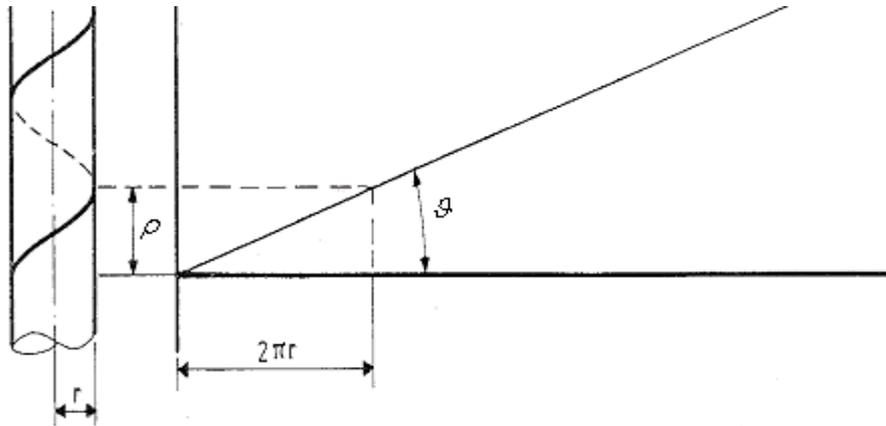


Fig. 4.8. Ángulo de la hélice φ vea la relación con el paso de la rosca (ρ).

$$\tan \varphi = \frac{\rho}{2 * \pi * r} \tag{4.80}$$

ρ = Paso (mm)

φ = Ángulo de inclinación de la hélice

r = Radio efectivo básico (mm)

4.14.2. Fuerza Tangente del tornillo (F)

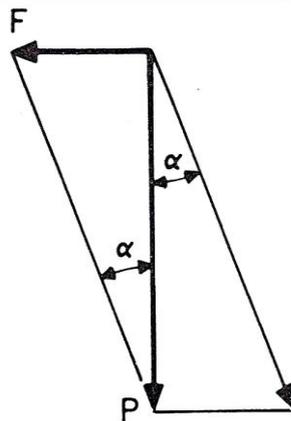


Fig. 4.9. La relación entre los vectores que representan a las fuerzas F y P, y el ángulo de inclinación de la hélice es una sencilla relación trigonométrica.



$$F = P * \text{Tan } \vartheta \tag{4.81}$$

F = Fuerza tangente del tornillo (Kgf)

P = Fuerza vertical que se aplica al tornillo (Kgf)

4.14.3. Dimensiones del tornillo

$$dn = \sqrt{\frac{4 * P}{5 * \pi}} \tag{4.82}$$

P = Fuerza vertical del tornillo Kgf.

dn = Diámetro del nucleó del tornillo.

Donde:

5Kgf/mm² (coeficiente de seguridad del trabajo del tornillo).

4.14.4. Trabajo que se realiza en la palanca del brazo.

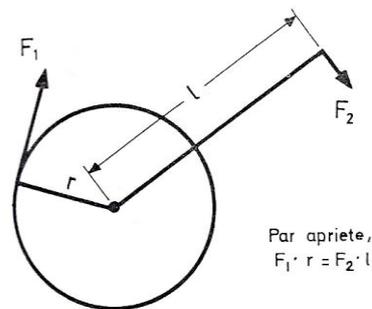


Fig. 4.10. Par de apriete

$$T = F * l \tag{4.83}$$



Donde:

F = Fuerza aplicada en la palanca en Kgf.

l = Longitud de la palanca en mm

Fuente: (Shingley, 1981)

4.15. Flexión de Vigas.

El cálculo de la flexión de barras se hace valiéndose de fórmulas teóricas y empíricas, cuyo empleo se limita por la flexibilidad de la barra ver fig. 4.11. La ecuación para el cálculo de la deflexión de la viga es:

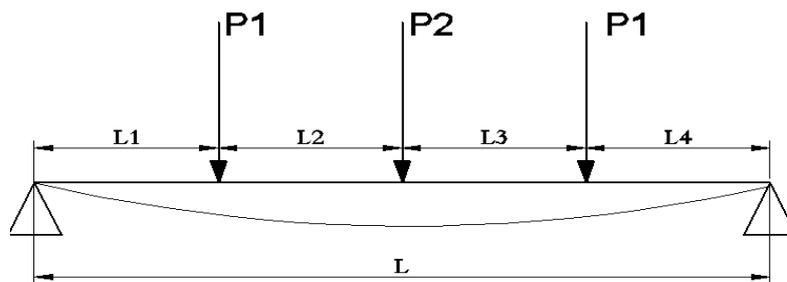


Fig. 4.11. Deflexión de una viga con diferentes cargas

$$Y = \frac{P_1 * l_1^2 * l_2^2}{3 * E * I * l} + \frac{P_2 * (l - l_3)^2 * l_3^2}{3 * E * I * l} + \frac{P_3 * (l - l_4)^2 * l_4}{3 * E * I * l} \quad (4.84)$$

Donde:

Y = Deflexión máxima

P_1, P_2, P_3 = Fuerzas que actúan en la viga en (N)

l, l_1, l_2, l_3, l_4 = Distancias de las fuerzas que actúan en la viga en (mm)

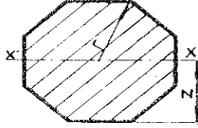
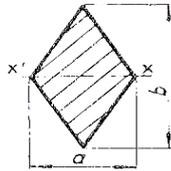
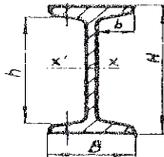
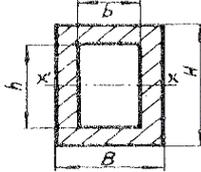
E = Modulo elástico del acero en $\frac{N}{mm^2}$

I = Momento de inercia de la sección de la viga a utilizar en mm^4

Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

(R Nonnast, 2004)

Tabla. 4.43. Momentos de inercia.

Secciones	Momentos de inercia I		Valores de z	Momentos resistentes $W = \frac{I}{z}$
	Fórmula	Fórmula simplificada		
<p>OCTOGONO</p> 	$\frac{1+2\sqrt{2}}{6} r^4$	$0,638 r^4$	$0,924 r$	$0,6906 r^3$
<p>ROMBO</p> 	$\frac{ab^3}{48}$	$0,0208 ab^3$	$\frac{b}{2}$	$\frac{ab^2}{24}$
<p>VIGUETAS EN I</p> 	$\frac{BH^3 - 2bh^3}{12}$	$0,0833 \times (BH^3 - 2bh^3)$	$\frac{H}{2}$	$\frac{BH^3 - 2bh^3}{6H}$
<p>TUBO RECTANGULAR</p> 	$\frac{BH^3 - bh^3}{12}$	$0,0833 \times (BH^3 - bh^3)$	$\frac{H}{2}$	$\frac{BH^3 - bh^3}{6H}$

ç



4.16. Soldadura.

Para calcular el cordón de soldadura se emplea las siguientes ecuaciones:

$$Gt = \frac{Ge}{n} \quad (4.85)$$

Donde:

Gt = límite de trabajo.

Ge = límite elástico de la soldadura.

n = coeficiente de seguridad.

Determinación del coeficiente de resistencia a la fatiga del cordón.

$$\gamma = \frac{1}{1.3 - 0.3 \left(\frac{P \text{ min}}{P \text{ max}} \right)} \quad (4.86)$$

Límite elástico originado por el cordón (Tr)

$$[Tr] = \gamma \cdot \Psi \cdot Gt \quad (4.87)$$

Donde:

Gt = Limite de trabajo

Ψ = (0,6 para electrodos 6011).

γ = coeficiente de resistencia a la fatiga.

Fuente: (José Alvarado, Dario Sotomayor, Fabián Larriba, Manuel Silva, 2006)



4.17. Rodamientos

4.17.1. Rodamientos rígidos de bolas

Son usados en una gran variedad de aplicaciones. Son fáciles de diseñar, no separables, capaces de operar en altas e incluso muy altas velocidades y requieren poca atención o mantenimiento en servicio. Estas características, unidas a su ventaja de precio, hacen a estos rodamientos los más populares de todos los rodamientos.

4.17.2. Rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular

El rodamiento de una hilera de bolas con contacto angular tiene dispuestos sus caminos de rodadura de forma que la presión ejercida por las bolas es aplicada oblicuamente con respecto al eje. Como consecuencia de esta disposición, el rodamiento es especialmente apropiado para soportar no solamente cargas radiales, sino también grandes cargas axiales, debiendo montarse el mismo en contraposición con otro rodamiento que pueda recibir carga axial en sentido contrario. Este rodamiento no es desmontable.

4.17.3. Rodamientos de agujas

Son rodamientos con rodillos cilíndricos muy delgados y largos en relación con su menor diámetro. A pesar de su pequeña sección, estos rodamientos tienen una gran capacidad de carga y son eminentemente apropiados para las aplicaciones donde el espacio radial es limitado.

4.17.4. Rodamientos de rodillos cónicos

El rodamiento de rodillos cónicos, debido a la posición oblicua de los rodillos y caminos de rodadura, es especialmente adecuado para resistir cargas radiales y axiales simultáneas. Para casos en que la carga axial es muy importante hay una serie de rodamientos cuyo ángulo es muy abierto. Este rodamiento debe montarse en oposición con otro rodamiento capaz de soportar los esfuerzos axiales en sentido contrario. El rodamiento es desmontable; el aro interior con sus rodillos y el aro exterior se montan cada uno separadamente.

Fuente: (wikipedia.org/wiki/Rodamiento)



4.18. Temple superficial

Tenemos algunos métodos para el endurecimiento de los aceros.

Método A

Se calienta uniformemente el metal al rojo brillante (790-830°C) a continuación se lo limpia con un cepillo de alambre luego de esto se espolvorea el polvo sobre la pieza. El Kasenit se fundirá y se adhiere a la superficie formando una capa alrededor del metal.

Recaliente luego entre (790 y 830°F) manteniendo esta temperatura por varios minutos, métalo en agua fría; esto dará al componente una dureza uniforme y profunda.

Método B

Esto se usa cuando se requiere una dureza más profunda. Puede ser usado para este propósito un recipiente (lata descartable, bandeja, etc.) , cubra completamente con el componente y caliente al rojo brillante de unos 5 a 30 minutos; luego sumérjala la pieza en agua limpia y fría.

Fuente: (wikipedia.org/wiki/Templado_del_acero)

5. RESULTADOS

5.1. Propiedades mecánicas de la chapa a utilizar para la deformación.

La chapa escogida en la tabla 3.3 para el estudio del diseño de la máquina laminadora es: Chapa de aluminio aleado de 2000 x 1000mm y de espesor 1.2mm.

$$\sigma_c = 190N / mm^2 \quad E = 71000N / mm^2$$

$$L = d$$

$$L = 18mm$$

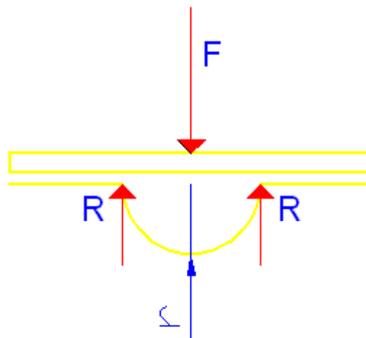


Fig. 5.1 Gráfico de análisis de los esfuerzos que se aplica en la placa.

5.2. Coeficiente parcial de seguridad.

Para seguridad en los cálculos mecánicos escogemos los siguientes valores ver punto (4.1) de la sección anterior.

$$n_1 = 1.2$$

$$n_2 = 2$$

$$n_3 = 1$$

Estos valores reemplazamos en la ecuación (4.1).

$$n = (n_1) (n_2) (n_3).$$

$$n = 1.2 \times 2 \times 1$$

$$n = 2.4$$

n_1 escogido es porque las cargas y tensiones se calculan con gran precisión para que no haya una sobrecarga.

n_2 escogido es porque el material a deformar es poco plástico.

n_3 escogido es porque el grado de responsabilidad de la pieza a deformar es alto en cuanto a los canales deformados deben ser homogéneos.



5.3. Flecha requerida (y) para la deformación.

Para calcular la flecha requerida hemos consideramos la placa simplemente apoyada en los extremos.

Calculamos la longitud de contacto.

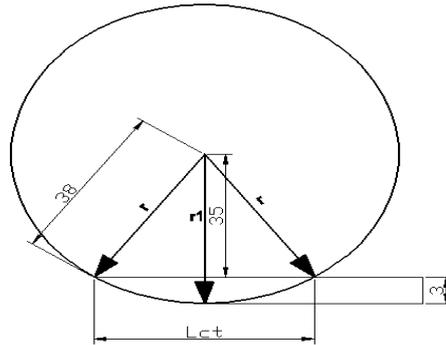


Fig. 5.2. Longitud de contacto

Datos

r = Radio del rodillo

$r1$ = Radio del rodillo menos la longitud de deformación

$$r1 = r - 3mm \quad r1 = 38mm - 3mm$$

$$r1 = 35mm$$

$$Lc = \sqrt{(r^2 - r1^2)} \quad Lc = \sqrt{[(38mm)^2 - (35mm)^2]}$$

$$Lc = 14.80mm$$

La longitud de contacto total es:

$$Lct = Lc * 2 \quad Lct = 14.80mm * 2$$

$$Lct = 29.6mm$$



Determinamos el momento de inercia por la ecuación (4.2).

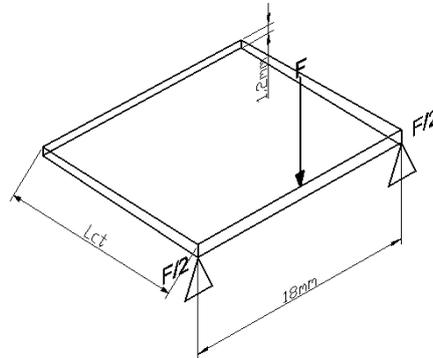


Fig. 5.3. Momento de inercia

Datos

Lct = Longitud de contacto entre rodillo y placa.

h = Espesor de la placa

I = Momento de Inercia

$$I = \frac{Lct * h^3}{12} \quad I = \frac{29.6mm * (1.2mm)^3}{12}$$

$$I = 4.26mm^4$$

Calculamos la carga concentrada F.

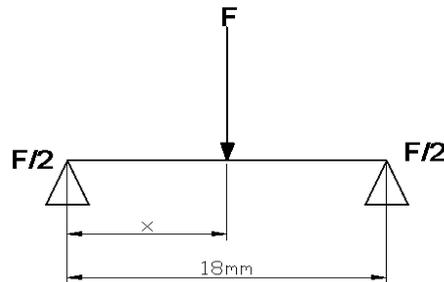


Fig. 5.4. Fuerza concentrada para la deformación del canal

La profundidad inicial para un canal es de 3mm

$$M = \frac{F}{2} * x = EI * \frac{d^2 y}{dx^2}$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



$$EI * \frac{dy}{dx} = \frac{F}{2} * \frac{x^2}{2} + C1$$

$$EI * y = \frac{F}{4} * \frac{x^3}{3} + C1 * x + C2$$

$$\begin{array}{l} x = 0 \quad y = 0 \\ x = 18mm \quad y = 0 \end{array} \quad \begin{array}{l} 0 = C2 \\ 0 = C2 \end{array}$$

$$0 = \frac{P}{12} * (18mm)^3 + C1 * (18mm) \quad EI * y = \frac{F * x^3}{12} - \frac{F * (18mm)^2}{12} * x \quad (5.1)$$

$$71000N / mm^2 * (4.26mm)^4 * (-3mm) = \frac{F * (9mm)^3}{12} - \frac{F * (18mm)^2}{12} * (9mm)$$

$$-907380Nmm^3 = 60.75mm^3 * F - 243mm^3 * F$$

$$-907380Nmm^3 = -182.25mm^3 F$$

$$F = \frac{907380Nmm^3}{182.25mm^3}$$

$$F = 4978.76N \quad F = 508Kgf$$

La máquina consiste en tren de rodillos lo cual lamina milímetro a milímetro lo cual la fuerza la dividimos para la longitud de contacto.

$$F = \frac{F}{Lct} \quad F = \frac{508Kgf}{29.6mm}$$

$$F = 17Kgf / mm$$

Fk=17 KgF Fuerza para la deformación de un solo canal.

5.3.1. Fuerza requerida para la deformación de la plancha en un solo canal.

F=17 KgF Fuerza para la deformación

Esta es la fuerza para deformar la plancha para un solo canal.

El coeficiente de deformación transversal (coeficiente de poisson Fuente Stiopin pag. 29), que caracteriza la capacidad del material de admitir deformaciones transversales; el valor de (μ) para todos los materiales oscila entre 0 a 0.5 y para la mayoría de los materiales varía entre 0.25 y 0.35.



Utilizando el coeficiente de poisson (μ) (tabla 4.2), para el cálculo de deformación transversal.

$$\mu = 0.33$$

Deduciendo de la fórmula 4.6 se encuentra la variación longitudinal.

$$\varepsilon' = \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon} = \frac{F}{E * (L1 * d)} \quad (5.2)$$

$$\mu = -\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \quad (4.3)$$

Deduciendo de la fórmula (4.3) se encuentra la variación transversal.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{N}{E * (\varepsilon * L1)} \quad (5.3)$$

Reemplazando la ecuación (5.2) y (5.3) en la ecuación (4.3) tenemos.

$$\mu = -\frac{F * \varepsilon}{N * d} \quad (5.4)$$

Luego despejamos N de la ecuación (5.4) y tenemos.

$$N = -\frac{F * \varepsilon}{\mu * d} \quad N = -\frac{170N * 1.2mm}{0.33 * 18mm} \quad (5.5)$$

$$N = 34.34N$$

Con este resultado encontramos el valor de ΔL con la ecuación (4.5)

$$\Delta L = \frac{N * d}{E * (l1 * \varepsilon)} \quad \Delta L = \frac{34.34 * 18}{71000 * (2000 * 1.2)}$$

$$\Delta L = 3.63 \times 10^{-6} \text{ mm}$$

5.3.2. Longitud de la plancha ya deformada.

Cuando la plancha ha sido deformada sufre una elongación y si se lo regresa al estado que estuvo al inicio su dimensión varía.

La longitud de la plancha viene a ser:

$$Lp = l_2 + 10\Delta l \quad Lp = 1000 + 10 * 4.89 \times 10^{-6} \quad (5.6)$$

$$Lp = 1000.000049 \text{ mm}$$



5.3.3. Reducción de plancha después del proceso de laminado

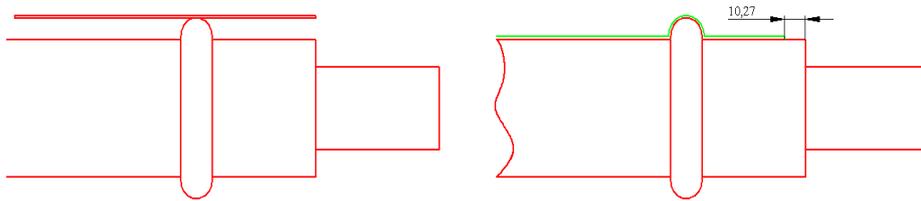


Fig. 5.5 Reducción de la placa de aluminio

$$r = 9mm$$

$$d = 18mm$$

r = Radio de profundidad

d = Diámetro de la circunferencia del molde

La plancha se reduce en los extremos, ya que en el centro de los rodillos solo se deforma y conserva la misma dimensión entre centros.

Para hallar el encogimiento calculamos el perímetro de la media circunferencia.

$$P = \pi * r$$

$$P = 28.27mm$$

$$\chi = P - d$$

$$\chi = 10.27mm$$

El encogimiento en los dos extremos es:

$$\chi_t = 20.54mm \text{ Por los dos extremos.}$$

P = Perímetro de la media circunferencia

χ = Encogimiento de la plancha en un extremo

χ_t = Encogimiento total de la plancha en los dos extremos.

5.4. Fuerza de Rozamiento a vencer para que gire el eje y deforme la plancha.

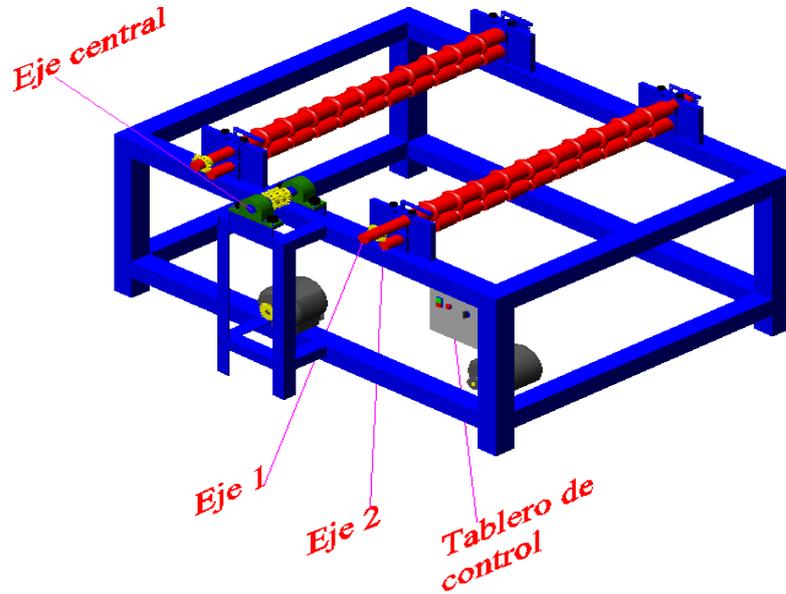


Fig. 5.6. Dibujo de la máquina laminadora

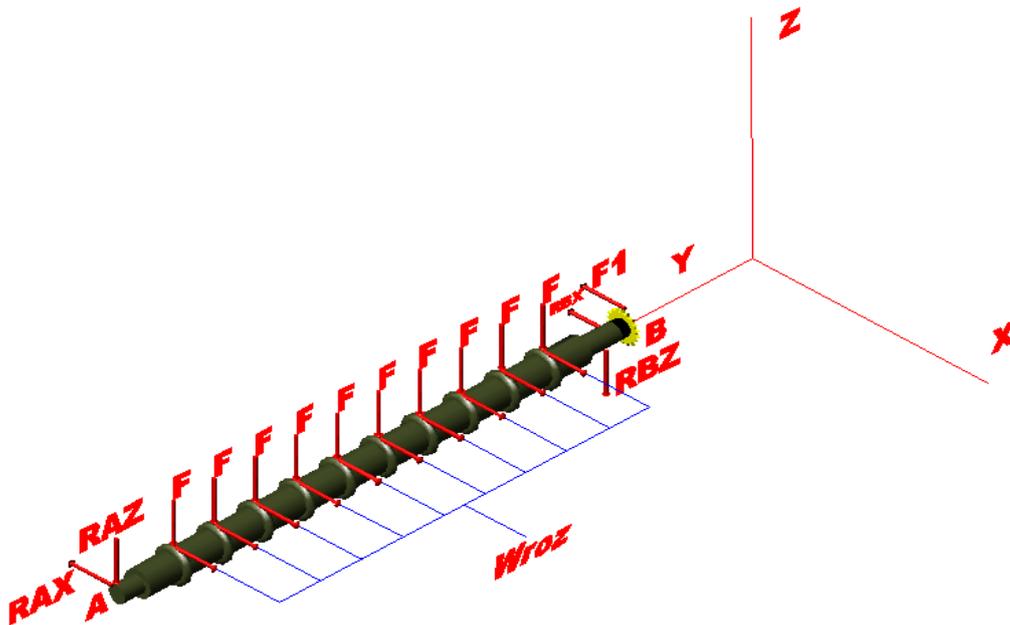


Fig. 5.7. Diagrama de fuerza del eje 1

Calculamos por la ecuación (4.13)

$$W_{roz} = U_{roz} * F \qquad W_{roz} = 0.41 * 17Kgf$$

$F = 17Kgf$ Fuerza que necesita para la deformación de la plancha



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$U_{roz} = 0.41$ Aluminio sobre acero véase en la tabla (4.3), coeficiente de rozamiento en movimiento

Reemplazamos los valores en (4.13)

$$W_{roz} = 0.41 * 17Kgf \quad W_{roz} = 7Kgf$$

5.5. Fuerzas

Para guiarnos tenemos los gráficos 5.4, 5.5 y 5.6 respectivamente.

Sumatoria de fuerzas con respecto al eje Z.

$$\sum FZ = 0$$

$$-RAZ + F * 10 - RBZ = 0 \quad (5.7)$$

Sumatoria de fuerzas con respecto al eje X

$$\sum FX = 0$$

$$RAX - W_{roz} * 10 + RBX + F1 = 0 \quad (5.8)$$

$$\sum FY = 0$$

5.6. Radio del rodillo.

$V = 2m/min$, es la velocidad periférica de los rodillos ver punto 3.9 de revisión de literatura.

Se calcula por la ecuación (4.18).

$$r = \frac{V * 60}{2 * \pi * n}$$

$$r = \frac{0.033333.m / s * 60}{2 * \pi * 8rpm}$$

$$r = 0.0395m$$

$r = 40mm$ (radio de los rodillos de laminación), es una suposición para el cálculo de la fuerza $F1$.



