



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA EL PROCESO DE LAMINACIÓN DE MEMBRANA SIN ARMADURA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN N°2 DE LA PLANTA CHOVA DEL ECUADOR S.A”

MARÍA JOSÉ MELÉNDEZ VILLEGAS

DIRECTOR: INGENIERO JAVIER POZO

CODIRECTOR: INGENIERO ANGELO VILLAVICENCIO

SECRETARIO ACADÉMICO: DOCTOR MARCELO MEJÍA

SANGOLQUÍ, MAYO DEL 2015



GENERALIDADES



ANTECEDENTES DE CHOVA DEL ECUADOR S.A

Fundada en el año
de 1979

Sistema de gestión de
la calidad

Resistencia del mercado hacia
el consumo de sus productos

Innovación de
productos

Creación de la nueva marca
comercial



Impermeabilización total



Marca de Exportación
de Chova del Ecuador S.A.

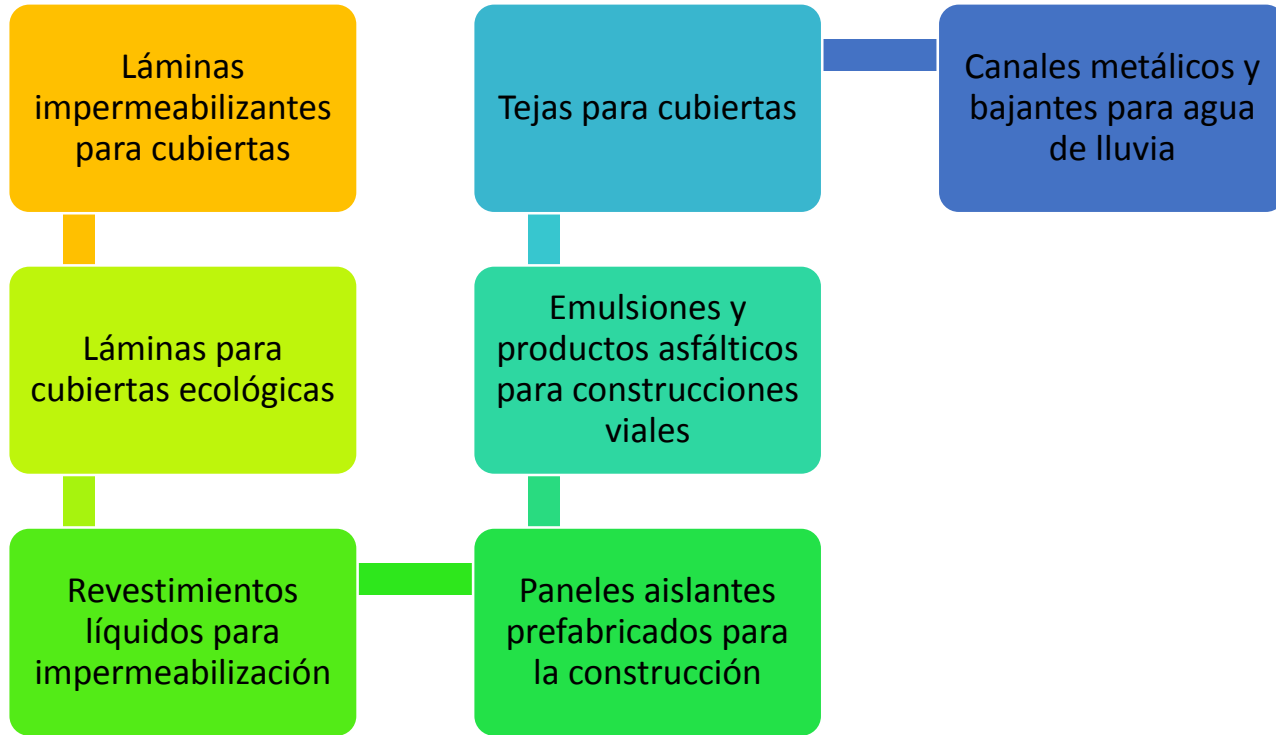


Imptek® una marca registrada de Chova del Ecuador S.A.