5.7. Sumatoria de los momentos torsores.

$$\sum M_{tor} = 0$$

$$10(W_{roz} * 40mm) - F1 * 40mm = 0 \tag{5.9}$$

De la ecuación (5.7) despejamos F1:

$$F1 = \frac{10(W_{roz} * 40mm)}{40mm} \quad F1 = \frac{10(7 * 40mm)}{40mm}$$

$$F1 = 70 \text{ Kg}$$

5.8. Momento en el punto A en el eje YZ

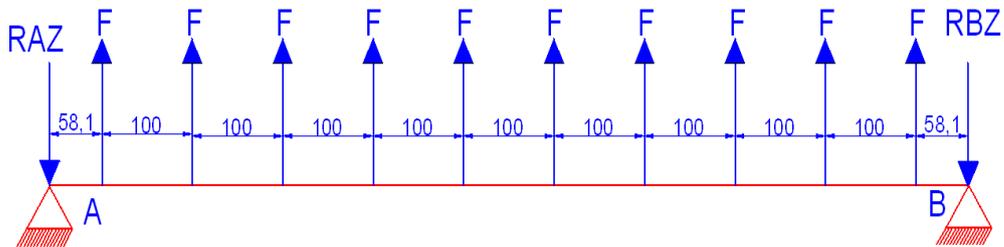


Fig. 5.8 Diagrama de fuerza en el eje 1(YZ)

Calculamos el momento en el punto A con respecto al eje YZ.

$$\sum M_{oA}(YZ)$$

$$58.1 * F + 158.1 * F + 258.1 * F + 358.1 * F + 458.1 * F + 558.1 * F + 658.1 * F + 758.1 * F + 858.1 * F + 958.1 * F - RBZ * 1016.2 = 0 \tag{5.10}$$

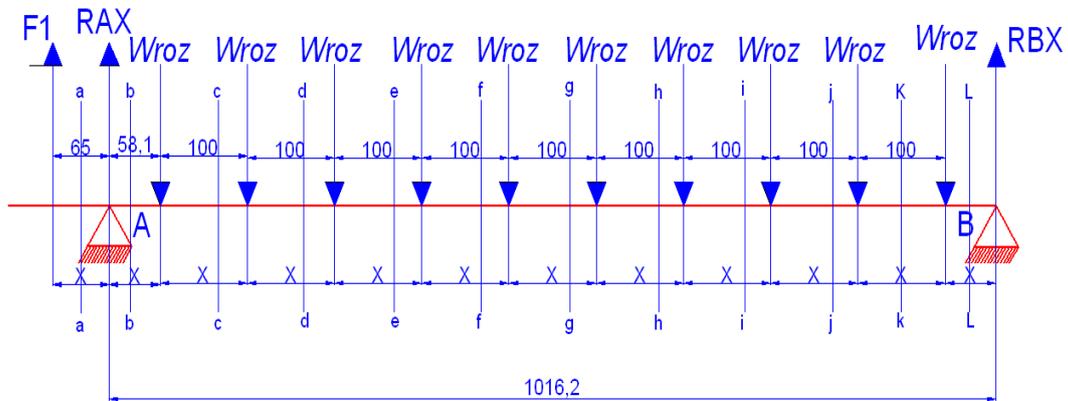


Fig. 5.9 Diagrama de fuerza en el eje 1(YX)



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$\sum MoA(YX) = 0$$

$$\begin{aligned} &F1 * 65 + 58.1 * Wroz + 158.1 * Wroz + 258.1 * Wroz + 358.1 * Wroz \\ &+ 458.1 * Wroz + 558.1 * Wroz + 658.1 * Wroz + 758.1 * Wroz + 858.1 * Wroz \\ &+ 958.1 * Wroz - RBX * 1016.2 \end{aligned} \quad (5.11)$$

Luego despejamos de la ecuación (5.9) RBZ y calculamos.

$$RBZ = \frac{58.1 * F + 158.1 * F + 258.1 * F + 358.1 * F + 458.1 * F + 558.1 * F + 658.1 * F + 758.1 * F + 858.1 * F + 958.1 * F}{1016.2}$$

$$RBZ = 85Kgf$$

La fuerza RBZ es igual que RAZ porque están ubicadas en la misma distancia del eje

$$RBZ = RAZ$$

Con la ecuación (5.10) despejamos RBX

$$- RBX = \frac{- F1 * 65 - 58.1 * Wroz - 158.1 * Wroz - 258.1 * Wroz - 358.1 * Wroz - 458.1 * Wroz - 558.1 * Wroz - 658.1 * Wroz - 758.1 * Wroz - 858.1 * Wroz - 958.1 * Wroz}{1016.2}$$

$$RBX = 39.5Kgf$$

De la ecuación (5.7) despejamos RAX:

$$RAX = 10 * Wroz - RBX - F1$$

$$RAX = 10 * 7 - 39.5 - 70$$

$$RAX = -39.5Kgf$$



5.9. Potencia del eje 1 para su rotación

$V = 0.0333m/s$ Ver punto (3.9) de revisión de literatura

$n_n = 8rpm$

Determinamos la fuerza total para el movimiento de los rodillos.

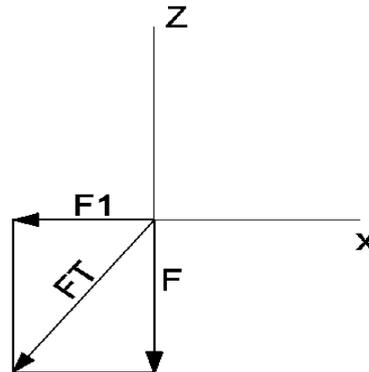


Fig. 5.10. Fuerza total para mover los rodillos

$FT = \sqrt{(F1^2 + RAZ^2)} \quad FT = \sqrt{((70Kgf)^2 + (85)^2)}$

$FT = 110.11Kgf$

Calculamos la potencia con la ecuación (4.7).

$N = \frac{FT * V}{76} \quad N = \frac{110.11Kg * 0.033m/s}{76}$

$N = 0.048 \quad HP$

5.9.1. Potencia corregida

La potencia total a transmitir de la máquina es $N .2$. Este valor esta dado por el número de etapas a utilizar en la máquina.

$N_c = N.2 \quad N_c = 0.48.2 \quad (5.12)$

$N_c = 0.1 \quad HP$

La potencia se la multiplica por los coeficientes de seguridad por todas las transmisiones que constituye la máquina.

$N_c = N * Kv * Kcd * K \quad (5.13)$

$$N_c = 0.3042 \quad \text{HP}$$

$K_v = 1.3$ coeficientes de cargas dinámicas para transmisión sin fin.

$K_{cd} = 1.8$ coeficiente de carga dinámica por transmisión por cadena.

$K = 1.3$ coeficiente de carga dinámica por engranes.

Se escoge un motor de 0.5HP, porque esto existe en el mercado.

5.10. Momento torsor.

Con la ecuación (4.7) calculamos el momento torsor.

$$M_t = 71620 * \frac{N_T}{n_n}$$

$$M_t = 71620 * \frac{0.1HP}{8rpm}$$

$$M_t = 895.25Kgf - cm$$

5.11. Momento Flector del eje 1(YZ)

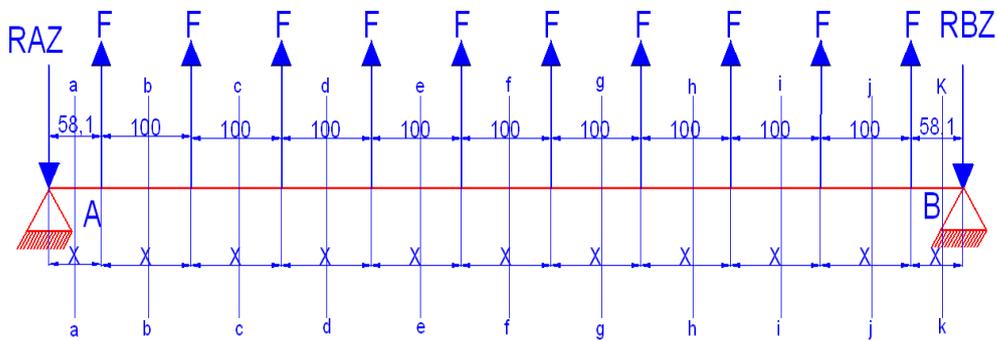


Fig.5.11 Diagrama de fuerza del eje 1 (YZ)

Por el método de seccionamiento calculamos el momento flector máximo.

Sección a – a

$$0 \leq x \leq 58.1$$

$$x = 0$$

$$M_f = -RAZ * (x)$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$M_f = 0$$

$$x = 58.1$$

$$M_f = -RAZ^*(x)$$

$$M_f = -4933.74 \text{ kg mm}$$

Sección b – b

$$58.1 \leq x \leq 158.1$$

$$x = 58.1$$

$$M_f = -RAZ^*(x) + F \cdot (x - 58.1)$$

$$M_f = -4933.74 \text{ kg mm}$$

$$x = 158.1$$

$$M_f = -RAZ^*(x) + F \cdot (x - 58.1)$$

$$M_f = -11743.12 \text{ kg mm}$$

Sección c – c

$$158.1 \leq x \leq 258.1$$

$$x = 158.1$$

$$M_f = -RAZ^*(x) + F \cdot (x - 58.1) + F \cdot (x - 158.1)$$

$$M_f = -11743.12 \text{ kg mm}$$

$$x = 258.1$$

$$M_f = -RAZ^*(x) + F \cdot (x - 58.1) + F \cdot (x - 158.1)$$

$$M_f = -16850.15 \text{ kg mm}$$

Sección d – d

$$258.1 \leq x \leq 358.1$$

$$x = 258.1$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



$$M_f = -RAZ^*(x) + F^*(x - 58.1) + F^*(x - 158.1) + F(x - 258.1)$$

$$M_f = -16850.15 \text{ kg mm}$$

$$x = 358.1$$

$$M_f = -RAZ^*(x) + F^*(x - 58.1) + F^*(x + 158.1) + F^*(x - 258.1)$$

$$M_f = -20254.84 \text{ kg mm}$$

Sección e - e

$$358.1 \leq x \leq 458.1$$

$$x = 358.1$$

$$M_f = -RAZ^*(x) + F^*(x - 58.1) + F^*(x + 158.1) + F^*(x - 258.1) \\ + F^*(x - 358.1)$$

$$M_f = -20254.84 \text{ kg mm}$$

$$x = 458.1$$

$$M_f = -RAZ^*(x) + F^*(x - 58.1) + F^*(x + 158.1) + F^*(x - 258.1) \\ + F^*(x - 358.1)$$

$$M_f = -21957.19 \text{ kg mm}$$

Sección f - f

$$458.1 \leq x \leq 558.1$$

$$x = 458.1$$

$$M_f = -RAZ^*(x) + F^*(x - 58.1) + F^*(x + 158.1) + F^*(x - 258.1) \\ + F^*(x - 358.1) + F(x - 458.1)$$

$$M_f = -21957.19 \text{ kg mm}$$

$$x = 558.1$$

$$M_f = -RAZ^*(x) + F^*(x - 58.1) + F^*(x + 158.1) + F^*(x - 258.1) \\ + F^*(x - 358.1) + F^*(x - 458.1)$$

Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

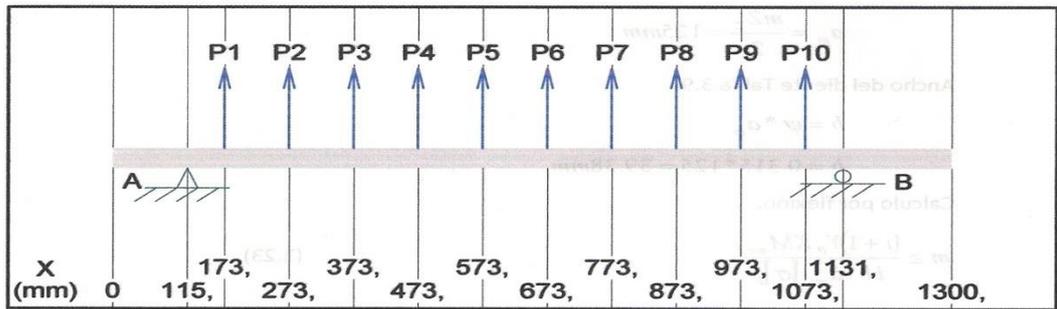


$$M_f = -21957.19 \text{ kg mm}$$

$$M_{flecmax}(YZ) = -21957.19 \text{ Kg mm}$$

$$M_{flecmax}(YZ) = -2196 \text{ Kg cm}$$

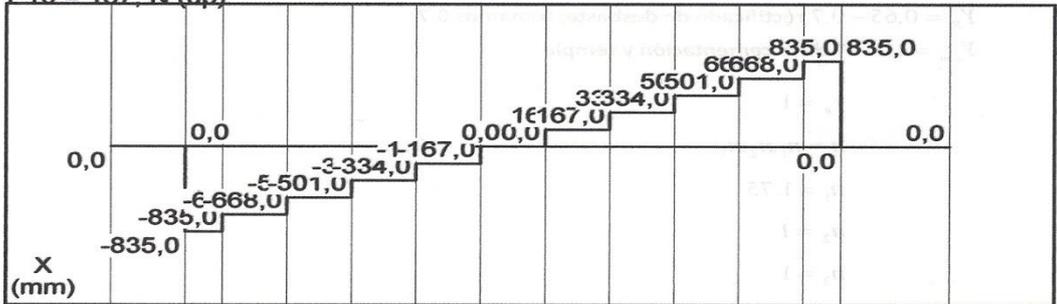
Diagrama del Rodillo (YZ)



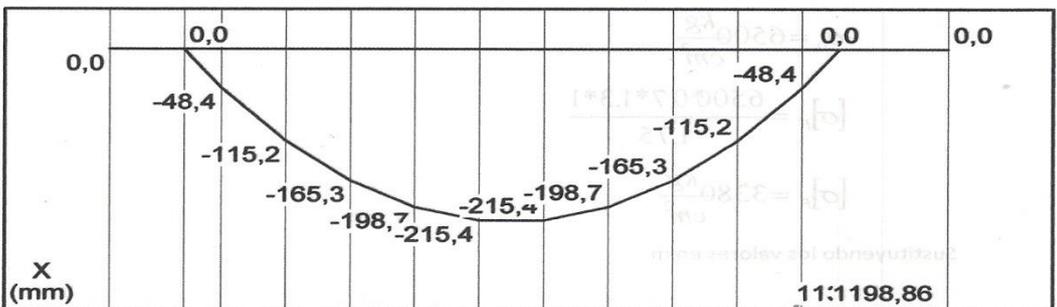
Load Diagram

- P1 = 167, N (up)
- P2 = 167, N (up)
- P3 = 167, N (up)
- P4 = 167, N (up)
- P5 = 167, N (up)
- P6 = 167, N (up)
- P7 = 167, N (up)
- P8 = 167, N (up)
- P9 = 167, N (up)
- P10 = 167, N (up)

- Ay = 835,00 N (down)
- By = 835,00 N (down)



Shear Diagram (N)



Moment Diagram (N-m)

Fig. 5.12 Momento flector (YZ) Simulado en el programa MDsolids.



Como vemos en la figura 4.8 estos datos son semejantes con los parámetros calculados del momento flector en (YZ)

5.12. Momento flector del eje 1 (YX)

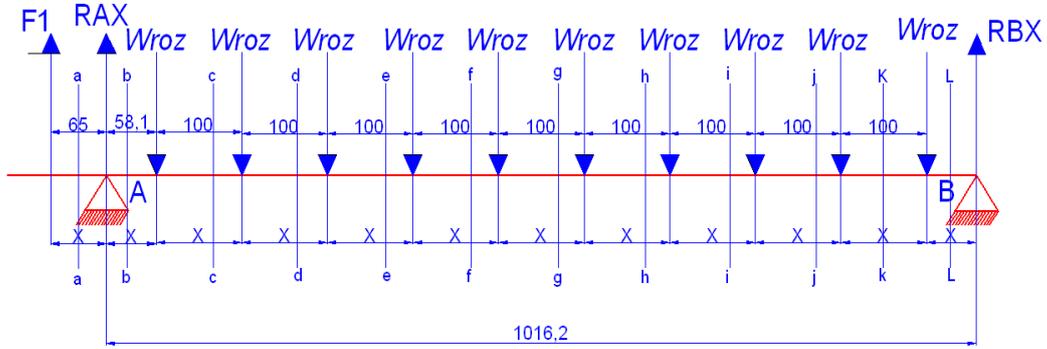


Fig.5.13 Diagrama de fuerza en el eje 1 (YX)

Por el método de seccionamiento calculamos el momento flector máximo.

Sección a – a

$$0 \leq x \leq 65$$

$$x = 0$$

$$M_f = F1*(x)$$

$$M_f = 0 \text{ Kg mm}$$

$$x = 65$$

$$M_f = F1*(x)$$

$$M_f = 4556.6 \text{ Kg mm}$$

Sección b – b

$$65 \leq x \leq 123.1$$

$$x = 65$$

$$M_f = F1*(x) + RAX(x - 65)$$

$$M_f = 4556.6 \text{ Kg mm}$$

$$x = 123.1$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$M_f = F1^*(x) + RAX(x - 65)$$

$$M_f = 6330.28 \text{ Kg mm}$$

Sección c - c

$$123.1 \leq x \leq 223.1$$

$$x = 123.1$$

$$M_f = F1^*(x) + RAX(x - 65) - Wroz(x - 123.1)$$

$$M_f = 6330.28 \text{ Kg mm}$$

$$x = 223.1$$

$$M_f = F1^*(x) + RAX(x - 65) - Wroz(x - 123.1)$$

$$M_f = 8695.21 \text{ Kg mm}$$

Sección d - d

$$223.1 \leq x \leq 323.1$$

$$x = 223.1$$

$$M_f = F1^*(x) + RAX(x - 65) - Wroz(x - 123.1) - Wroz(x - 223.1)$$

$$M_f = 8695.21 \text{ Kg mm}$$

$$x = 323.1$$

$$M_f = F1^*(x) + RAX(x - 65) - Wroz(x - 123.1) - Wroz(x - 223.1)$$

$$M_f = 10326.20 \text{ Kg mm}$$

Sección e - e

$$323.1 \leq x \leq 423.1$$

$$x = 323.1$$

$$M_f = F1^*(x) + RAX(x - 65) - Wroz(x - 123.1) - Wroz(x - 223.1)$$

$$- Wroz(x - 323.1)$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$M_f = 10326.20 \text{ Kg mm}$$

$$x = 423.1$$

$$M_f = F1^*(x) + RAX(x - 65) - Wroz(x - 123.1) - Wroz(x - 223.1) \\ - Wroz(x - 323.1)$$

$$M_f = 11314.98 \text{ Kg mm}$$

Sección f - f

$$423.1 \leq x \leq 523.1$$

$$x = 423.1$$

$$M_f = F1^*(x) + RAX(x - 65) - Wroz(x - 123.1) - Wroz(x - 223.1) \\ - Wroz(x - 323.1) - Wroz(x - 423.1)$$

$$M_f = 11314.98 \text{ Kg mm}$$

$$x = 523.1$$

$$M_f = F1^*(x) + RAX(x - 65) - Wroz(x - 123.1) - Wroz(x - 223.1) \\ - Wroz(x - 323.1) - Wroz(x - 423.1)$$

$$M_f = 11569.83 \text{ Kg mm}$$

Sección g - g

$$523.1 \leq x \leq 623.1$$

$$x = 523.1$$

$$M_f = F1^*(x) + RAX(x - 65) - Wroz(x - 123.1) - Wroz(x - 223.1) \\ - Wroz(x - 323.1) - Wroz(x - 423.1) - Wroz(x - 523.1)$$

$$M_f = 11569.83 \text{ Kg mm}$$

$$x = 623.1$$

$$M_f = F1^*(x) + RAX(x - 65) - Wroz(x - 123.1) - Wroz(x - 223.1) \\ - Wroz(x - 323.1) - Wroz(x - 423.1) - Wroz(x - 523.1)$$

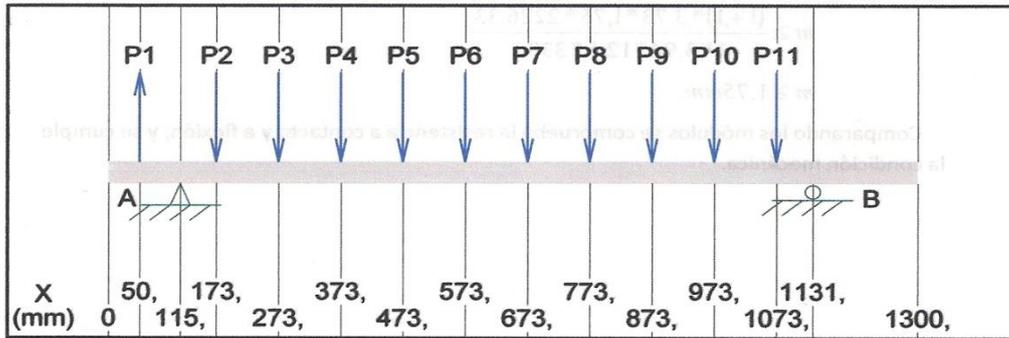
$$M_f = 11121.30 \text{ Kg mm}$$



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

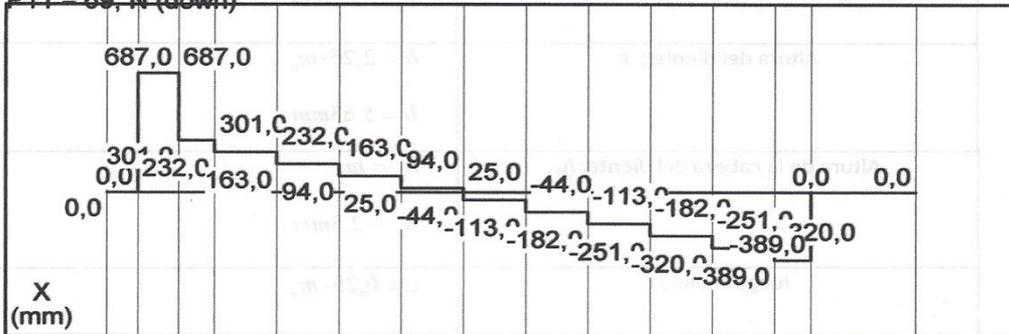
$M_{flemax}(YX) = 11569.83 \text{ Kg mm}$ $M_{flemax}(YX) = 1157 \text{ Kg cm}$

Diagrama del Rodillo (YX)

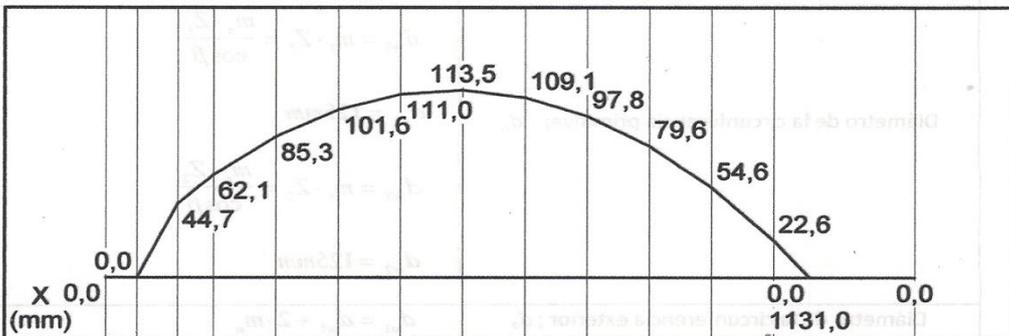


Load Diagram

P1 = 687, N (up) Ay = 385,95 N (down)
 P2 = 69, N (down) By = 388,95 N (up)
 P3 = 69, N (down)
 P4 = 69, N (down)
 P5 = 69, N (down)
 P6 = 69, N (down)
 P7 = 69, N (down)
 P8 = 69, N (down)
 P9 = 69, N (down)
 P10 = 69, N (down)
 P11 = 69, N (down)



Shear Diagram (N)



Moment Diagram (N-m)

Fig. 5.14 Momento flector (YX) Simulado en el programa MDsolids.



Como vemos en la figura 4.8 estos datos son semejantes con los parámetros calculados del momento flector en (YX)

5.13. Diámetro del eje 1

El material escogido del eje es SAE 1040 ver Anexo 2.

Resistencia a la tracción $460 \text{ N/mm}^2 - 4600 \text{ Kg/cm}^2$

La tensión admisible se calcula por la fórmula (4.8).

$$\sigma_{\text{ofperm}} = \frac{\sigma_f}{n} \quad \sigma_{\text{ofperm}} = \frac{4600}{2.4}$$

$$\sigma_{\text{ofperm}} = 1916.67 \text{ Kg/cm}^2$$

5.13.1. Momento máximo a la flexión.

Calculamos el momento máximo en el eje (XY) y (YZ)

$$Me = \sqrt{Mfy_z^2 + Mfxy^2} \quad Me = \sqrt{(2196 \text{ Kg} - \text{cm})^2 + (1157 \text{ Kg} - \text{cm})^2} \quad (5.14)$$

$$Me = 2482.15 \text{ Kg} - \text{cm}$$

5.13.2. Momento equivalente total

Con la ecuación (4.14) se realiza la suma del momento flector máximo XZ y Momento torsor

$$Meq = \sqrt{Me^2 + Mt^2} \quad Meq = \sqrt{(2482.15 \text{ Kg} - \text{cm})^2 + (895.25 \text{ Kg} - \text{cm})^2}$$

$$Meq = 2638.66 \text{ Kg} - \text{cm}$$

5.13.3. Diámetro del eje de los rodillos

El diámetro del eje se calcula con la ecuación (4.13)

$$D = \sqrt[3]{\frac{10 * Meq}{\sigma_{\text{amdflex}}}} \quad D = \sqrt[3]{\frac{10 * 2638.66 \text{ Kg} - \text{cm}}{1916.67}}$$

$$D = 2.39 \text{ cm} .$$

Diámetro del eje es de 25mm para mayor seguridad



5.14. Diámetro del eje central que mueve a los rodillos.

5.14.1. Fuerza del eje central para su rotación

De la ecuación (4.5) despejamos F1

$$F1 = \frac{N * 75}{V} \quad \text{Donde:}$$

$N = 0.1 \text{ HP}$ Es la potencia de diseño de la máquina.

$V = 0.033m/s$ Velocidad periférica de los rodillos.

$$F1 = 225Kg$$

5.14.2. Momento torsor del eje central.

Con la ecuación (4.7) calculamos el momento torsor.

$$Mt = 71620 * \frac{N_r}{n_n}$$

Reemplazamos los valores en la ecuación (3.4)

$$Mt = 71620 * \frac{0.1HP}{8rpm}$$

$$Mt = 895.25Kgf - cm$$

5.14.3. Sumatoria de fuerzas en el eje X

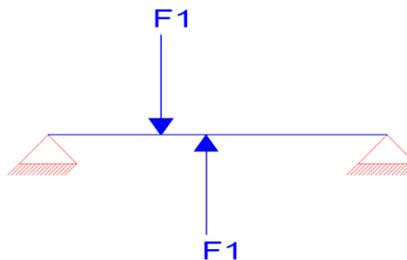


Fig. 5.15. Eje X

$$\Sigma FZ = 0$$

$$- F1 + F1 = 0$$



En este eje las fuerzas se anulan.

5.14.4. Sumatoria de fuerzas en el eje Z

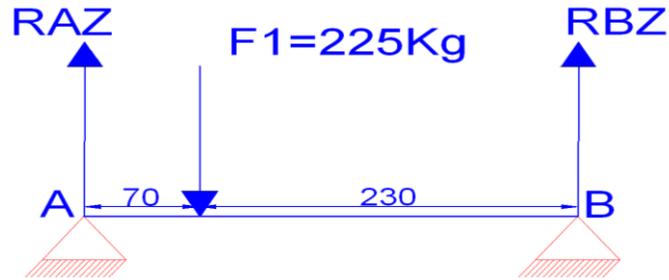


Fig. 5.16. Eje Z

$$\Sigma FZ = 0$$

$$RAZ - F1 + RBZ = 0 \tag{5.15}$$

Despejamos RAZ de (4.18)

$$RAZ = F1 - RBZ \tag{5.16}$$

$$\Sigma MAZ = 0 \tag{5.17}$$

$$- F1 * 70 + RBZ * 300 = 0$$

Despejamos RBZ de (5.16) donde:

$$RBZ = \frac{F1 * 70}{300} \quad RBZ = 52.5Kg$$

Despejamos de la ecuación en (5.14) RAZ y tenemos:

$$RAZ = F1 - RBZ$$

$$RAZ = 172.5Kg$$

5.14.5. Momento flector máximo.

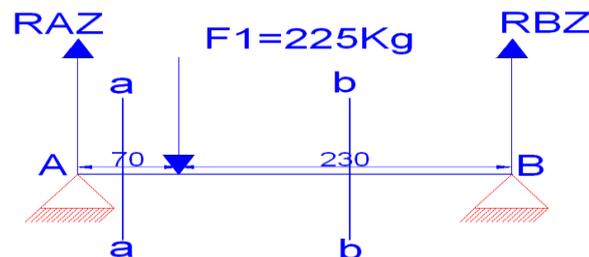




Fig. 5.17. Monto flector del eje central

Por el método de seccionamiento se calcula el momento flector

Sección a-a

$$0 \leq x \leq 70$$

$$x = 0$$

$$M_{flec} = -RAZ * 0$$

$$M_{flec} = 0$$

$$M_{flec} = -RAZ * 70$$

$$M_{flec} = -12075Kg - mm$$

Sección b-b

$$70 \leq x \leq 300$$

$$x = 70$$

$$M_{flec} = -RAZ * 70$$

$$M_{flec} = 12075Kg - mm$$

$$M_{flec} = -RAZ * 300 + F1 * (300 - 70)$$

$$M_{flec} = 0$$

$$M_{flecmax} = 12075Kg - mm$$

$$M_{flecmax} = 1207.5Kg - cm$$

5.14.6. Diámetro del eje central

El material escogido del eje es SAE 1018 ver Anexo

Resistencia a la tracción es de 40000 *PSI* - 2816.33 *Kg / cm²* ver Anexo.

La tensión admisible se calcula por la fórmula (4.10).

$$\sigma_{ofperm} = \frac{\sigma_f}{n} \quad \sigma_{ofperm} = \frac{2816.3}{2.4}$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



$$\sigma_{\text{opperm}} = 1173 \text{Kg} / \text{cm}^2$$

5.14.7. Momento equivalente total

Con la ecuación (4.14) se encuentra suma del momento flector XZ y Momento torsor

$$M_{eq} = \sqrt{M F e \max^2 + M t^2}$$

$$M_{eq} = 1503 \text{Kg} - \text{cm}$$

Con la fórmula (4.13) se calcula el diámetro del eje central

$$D = \sqrt[3]{\frac{10 * M_{eq}}{\sigma_{adm} d_{flex}}}$$

$$D = 2.89 \text{cm} .$$

Diámetro del eje es de 31mm para mayor seguridad

5.15. Chaveta.

Las chavetas se fabrican de acero al carbono con un límite de resistencia no inferior a 5000 kgf/cm², pocas veces se hacen de acero aleado. Según la ecuación 4.15.

$$\sigma_{\text{adm.apl}} = 0.22 \sigma_{\text{res}} \rightarrow \sigma_{\text{adm.apl}} = 0.22 \cdot 5000 \rightarrow \sigma_{\text{adm.apl}} = 1100 \text{Kgf/cm}^2$$

De la tabla 4.5 según el diámetro del eje escogemos las dimensiones de la chaveta, según las Normas GOST, siendo:

$$a = 0,8 \text{cm},$$

$$b = 0.8 \text{ cm},$$

$$e = 0,4 \text{ cm},$$

$$f = 0,3 \text{cm}.$$

5.15.1. Fuerza tangencial

De la ecuación (4.5) despejamos F1

$$F1 = \frac{N * 75}{V} \quad \text{Donde:}$$

$N = 0.5$ HP Es la potencia real de la máquina.

$V = 0.033 \text{m/s}$ Velocidad periférica de los rodillos.

$$F1 = 1126Kg$$

Según la ecuación 4.16 se calcula la tensión al aplastamiento:

$$\sigma_{apl} = \frac{4 * F}{a * l} \leq \sigma_{adm.apl}$$

$$\sigma_{apl} = \frac{4 * 1126}{0.8 * 7} \leq 1100$$

$$804.28 \leq 1100Kg / cm^2 .$$

Por lo tanto la chaveta cumple la condición de resistencia.

5.16. Ruedas dentadas.

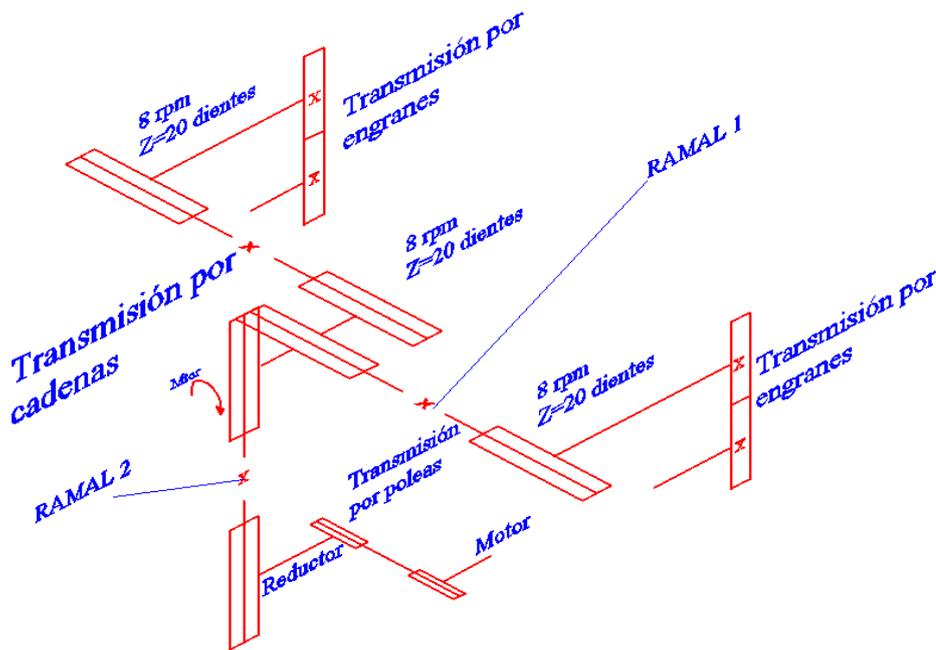


Fig. 5.18. Gráfico de transmisión por engranes de dientes rectos de la maquina.

Para el cálculo de de las ruedas tenemos los siguientes datos.

$$n1 = 8r.p.m.$$

$$n2=8r.p.m.$$

$$N1= 0.5 HP \quad 373 W$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Calculamos la velocidad angular con la ecuación

$$W = \frac{2\pi n}{60} \quad W = \frac{2 * \pi * 8}{60} \quad W = 0.8377 \text{ rad / s}$$

5.16.1. Momento de torsión en el árbol del piñón.

Si se conocen la potencia transmitida del árbol y el número de revoluciones del piñón, el momento de rotación se determina según la fórmula 4.7:

$$M_{tor2} = 71620 * \frac{N_T}{n_n}$$

Reemplazamos los valores en la ecuación (4.7)

$$M_{tor2} = 71620 * \frac{0.5HP}{8rpm}$$

$$M_{tor2} = 4476.25 \text{ Kgf} - \text{cm}$$

5.16.2. Distancia interaxial

Se determina por la ecuación (4.20)

$$a_w \geq (i + 1) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{1085 \cdot Z_\varepsilon}{[\sigma]_T \cdot i}\right)^2 \frac{K \cdot M_{tor2}}{\Psi_a}}$$

Para los cálculos preliminares es admisible tomar

$$K = 1,3 - 1,5; \text{ para seguridad tomamos } 1.5 \text{ ver punto (4.10.)}$$

$$M_{tor2} = 4476.25 \text{ Kgf.cm.}$$

$$\Psi_a = 0.315$$

$$Z_\varepsilon = 0.9$$

$$Z_\varepsilon = \text{Coeficiente de recubrimiento extremo, ver punto (4.10.)}$$

Ψ_a = Se escoge el menor rango que es de 0.315 por ser asimétrico con un solo apoyo, ver punto (4.10.)

5.16.3. Tensión admisible por contacto.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Calculamos por la ecuación (4.22)

$$[\sigma]_T = \frac{\sigma_{ot} \cdot Z_R}{n}; \text{ kgf/cm}^2$$

Tomaremos acero AISI 3140 con dureza de 45 HRC y con TT por CAF, acero templado Tabla 4.13

$$\sigma_{ot} = 170(HB) + 2000 = 170 * (45) = 9650 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} .$$

$$Z_R = 1$$

$$n = 1.35$$

σ_{ot} = Límite de fatiga de las capas superficiales de los dientes por contacto.

Z_R = Hemos escogido un coeficiente de 1 por el grado de aspereza 7° o mayor ver tabla (4.8).

n = Se ha escogido el coeficiente de seguridad de 1.35 para mayor seguridad ver en el punto (4.10.) de revisión de literatura.

Sustituyendo en (4.22):

$$[\sigma]_T = \frac{\sigma_{ot} \cdot Z_R}{n}$$

$$[\sigma]_T = \frac{9650 \cdot 1}{1.35}$$

$$[\sigma]_T = 7148.15 \text{ kgf/cm}^2$$

5.16.4. Relación de transmisión.

Por la ecuación (4.21)

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad i = \frac{8rpm}{8rpm} = 1$$

Sustituimos en 4.20:

$$a_w \geq (1 + 1) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{1085 * 0.9}{7148.15 * 1}\right)^2 \frac{1.5 * 4476.25}{0.315}}$$

$a_w \geq 14.7cm$ 147mm Se selecciona un N° normalizado.

$$a_w = 160mm$$



5.16.5. Módulo

Se determina por la fórmula (4.23)

$$m_n = (0.01) * 160 = 1.6$$

$$m_n = (0.02) * 160 = 3.6$$

m_n = Módulo normal preliminar, luego de esto se escoge un módulo normalizado por la tabla 3.8

$$m_n = 4mm$$

5.16.6. Número sumario de dientes Z_Σ .

Se determina por la ecuación (4.25)

$$Z_\Sigma = \frac{2aw}{m_n} \quad Z_\Sigma = \frac{2 * 160}{4} \quad Z_\Sigma = 80$$

5.16.7. Número de dientes Z_1

Calculamos por la ecuación (4.26).

$$Z_1 = \frac{Z_\Sigma}{i + 1} \geq \quad Z_1 = \frac{80}{1 + 1} \geq 17 \quad 40 \text{ dientes}$$

5.16.8. Número de dientes de Z_2

Determinamos por la fórmula (4.27).

$$Z_2 = 40 - 80 \quad Z_2 = 40 \text{ Dientes}$$

Precisión de la relación de transmisión, calculamos por la ecuación (4.19)

$$i_c = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$i_c = 1$$

5.16.9. Precisión de la distancia interaxial por contacto:

Despejando a_ω de la fórmula (4.25) tenemos:

$$a_\omega = \frac{m_n Z_\Sigma}{2} = 160mm$$

5.16.10. Ancho del diente.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

De la ecuación (4.30) despejamos b.

$$b = \psi_a * a_w$$

$$b = 0.315 * 160 = 50.4mm$$

5.16.11. Flexión.

Determinamos por la ecuación (4.29)

$$m \geq \frac{(i+1)Y_F * K * M_{tor2}}{i_c * b * a_w * [\sigma]_F}$$

$$i_c = 1$$

$$y_F = 3.75$$

$$K = 1.5$$

$$M_{tor2} = 4476.25$$

y_F = Coeficiente de resistencia de los dientes; para 40 dientes se escoge el coeficiente 3.75 de la tabla 3.11

K = Se ha escogido el valor de 1.5 por ser asimétrico con un solo apoyo.

5.16.12. Tensión admisible a la flexión.

Determinamos por la ecuación (4.31)

i_c = Relación de transmisión.

$$[\sigma]_F = \frac{\sigma_0 Y_R Y_{e.m} Y_e}{n}$$

$Y_R = 1.1 - 1.2$ Rectificado fino o pulido de los dientes; tomamos 1.2

$Y_{e.m} = 1.3$ TT de la cementación y temple

$Y_e = 1$ Factor de escala; con el diámetro exterior del engrane:

$$d_a \leq 400mm - m \leq 10mm$$

$n = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$ = Coeficiente de seguridad

$n_1 = 1.75$ Coeficiente para el caso de no destrucción al 98%

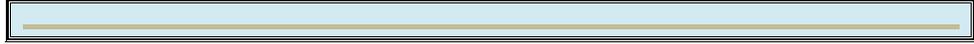
$n_2 = 1.3$ Coeficiente para piezas fundidas

$n_3 = 1$ Coeficiente de trabajo de los dientes a la intemperie

$$n = 2.28$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



$$\sigma_0 = 6500 \frac{kg}{cm^2} \text{ Límite de resistencia a la fatiga tabla 4.13.}$$

Sustituimos en la ecuación (4.31)

$$[\sigma]_F = \frac{6500 * 1.2 * 1.3 * 1}{2.28}$$

$$[\sigma]_F = 4447.4 \frac{kg}{cm^2}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (4.29)

$$m \geq \frac{(1+1) * 3.75 * 1.5 * 4476.25}{1 * 5.04 * 16 * 4447.4}$$

$$m \geq 0.14mm.$$

Comparando los módulos se comprueba la resistencia a contacto y a flexión; y se cumple la condición mecánica.

Tabla. 4.14. Parámetros geométricos de los engranajes cilíndricos.

Parámetros de engrane	Fórmula
Distancia interaxial ; a_w	$a_w = \frac{(Z_1 + Z_2) \cdot m_n}{2 \cdot \cos \beta} = 0,5 \cdot (Z_1 + Z_2) \cdot m_t$ $a_w = 160mm$
Módulo normal de los dientes ; m_n	$m_n = m_t \cdot \cos \beta$ $m_n = 4mm$
Altura del diente ; h	$h = 2,25 \cdot m_n$ $h = 9mm$
Altura de la cabeza del diente; h_a	$h_a = m_n$ $h_a = 4mm$
Juego radial ; c	$c = 0,25 \cdot m_n$ $c = 1mm$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

<p>Diámetro de la circunferencia primitiva; d_w</p>	$d_{w1} = m_t \cdot Z_1 = \frac{m_n \cdot Z_1}{\cos \beta}$ $d_{w1} = 125mm$ $d_{w2} = m_t \cdot Z_2 = \frac{m_n \cdot Z_2}{\cos \beta}$ $d_{w2} = 160mm$
<p>Diámetro de la circunferencia exterior ; d_a</p>	$d_{a1} = d_{w1} + 2 \cdot m_n$ $d_{a1} = 168mm$ $d_{a2} = d_{w2} + 2 \cdot m_n$ $d_{a2} = 168mm$
<p>Diámetro de la circunferencia de fondo; d_f</p>	$d_{f1} = d_{w1} - 2 \cdot m_n - 2 \cdot c$ $d_{f1} = 150mm$ $d_{f2} = d_{w2} - 2 \cdot m_n - 2 \cdot c$ $d_{f2} = 150mm$
<p>Nota: El subíndice 1 se refiere al piñón y el 2 a la rueda.</p>	

5.16.13. Corrección del cálculo de engranes rectos

Para nuestro proyecto los engranes calculados están sobredimensionados porque tienen que estar cerca ha 80mm del tamaño de los rodillos.

Escogemos el modulo 4 escogido en la tabla

Con estos datos a obtener escogeremos la rueda dentada.

Datos.

$$Z_1 = 17$$

$$Z_2 = 17$$

$m_n = 4mm$ Con este módulo cumple la condición mecánica.

Ancho del diente.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Despejando b de la fórmula (4.29) tenemos:

$$b = \psi * a_w$$

$$b = 0.315 * 68 = 21.42mm$$

Tensión admisible a la flexión.

Determinamos por la ecuación (4.31)

i_c = Relación de transmisión.

$$[\sigma]_F = \frac{\sigma_0 Y_R Y_{e.m} Y_e}{n} \quad Y_R = 1.1 - 1.2$$

Rectificado fino o pulido de los dientes; tomamos 1.2

$Y_{e.m} = 1.3$ TT de la cementación y temple

$Y_e = 1$ Factor de escala; con el diámetro exterior del engrane:

$$d_a \leq 400mm - m \leq 10mm$$

$n = n_1 . n_2 . n_3$ = Coeficiente de seguridad

$n_1 = 1.75$ Coeficiente para el caso de no destrucción al 98%

$n_2 = 1.3$ Coeficiente para piezas fundidas

$n_3 = 1$ Coeficiente de trabajo de los dientes a la intemperie

$$n = 2.28$$

$\sigma_0 = 6500 \frac{kg}{cm^2}$ Límite de resistencia a la fatiga tabla 4.13.

Sustituimos los valores en (4.31)

$$[\sigma]_F = \frac{6500 * 1.2 * 1.3 * 1}{2.28}$$

$$[\sigma]_F = 4447.4 \frac{kg}{cm^2}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (4.29)

$$m \geq \frac{(1+1) * 3.75 * 1.5 * 4476.25}{1 * 2.142 * 16 * 4447.4}$$

$$m \geq 0.330mm.$$

Comparando los módulos se comprueba la resistencia a contacto y a flexión; y se cumple la condición mecánica.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



Tabla. 4.14. Parámetros geométricos de los engranajes cilíndricos.

Parámetros de engrane	Fórmula
Distancia interaxial ; a_w	$a_w = \frac{(Z_1 + Z_2) \cdot m_n}{2 \cdot \cos \beta} = 0,5 \cdot (Z_1 + Z_2) \cdot m_t$ $a_w = 68mm$
Módulo normal de los dientes ; m_n	$m_n = m_t \cdot \cos \beta$ $m_n = 4mm$
Altura del diente ; h	$h = 2,25 \cdot m_n$ $h = 9mm$
Altura de la cabeza del diente; h_a	$h_a = m_n$ $h_a = 4mm$
Juego radial ; c	$c = 0,25 \cdot m_n$ $c = 1mm$
Diámetro de la circunferencia primitiva; d_w	$d_{w1} = m_t \cdot Z_1 = \frac{m_n \cdot Z_1}{\cos \beta}$ $d_{w1} = 68mm$ $d_{w2} = m_t \cdot Z_2 = \frac{m_n \cdot Z_2}{\cos \beta}$ $d_{w2} = 68mm$
Diámetro de la circunferencia exterior ; d_a	$d_{a1} = d_{w1} + 2 \cdot m_n$ $d_{a1} = 76mm$

	$d_{a2} = d_{w2} + 2 \cdot m_n$ $d_{a2} = 76mm$
Diámetro de la circunferencia de fondo; d_f	$d_{f1} = d_{w1} - 2 \cdot m_n - 2 \cdot c$ $d_{f1} = 58mm$ $d_{f2} = d_{w2} - 2 \cdot m_n - 2 \cdot c$ $d_{f2} = 58mm$
Nota: El subíndice 1 se refiere al piñón y el 2 a la rueda.	

5.17. Transmisión por cadenas en el ramal 1.

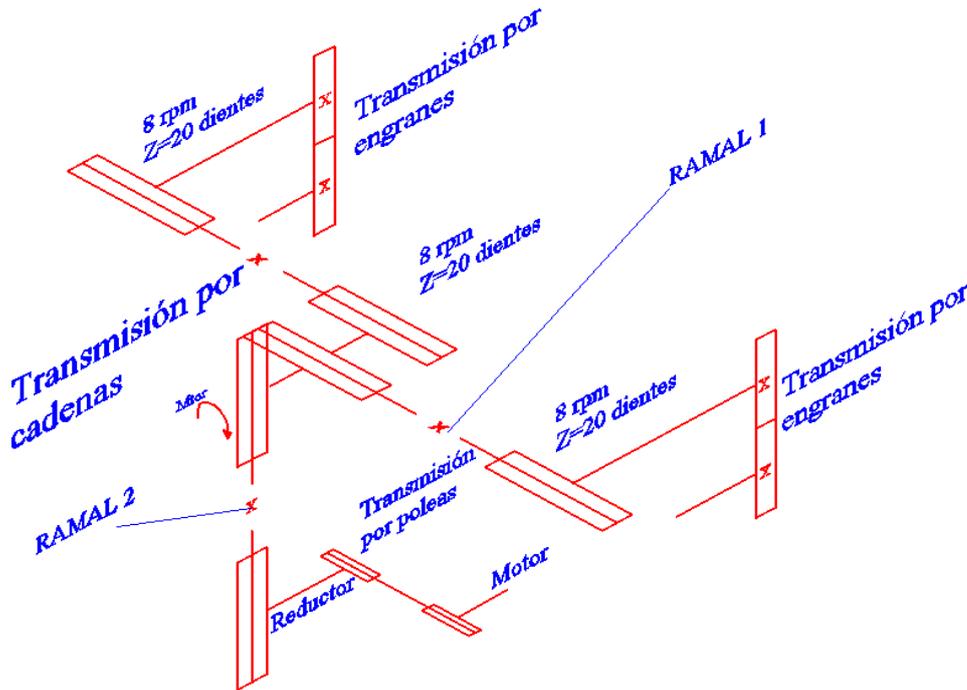


Fig. 5.19. Grafico de transmisión por cadenas de máquina.

Datos.

$$n_1 = 8r.p.m$$

$$n_2 = 8r.p.m.$$

$$a_w = 350mm$$

$$N_1 = 0.5hp \quad N_1 = 0.373KW$$



5.17.1. Relación de transmisión i .

Calculamos por la expresión (4.32)

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

$$i = 1$$

Seleccionamos el número de dientes del piñón en función de la relación de transmisión por la tabla (4.20) $Z_1 = 20$

El número de dientes de la rueda estrellada se calcula por 4.38.

$$Z_2 = Z_1 * i \quad Z_2 = 20 \text{dientes}$$

Determinamos en tabla 4.19 el paso en función de la velocidad por rotación n_1 :

$$t = 25.4 \text{mm}$$

5.17.2. Coeficiente de explotación K_e

Se calcula por la fórmula (4.37).

$$K_e = K_{cd} \cdot K_a \cdot K_i \cdot K_r \cdot K_l \cdot K_{reg}$$

$K_{cd} = 1.2$ Escogemos este coeficiente por ser carga dinámica

$K_a = 0.9$ Hemos escogido el valor de 0.19 Si $a_w = (60-80) \times t$

$K_i = 1$ Se ha escogido uno por que la línea de centros es recta

$K_r = 1$ No tiene regulación

$K_l = 1.5$ Coeficiente de lubricación se escoge el coeficiente de 1.5 por lubricación periódica (4m/s).

$K_{reg} = 1$ Un solo turno de trabajo

$$K_e = 1.2 * 0.9 * 1 * 1 * 1.5 * 1$$

$$K_e = 1.62$$

El cálculo del coeficiente de carga es superior a 3, es necesario tomar medidas para mejorar el trabajo de la transmisión.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Cálculo de la presión admisible $[p_0]$ en las articulaciones se escoge en la tabla 4.21.

$$[p_0] = \frac{3.5 + 3.5 + 3.5 + 3.5}{4}$$

$$[p_0] = 3.5 \text{ Kg} / \text{mm}^2$$

5.17.3. Paso para una cadena monoramal.

Se determina por la ecuación (4.40).

$$t \geq 280 \cdot \sqrt[3]{\frac{N_1 \cdot K_e}{[p_0] \cdot Z_1 \cdot n_1}}$$

$$t \geq 280 \cdot \sqrt[3]{\frac{0.373 \cdot 1.62}{3.5 \cdot 20 \cdot 8}}$$

$$t = 28.71 \text{ mm}$$

Normalizando el paso según los pasos normalizados para cadenas de rodillos, ver tablas 4.22 y 4.23.

$$t = 25.4 \text{ mm}$$

Para el paso determinado se toma el tipo de cadena y los parámetros fundamentales siguientes de la Tabla 4.24.

- ✓ Masa de 1 m de cadena; $q = 2,57 \text{ kg/m}$
- ✓ Distancia entre placas interiores; $B_i = 15,88 \text{ mm}$
- ✓ Diámetro del pasador; $d = 7,95 \text{ mm}$
- ✓ Diámetro del rodillo; $D = 15,88 \text{ mm}$
- ✓ Ancho la placa interior; $b = 24,13 \text{ mm}$
- ✓ Carga de rotura; $Q = 5000 \text{ kgf}$
- ✓ Anchura del eslabón interior; $B = 22,61 \text{ mm}$
- ✓ Proyección de la superficie del pasador; $F = 180 \text{ mm}^2$

5.17.4. Distancia mínima entre ejes.

Se calcula por la fórmula (4.39)

$$i \leq 3$$

$$a_{\text{mín}} = \frac{D_1 + D_2}{2} + (30 \dots 50) \cdot \text{mm}$$



5.17.5. Diámetro del círculo primitivo.

Para ambas ruedas Ver las ecuaciones en la tabla (4.27):

$$D_1 = \frac{25,4}{\text{sen}(180/20)} = 162.37 \text{ mm}$$

$$D_2 = \frac{25,4}{\text{sen}(180/20)} = 162.37 \text{ mm}$$

Reemplazamos los valores (4.41)

Por lo que $a_{\text{mín}} = 162.37 \text{ mm}$

La distancia interaxial ya está dada (350 mm) y corresponde que es mayor que el valor mínimo.