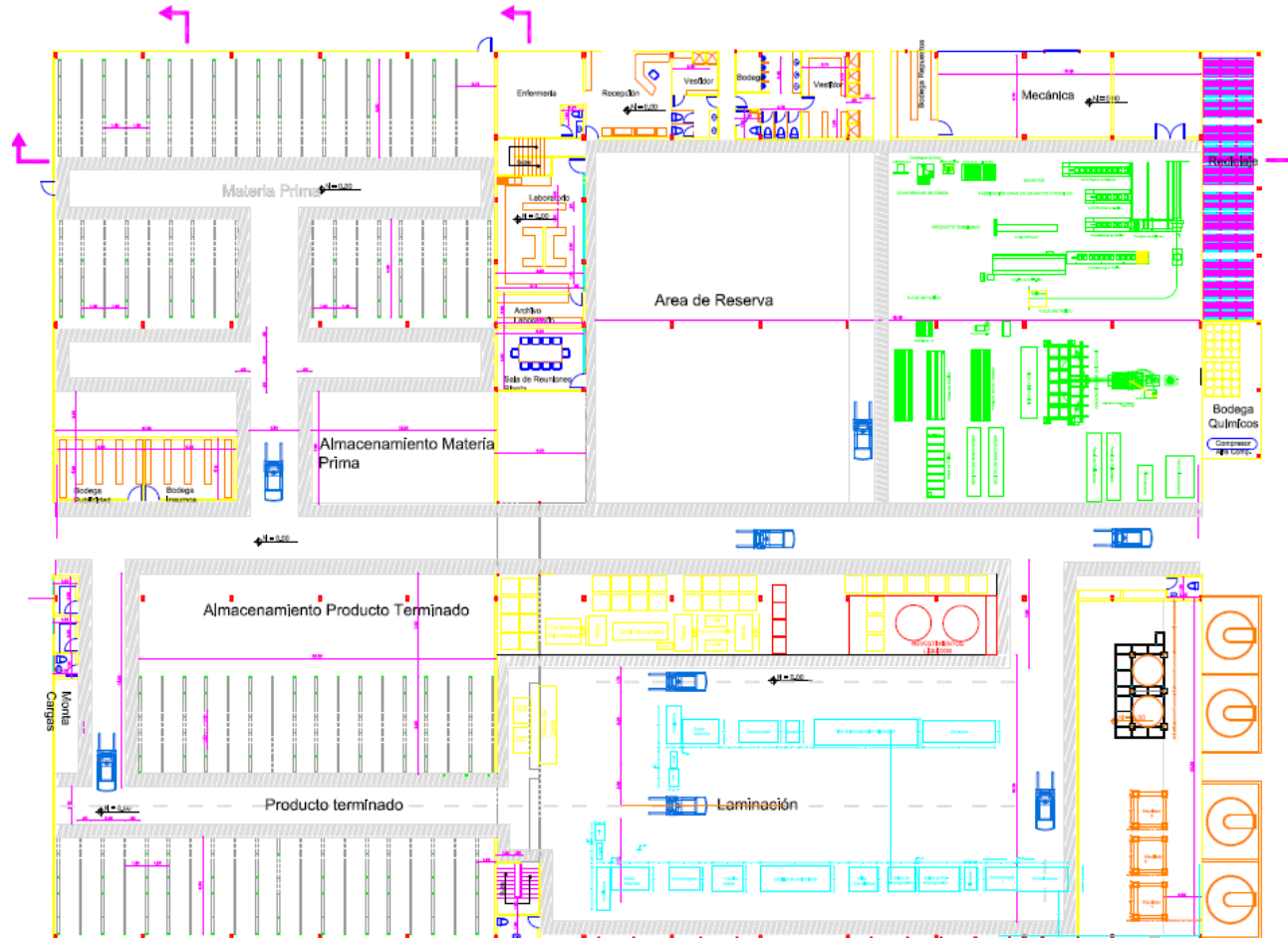


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