5.17.6. Número de eslabones:

Se calcula por la ecuación (4.43)

$$W = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2 \cdot aw}{t} + \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \frac{t}{a}$$

$$W = 47.55$$

5.17.7. Velocidad de la cadena:

Se calcula por la fórmula (4.46)

$$v = \frac{Z \cdot n \cdot t}{60000}; \text{ m/s}$$

$$v = \frac{20 \cdot 8 \cdot 25,4}{60000}$$

$$v = 0.068 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



5.17.8. Se comprueba la cadena al número admisible de choques

Se determina por la ecuación (4.47)

$$g = \frac{4 \cdot Z_1 \cdot n_1}{60 \cdot W} \leq [g] \text{ en 1/s}$$

$$g = \frac{4 \cdot 20 \cdot 8}{60 \cdot 47.55}$$

$$0.22 \text{ s}^{-1} \leq [g] = 20$$

5.17.9. Se comprueba la cadena al esfuerzo tangencial:

El esfuerzo tangencial para las cadenas de rodillos monoramales, normales y reforzados que actúa sobre la cadena viene dada por la ecuación (4.48):

$$F_t = \frac{1000 \cdot N_1}{v}$$

$$F_t = \frac{1000 \cdot 0.373}{0.068}$$

$$F_t = 5485.29 \text{ N}$$

5.17.10. El esfuerzo tangencial admisible será:

Se calcula por la ecuación (4.49)

$$[F_t]_{adm} = \frac{[p_o] \cdot F}{K_e} ; \text{Kgf}$$

$F = 180$ para un paso de 25,4 mm tabla 4.24

$[p_o] = 3.5$ Es la presión admisible precisada para el paso normalizado, Kgf/mm^2
dato tomado de la tabla (4.21)



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$K_e = 1.62$ Coeficiente de explotación

Reemplazamos los valores en (4.51)

$$[F_t]_{adm} = \frac{3.5 \cdot 180}{1.62}$$

$$[F_t]_{adm} = 388.88 \text{ kgf}$$

$$[F_t]_{adm} = 3888.8 \text{ N}$$

$$[F_t]_{adm} \leq F_t$$

5.17.11. Coeficiente de seguridad de la cadena.

Determinamos por la fórmula (4.51)

$$s = \frac{Q}{k_{cd} \cdot F_t + F_c + F_q} \geq [s]$$

$Q = 5000 \text{ kgf}$ Se escoge de la Tabla 4.24

$k_{cd} = 1.2$ coeficiente de la carga dinámica.

$$F_t = 5485.29 \text{ N} = 548.53 \text{ kgf}$$

F_c .- Esfuerzo centrífugo que actúa sobre la cadena; en kgf.

Se determina por la fórmula (4.52):

$$F_c = \frac{q \cdot v^2}{g} ; \text{ Kgf}$$

Donde: $q = 2,57 \text{ kg/m}$. Es la masa de 1m de longitud de la cadena(Tabla 4.24)

$v = 0.68 \frac{m}{s}$ Es la velocidad de la cadena

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Es la aceleración de la gravedad.

Reemplazamos los valores en la ecuación (4.52)



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$F_c = \frac{2,57 \cdot 0.068^2}{9,81}$$

$$F_c = 1.21 * 10^{-3} \text{ kgf}$$

F_q = Es el esfuerzo debido al pandeo de la cadena, en kgf y se calcula por la siguiente expresión (4.55).

$$F_q = k_f \cdot q \cdot a ; \text{kgf.}$$

Donde:

$k_f = 6$; Para la transmisión horizontal.

$a = 0,350\text{m}$; Distancia interaxial

Reemplazamos estos valores en (4.53)

$$F_q = 6 \cdot 2,57 \cdot 0,350$$

$$F_q = 5.4 \text{ kgf}$$

Sustituyendo los valores en la expresión (4.51)

$$s = \frac{5000}{1.2 \cdot 548.53 + 1.21 * 10^{-3} + 5.4}$$

$$s = 7.53$$

Por la Tabla 4.26 se obtiene el coeficiente de seguridad admisible:

$$[s] = 7$$

Se cumple la condición de que:

$$s > [s]$$



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

Tabla. 3.19 Parámetros geométricos fundamentales de las ruedas de estrellas

Dimensiones principales de las ruedas de estrella, en mm.		
Parámetros	Signos	Fórmulas a calcular.
Diámetro del círculo primitivo.	Dp	$Dp_1 = \frac{t}{\text{sen}(180/z_1)}$ $Dp_1 = 162.36$ $Dp_2 = \frac{t}{\text{sen}(180/z_2)}$ $Dp_2 = 162.4$
Ancho del diente de la rueda de estrella.	b ₁	$b_1 = 0,93 \cdot B_i - 0,15$ $b_1 = 14.62$
Dimensiones: t, B _i ; D (Ver la Tabla No 4.24)		
Si $d_1 > 150$ mm. $D_c = t \cdot \text{ctg} \frac{180}{z} - 1,3 \cdot h_1$		

5.17.12. Corrección del cálculo de las cadenas

Ya que la cadena de 25.4” es muy dimensionada; Realizaremos los calculos con la cadena de 5/8” y con la potencia de diseño de 0.10 HP-0.0746 KW que se necesita para mover los rodillos. Si cumple las condiciones mecánicas esta será la escogida.

$t = 15.875mm$

$Z1 = 20$ Dientes

$Z1 = 20$ Dientes

$aw = 350mm$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Para el paso determinado se toma el tipo de cadena y los parámetros fundamentales siguientes de la Tabla 4.24

- ✓ Masa de 1 m de cadena; $q = 0.80 \text{ kg/m}$
- ✓ Distancia entre placas interiores; $B_i = 6.48 \text{ mm}$
- ✓ Diámetro del pasador; $d = 5.08 \text{ mm}$
- ✓ Diámetro del rodillo; $D = 10.16 \text{ mm}$
- ✓ Ancho la placa interior; $b = 14.73 \text{ mm}$
- ✓ Carga de rotura; $Q = 2300 \text{ kgf}$
- ✓ Anchura del eslabón interior; $B = 10.78 \text{ mm}$
- ✓ Proyección de la superficie del pasador; $F = 55 \text{ mm}^2$

Se determina la distancia mínima entre ejes:

Se determina por la ecuación (4.39)

$$i \leq 3$$

$$a_{\text{mín}} = \frac{D_1 + D_2}{2} + (30 \dots 50) \cdot \text{mm}$$

Determinando el diámetro del círculo primitivo para ambas ruedas Ver tabla 4.27:

$$D_1 = \frac{15.875}{\text{sen}(180/20)} = 101.48 \text{mm}$$

$$D_2 = \frac{15.875}{\text{sen}(180/20)} = 101.48 \text{mm}$$

Se reemplaza D_1 y D_2 en la ecuación (4.39)

Por lo que $a_{\text{mín}} = 101.48 \text{mm}$

La distancia interaxial ya está dada (350 mm) y corresponde que es mayor que el valor mínimo.

Se determina el número de eslabones:

Se calcula por la formula (4.45)



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$W = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2 \cdot aw}{t} + \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \frac{t}{aw}$$

$$W = 44$$

Velocidad de la cadena.

Se determina por la ecuación (4.46)

$$v = \frac{Z \cdot n \cdot t}{60000}; \text{ m/s}$$

$$v = \frac{20 \cdot 8 \cdot 15.875}{60000}$$

$$v = 0.0423 \frac{m}{s}$$

Se comprueba la cadena al número admisible de choques.

Se calcula por la expresión (4.47)

$$g = \frac{4 \cdot Z_1 \cdot n_1}{60 \cdot W} \leq [g] \text{ en } 1/s$$

$$g = \frac{4 \cdot 20 \cdot 8}{60 \cdot 44}$$

$$0.24 s^{-1} \leq [g] = 20$$

Se comprueba la cadena al esfuerzo tangencial:

El esfuerzo tangencial para las cadenas de rodillos monoramales, normales y reforzados que actúa sobre la cadena viene dada por la expresión (4.48):

$$F_t = \frac{1000 \cdot N_1}{v}$$

$$F_t = \frac{1000 \cdot 0.0746}{0.0423}$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$F_t = 1763.59N \quad F_t = 176.359KgF$$

El esfuerzo tangencial admisible será:

Se calcula por la fórmula (4.49)

$$[F_t]_{adm} = \frac{[p_o] \cdot F}{K_e} ; \text{Kgf}$$

F = 55 para un paso de 15.875 mm tabla 4.24

Cálculo de la presión admisible $[p_o]$ en las articulaciones se escoge en la tabla 4.21.

$$[p_o] = 3.5 \text{ Kg} / \text{mm}^2$$

$[p_o]$ = Es la presión admisible precisada para el paso normalizado, Kg/ mm^2

$$[F_t]_{adm} = \frac{3.5 * 55}{1.62}$$

$$[F_t]_{adm} = 118.83 \text{kgf}$$

$$[F_t]_{adm} = 1188.3N$$

$$[F_t]_{adm} \leq F_t \quad \text{Cumple la condición mecánica}$$

Coefficiente de seguridad de la cadena:

Se determina por la expresión (4.51)

$$s = \frac{Q}{k_{cd} \cdot F_t + F_c + F_q} \geq [s]$$

Q = 2300 kgf Se escoge de la Tabla 4.24

k_{cd} = 1.2 coeficiente de la carga dinámica.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$F_t = 1763.59N = 176.359kgf$$

F_c .- Esfuerzo centrífugo que actúa sobre la cadena; en kgf.

Se determina por la fórmula (4.52)

$$F_c = \frac{q \cdot v^2}{g} ;kgf$$

Donde: $q = 0.80$ kg/m. Es la masa de 1m de longitud de la cadena(Tabla 4.24)

$v = 0.0423 \frac{m}{s}$ Es la velocidad de la cadena

$g = 9,81$ m/s². Es la aceleración de la gravedad.

Reemplazamos los valores en (4.52)

$$F_c = \frac{0.80 * 0.0423^2}{9,81}$$

$$F_c = 1.46 * 10^{-4} kgf$$

F_q .- Es el esfuerzo debido al pando de la cadena, en kgf y se calcula por la siguiente expresión (4.53).

$$F_q = k_f \cdot q \cdot a ; Kgf.$$

Donde:

$k_f = 6$; Para la transmisión horizontal.

$a = 0,350$ m; Distancia interaxial

Estos valores reemplazamos en la ecuación (4.53)

$$F_q = 6 \cdot 0.80 \cdot 0,350$$

$$F_q = 1.68kgf$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



Sustituyendo los valores en la expresión (4.51).

$$s = \frac{2300}{1.2 \cdot 176.359 + 1.46 \cdot 10^{-4} + 1.68}$$

$$s = 10.78$$

Por la Tabla 4.26 se obtiene el coeficiente de seguridad admisible:

$$[s] = 7$$

Se cumple la condición de que:

$$s > [s]$$

Tabla. 3.12. Parámetros geométricos fundamentales de las ruedas de estrellas

Dimensiones principales de las ruedas de estrella, en mm.		
Parámetros	Signos	Fórmulas a calcular.
Diámetro del círculo primitivo.	Dp	$Dp1 = \frac{t}{\text{sen}(180/z)}$ $Dp1 = 101.48mm$ $Dp2 = \frac{t}{\text{sen}(180/z)}$ $Dp2 = 101.48mm$
Ancho del diente de la rueda de estrella.	b ₁	$b_1 = 0,93 \cdot B_i - 0,15$ $b_1 = 14$
Dimensiones: t, B _i ; D (Ver la Tabla No 4.24)		



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$\text{Si } d_1 > 150 \text{ mm.} \quad D_c = t \cdot \text{ctg} \frac{180}{z} - 1,3 \cdot h_1$$

5.17.13. Transmisión por cadenas en el ramal 2

Realizaremos los cálculos con la cadena de 5/8" y con la potencia de diseño de 0.10 HP-0.0746 KW que se necesita para mover los rodillos. Si cumple las condiciones mecánicas esta será la escogida.

$$t = 15.875 \text{ mm}$$

$$Z_1 = 20 \text{ Dientes}$$

$$Z_2 = 20 \text{ Dientes}$$

$$a_w = 350 \text{ mm}$$

Para el paso determinado se toma el tipo de cadena y los parámetros fundamentales siguientes de la Tabla 4.24

- ✓ Masa de 1 m de cadena; $q = 0.80 \text{ kg/m}$
- ✓ Distancia entre placas interiores; $B_i = 6.48 \text{ mm}$
- ✓ Diámetro del pasador; $d = 5.08 \text{ mm}$
- ✓ Diámetro del rodillo; $D = 10.16 \text{ mm}$
- ✓ Ancho la placa interior; $b = 14.73 \text{ mm}$
- ✓ Carga de rotura; $Q = 2300 \text{ kgf}$
- ✓ Anchura del eslabón interior; $B = 10.78 \text{ mm}$
- ✓ Proyección de la superficie del pasador; $F = 55 \text{ mm}^2$

Se determina la distancia mínima entre ejes:

Se determina por la ecuación (4.39)

$$i \leq 3$$

$$a_{\text{mín}} = \frac{D_1 + D_2}{2} + (30 \dots 50) \cdot \text{mm}$$

Determinando el diámetro del círculo primitivo para ambas ruedas Ver tabla 4.27:



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



$$D_1 = \frac{15.875}{\text{sen}(180/20)} = 101.48\text{mm}$$

$$D_2 = \frac{15.875}{\text{sen}(180/20)} = 101.48\text{mm}$$

Se reemplaza D1 y D2 en la ecuación (4.39)

Por lo que $a_{\text{mín}} = 101.48\text{mm}$

La distancia interaxial ya está dada (350 mm) y corresponde que es mayor que el valor mínimo.

Se determina el número de eslabones:

Se calcula por la fórmula (4.43)

$$W = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2 \cdot aw}{t} + \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \frac{t}{aw}$$

$$W = 44$$

Determinación de la velocidad de la cadena.

Se determina por la ecuación (4.46)

$$v = \frac{Z \cdot n \cdot t}{60000}; \text{ m/s}$$

$$v = \frac{20 \cdot 8 \cdot 15.875}{60000}$$

$$v = 0.0423 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Se comprueba la cadena al número admisible de choques.

Se calcula por la expresión (4.49)



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$g = \frac{4 \cdot Z_1 \cdot n_1}{60 \cdot W} \leq [g] \text{ en } 1/s$$

$$g = \frac{4 \cdot 20 \cdot 8}{60 \cdot 44}$$

$$0.24s^{-1} \leq [g] = 20$$

Se comprueba la cadena al esfuerzo tangencial:

El esfuerzo tangencial para las cadenas de rodillos monoramales, normales y reforzados que actúa sobre la cadena viene dada por la expresión (4.48):

$$F_t = \frac{1000 \cdot N_1}{v}$$

$$F_t = \frac{1000 \cdot 0.0746}{0.0423}$$

$$F_t = 1763.59N \quad F_t = 176.359KgF$$

El esfuerzo tangencial admisible será:

Se calcula por la fórmula (4.49)

$$[F_t]_{adm} = \frac{[P_o] \cdot F}{K_e} ; KgF$$

F = 55 para un paso de 15.875 mm tabla 4.24

Cálculo de la presión admisible $[P_o]$ en las articulaciones se escoge en la tabla 4.21.

$$[P_o] = 3.5Kg / mm^2$$

$[P_o]$ = Es la presión admisible precisada para el paso normalizado, Kg/ mm^2

$$[F_t]_{adm} = \frac{3.5 * 55}{1.62}$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$[F_t]_{adm} = 118.83 \text{ kgf}$$

$$[F_t]_{adm} = 1188.3 \text{ N}$$

$$[F_t]_{adm} \leq F_t \quad \text{Cumple la condición mecánica}$$

Coefficiente de seguridad de la cadena:

Se determina por la expresión (4.51)

$$s = \frac{Q}{k_{cd} \cdot F_t + F_c + F_q} \geq [s]$$

$Q = 2300 \text{ kgf}$ Se escoge de la Tabla 4.24

$k_{cd} = 1.2$ coeficiente de la carga dinámica.

$$F_t = 1763.59 \text{ N} = 176.359 \text{ kgf}$$

F_c .- Esfuerzo centrífugo que actúa sobre la cadena; en kgf.

Se determina por la fórmula (4.52)

$$F_c = \frac{q \cdot v^2}{g} ; \text{Kgf}$$

Donde: $q = 0.80 \text{ kg/m}$. Es la masa de 1m de longitud de la cadena (Tabla 4.24)

$v = 0.0423 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Es la velocidad de la cadena

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Es la aceleración de la gravedad.

Reemplazamos los valores en (4.52)

$$F_c = \frac{0.80 * 0.0423^2}{9,81}$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$F_c = 1.46 * 10^{-4} \text{ kgf}$$

F_q = Es el esfuerzo debido al pandeo de la cadena, en kgf y se calcula por la siguiente expresión (4.53).

$$F_q = k_f \cdot q \cdot a ; \text{Kgf.}$$

Donde:

$k_f = 1$; Para la transmisión horizontal.

$a = 0,350\text{m}$; Distancia interaxial

Estos valores reemplazamos en la ecuación (4.53)

$$F_q = 1 \cdot 0.80 \cdot 0,350$$

$$F_q = 0.28 \text{ kgf}$$

Sustituyendo los valores en la expresión (4.51).

$$s = \frac{2300}{1.2 \cdot 176.359 + 1.46 * 10^{-4} + 0.28}$$

$$s = 10.85$$

Por la Tabla 4.26 se obtiene el coeficiente de seguridad admisible:

$$[s] = 7$$

Se cumple la condición de que:

$$s > [s]$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



Tabla. 4.27 Parámetros geométricos fundamentales de las ruedas de estrellas

Dimensiones principales de las ruedas de estrella, en mm.		
Parámetros	Signos	Fórmulas a calcular.
Diámetro del círculo primitivo.	Dp	$Dp1 = \frac{t}{\text{sen}(180/z)}$ $Dp1 = 101.48mm$ $Dp2 = \frac{t}{\text{sen}(180/z)}$ $Dp2 = 101.48mm$
Ancho del diente de la rueda de estrella.	b ₁	$b_1 = 0,93 \cdot B_i - 0,15$ $b_1 = 5.87$
Dimensiones: t, B _i ; D (Ver la Tabla No 25)		
Si d ₁ > 150 mm. $D_c = t \cdot \text{ctg} \frac{180}{z} - 1,3 \cdot h_1$		



5.18. Tornillo sin fin y la rueda helicoidal del reductor.

5.18.1. Relación de transmisión

Donde:

$n1 = 2307rpm$ Número de vueltas a la entrada del reductor

$n2 = 135.7rpm$ Número de vueltas a la salida del primer ramal del reductor.

$n3 = 135.7rpm$ Número de vueltas a la entrada del segundo ramal del reductor

$n4 = 8rpm$ Número de vueltas a la salida final del reductor.

Donde:

$$i = \frac{n1}{n2} \quad i = 17$$

Determinamos el número de dientes de la rueda helicoidal, se determina por la expresión (4.58):

$$Z2 = i * Z1 \geq 28$$

$Z1 = 2$ Numero de filetes del tornillo sin fin y se determina por la tabla 4.29.

$$Z2 = 34 \geq 28$$

5.18.2. Carga teórica o momento teórico.

Determinamos por la expresión (4.57)

$$K = Kv * K_{\beta}$$

$K_{\beta} = 1$ Coeficiente de cargas continuas

$Kv = 1.3$ Coeficiente de velocidad, hemos escogido el valor de 1.3 para mayor seguridad.

Donde:

$$K = Kv * K_{\beta} \quad K = 1.3$$

5.18.3. Tensión admisible por contacto con ruedas de bronce.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Calculamos por la ecuación (4.56)

$$[\sigma]_r = [\sigma]_r^0 \cdot \sqrt[8]{\frac{10^7}{N_E}} ; \text{kgf/cm}^2$$

$N_E = 25 \cdot 10^7$ Es el número equivalentes de ciclos de cargas, que se adopta $\leq 25 \cdot 10^7$

El material de la rueda helicoidal es de bronce al estaño fosforoso el límite de resistencia del material es 20Kgf/mm^2 Se escoge de la tabla (4.28)

$$[\sigma]_r^0 = 0,9 \cdot \sigma_{res} \text{ Se escoge } 0.9 \text{ para mayor seguridad}$$

$$[\sigma]_r^0 = 18 \text{Kgf/mm}^2 \quad [\sigma]_r^0 = 1800 \text{Kgf/cm}^2$$

Reemplazamos los valores en (4.56)

$$[\sigma]_r = [\sigma]_r^0 \cdot \sqrt[8]{\frac{10^7}{N_E}} \quad [\sigma]_r = 1605.20 \text{ kgf/cm}^2$$

5.18.4. Distancia interaxial.

Se determina por la ecuación (4.55)

$$a_w = \left(\frac{Z_2}{q} + 1 \right) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{540}{[\sigma]_r \cdot \frac{Z_2}{q}} \right)^2 \cdot K \cdot M_{tor2}} ; \text{ cm}$$

$q = 10$ Coeficiente para cálculos preliminares.

$M_{tor2} = 895.25 \text{ kgf/cm}^2$ Momento torsor de diseño de la máquina

$Z_2 = 34$ Número de dientes

$$[\sigma]_r = 1605.20 \text{ kgf/cm}^2$$

$$K = 1.3$$

$$a_w = 10 \text{ cm}$$

Escogiendo la distancia interaxial normalizada que es de 100mm

5.18.5. Módulo de la rueda helicoidal



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Calculamos por la expresión (4.59)

$$m = \frac{2 \cdot a_w}{Z_2 + q} ; \text{ mm}$$

$$a_w = 100 \text{ mm}$$

$$q = 10$$

$$Z_2 = 34$$

$$m = \frac{2 \cdot a_w}{Z_2 + q}$$

$$m = 4.55$$

Escogemos el módulo normalizado que es de 5

5.18.6. Precisamos la distancia interaxial

Determinamos por la expresión (4.60).

$$a_w = 0,5 \cdot m \cdot (Z_2 + q) ; \text{ mm}$$

$$q = 10$$

$$Z_2 = 34$$

$$a_w = 0,5 \cdot m \cdot (Z_2 + q)$$

$$a_w = 110 \text{ mm}$$

5.18.7. El ángulo de la hélice (δ) del tornillo sin fin.

Se calcula por la ecuación (4.63).

$$\text{tag } \delta = \frac{Z_1}{q} \leq 27^\circ$$

$$Z_1 = 2 \text{ filetes}$$

$$\text{tag } \delta = \frac{Z_1}{q} \leq 27^\circ \quad \delta = 11.3^\circ \leq 27^\circ$$

5.18.8. Velocidad de deslizamiento.

Determinamos por la ecuación (4.67)



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$V_{des} = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000}; \text{ m/s}$$

$n_1 = 2307 \text{ rpm}$ Frecuencia de rotación en rpm

$d_1 =$ Diámetro primitivo en mm de la rueda y se calcula por la expresión:

$$d_1 = m \cdot q \quad d_1 = 50 \text{ mm}$$

$$V_{des} = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000}$$

$$V_{des} = 6; \text{ m/s}$$

5.18.9. El rendimiento en el engranaje de tornillo sin fin.

Se calcula por la expresión (4.66)

$$\eta = \frac{\text{tag} \delta}{\text{tag}(\delta + \vartheta)}$$

Donde:

$$\delta = 11.3^\circ$$

$\vartheta =$ Ángulo reducido de rozamiento, siendo f es el coeficiente reducido de rozamiento que escogen en la Tabla 4.32 y se calcula por la expresión.

$$\vartheta = \text{arctag} \cdot f$$

$$f = 0.018 \text{ Coeficiente reducido de rozamiento}$$

$$\vartheta = 1.03$$

$$\eta = \frac{\text{tag} \delta}{\text{tag}(\delta + \vartheta)} * 100$$

$\eta = 91\%$ Aumenta el torque en la salida del reductor en un 91%.

El torque en la entrada del reductor es:

$$M_{toret} = 71620 * \frac{NP}{n_n} \quad M_{toret} = 71620 * \frac{0.5HP}{2307 \text{ rpm}}$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$M_{toret} = 16 \text{Kgf} - \text{cm}$ Este torque aumenta en un 91%, lo queda un total de 1456Kgf-cm.

5.18.10. Flexión de la rueda.

Se determina por la expresión (4.61)

$$\sigma_f = \frac{Y_t \cdot F_{t2} \cdot \cos \delta}{1,3 \cdot m^2 \cdot q} \leq [\sigma]_F ; \text{ kgf/cm}^2$$

$m=0.5$ Es el módulo axial del engranaje; cm.

Y_t .- Es el coeficiente de resistencia de los dientes para las ruedas del tornillo sin fin, que se elige según el número equivalente de dientes Z_v y se calcula por la expresión (4.62).

$$Z_v = \frac{Z_2}{\cos^3 \delta} \quad Z_v = 36$$

$Y_t = 1.55$ Valor de tabla 3.30 que se elige según el número equivalente de dientes Z_v .

F_{t2} .- Es el esfuerzo tangencial de la rueda helicoidal y se determina por la expresión (4.48).

$$F_{t2} = \frac{1000 \cdot N_1}{v} ; \text{ N}$$

Donde:

$N_1=0.1\text{HP}-0.0746\text{KW}$ Es la potencia a transmitir de la rueda; en Kw.

$V=6\text{m/s}$ Es la velocidad de deslizamiento; en m/s.

$$F_{t2} = \frac{1000 \cdot N_1}{v}$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



$$F_{t2} = 12.43 ; N$$

$$F_{t2} = 1.24 Kgf$$

$$\sigma_f = \frac{Y_t \cdot F_{t2} \cdot \cos \delta}{1,3 \cdot m^2 \cdot q} \leq [\sigma]_F$$

$$\sigma_f = 0.58 Kgf / cm^2$$

5.18.11. Tensiones nominales admisibles a la flexión para las ruedas helicoidales de bronce.

Se calcula por la ecuación (4.64)

$$[\sigma]_F = [\sigma]_F^o \cdot \sqrt[9]{\frac{10^6}{N_E}} ; kgf/cm^2$$

Donde:

El material de la rueda helicoidal es de bronce al estaño fosforoso el límite de resistencia del material es 20Kgf/ mm² y el límite de fluencia es de 14 Kgf/ mm² y se calcula por la expresión (4.65).

$$[\sigma]_F^o = 0,25 \cdot \sigma_{flu} + 0,08 \cdot \sigma_{res}$$

$$[\sigma]_F^o = 5.1 Kgf / mm^2 \qquad [\sigma]_F^o = 510 Kgf / cm^2$$

$$N_E = 25 \cdot 10^7$$

Reemplazamos los valores en la ecuación (4.64)

$$[\sigma]_F = [\sigma]_F^o \cdot \sqrt[9]{\frac{10^6}{N_E}} \qquad [\sigma]_F = 356.65 Kgf / cm^2$$

$\sigma_f \leq [\sigma]_F$ *Cumple con la condición mecánica.*

Tabla 4.1. Parámetros geométricos principales de un par tornillo sin fin-rueda helicoidal

Nombre del diámetro	Dimensiones, mm	
	del tornillo sin fin	de la rueda helicoidal.