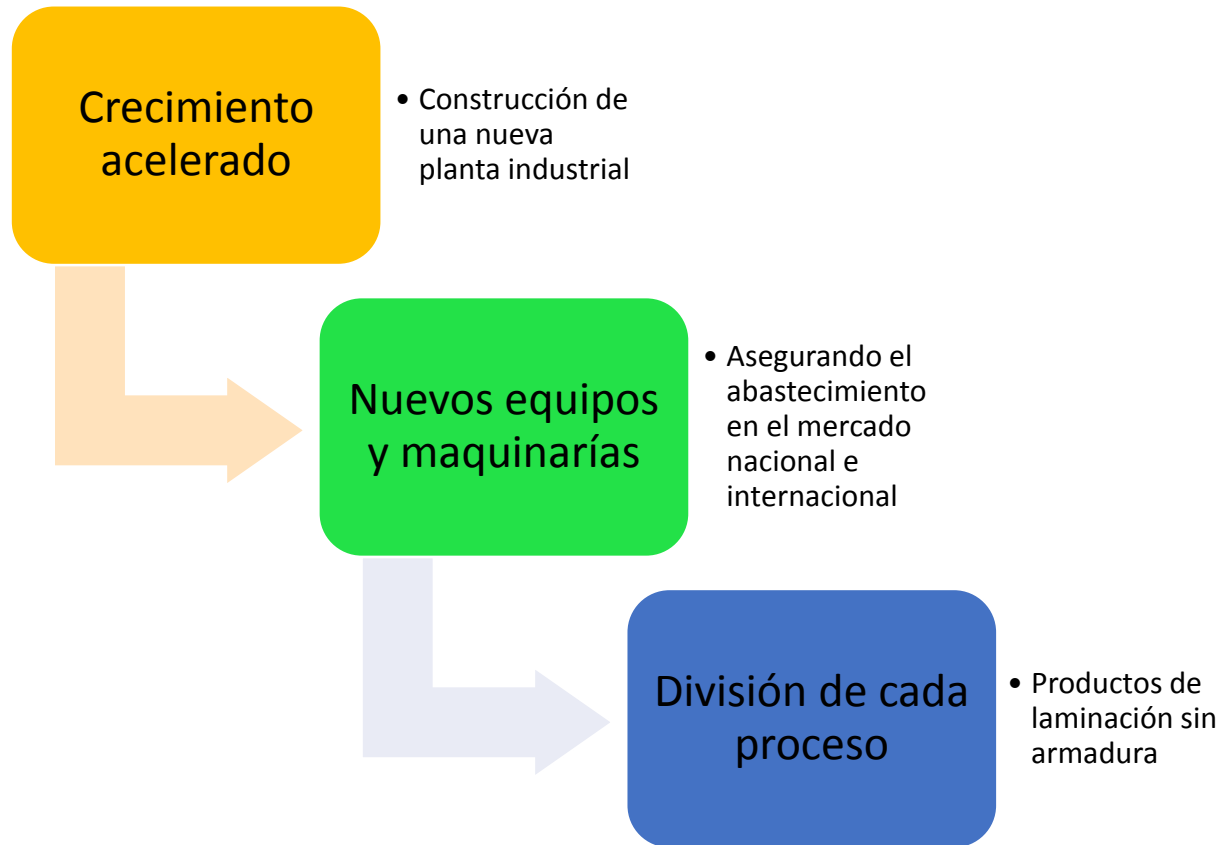
ANTECEDENTES DE CHOVA DEL ECUADOR S.A



PLANTA "EL INGA"