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

Primitivo.	$d_1 = m \cdot q$ $d_1 = 50mm$	$d_2 = m \cdot Z_2$ $d_2 = 170mm$
de los vértices.	$d_{a1} = m \cdot (q + 2)$ $d_{a1} = 60$	$d_{a2} = m \cdot (Z_2 + 2)$ $d_{a2} = 180$
de las cavidades.	$d_{F1} = m \cdot (q - 2,4)$ $d_{F1} = 38$	$d_{F2} = m \cdot (Z_2 - 2,4)$ $d_{F2} = 158$
<p>Diámetro máximo de la rueda helicoidal: $d_{aM2} \leq d_{a2} + 2 \cdot m \rightarrow Z_1 = 1$</p> <p>$d_{aM2} \leq d_{a2} + 1,5 \cdot m \rightarrow Z_1 = 2$</p> <p>$d_{aM2} \leq 187.5$</p> <p>$d_{aM2} \leq d_{a2} + m \rightarrow Z_1 = 4$</p>		
<p>Longitud de la parte de corte del tornillo sin fin; b_1, en mm</p> <p>$b_1 = (11 + 0,06 \cdot Z_2) \cdot m$ siendo $Z_1 = 1, 2$</p> <p>$b_1 = 65.2mm$</p> <p>$b_1 = (12,5 + 0,09 \cdot Z_2) \cdot m$ siendo $Z_1 = 4$</p>		
<p>Ancho de la corona de la rueda helicoidal; b_2, en mm</p> <p>$b_2 \leq 0,75 \cdot d_{a1}$ siendo $Z_1 = 1, 2$</p> <p>$b_2 \leq 0,67 \cdot d_{a1}$ siendo $Z_1 = 4$</p>		



5.19. Transmisión por bandas

Las relaciones de transmisión y las velocidades de trabajo están detalladas en los siguientes cálculos:

$n_1 = 1730rpm$ Revoluciones del motor

$n_2 = 2307rpm$ Revoluciones que se necesita en el reductor

$P = 0.5HP$ Potencia del motor (0.373KW)

$D_1 = 50mm$ Diámetro de la polea conductora

$D_2 = 76mm$ Diámetro de la rueda conducida

5.19.1. Relación de transmisión.

Se determina por la expresión (4.68)

$$i = \frac{n_2}{n_1}$$

$$i = 1.3$$

5.19.2. Velocidades angulares

Se calcula por la expresión (4.69)

$$W_1 = \frac{2 * n * \pi}{60}$$

$$W_1 = 181.16rad / s$$

$W_1 =$ Velocidad angular del motor

$$W_2 = W_1 * i$$

$$W_2 = 235.5rad / s$$

$W_2 =$ Velocidad angular en el reductor

Como el rpm del motor es de 1730 y la potencia de 0.5HP la banda adecuada será de serie Z, porque la potencia de diseño menor que 2KW ver la tabla.



5.19.3. Diámetros de las poleas

Se escoge la polea mínima para banda trapezoidal serie Z que es 63mm ver tabla 4.35.

$$D_{\min} = 63m$$

$$D_2 = i * D_{\min}$$

$$D_2 = 81.9$$

Se escoge él un diámetro normalizado ver tabla D2=90mm ver tabla 4.35.

$$D_{\min} = 63mm$$

$$D_2 = 90mm$$

De las tablas 4.35 escogemos los siguientes valores.

$$W = 10 \quad I_p = 8.5 \quad T_o = 6 \quad L_p = 400 - 2500 \quad D_{\min} = 63$$

5.19.4. Distancia entre ejes (mm).

Se calcula por las expresiones (4.70, 4.71, 4.72)

$$D_{\min} = 63mm$$

$$D_2 = 90mm$$

$$a_{\min} = 0.55 * (D_{\min} + D_2) + T_o \quad a_{\max} = D_{\min} + D_2 \quad a_{med} = \frac{a_{\max} + a_{\min}}{2}$$
$$a_{\min} = 90.15mm \quad a_{\max} = 153mm \quad a_{med} = 121.6mm$$

a_{\min} = Distancia mínima entre ejes

a_{\max} = Distancia máxima entre ejes

a_{med} = Distancia media entre poleas

5.19.5. Largo de la banda

Se determina por la ecuación (4.73)

$$L_p = 2 * a_{\max} + \frac{\pi}{2} * (D_{\min} + d_2) + \frac{(D_2 - D_{\min})^2}{4 * a_{\max}}$$
$$L_p = 547.53mm$$

De la tabla escogemos L_p estandarizado que es de 560mm ver tabla 4.36

5.19.6. Ángulo de abrazamiento (grados)

Se calcula por la ecuación (4.74)



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$\alpha = 180 - 57 * \frac{D2 - D \text{ min}}{a \text{ max}}$$

$$\alpha = 21.70$$

5.19.7. Potencia calculada (KW)

Se determina por la expresión (4.75)

Los datos se escogen de las siguientes tablas (4.36, 4.37, 4.38, 4.39 y 4.40).

$$P_o = 1.15$$

$$C_p = 1$$

$$C_\alpha = 0.63$$

$$C_L = 0.82$$

$$C_z = 0.95$$

Reemplazamos los valores en la ecuación (4.75)

$$P_p = P_o * \frac{C_\alpha * C_L}{C_p}$$

$$P_p = 0.59 \text{ KW}$$

P_p = Potencia de transmisión

5.19.8. Velocidad periférica V1 (m/s)

Se calcula por la ecuación (4.76).

$$V1 = \frac{\pi * n2 * D2}{60} \quad V1 = 8 \text{ m/s}$$

$V1$ = Velocidad periférica

n = rpm del motor

D_{min} = Diámetro de la polea del motor en metros

5.19.9. Número de bandas

Se determina por la expresión (4.77)

$$C_z = 0.95$$

$$P_p = 0.59 \text{ KW}$$

$$P = 0.373 \text{ KW}$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

$$Z = \frac{P}{Pp * Cz} \quad Z = 0.67$$

Z = Numero de bandas

Se utiliza una banda trapezoidal.

5.19.10. Esfuerzo de banda (N)

Se calcula por la expresión (4.78)

Datos de tabla 4.41.

$$\Phi = 0.06$$

$$Z = 1 \quad V1 = 8m/s$$

$$CL = 0.82$$

$$C\alpha = 0.63$$

$$Cp = 1$$

$$So = \frac{850 * P * Cp * CL}{Z * V1 * C\alpha} + \Phi * V1^2$$

$$So = 55.42N$$

So = Esfuerzo en el primer ramal

P = Potencia del motor

V1 = Velocidad periférica

Z1 = Numero de bandas

5.19.11. Fuerza aplicada en el eje (N)

Se determina por la ecuación (4.79)

$$Z = 1 \quad \alpha = 21.7^\circ$$

$$F = 2 * So * Z * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$F = 20.86N$$

F = Fuerza aplicada al eje

α = Ángulo de abrazamiento

5.20. Husillo.

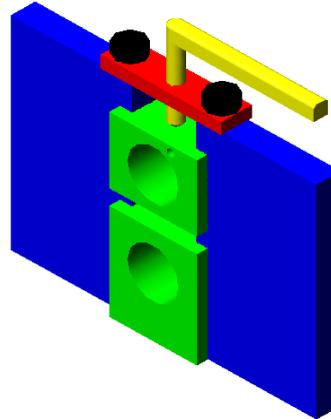


Fig. 5.20 Husillo

Donde:

$P = 85Kg$ Fuerza vertical aplicada al tornillo, ubicada al extremo del rodillo de máquina.

5.20.1. Diámetro del perno.

Se calcula por la expresión (4.82)

$$dn = \sqrt{\frac{4 * P}{5 * \pi}} \quad dn = 4.65mm * 2.4 \quad dn = 11.17mm$$

Escogemos un perno de ½” por mayor seguridad el $dn=0.45$ y $\rho = 2$ ver tabla 4.42.

5.20.2. Ángulo de inclinación de la hélice

Se determina por la ecuación (4.80)

$$\tan \vartheta = \frac{\rho}{2 * \pi * r}$$

$$\vartheta = 3.2^\circ$$

5.20.3. Fuerza tangencial del perno.

Se calcula por la ecuación (4.81)

$$F = P * \tan \vartheta$$

$$F = 0.30Kgf$$

5.20.4. Trabajo que se realiza en la palanca del brazo.



Se determina por la ecuación (4.83).

$$T = F * l \quad T = 85Kgf * 120mm$$

$$T = 10200Kgf - mm$$

5.21. Estructura de la máquina

De acuerdo a la figura 5.21 tenemos una viga simplemente apoyada en los extremos.

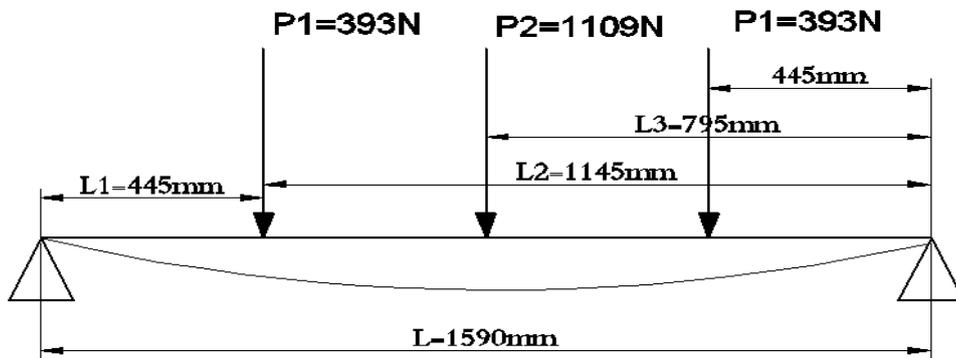


Fig. 5.21 Pesos aplicados para calcular la estructura.

Para determinar la deflexión máxima de la viga utilizamos la siguiente ecuación 4.84:

$$Y = \frac{P_1 * l1^2 * l2^2}{3 * E * I * l} + \frac{P_2 * (l - l3)^2 * l3^2}{3 * E * I * l} + \frac{P_3 * (l - l4)^2 * l4^2}{3 * E * I * l}$$

Donde:

Y = Deflexión máxima

$$P_1 = 100Kgf - 981N$$



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



$$P_2 = 225 \text{Kgf} - 2207.25 \text{N}$$

$$P_3 = 100 \text{Kgf} - 981 \text{N}$$

l, l_1, l_2, l_3, l_4 = Distancias de las fuerzas que actúan en la viga en (mm)

$$E = 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ Modulo elástico del acero en } \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

I = Momento de inercia de la sección de la viga a utilizar en mm^4

Calculamos el momento de Inercia ver tabla 4.43 tenemos la siguiente fórmula:

$$I = \frac{B * H^3 - b * h^3}{12} \quad I = \frac{76 \text{mm} * (76 \text{mm})^3 - (70) * (70 \text{mm})^3}{12}$$

$$I = 779349 \text{mm}^4$$

Luego Reemplazamos todos los valores en la ecuación 4.84:

$$Y = \frac{393 \text{N} * (445 \text{mm})^2 * (1145 \text{mm})^2}{3 * 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 779349 \text{mm}^4 * 1590 \text{mm}} +$$

$$\frac{1109 \text{N} * (1590 \text{mm} - 795 \text{mm})^2 * (795 \text{mm})^2}{3 * 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 779349 \text{mm}^4 * 1590 \text{mm}} +$$

$$\frac{393 \text{N} * (1590 - 445)^2 * (445 \text{mm})^2}{3 * 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 779349 \text{mm}^4 * 1590 \text{mm}}$$

$$Y = 0.15 \text{mm} + 0.57 \text{mm} + 0.15 \text{mm}$$

$$Y = 0.55 \text{mm}$$

Teniendo la flecha de los aplicados en la viga sumamos la flecha del peso propio de la viga.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*



$$Y = 0.55mm + \frac{5 * C * l^4}{384 * E * I}$$

$$Y = 0.55mm + \frac{5 * 0.031N / mm * (1590mm)^4}{384 * 210000N / mm^2 * 779349mm^4}$$

$$Y = 0.55mm + 0.016mm \quad Y = 0.57mm$$

Para una distancia menor a 5 metros dividimos la longitud en cm de la viga para 300 y comparamos con la deflexión de los pesos aplicados en la viga.

$$0.057cm \geq \frac{l}{300} \text{ Viga libre} \quad 0.057cm \geq \frac{159cm}{300} \quad 0.057cm \geq 0.53cm$$

Cumple la condición y escogemos el tubo cuadrado de $7.6cm \times 7.6cm = 57.76 \text{ cm}^2$

5.21.1. Cordón de soldadura para la unión de vigas de tubo cuadrado.

Para la unión de las vigas se utilizara electrodos 6011 con un límite de tracción de $60000 \text{ Libs} / \text{pul}^2 - 4225 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$ y con $\Psi = 0.6$ Coeficiente de resistencia mecánica.

5.21.2. Límite de trabajo de soldadura.

Determinamos por la ecuación (4.85)

$$Gt = \frac{Ge}{n}$$

Donde:

Gt = límite de trabajo.

$$Ge = 4225 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

n = 2.4 coeficiente de seguridad.

$$Gt = \frac{Ge}{n}$$

$$Gt = 1760.42 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$



5.21.3. Peso que soporta el cordón de soldadura.

Peso de los rodillos sin deformar = 213kg

Peso de los rodillos mecanizando la plancha = 216kg

5.21.4. Coeficiente de resistencia a la fatiga del cordón, utilizamos la ecuación.

Calculamos por la ecuación (4.86)

$$\gamma = \frac{1}{1.3 - 0.3 \cdot \left(\frac{P_{\min}}{P_{\max}} \right)}$$

$$\gamma = \frac{1}{1.3 - 0.3 \cdot \left(\frac{213kg}{216kg} \right)}$$

$$\gamma = 0.99$$

Calculamos el límite elástico del cordón empleamos la ecuación (4.87).

$$[T'] = \gamma * \Psi * Gt$$

$$[T'] = 0.99 * 0.6 * 1760.42 \frac{kg}{cm^2}$$

$$[T'] = 1045.69 \frac{kg}{cm^2}$$

$$1045 \frac{kg}{cm^2} \leq 1760.42 \frac{kg}{cm^2} \text{ Cumple con la condición.}$$

El cordón tiene que cumplir las siguientes características, N. Larburu 1995:

Ancho del cordón $b = 0.8 \text{ cm}$.

Espesor del cordón $h = 0.3 \text{ cm}$.

Sección de la soldadura.

$$A_{sol} = b * h$$

$$A_{sol} = 0.8cm * 0.3cm$$

$$A_{sol} = 0.24cm^2$$

5.22. Rodamientos

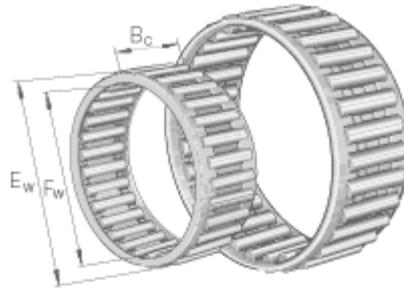


Fig. 5.22. Rodamiento de agujas

El tipo de rodamientos a usar en los Husillos es el de agujas ya que estos son delgados y largos en relación con su menor diámetro. A pesar de su pequeña sección, estos rodamientos tienen una gran capacidad de carga y son eminentemente apropiados para las aplicaciones donde el espacio radial es limitado.

Especificaciones técnicas del rodamiento es:

K35X42X30 ver anexo 5

5.23. Temple superficial aplicada a los rodillos y husillos

- El método que se aplicara a los rodillos es el método A ver punto 4.18.

Se calienta uniformemente los rodillos uno por uno a (790-830°C) a continuación se lo limpia con un cepillo de alambre luego de esto se espolvorea el polvo sobre la pieza. El Kasenit se fundirá y se adhiere a la superficie formando una capa alrededor del metal.

Recaliente luego entre (790 y 830°C) manteniendo esta temperatura por varios minutos, lo metemos en agua fría; esto dará al componente una dureza uniforme y profunda.

- El método que se aplicara a los husillos es el método A ver punto 4.18.

Se calienta uniformemente los husillos en una fragua a (790-830°C) a continuación se lo limpia con un cepillo de alambre el orificio donde se va a endurecer, luego de esto se espolvorea el polvo sobre la pieza. El Kasenit se fundirá y se adhiere a la superficie formando una capa alrededor del metal.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Recaliente luego entre (790°C y 830°C) manteniendo esta temperatura por varios minutos, lo metemos en agua fría; esto dará al componente una dureza uniforme y profunda.

5.24. Tecnología de Construcción.

Con todos los datos obtenidos de los resultados. Desarrollaremos la tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

Utilizamos las máquinas y herramientas que existen en el taller mecánico de la Universidad nacional de Loja y el desarrollo de los rodillos, husillos los realizamos en el taller de mecánica industrial del Secap.

5.24.1. Construcción de la estructura de la máquina

Para la construcción de la máquina se debe escoger el tubo cuadrado estructural calculado en el punto (5.21) que es de 76mm X 76mm.

- Cortamos con sierra 2 trozos de 1593mm y 2 de 1170mm, luego hacemos un corte de 45° en cada extremo de los trozos cortados y procedemos a soldar con 6011, tal que nos quede un rectángulo que es la mesa de la máquina, ver gráfico 5.19.

*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

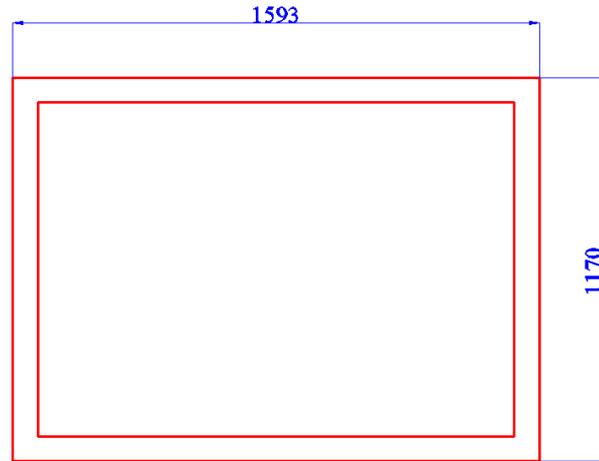


Fig. 5.23 Mesa de la máquina

- Luego cortamos 4 patas del mismo tubo cuadrado de 750mm y soldamos con electrodo 6011 en los vértices de la mesa de la máquina ya construida, ver gráfico 5.20.



Fig. 5.24 Mesa de la máquina con las patas ya soldadas

- Para que la mesa de la máquina se estable cortamos 2 trozos del tubo cuadrado de 1441mm y 2 de 1018mm y soldamos a 10cm de la parte inferior de la mesa y nos quedara la mesa completa, ver gráfico 5.21.

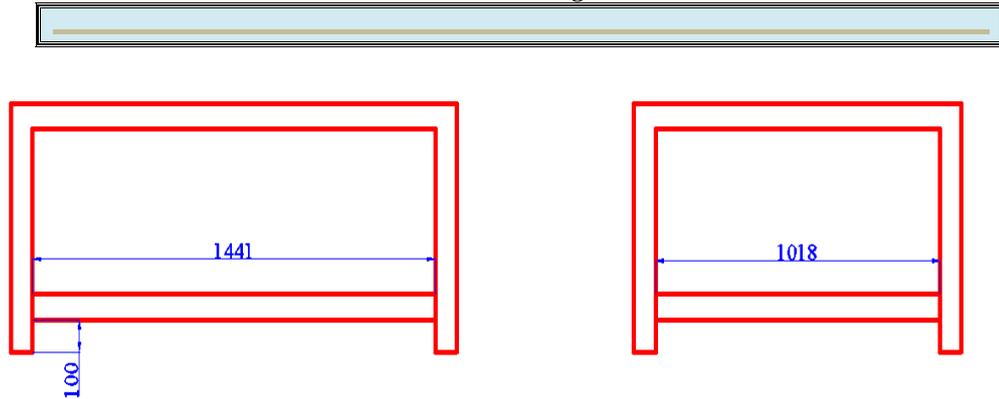


Fig. 5.25 Mesa completa de la máquina

5.24.2. Construcción de los rodillos

- Para la construcción de los rodillos debemos tomar en cuenta los datos calculados en el punto 5.13, sobre el diámetro del eje y el diámetro exterior de los engranes ya calculados. El diámetro de los rodillos es de 17.6mm; acoplado un rodamiento de 1" de diámetro interior y el diámetro exterior del rodamiento sobre pasa la medida del engrane que es de 76mm, por lo que se escogió un rodamiento de tipo de agujas (ver Fig. 5.18) cuyas medidas son: K35X42X30, lo cual se acopla para la construcción de los husillos. Con todos estos parámetros diseñamos y construimos los rodillos ver gráfico 5.22.

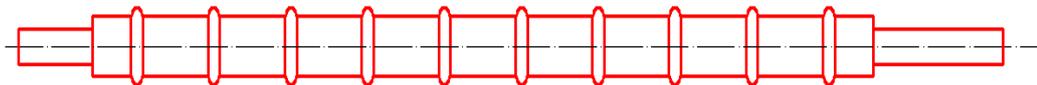


Fig. 5.26. Rodillo macho de máquina



Fig. 5.27. Rodillo Hembra de la máquina

El material de los rodillos para su construcción es SAE 1040 de 76mm de diámetro, cortamos cuatro trozos de 1300mm de la barra. Luego montamos cada barra en el torno paralelo para su mecanización; las medidas de los rodillos están dadas en los anexos (planos de máquina), después de mecanizar los rodillos montamos en la fresadora universal cada extremo de los rodillos para

Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



mecanizar los chaveteros de 4mm de profundidad, ancho del chavetero de 8mm con una longitud 100mm.

Chaveta a utilizar es de 8mm X 8mm y de largo de 70mm ver fig. 5.24.



Fig. 5.28. Chaveta a utilizar en cada rodillo

5.24.3. Construcción de los husillos

- Para la construcción de los husillos, ya se ha escogido el rodamiento (K35X42X30), se procede al diseño y construcción de los husillos ver gráfico 5.24, 5.25, 5.26. El material a utilizar es de SAE 1040, plancha cuadrada de 38mm de espesor; hacemos cortar 4 rectángulos de 57mm X 72.6mm, cuatro de 82.6mm X 72.6mm y 8 de 175mm X 100mm para guías de los husillos.

Se debe nivelar las piezas hasta que de las medidas indicadas en la cepilladora, luego de este proceso se monta cada pieza en el torno de cuatro mordazas, se procede a mecanizar las piezas hasta que se acople el rodamiento ver anexo 7 y hacemos un grasero de 6mm de diámetro tal como se ve en el gráfico 5.25.

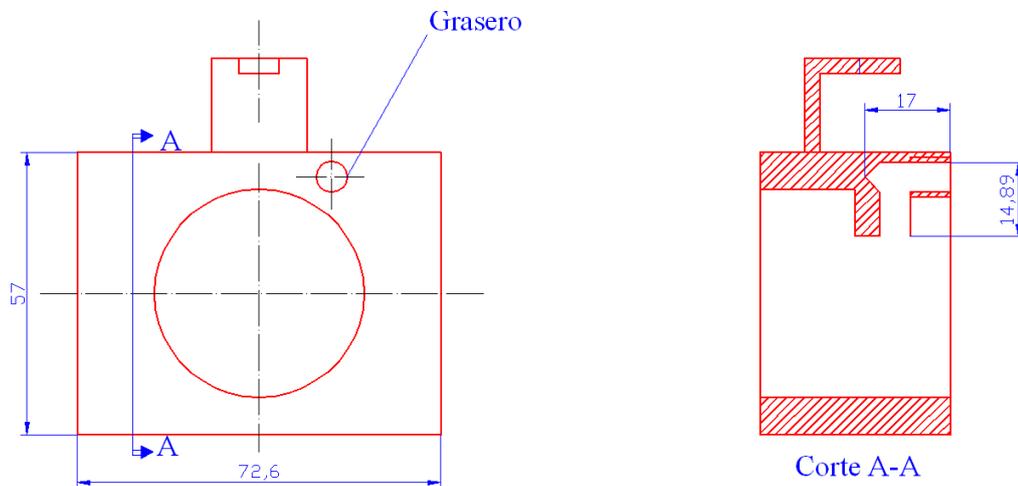




Fig. 5.29. Husillo superior de los rodillos

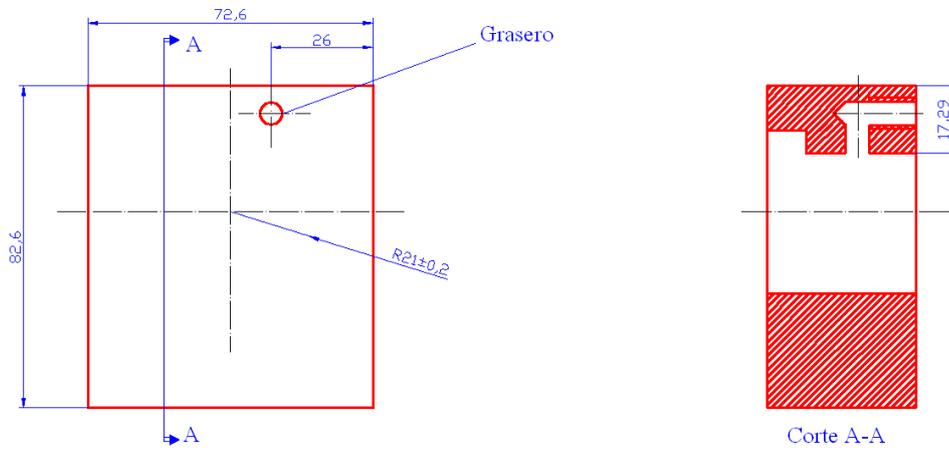


Fig. 5.30. Husillo inferior de los rodillos

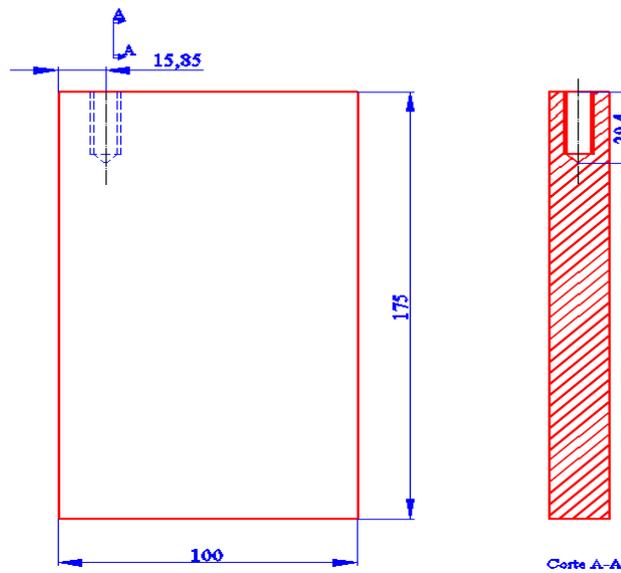


Fig. 5.31. Guías de los husillos



Fig. 5.32. Nivelando en la cepilladora

Luego de nivelar las piezas, los husillos se montan en la fresadora universal; y mecanizamos por el lado de 38mm, con una fresa vertical de 20mm de diámetro tal que nos quede como un canal ver gráfico 5.29.