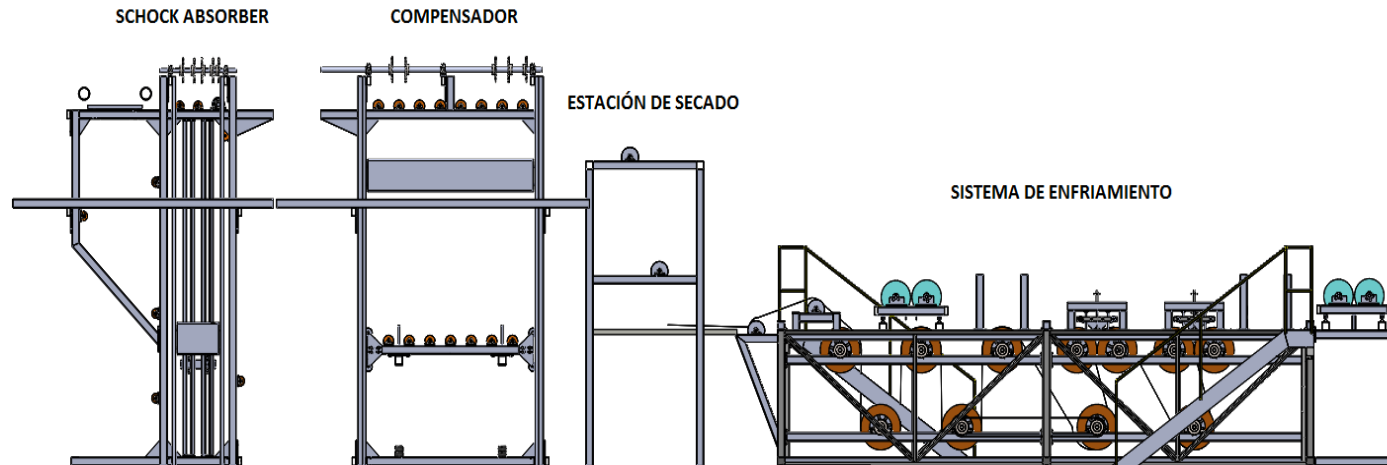
ANTECEDENTES



SISTEMA DE LAMINACIÓN ACTUAL (PLANTA CASHAPAMBA)



NUEVO SISTEMA DE LAMINACIÓN LÍNEA N°2 (PLANTA INGA)



DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

DIVISIÓN DE LOS PROCESOS:

- PRODUCTOS CON ARMADURA (LÍNEA 1)
- PRODUCTOS SIN ARMADURA (LÍNEA 2)

- La línea de producción de Cashapamba, no posee un sistema de enfriamiento apropiado.
- Temperatura de salida de las láminas es mayor que la temperatura requerida.
- El sistema no trabaja adecuadamente todos los turnos de trabajo programados.
- Limpieza de rodillos antes de trabajar.
- Profundidad del sistema.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Realizar el diseño, construcción e implementación del sistema de enfriamiento para el proceso de laminación de membrana sin armadura en la línea de producción N°2, de la planta CHOVA del Ecuador S.A



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir la alternativa de selección más apropiada para el sistema.
- Realizar el diseño térmico para el proceso de laminación.
- Realizar el diseño mecánico del sistema.
- Realizar el análisis económico y financiero del proyecto.



ALCANCE DEL PROYECTO

- Definir las condiciones y parámetros de diseño.
- Definir las distintas alternativas de diseño y matrices de ponderación.
- Elaboración de la matriz de toma de decisiones
- Realización del diseño estructural.
- Realización del diseño térmico.
- Construcción e implementación del sistema.
- Realización de las pruebas de funcionamiento.
- Análisis de datos.
- Análisis económico del proyecto
- Presentación de conclusiones y recomendaciones.
- Como entregables se tiene los planos del sistema y respectivo manual de operación



JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

- Creación de la nueva planta industrial.
- Temperatura de salida de la lámina, no es favorable para el proceso.
- Disminución del producto defectuoso.
- Sistema de enfriamiento (Cashapamba) por su profundidad, es muy riesgoso para los operadores.



MARCO TEÓRICO

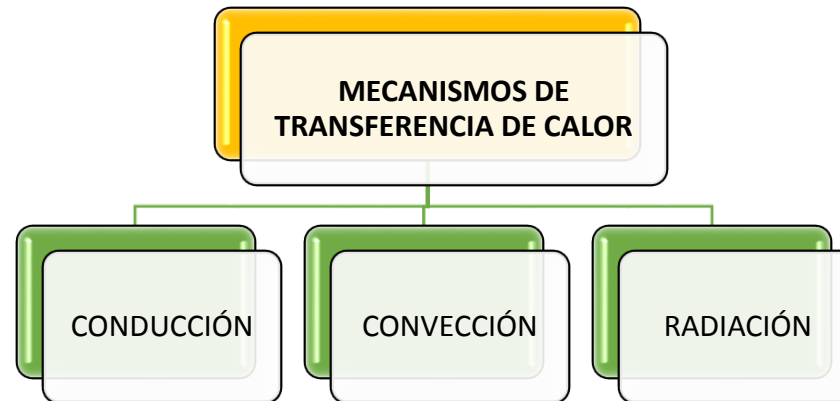


GENERALIDADES DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR



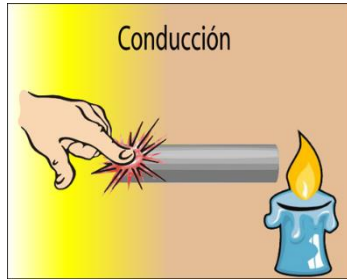
Energía de tránsito debido a una diferencia de temperaturas

**EQUILIBRIO
TÉRMICO**



CONDUCCIÓN

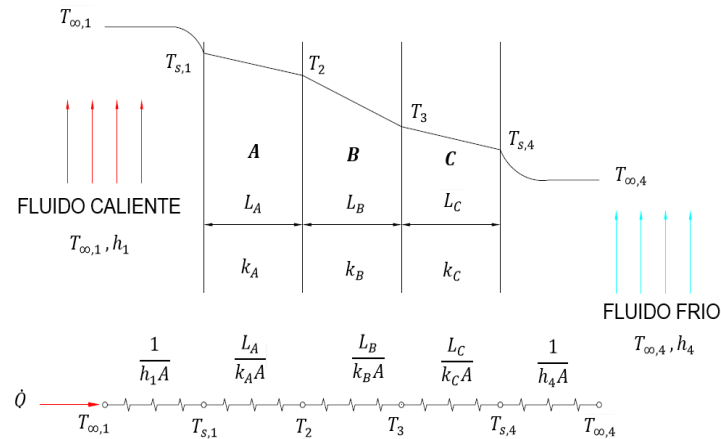
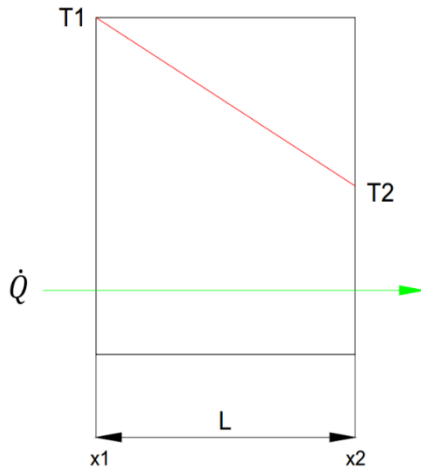
Razón de conducción de calor $\alpha \frac{(\text{Área})(\text{Diferencia de temperatura})}{\text{Espesor}}$



$$\dot{Q}_{cond} = kA \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (W)$$

$$\Delta x \rightarrow 0$$

$$\dot{Q}_{cond} = kA \frac{dT}{dx} \quad (W)$$

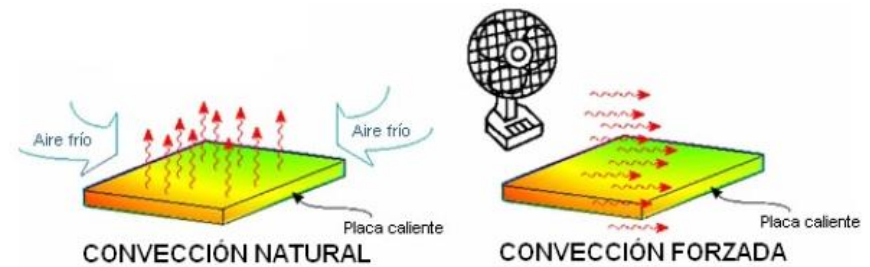
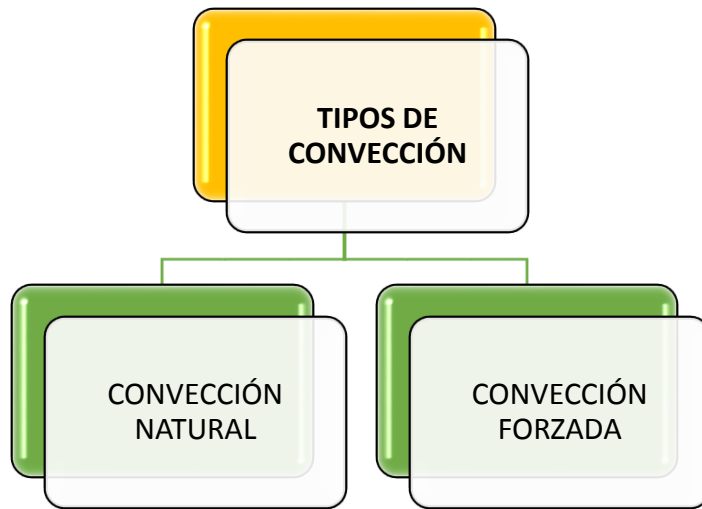