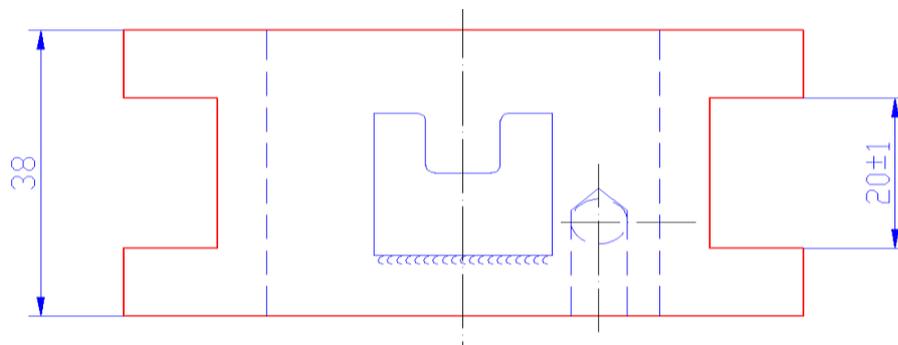


Fig. 5.33. Canal del husillo

En las piezas de 175mm X 100mm hacemos un agujero de 10mm en cada vértice ver fig. 5.26.

Después cortamos 4 trozos 100mm de largo de barra de 25.4mm X 100mm, hacemos unos agujeros de 11mm en los extremos de la barra ver fig. 5.28 y en el centro hacemos un agujero de 12mm con rosca para perno de ½" M12-2H ver fig. 2.30.

Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

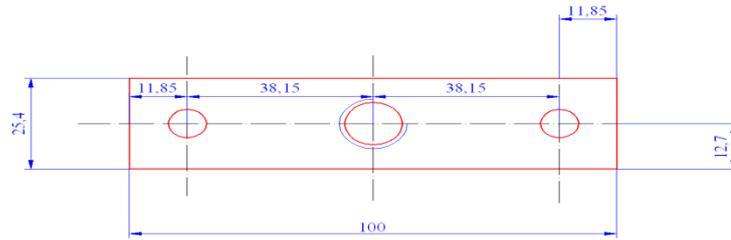


Fig. 5.30. Guía de los husillos para la profundidad

Mecanizados todas estas piezas procedemos armar cada husillo ver gráfico 5.31.

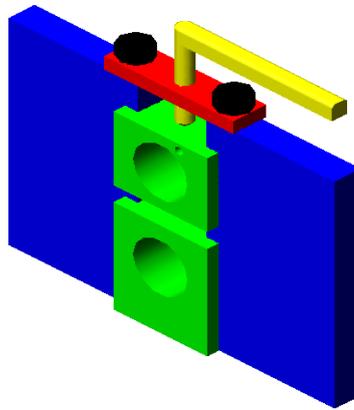


Fig. 5.34 Husillo

5.24.4. Temple de los Rodillos y Husillos.

- Templamos los rodillos y los husillos por el método A. Calentamos los rodillos en cada canal con la autógena hasta que este al rojo ver fig. 5.32, luego limpiamos con un cepillo de acero y espolvoreamos el Kasenit este polvo se fundirá y se adherirá.

Se recalentó con la autógena hasta que los canales del rodillo estén al rojo y se enfrió con agua limpia y los rodillos adquieren una dureza uniforme y profunda.



Fig. 5.35. Temple de los rodillos

- Luego templamos los husillos con el método A, calentamos en una fragua a los husillos hasta que estén al rojo, luego limpiamos con un cepillo de acero los agujeros del husillo y espolvoreamos el Kasenit este polvo se fundirá y se adherirá.

Se recalentó en la fragua hasta que los husillos estén al rojo y se enfrió con agua limpia y los rodillos adquieren una dureza uniforme y profunda.

5.24.5. Engranés

- Los engranes adquirimos en el mercado de diámetro exterior de 76mm, interior de 34mm, de 17 dientes y mecanizamos los chaveteros con lima hasta dar la profundidad de 4mm; que corresponden a los cálculos obtenidos ver fig. 5.33.

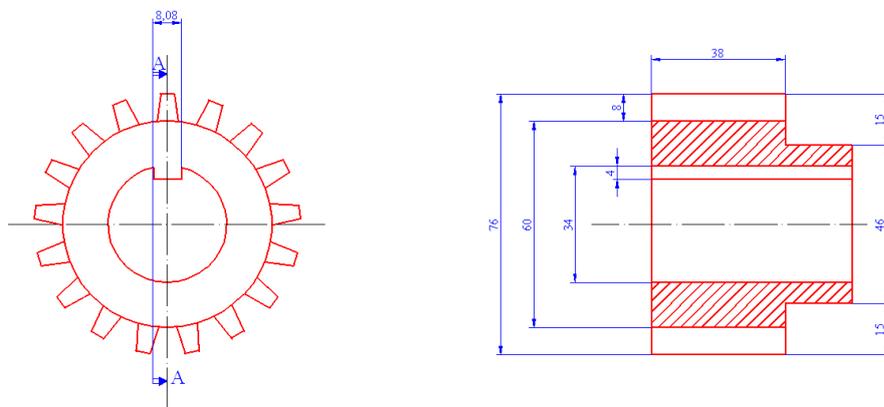


Fig. 5.36 Engrane de los rodillos

Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

- Mecanizados y templados los rodillos, husillos y engranes, procedemos a armar los husillos en los extremos de los rodillos ver fig. 5.35. y 5.36. Luego soldamos con electrodo 6011 la mesa de la estructura de la máquina tal como vemos en la fig. 5.34.

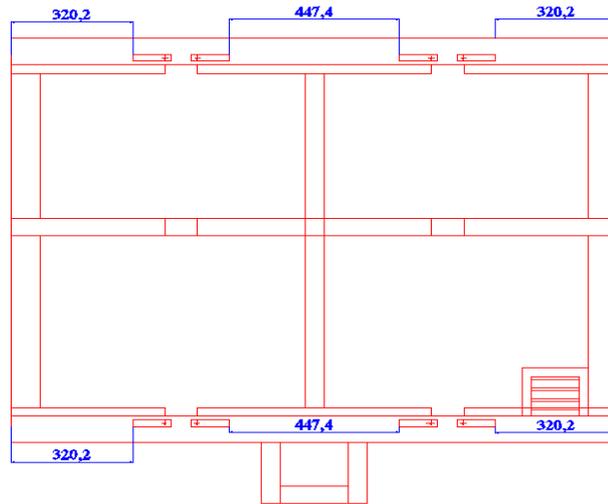


Fig. 5.37. Vista superior de la mesa de la estructura



Fig. 5.38. Conjunto de los rodillos y husillos

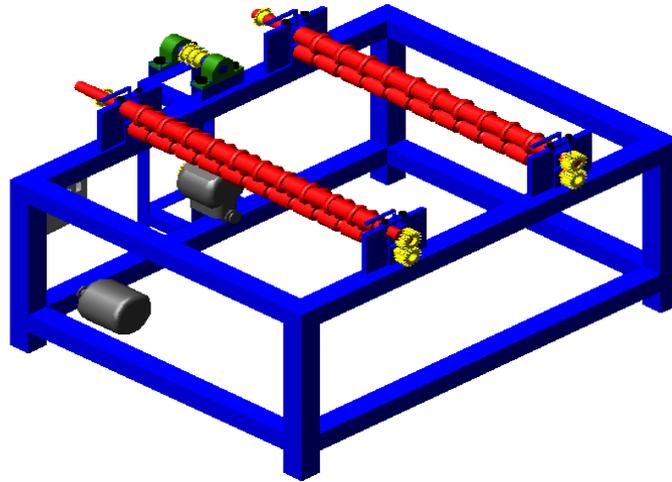


Fig. 5.39. Conjunto de rodillos, husillos y engranes

5.24.6. Mecanización de los piñones de las cadenas

- Los piñones se adquirió en el mercado y su designación es 50Z-20 5231.
- Los piñones se monta en un torno y se cilindro el diámetro interior a 34mm, luego con una lima se Hizo el chavetero con una profundidad de 4mm ver gráfico 5.36 y 5.37.

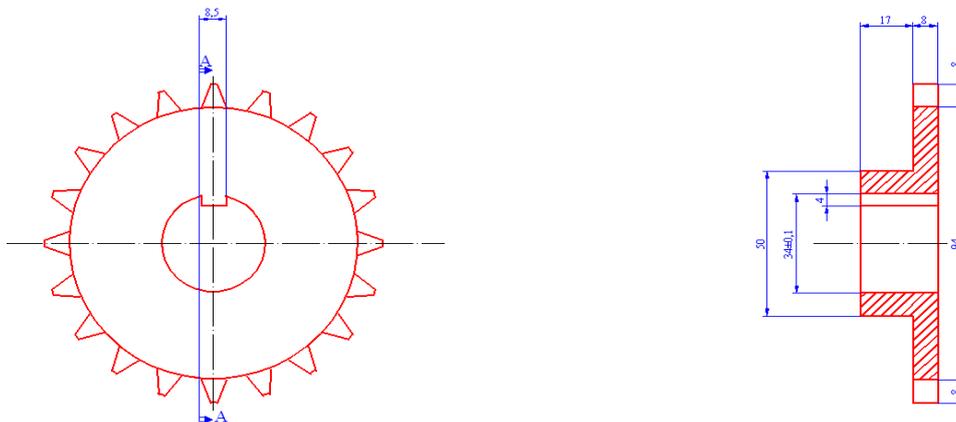


Fig. 5.40. Piñón de las cadenas

5.24.7. Mecanización del conjunto del eje central

- El eje central nos da un diámetro de 38mm ver el punto 5.14; adquirimos en el mercado un eje de transmisión SAE 1018 de 38mm diámetro X 225mm, dos chumaceras de 38mm de diámetro y dos piñones 50Z-20 5231.

Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



Montamos el eje de 38mm de diámetro en la fresa universal y mecanizamos el chavetero ver fig. 5.38.

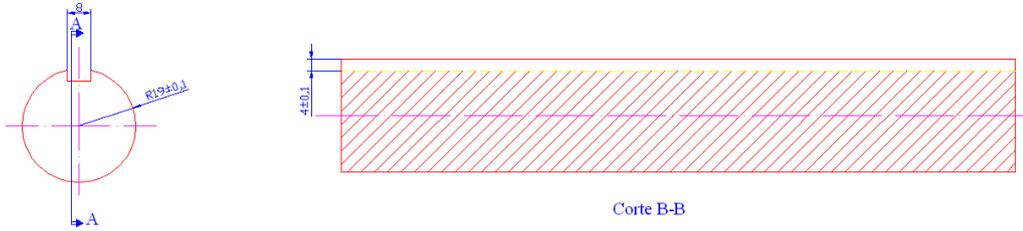


Fig. 5.41. Eje central

Chaveta a utilizar ver fig. 5.39.

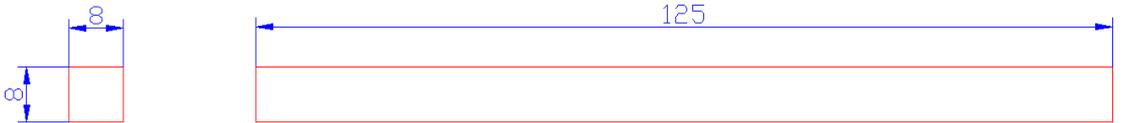


Fig. 5.42 Chaveta para el eje central

Mecanizamos los piñones, montamos las mismas en el torno y cilindramos el diámetro interior a 38mm y ubicamos un prisionero en un extremo del piñón mecanizado para evitar que se mueva el piñón ver gráfico 5.40.

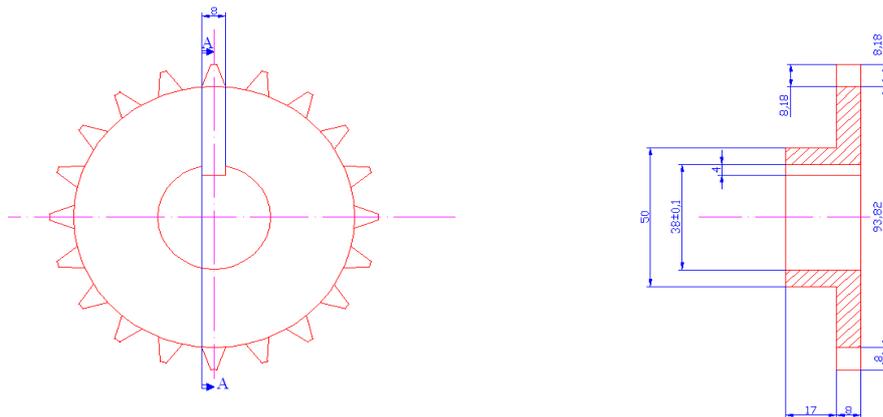


Fig. 5.43 Piñón del eje central

Después de mecanizar el eje, los piñones y chaveta, se procede al armado del conjunto del eje central ver gráfico 5.41.

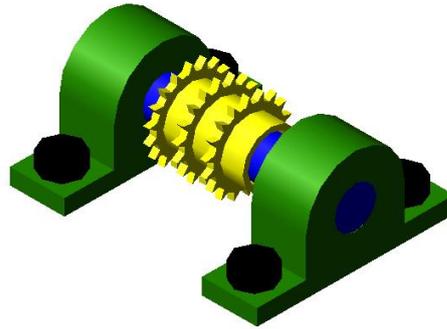


Fig. 5.44 Conjunto del eje central

5.24.8. Construcción de la estructura para el eje central.

- Ya armado el conjunto del eje central ver fig. 5.41. Construimos la estructura central con ángulo de 2" con un espesor de 6mm.

Cortamos dos trozos de ángulo del ancho de la chumacera que es de 180mm y marcamos con un lápiz bicolor el centro donde va a ir los pernos sujetadores de las chumaceras ver fig. 5.42.



Fig. 5.45 Estructura del eje central

Construimos la estructura del eje central ver fig. 5.42 o anexo 5 y soldamos con electrodo 6011 la estructura de la mesa la máquina ver fig. 5.43.

Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

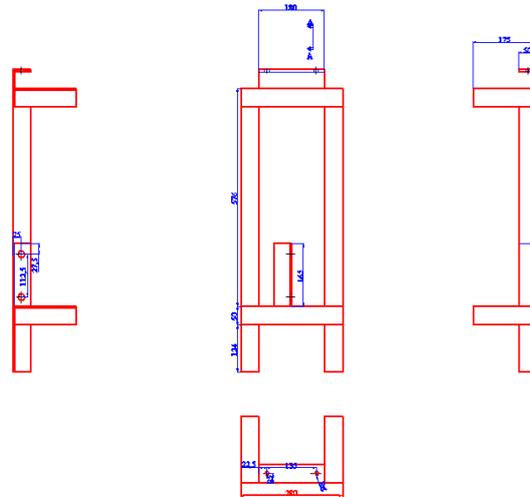


Fig. 5.46 Estructura del eje central de la máquina.



Fig. 5.47 Estructura del eje central soldado a la mesa de la máquina.

Después de este proceso ajustamos las chumaceras en la estructura del eje central ver fig. 5.45.



Fig. 5.48. Chumaceras ajustadas en la estructura central del eje

5.24.9. Acoplamiento del Reductor

- Ya soldado la estructura central, procedemos al acoplamiento del reductor que es ubicada en la parte inferior de la estructura central, tal que quede simétrico con el piñón del eje central y el piñón del reductor, ver anexo planos de la máquina y fig. 5.46.



Fig. 5.49 Reductor de la máquina

5.24.10. Ensambladura del motor

- Para ensamblar el motor en la máquina, hay que construir la base donde va ir el motor; material para construir la base es de tubo cuadrado de 1" estructural ver anexo planos de la máquina, fig. 5.47 y sujetamos el motor con cuatro pernos de $\frac{1}{4}$ " con sus respectivas arandelas.

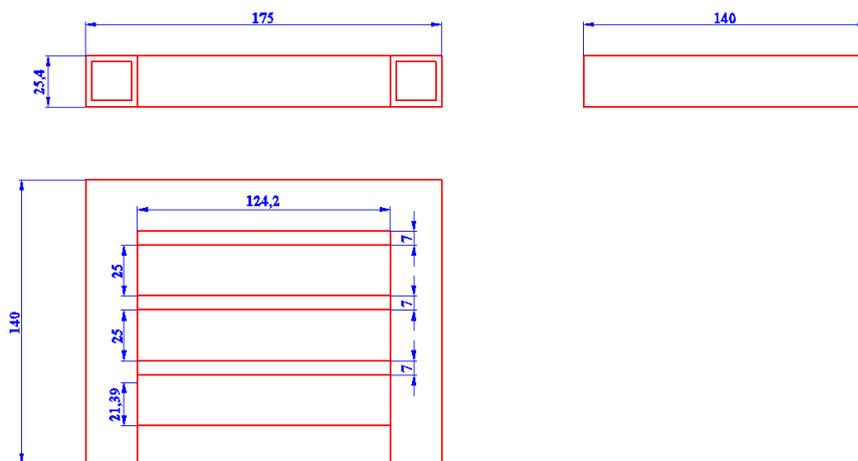


Fig. 5.50. Base del motor

5.24.11. Ensamblaje de banda y cadenas

*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

- La banda A adquirida en el mercado, la ponemos en la polea del reductor y del motor y templamos la banda haciendo fuerza en el motor, ya templada la banda ajustamos los pernos del motor y estará listo.
- Luego acoplamos las cadenas de 5/8" en los piñones, tanto como en el reductor al eje central como de los rodillos ajustándolos con un candado de cadena de 5/8" ver gráfico 5.48.



Fig. 5.51 Ajuste de las cadenas

La base va soldada con electrodo 6011 a la derecha de la parte inferior de la mesa de la máquina, tal que quede simétrico a la polea del reductor ver fig. 5.49.



Fig. 5.52 Base del motor de de la máquina

5.24.12. Guías para la plancha

- Para la construcción de las guías para la plancha se debe meter la plancha entre los rodillos y cuadrarla, luego construir las guías ver fig. 5.50, 5.51 y 5.52.

Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



Fig. 5.53. Plancha metida entre los rodillos

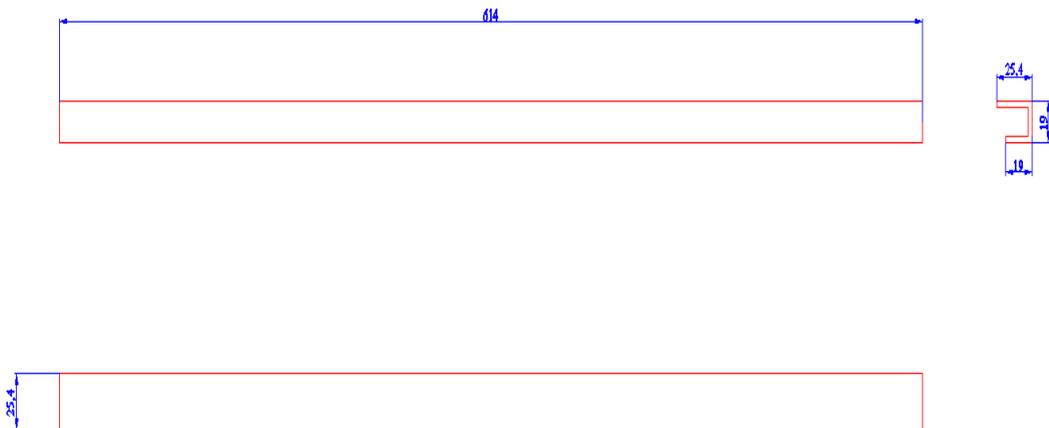


Fig. 5.54. Medidas de las guías de la plancha



Fig. 5.55. Guías construidas

5.24.13. Control del Motor



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

- El control del motor debe tener inversor de giro, se utiliza un breaker de 15A, tres contactores a 120V-10A, dos pares de emergencia, una botonera de encendido, un foco piloto de color rojo y una perilla de doble posición, todo esto se armara en una caja metálica de 20cm X 20cm; las conexiones se hará según el esquema eléctrico diseñado ver fig. 5.53 y 5.53.

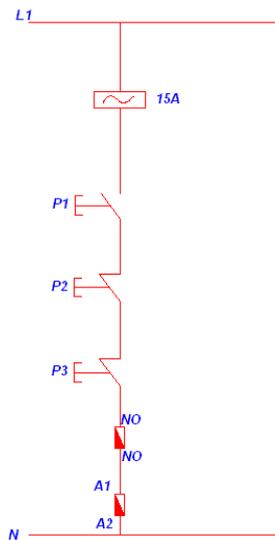


Fig. 5.56. Circuito de fuerza de encendido de la máquina.

Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

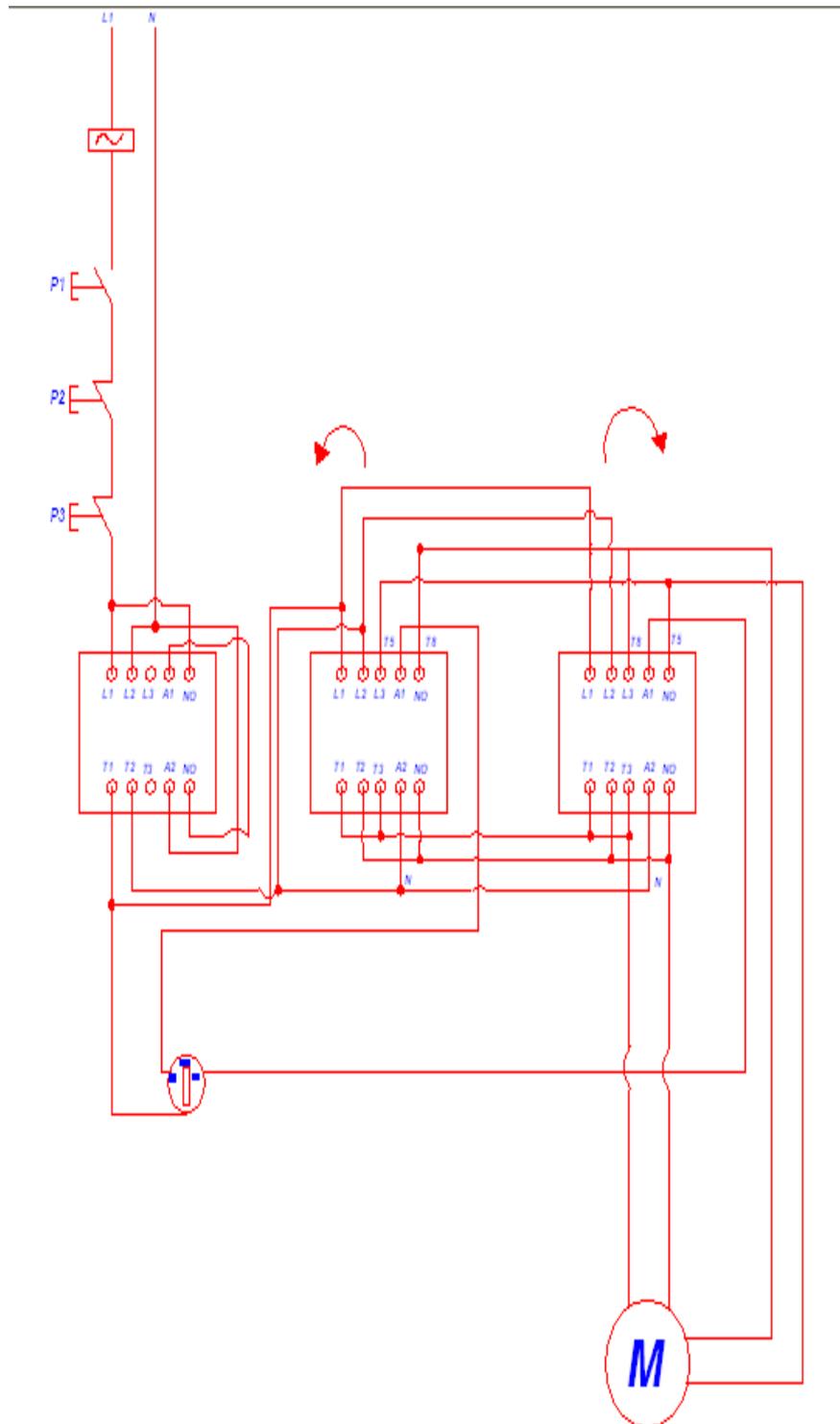


Fig. 5.57. Circuito de control de giro del motor

5.24.14. Pintado de la máquina

- Para el pintado de la máquina debemos desarmar las partes de la máquina, masillamos las partes de soldadura con masilla plástica; después que se seca la masilla lijamos con lija gruesa y fina.

Luego de ligar pintamos con fondo gris con soplete y luego pintamos de color verde anticorrosivo ver fig. 5.55.



Fig. 5.58. Acabado final de la máquina

5.25. Tecnología de Laminación

Se utilizó la plancha de aluminio aleado con un punto de fluencia de $480N/mm^2$ la cual se utiliza para la deformación en forma de canales, la velocidad de laminación de la plancha es de 8rpm para evitar el rompimiento de la plancha al tener mucha velocidad.

Para la deformación de la plancha en la máquina laminadora se ha elaborado los siguientes pasos a seguir:

1. Conectar la máquina a 120V
2. Pulsamos el botón de encendido y se prendera el foco piloto significa que esta lista para el proceso de laminado.
3. Damos una profundidad de 3mm en la regla colocada en los husillos.
4. Giramos la perilla de doble posición a cualquier lado y rotaran los rodillos.
5. Colocamos la plancha en las guías hasta que muerda los rodillos y la plancha se irá sola.

6. Luego paramos la máquina antes que salga la plancha, de las dos etapas de los rodillos y damos una profundidad de 3mm en los husillos ver fig. 5.58

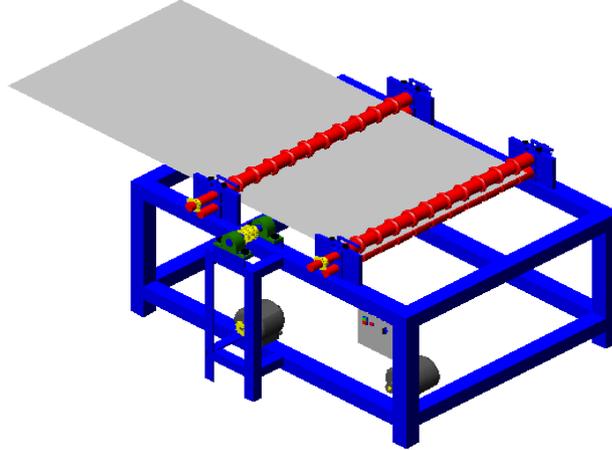


Fig. 5.59. Laminado de la plancha

7. Invertimos el giro del motor cambiando a lado contrario la perilla de doble posición, la se deslizará al otro lado y nuevamente paramos el funcionamiento de la máquina antes que la plancha salga de las dos etapas de los rodillos, damos otra profundidad de 3mm en los husillos; ver fig. 5.59.

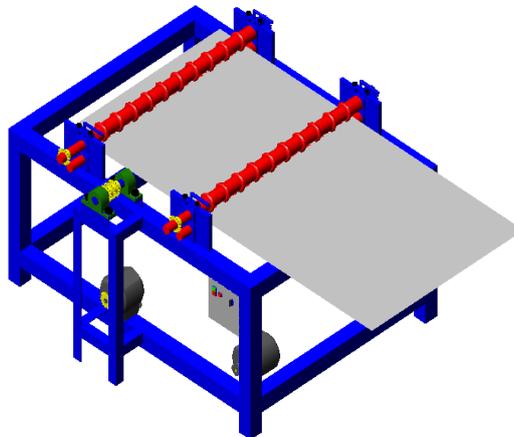


Fig. 5.60. Laminado de la plancha

8. Luego giramos el motor al otro lado, hasta que salga definitivamente la plancha de los rodillos que dará la conformación final de placa.



5.26. Seguridad e higiene del trabajo

Instrucciones para evitar lesiones a personas y daños a la propiedad

1. El funcionamiento incorrecto de la máquina por desconocer las instrucciones puede causar lesiones físicas. La gravedad está clasificada de acuerdo con los siguientes requerimientos:
2. No abrir las tapas donde van los piñones y las cadenas cuando esté funcionando la máquina.
3. Si se atasca la plancha, oprimir el botón stop o pare de emergencia.
4. No introduzca las manos y ningún objeto, solo utilizar la plancha adecuada entre los rodillos de la máquina. Podría resultar lesionado o dañar los rodillos
5. No coloque objetos en el sistema de transmisión de movimiento de la máquina laminadora. existe el peligro de resultar lesionado y dañar la máquina.
6. El individuo a operar la máquina debe conectar la máquina a la corriente de 120V, en caso de conectar la máquina a 220V puede dañar el motor.
7. Observe que todas las partes del sistema estén ajustados en el lugar determinado.
8. No comparta el sistema de transmisión de movimiento con otros aparatos
9. No utilice bandas desechadas para el sistema de transmisión de movimiento
10. Utilice la plancha de aluminio de 1x2m con espesor de 1.2mm para la que fue diseñada.
11. En caso de utilizar una plancha más dura, las pasadas entre los rodillos debe ser mayor, con una profundidad de 1mm. Para evitar el daño de los rodillos.

Higiene

1. Después de cada jornada de trabajo de la máquina se debe sopletar con aire el motor.
2. Engrasar periódicamente los husillos y chumaceras.
3. Cada dos meses se debe abrir la caja de control y ajustar los tornillos de los contactaros y pulsadores.
4. Se debe cambiar el aceite del reductor por lo menos cada dos meses.
5. Limpiar los rodillos con líquido anticorrosivo por lo menos una vez al mes.
6. Aceitar las cadenas periódicamente con aceite liviano.
7. Ajustar los prisioneros de los piñones una vez a la semana.

5.27. Practicas en la máquina laminadora

La práctica se realizo en el taller mecánico de Universidad nacional de Loja, lo cual al pasar la plancha de aluminio por los rodillos y aplicando una fuerza vertical en el husillo de la máquina se obtuvo la deformación requerida en un tiempo de 5min.

5.28. Rendimiento de la máquina

Rendimiento de la máquina calculamos por el torque en la salida del reductor que es de 1456Kgf-cm y el torque que se necesita para deformar la plancha que es de 895.25Kgf-cm.

$$\gamma = \frac{895.25 \text{Kgf} - \text{cm}}{1456 \text{Kgf} - \text{cm}} * 100\%$$

$$\gamma = 61.5\%$$

Calculamos la cantidad de planchas con la práctica realizada en el taller, como nos deformato una plancha en 5min, los dividimos para 60min que tiene una hora tendremos 12, entonces tenemos que 12 planchas deformadas por hora. Lo cual nos da que 8 horas diarias se producirá 96 planchas deformadas.

5.29. Construcción de un colector solar para agua

- El colector se construirá con la plancha deformada en la máquina laminadora ver fig. 5.60.



Fig. 5.61. Plancha laminada



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Los tubos a embutir en la plancha son de tubo de cobre de $\frac{1}{2}$ " , con lo cual cortamos 10 tubos 1.04m y dos tubos de 1m de cobre de 1". En el tubo de 1" hacemos orificios del diámetro del tubo de $\frac{1}{2}$ " hasta que entre el tubo de $\frac{1}{2}$ " en el tubo de 1" y soldamos con autógena con suelda amarilla; nos queda como una parrilla ver gráfico 5.61.



Fig. 5.62. Tubos soldados para colector

Luego remachamos los tubos soldados en la plancha laminada con remache 5/32 ver fig. 5.62.

Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



Fig. 5.63. Tubos remachados en la plancha

Construimos el cajón de va ir la plancha con los tubos soldados y remachados. El material a utilizar es de latón negro ver fig. 5.63.

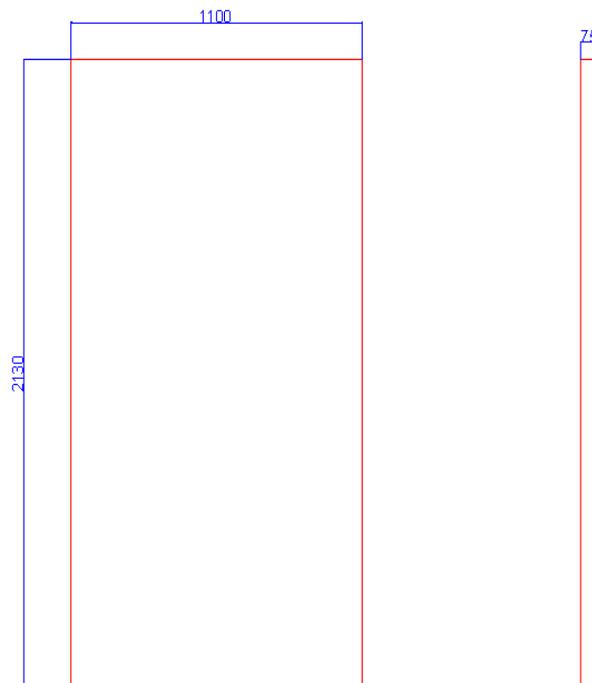


Fig. 5.64. Vistas del cajón

Construimos un marco con tubo cuadrado de 1" estructural para el soporte del vidrio ver vistas fig. 5.63.

*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

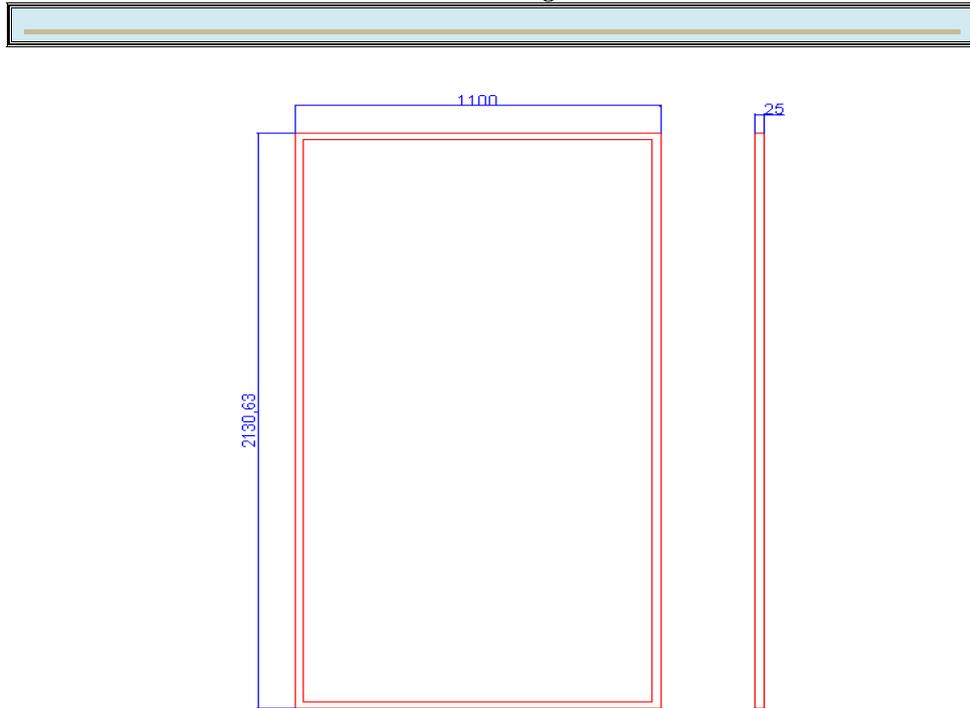


Fig. 5.65. Marco de tubo cuadrado

El marco de tubo cuadrado metimos en el cajón de lata ya construida y remachamos.

Luego pegamos lana de vidrio en las paredes del colector, ponemos la placa laminada dentro del cajón; enroscamos neplós de 20cm en los extremos de los tubos soldados y tapamos con vidrio de 6 líneas de 1.07mX2.10m, pegando la misma con silicón negro para que quede hermético ver fig. 5.65.

Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



Fig. 5.66. Colector plano construido

Adquirimos un tanque galvanizado de 70 galones para acumular el agua caliente, al tanque también lo forramos con lana de vidrio para evitar que el agua caliente se enfríe; teniendo el colector y el tanque procedemos a la instalación del equipo ver fig. 5.66.



Fig. 5.67. Equipo solar instalado para agua caliente



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

5.30. Datos adquiridos del colector solar

Estado del Tiempo	Fecha	Temperatura inicial del agua	Temperatura final del agua
Nublado	8 de marzo de 2010	20°	34°
Soleado	23 de Febrero de 2010	20°	46°

5.31. Valoración Económica.

Materiales

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIDAD	P. TOTAL
Disco de corte 14p u l	u	2	8.00	16.00
Acero de transmisión SAE 1040	u	4	230.00	960.00
Cuchilla de widia	u	4	8.00	32.00
Tubo estructural cuadrado de media	u	18m	5.50	99.00
Placas de 78*78*38mm	u	4	5.00	20.00
Placas de 78*60*38mm	u	4	6.00	24.00
Placas de 185*105*20mm	u	8	8.00	64.00

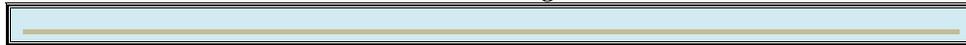


*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Platina 2*3/16(50*4)	u	6	2.00	12.00
Ángulo 2*1/4(6mm)	u	6	5.00	30.00
Rodamientos de tipo palillos	u	8	10,0	80.00
Polea de 2"	u	1	9.50	9.50
Polea de 3"	u	1	12.00	12.00
Chumacera 1 1/2	u	2	15.00	30.00
Piñón 50*20 sencillo 5/8"	u	5	18.00	90.00
Eslabón para cadena 50 (5/8)	u	1	2	2.00
Cadena 50.10(5/8)*3m	u	2	40.00	60.00
Acero transmisión 1018	u	23	0.40	9.20
Prisioneros 5/16	u	15	0.40	6.00
Machuelo 5/16 8Hilos	u	1	3.00	10,0
Machuelo 1/2	U	1	4.00	4.00
Engranés de 76mm de	U	4	30	120.00



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



diámetro				
Fresa vertical 8mm	U	2	15.00	30.00
Fresa vertical de 16mm	U	1	35.00	35.00
Pernos de ½*3"	U	4	0.60	2.40
Pernos de 3/8"*1"	U	4	0.30	1.20
Pernos de 3/8"*1 ½ con doble arandela	U	4	0.40	1.60
Pernos de ¼"*2" con doble arandela	U	4	0.35	1.4
Reductor de 250 a 1 doble Tornillo sin fin	U	1	550.00	550.00
Motor Monofasico de 1/2HP a 1730rpm	U	1	88.00	88.00
Suelda 6011	U	4lib	2.00	8.00
Caja de 20cm*20cm	U	1	8.00	8.00
Contactador 120V	U	3	20.00	20.00
Foco piloto 110V	U	1	2.00	2.00



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Perilla de doble posición	U	1	8.00	8.00
Pulsador de ON - OFF	U	1	5.00	5.00
Pulsador de emergencia	U	1	6.00	6.00
Alambre cableado #12AWG	U	8m	0.50	4
Alambre cableado #14 AWG	U	8m	0.40	3.20
Pintura verde 1/4	U	1	6.00	6.00
Fondo gris 1/4	U	1	5.00	5.00
Diluyente	U	4	2.00	8.00
Masilla plástica	U	1	5.00	5.00
Barra de 1"*10mm	U	40cm	0.20	8.00
			SUBTOTAL	2495.50



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Mano de Obra

Categoría	Cantidad	Tiempo de Operación (h)	Tarifa Salarial \$/h (USD)	Total USD
Tornero	1	144	4.00	576.00
Soldador de autógena	1	40	4.00	160
Soldador	1	192	4.00	768
Fresador	1	40	4.00	160
Diseño Ingenieril	2	160	5.00	1600
			SUBTOTAL	3264



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Gasto en investigación

Denominación	Tarifa (\$/h) USD	Cantidad	Tiempo de operación (h)	Total USD
Internet	1,00		100	100,00
Copias	0,01	2000		20,00
			SUBTOTAL	120,00

Gasto de energía eléctrica en la construcción del equipo

Equipo	Potencia Instalada (Kw)	Tarifa Eléctrica \$/Kwh (USD)	Tiempo de operación (h)	Total USD
Taladro	0,75	0,12	30	3,60
Amoladora	1,1	0,12	30	3,60
Soldadora	5,2	0,12	168	20,16
			SUBTOTAL	27,36



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

Gastos totales para el desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

Costos de la inversión	Gastos USD
Gasto de materiales	2495.50
Gasto de Ingeniería	1600.00
Gasto de mano de obra	1664.00
Gasto en investigación	120,00
Gasto en energía eléctrica	27.36
VALOR TOTAL DE LA MÁQUINA	\$5906.86

Materiales de construcción del colector solar.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIDAD	P. TOTAL
Sierra	u	1	1.50	1.50
Plancha de latón negro	u	1	24.00	24.00
Plancha deformada de aluminio	u	1	54.00	54.00
Tubo de cobre de ½"	u	21m	5.50	115.5



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



Tubo de cobre de 1"	u	2m	8.00	16.00
Placas de 78*60*38mm	u	4	6.00	24.00
Remaches 5/32"	u	80	0.02	1.60
Vidrio de 6 líneas	u	1de 2.10mX1.07	25.00	25.00
Tubo cuadrado de 1"	u	1	11.00	11.00
Lana de vidrio	u	2mX2m	6.00	12.00
Silicón	u	2	3.50	7.00
Tubo de agua de ½"	u	1	5.50	5.50
Codos de ½"	u	7	0.90	6.30
Llave de paso de ½"	u	1	4.00	4.00
Neplos de 20cm	u	2	1.00	1.00
Té de ½"	u	1	0.90	0.90
Neplos perdidos de ½"	u	3	0.40	1.60
Uniones de ½"	u	2	0.40	0.80



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

Universal de ½"	u	4	1.50	6.00
Teflón	U	8	0.25	2.00
Suelda amarilla	U	10	1.50	15.00
Pintura negro mate	U	1	4.00	4.00
Diluyente	U	2Lit	1.50	3.00
Tanque galvanizado de 40GL	U	1	80.00	80.00
			SUBTOTAL	421.70

Mano de obra de la construcción del colector solar

Categoría	Cantidad	Tiempo de Operación (h)	Tarifa Salarial \$/h (USD)	Importe USD
Soldador de autógena	1	8	4.00	32
Diseño Ingenieril	2	16	10.00	160
			SUBTOTAL	192.00



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Gastos totales de construcción del colector solar

Costos de la inversión	Gastos USD
Gasto de materiales	421.70
Gasto de Ingeniería	160.00
Gasto de mano de obra	32
VALOR TOTAL DEL COLECTOR SOLAR	613.70



6. DISCUSIÓN

En nuestra investigación se realizó con un estudio teórico desde la potencia del sol en nuestro medio, características de los paneles solares, tipos de máquinas de laminación, características de materiales a deformar. A partir de este estudio se ha procedido a diseñar las partes constitutivas de la máquina laminadora con los parámetros de cálculos mecánicos.

La plancha a utilizar para la deformación en frío es de aluminio semiduro con una alta conductibilidad térmica, la cual es ideal para la construcción de paneles solares. La potencia obtenida para la deformación de la plancha de aluminio es de 0.31HP lo cual elegimos un motor de 0.5HP para una mayor eficiencia en el funcionamiento de la máquina.

El diámetro de los rodillos es de 25mm, con este diámetro dimensionamos los rodillos para conformar la plancha y el diámetro de los rodillos serán simétricos al diámetro exterior de los engranes de dientes rectos lo que nos da 76mm.

El perno de los Husillos es de 11mm de diámetro en el cual escogimos un perno de 0.5pul con rosca trapezoidal paso 2.

Los rodamientos escogidos para los rodillos son de tipo agujas, ya que tenemos poco espacio en los husillos, las especificaciones técnicas del rodamiento es de K35X42X30.

El tipo de cadena calculada es de 5/8pul lo cual es la indicada para la transmisión de la potencia de los rodillos al reductor para la deformación de la plancha.

La banda calculada es tipo trapezoidal por tener una potencia menor a 2KW, la banda utilizar es A62.

El rendimiento de la máquina es de 61.5% lo cual es aceptable en el funcionamiento de la máquina.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

6.1. Valoración ambiental

Nuestro tipo de máquina laminadora no produce efectos negativos al medio ambiente, pues no emite agentes contaminantes que puedan deteriorar el aire o a su vez el agua y produce un ruido que no altera los decibeles normales de los oídos de las personas, ya que ésta máquina funciona con energía eléctrica.

La instalación de este tipo de máquina puede montarse en cualquier zona o aérea que necesita para la producción de placas para el calentamiento de agua.

En definitiva reúne las características de confiabilidad y seguridad ambiental que las normas actuales exigen.

6.2. Valoración Social

Con este proyecto de tesis de la Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua mejorara la conductibilidad calorífica entre la plancha de aluminio y los tubos de cobre este tipo de placas es de tubo embutido. De esta forma podemos difundir y concienciar a la comunidad de la importancia de instalar calentadores solares para el calentamiento del agua ahorrando energía eléctrica y no contaminando el medio ambiente.



7. CONCLUSIONES

1. Con el estudio de las características de componentes de los colectores solares de placa plana para el calentamiento de agua, se ha logrado comprender el tipo de placa a utilizarse en dichos paneles que es de tubos embutidos para tener mejor área de contacto para conducir el calor entre la placa y los tubos.
2. Utilizando los métodos matemáticos de mecánica, se elaboro la tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua, siguiendo un proceso de diseño tales como cambios de forma de los metales en el cual escogió el método de laminación, el tipo de material a utilizar para la deformación que es el Aluminio aleado, diámetro de los rodillos, husillos, potencia del motor, reductor de velocidad, rodamientos, transmisión por bandas, cadenas y engranes.
3. Se desarrollo la tecnología de construcción de la máquina laminadora, escogiendo los resultados de los métodos matemáticos de mecánica siguiendo un proceso de construcción y mecanización tales como: estructura de la máquina, rodillos, husillos, engranes, piñones y guías de la plancha para luego acoplar las partes de la máquina y ponerla en funcionamiento.
4. Se verifico el funcionamiento la máquina laminadora, por lo que se procedió a deformar la plancha de aluminio de 1m X 2m, durante este proceso de mecanización de la placa se logro la deformación requerida en un tiempo de 5min.
5. Se construyo un colector solar embutiendo tubos de cobre en la placa deformada la misma que nos proporcionó un resultado del agua caliente a 34°C en día nublado, 46°C en día soleado lo que es apropiado para darse un baño.
6. Se Elaboro un manual de operación y mantenimiento de la máquina laminadora en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua. Para que los individuos a utilizar la máquina puedan orientarse para un óptimo funcionamiento y rendimiento de la misma.



8. RECOMENDACIONES

- Para diseño de máquina laminadora se debe tener en cuenta el estudio de las características de la placa a utilizar en los colectores solares y escoger cual es la placa adecuada para la deformación en dicha placa.
- Para la elaboración de la tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua, se debe tener en cuenta los métodos, procesos de cálculo, leyes y formulaciones mecánicas para adquirir con exactitud y confiabilidad las respuestas de los cálculos mecánicos para realizar la construcción de las piezas de la máquina laminadora.
- En el desarrollo de la tecnología de construcción de la máquina laminadora, debemos conocer con exactitud los resultados de los modelos matemáticos mecánicos y escoger el tipo de material más adecuado para la construcción de las partes constitutivas de máquina.
- Para poner en funcionamiento la máquina laminadora debemos tener en cuenta todos los parámetros de seguridad industrial para que no se produzca ningún accidente.
- En la construcción del colector solar debemos asegurarnos que no haya fugas de agua en todo el ciclo de funcionamiento para el calentamiento del agua. Que el cajón y reservorio estén herméticos para que no exista fugas de calor.
- Para un óptimo rendimiento y funcionamiento de la máquina debemos seguir paso a paso el manual de operación y mantenimiento de la máquina laminadora.



9. Bibliografía

1. **Enciclopedia CEAC.** Cálculos en Mecánica, tercera edición, Editorial CEAC. Barcelona-España 1986.
2. **Feodosiev V.I.,** (1985) Resistencia de Materiales, tercera edición, Editorial MIR, Moscú-Rusia.
3. **Hutte,** (1968), Manual del Ingeniero – Tomo II, , Editorial. Gustavo Gili, Barcelona-España.
4. **Ing. Gilda Fernández Levy.** (1983). Resistencia de Materiales. Habana-Cuba: PUEBLO Y EDUCACIÓN.
5. **Larburu, N.,** (1995), Prontuario Técnicas Máquinas Herramientas, Editorial. Paraninfo. Magallanes, Madrid-España.
6. **Mastegui-Sabato,** Física I. Ediciones Kapeluz Moreno 372. Buenos Aires 462pp.
7. **Perry R,** Manual del Ingeniero Químico. Tomo II Sexta edición. Ediciones Mc Graw Hill, Mexico D.F. 1995 680pp.
8. **Pierre Robot,** Centrales Hormigoneras. Editorial Técnicas Asociadas S.A. Barcelona España 1975. 800pp.
9. **Reshetov D,** (1985) Elementos de Máquinas, Editorial. Pueblo y Educación, Ciudad de la Habana- Cuba.
10. **Sokolov F.,** Mecánica Industrial, Tercera edición, Editorial Mir. MOSCÚ 1982.
11. **Straneo S.L., Consorti, R.** (1971), El Dibujo Técnico Mecánico. Ediciones de CIENCIA Y TÉCNICA, Instituto del Libro 19No. 1002, Vedado, La Habana-Cuba.
12. **Shingley J. E.** Diseño En Ingeniería Mecánica. Segunda edición. Ediciones McGRAW-HILL, Mexico 1981.
13. **Singer. Fernalinand-Pytel, Andrew,** Resistencia de materiales. Tercera Edicion 1970. 557pp.
14. **Timoshenko,** (1957) Resistencia de Materiales – Tomo II, Editorial. Espasa – Golpe S.A., Madrid-España.
15. **P.A. STIOPIN. (1988).** Resistencia de materiales. Moscú: Editorial Mir Moscú.



16. **Caraballo, M.A. 2007.** Diseño Mecánico. Loja- Ecuador : s.n., 2007.
17. **José Alvarado, Dario Sotomayor, Fabián Larriba, Manuel Silva. 2006.** Diseño, Construcción y Montaje, de una Planta Adoquinera-Bloquera Productora de 1500 Bloques y Adoquines Diarios para La Universidad Nacional de Loja. Diseño, Construcción y Montaje, de una Planta Adoquinera-Bloquera Productora de 1500 Bloques y Adoquines Diarios para La Universidad Nacional de Loja. Loja- Ecuador : s.n., 2006. 1
18. **Ricardo Martín, Antonio Colmenar, Fransisco Braojos, Antonio Ponce. 2008.** Manual de electricidad. *Manual de electricidad.* Madrid- España : Cultural, S.A., 2008, págs. 301-307.
19. **Robert Nonnast. 2004.** El proyectista de estructuras metalicas 1. Madrid- España: Políg. Ind. Codeín.

Páginas Web

1. <http://www.jgrollformingmachine.es/construction-materials/1d-DIN-rail-meter.html>.
2. http://ing.unne.edu.ar/pub/e2_cap1.pdf.
http://ing.unne.edu.ar/pub/e2_cap1.pdf. [En línea]
3. http://es.wikipedia.org/wiki/Tecnolog%C3%ADa_de_materiales.
4. <http://www.jgrollformingmachine.es/construction-materials/1d-DIN-rail-meter.html>.
5. <http://www.luminum.com/es/data/dmechprop.html>
6. wikipedia.org/wiki/Colector_solar . wikipedia.org/wiki/Colector_solar .
7. http://wikipedia.org/wiki/Control_de_calidad.
8. http://wikipedia.org/wiki/Control_de_calidad.
9. http://wikipedia.org/wiki/Templado_del_acero .
10. <http://www.epsea.org/esp/pdf2/Capit01a.pdf> .
11. http://www.premio.terniumsiderar.com/files/JC_2006_Procesos.pdf.



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

10. Anexos

Anexos



*Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz
con forma de canales en colector de placa plana para el
calentamiento de agua.*

Anexo 1

ANTEPROYECTO



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

Anexo 2

Aceros DE TRANSMISION

IBCA

SAE 1018
Eje de Transmisión

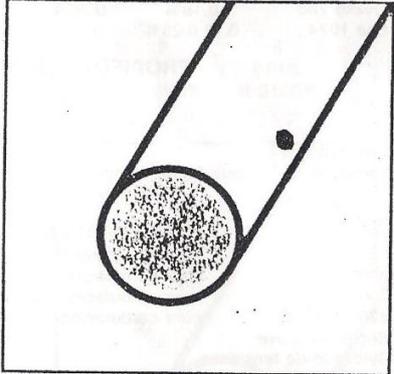
ANALISIS TIPICO

	C	Mn	P	S
Sae 1018	0.15-0.20%	0.60-0.90%	≤ 0.040%	≤ 0.050%

PROPIEDADES MECANICAS

LAMINADA EN FRIO:		
Resistencia a la tracción		69.000 psi
Punto de Fluencia		40.000 psi
Elongación en 2"		38%
Reducción de área		62%
Dureza		143 Brinell

LAMINADA EN CALIENTE:		
Resistencia a la tracción		82.000 psi
Punto de Fluencia		70.000 psi
Elongación en 2"		20%
Reducción de área		57%
Dureza		163 Brinell



APLICACION: Se utiliza para tuercas, pernos, piezas de máquina pequeña, ejes para motores y transmisión de potencia, pasadores y bujes.

Código de color
AZUL

REDONDO	
PULGADAS	PESO APROX. kg/m
3/8	0.56
1/2	0.99
5/8	1.55
3/4	2.24
7/8	3.04
1	3.97
1 1/8	5.03
1 1/4	6.21
1 3/8	7.52
1 1/2	8.94
1 3/4	12.17
2	15.90
2 1/4	20.12
2 1/2	24.84
2 3/4	30.05
3	35.77
3 1/4	41.98
3 1/2	48.68
3 3/4	55.89
4	63.59
4 1/2	80.48
5	99.35
5 1/2	120.22
6	143.07

Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

Anexo 2

SAE 1040
Eje Transmisión

ANÁLISIS TÍPICO

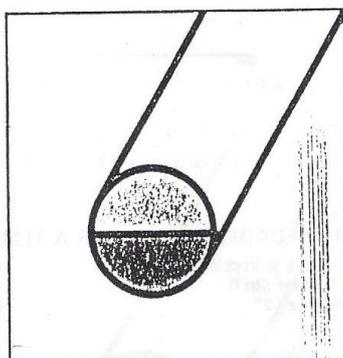
Sae 1040	C	Mn	P	S
	0.37-0.44%	0.60-0.90%	≤ 0.040%	≤ 0.050%

PROPIEDADES MECANICAS

	< ϕ 16mm	ϕ 17 - ϕ 40mm	> ϕ 41mm
Límite elástico N/mm2	460	400	350
Resistencia a la tracción N/mm2	650-800	630-780	600-750
Elongación A5 min.	16%	18%	19%
Estricción a la rotura Z min.	35%	40%	45%
Resistencia al impacto joule	35	35	35

TRATAMIENTO TERMICO

Forja	1100 - 850°C
Recocido blando	650 - 700°C
Normalizado	850 - 880°C
Temple en agua	830 - 860°C
en aceite	840 - 870°C



Código de color
AZUL/NARANJA

APLICACION: Se utiliza para ejes, pasadores, pernos y aplicaciones similares. Estos aceros después del tratamiento térmico desarrollan propiedades mecánicas mucho más altas que los aceros de bajo contenido de carbono.

REDONDO	
PULGADAS	PESO APROX. kg/m
3/8	0.56
1/2	0.99
5/8	1.55
3/4	2.24
7/8	3.04
1	3.97
1 1/8	5.03
1 1/4	6.21
1 3/8	7.52
1 1/2	8.94
1 3/4	12.17
2	15.90
2 1/4	20.12
2 1/2	24.84
2 3/4	30.05
3	35.77
3 1/4	41.98
3 1/2	48.68
3 3/4	55.89
4	63.59
4 1/2	80.48
5	99.35
5 1/2	120.22



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



Anexo 3



Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.

Generalidades		CARACTERISITICAS DE MATERIALES PARA CONSTRUCCION DE MAQUINARIA											Tabla 1-6	
Coeficientes de trabajo admisibles en kg/cm ²														
Tracción			Compresión		Flexión			Cortadura			Torsión			
I	II	III	I	II	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
900.a 1500	800.a 1000	300.a 500	900.a 1500	600.a 1000	900.a 1500	600.a 1000	300.a 500	720.a 1200	480.a 800	240.a 400	600.a 1200	400.a 600	200.a 400	
1200.a 1800	800.a 1200	400.a 600	1200.a 1800	800.a 1200	1200.a 1800	800.a 1200	400.a 600	960.a 1140	640.a 960	320.a 480	900.a 1440	600.a 960	300.a 480	
					7500	5000					6000	4000		
1200.a 1800	800.a 1200	400.a 600	1200.a 1800	800.a 1200	1200.a 1800	800.a 1200	400.a 600	960.a 1440	640.a 960	320.a 480	900.a 1440	800.a 980	300.a 480	
2500	1600	900	2500	1600	2500	1600	900	2000	1300	700	2000	1300	700	
600.a 1200	400.a 800	200.a 400	900.a 1500	600.a 1000	750.a 1200	500.a 800	250.a 400	480.a 960	320.a 640	160.a 320	480.a 960	320.a 640	150.a 320	
300.a 350	200.a 230	100.a 120	900.a 1000	600.a 860	460.a 600	310.a 400	150.a 200	300.a 350	200.a 230	100.a 120	270.a 350	180.a 230	90.a 120	
"	"	"	"	"	560.a 720	370.a 480	190.a 240	"	"	"	380.a 500	250.a 330	130.a 180	
450.a 700	300.a 470	150.a 230	600.a 900	400.a 600	450.a 700	300.a 470	150.a 230				300.a 400	200.a 270	100.a 130	
400.a 540	270.a 360	130.a 180	400.a 540	270.a 380	400.a 540	270.a 360	130.a 160							
100.a 120	70.a 80	30.a 40			150.a 200	100.a 130	50.a 70							
400.a 500	270.a 330	130.a 170	400.a 500	270.a 330	400.a 500	270.a 330	130.a 170							
600.a 950	400.a 600	200.a 300	600.a 900	440.a 800	600.a 900	400.a 600	200.a 300	450.a 700	300.a 470	150.a 230	450.a 700	300.a 470	150.a 230	
400.a 600	270.a 400	130.a 200	400.a 600	270.a 400	400.a 600	270.a 400	130.a 200	320.a 480	210.a 320	110.a 160	320.a 480	210.a 320	110.a 160	
600.a 1000	400.a 670	200.a 330	800.a 1000	400.a 870	800.a 1000	400.a 570	200.a 330	480.a 800	320.a 530	160.a 270	480.a 800	320.a 530	160.a 270	

Casos de carga.- I, Carga estática o permanente. II, Carga alternativa, de un valor máximo a cero. III, Carga oscilante de un valor máximo positivo a máximo negativo



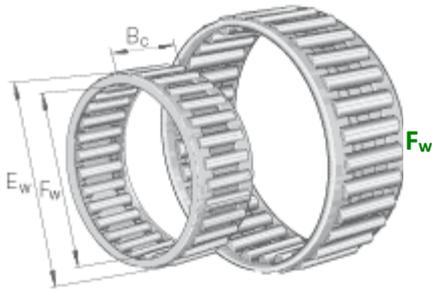
Elaboración y desarrollo de tecnología de laminación en matriz con forma de canales en colector de placa plana para el calentamiento de agua.



Fuente: Larburu, Nicolás, Prontuario: Técnicas-Máquinas-Herramientas. Pag: 188

Anexo 4

Tabla de medidas de los rodamientos de agujas



	E_w	F_w	B_c
K 30x35x17	30 mm	35 mm	17 mm
K 30x35x27	30 mm	35 mm	27 mm
K 30x37x16	30 mm	37 mm	16 mm
K 30x37x18	30 mm	37 mm	18 mm
K 30x40x18	30 mm	40 mm	18 mm
K 30x40x30	30 mm	40 mm	30 mm
K 32x37x13	32 mm	37 mm	13 mm
K 32x37x17	32 mm	37 mm	17 mm
K 32x37x27	32 mm	37 mm	27 mm
K 32x38x20	32 mm	38 mm	20 mm
K 32x39x16	32 mm	39 mm	16 mm
K 32x39x18	32 mm	39 mm	18 mm
K 32x40x25	32 mm	40 mm	25 mm
K 32x46x32	32 mm	46 mm	32 mm
K 35x40x13	35 mm	40 mm	13 mm
K 35x40x17	35 mm	40 mm	17 mm

K 35x40x25	35 mm	40 mm	25 mm
K 35x40x27 TN	35 mm	40 mm	27 mm
K 35x42x16	35 mm	42 mm	16 mm
K 35x42x18	35 mm	42 mm	18 mm
K 35x42x20	35 mm	42 mm	20 mm
K 35x42x30	35 mm	42 mm	30 mm

Anexo 5 Planos de la máquina

Anexo 1

ANTEPROYECTO

Anexo 2

Aceros
DE TRANSMISION



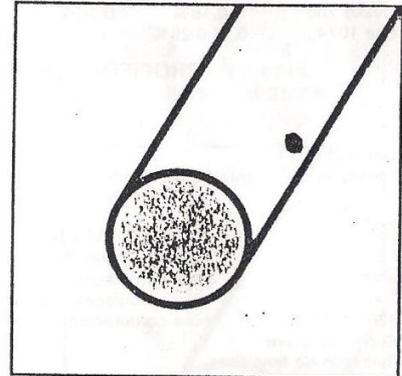
SAE 1018
Eje de Transmisión

ANALISIS TIPICO

	C	Mn	P	S
Sae 1018	0.15-0.20%	0.60-0.90%	≤ 0.040%	≤ 0.050%

PROPIEDADES MECANICAS

LAMINADA EN FRIO:	Resistencia a la tracción	69.000 psi
	Punto de Fluencia	40.000 psi
	Elongación en 2"	38%
	Reducción de área	62%
	Dureza	143 Brinell
LAMINADA EN CALIENTE:	Resistencia a la tracción	82.000 psi
	Punto de Fluencia	70.000 psi
	Elongación en 2"	20%
	Reducción de área	57%
	Dureza	163 Brinell



APLICACION: Se utiliza para tuercas, pernos, piezas de máquina pequeña, ejes para motores y transmisión de potencia, pasadores y bujes.

Código de color
AZUL

REDONDO	
PULGADAS	PESO APROX. kg/m
3/8	0.56
1/2	0.99
5/8	1.55
3/4	2.24
7/8	3.04
1	3.97
1 1/8	5.03
1 1/4	6.21
1 3/8	7.52
1 1/2	8.94
1 3/4	12.17
2	15.90
2 1/4	20.12
2 1/2	24.84
2 3/4	30.05
3	35.77
3 1/4	41.98
3 1/2	48.68
3 3/4	55.89
4	63.59
4 1/2	80.48
5	99.35
5 1/2	120.22
6	143.07

Anexo 3

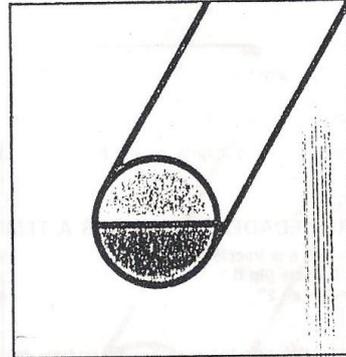
SAE 1040 Eje Transmisión

ANALISIS TIPICO

	C	Mn	P	S
Sae 1040	0.37-0.44%	0.60-0.90%	≤ 0.040%	≤ 0.050%

PROPIEDADES MECANICAS

	< Ø 16mm	Ø 17-Ø 40mm	> Ø 41mm
Límite elástico N/mm ²	460	400	350
Resistencia a la tracción N/mm ²	650-800	630-780	600-750
Elongación A5 min.	16%	18%	19%
Estricción a la rotura Z min.	35%	40%	45%
Resistencia al impacto joule	35	35	35



TRATAMIENTO TERMICO

Forja	1100 - 850°C
Recocido blando	650 - 700°C
Normalizado	850 - 880°C
Temple en agua	830 - 860°C
en aceite	840 - 870°C

Código de color
AZUL/NARANJA

APLICACION: Se utiliza para ejes, pasadores, pernos y aplicaciones similares. Estos aceros después del tratamiento térmico desarrollan propiedades mecánicas mucho más altas que los aceros de bajo contenido de carbono.

REDONDO	
PULGADAS	PESO APROX. kg/m
3/8	0.56
1/2	0.99
5/8	1.55
3/4	2.24
7/8	3.04
1	3.97
1 1/8	5.03
1 1/4	6.21
1 3/8	7.52
1 1/2	8.94
1 3/4	12.17
2	15.90
2 1/4	20.12
2 1/2	24.84
2 3/4	30.05
3	35.77
3 1/4	41.98
3 1/2	48.68
3 3/4	55.89
4	63.59
4 1/2	80.48
5	99.35
5 1/2	120.22

Anexo 4

FOTOS



Mecanizando los engranes



Mecanizando los Husillos



Nivelando las guías de los Husillos en la cepilladora



Nivelando las guías de los Husillos en la cepilladora



Nivelando las guías de los Husillos en la cepilladora



Acoplando la cadena y piñones



Templando los husillos



Acoplado el motor



Acoplado el Reductor



Pintado de la máquina



Máquina Laminadora



Máquina Laminadora



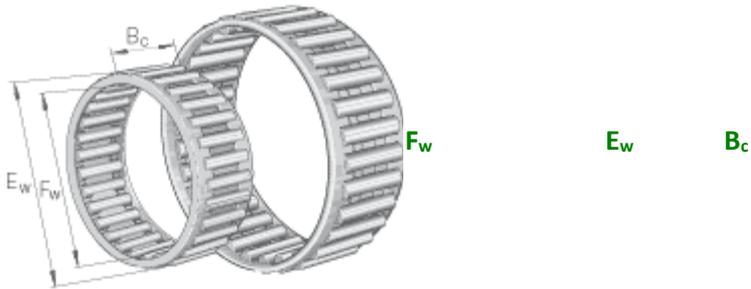
Construcción de la parrilla del colector solar



Colector solar para el calentamiento del agua

Anexo 5

Tabla de medidas de los rodamientos de agujas



	E _w	F _w	B _c
K 30x35x17	30 mm	35 mm	17 mm
K 30x35x27	30 mm	35 mm	27 mm
K 30x37x16	30 mm	37 mm	16 mm
K 30x37x18	30 mm	37 mm	18 mm
K 30x40x18	30 mm	40 mm	18 mm
K 30x40x30	30 mm	40 mm	30 mm
K 32x37x13	32 mm	37 mm	13 mm
K 32x37x17	32 mm	37 mm	17 mm
K 32x37x27	32 mm	37 mm	27 mm
K 32x38x20	32 mm	38 mm	20 mm
K 32x39x16	32 mm	39 mm	16 mm
K 32x39x18	32 mm	39 mm	18 mm
K 32x40x25	32 mm	40 mm	25 mm
K 32x46x32	32 mm	46 mm	32 mm
K 35x40x13	35 mm	40 mm	13 mm
K 35x40x17	35 mm	40 mm	17 mm

K 35x40x25	35 mm	40 mm	25 mm
K 35x40x27 TN	35 mm	40 mm	27 mm
K 35x42x16	35 mm	42 mm	16 mm
K 35x42x18	35 mm	42 mm	18 mm
K 35x42x20	35 mm	42 mm	20 mm
K 35x42x30	35 mm	42 mm	30 mm

Anexo 6 Guía de Funcionamiento de la Máquina

Anexo 7 Planos de la máquina

GUIA DE MATENIMIENTO Y FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA LAMINADORA

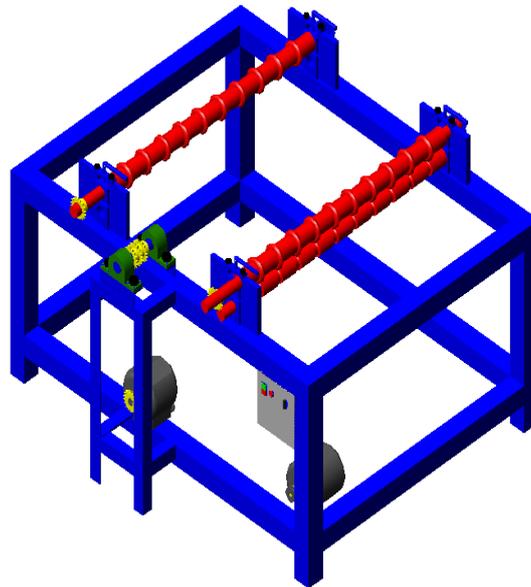


Fig. 5.56. Máquina Laminadora

Por favor lea este Manual cuidadosamente antes de utilizar la unidad

CONTENIDO

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD.....	2
NOMBRES DE LAS PARTES.....	3
LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO.....	2
OPERACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.....	4

En este manual usted encontrara consejos útiles sobre cómo usar y mantener la máquina laminadora. Con un poco de cuidado preventivo de su parte puede evitar perder tiempo y dinero. Para prolongar la vida útil de su funcionamiento. En este manual Encontrara muchas respuestas a problemas comunes que puede existir en el funcionamiento de la máquina.



PRECAUCIÓN

- Póngase en contacto con un técnico o constructor de la misma para la reparación o mantenimiento de la máquina.
- Este aparato no debería ser utilizado por niños o personas especiales sin supervisión.

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

Cumpla con las siguientes instrucciones para evitar lesiones al usuario u otras personas y daños a la propiedad

- El funcionamiento incorrecto de la máquina por desconocer las instrucciones puede causar lesiones físicas. La gravedad está clasificada de acuerdo con los siguientes requerimientos:

Asegúrese de leer las ADVERTENCIAS que figuran a continuación antes de operar la máquina.

- No abrir las tapas donde van los piñones y las cadenas cuando esté funcionando la máquina.
- Si se atasca la plancha oprimir el botón stop o pare de emergencia.
- No introduzca las manos y ningún objeto, solo utilizar la plancha adecuada entre los rodillos de la máquina alabes. Podría resultar lesionado o dañar los rodillos
- No coloque objetos en el sistema de transmisión de movimiento de la maquina laminadora.
Existe el peligro de resultar lesionado y dañar la máquina.

Antes de Poner en Funcionamiento

1. El individuo a operar la máquina debe conectar la máquina a la corriente de 120V, en caso de conectar la máquina a 220V puede dañar el motor.
2. Observe que todas las partes del sistema estén ajustados en el lugar determinado.

INFORMACIÓN DE SEGURIDAD

Uso

1. No comparta el sistema de transmisión de movimiento con otros aparatos
2. No utilice bandas desechadas para el sistema de transmisión de movimiento
3. Utilice la plancha de aluminio de 1x2m con espesor de 1.2mm para la que fue diseñada.
4. En caso de utilizar una plancha más dura, las pasadas entre los rodillos debe ser mayor, con una profundidad de 1mm. Para evitar el daño de los rodillos.

Limpieza y mantenimiento

1. Después de cada jornada de trabajo de la maquina se debe sopletar con aire el motor.
2. Engrasar periódicamente los husillos y chumaceras.
3. Cada dos meses se debe abrir la caja de control y ajustar los tornillos de los contactores y pulsadores.
4. Se debe cambiar el aceite del reductor por lo menos cada dos meses.
5. Limpiar los rodillos con liquido anticorrosivo por lo menos una vez al mes.
6. Aceitar las cadenas periódicamente con aceite liviano.
7. Ajustar los prisioneros de los piñones una vez a la semana.

Servicio

Por reparación y mantenimiento póngase en contacto con el personal técnico especializado.

NOMBRE DE LAS PARTES

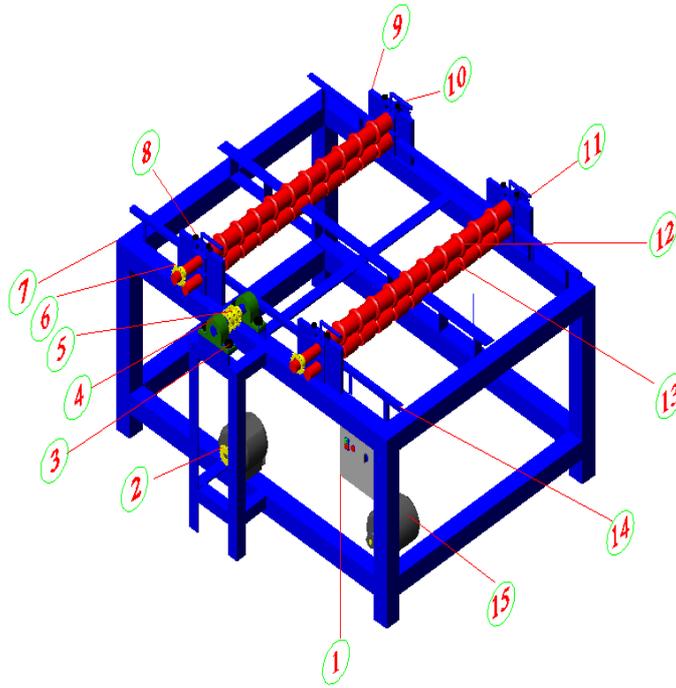


Fig. 5.57. Partes de la máquina laminadora

1. CAJA DE CONTROL
2. REDUCTOR
3. PERNO DE ½"
4. CHUMACERA de 1 ½"
5. PIÑÓN 50Z-20 5231 DEL EJE CENTRAL
6. PIÑÓN DE LOS RODILLOS 50Z-20 5231
7. ESTRUCTURA DE TUVO CUADRADO 76X76mm
8. PERNO DE 3/8"
9. HUSILLO
10. PERNO DE APRIETE DEL HUSILLO DE ½"
11. ENGRANE
12. RODILLO 1
13. RODILLO 2
14. GUIAS DE LA PLANCHA
15. MOTOR DE ½ HP A 1750rpm

OPERACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINA

Los siguientes pasos son importantes para funcionamiento de máquina.

1. Debemos conectar máquina a 120V
2. Pulsamos el botón de encendido y se prendera el foco piloto significa que esta lista para el proceso de laminado.

3. Damos una profundidad de 3mm en la regla colocada en los husillos.
4. Giramos la perilla de doble posición a cualquier lado y rotaran los rodillos.
5. Colocamos la plancha en las guías hasta que muerda los rodillos y la plancha se irá sola.
6. Luego paramos la máquina antes que salga la plancha, de las dos etapas de los rodillos y damos una profundidad de 3mm en los husillos ver fig. 5.58

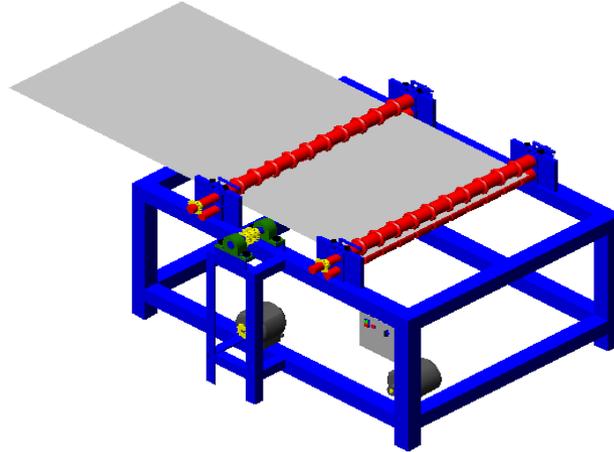


Fig. 5.58. Laminado de la plancha

7. Invertimos el giro del motor cambiando a lado contrario la perilla de doble posición, la se deslizara al otro lado y nuevamente paramos el funcionamiento de la máquina antes que la plancha salga de las dos etapas de los rodillos, damos otra profundidad de 3mm en los husillos; ver fig. 5.59.

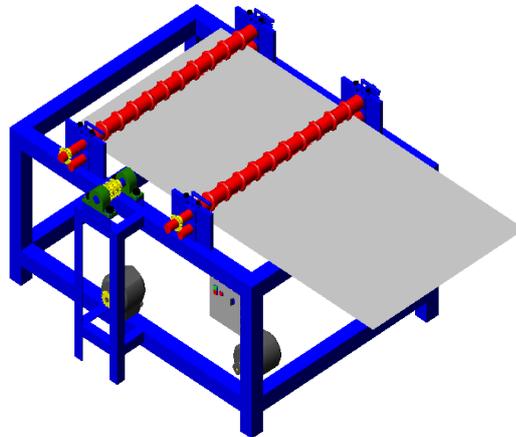


Fig. 5.59. Laminado de la plancha