$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 4}}{\sum R_{tot}}$$

\dot{Q} (en W) la cantidad de calor transferido por unidad de tiempo



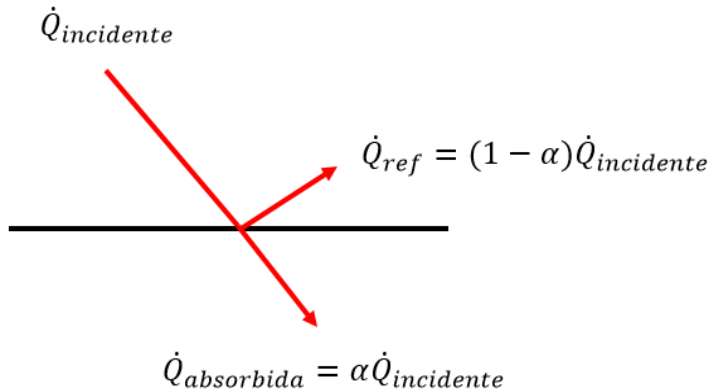
CONVECCIÓN



$$\dot{Q}_{conv} = h * A_S(T_S - T_{\infty})$$



RADIACIÓN



$$\dot{Q}_{emitida,max} = \tau * A_s * T_s^4 \quad (W)$$

$$\tau = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\dot{Q}_{emitida} = \varepsilon * \tau * A_s * T_s^4 \quad (W)$$

$$0 \leq \varepsilon \leq 1,$$

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

$$\dot{Q}_{absorbida} = \alpha\dot{Q}_{incidente} \quad (W)$$

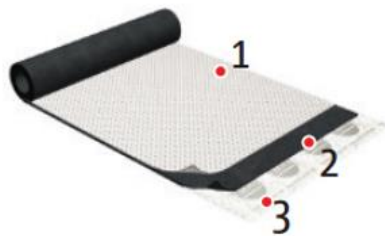
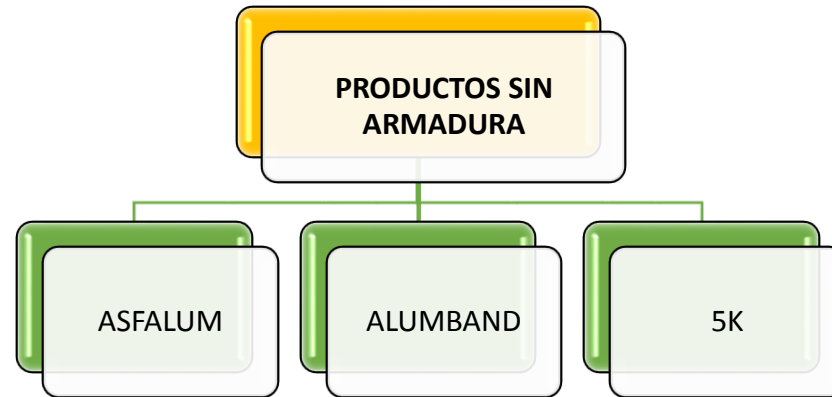
$$\dot{Q}_{radiación} = \varepsilon * \sigma * A_s (T_s^4 - T_{alred}^4) \quad (W)$$

absorción > emisión → **Superficie está ganando energía.**

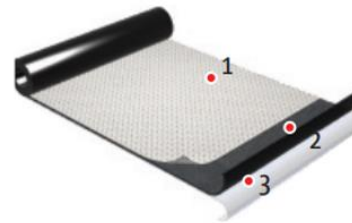
absorción < emisión → **Superficie está perdiendo**



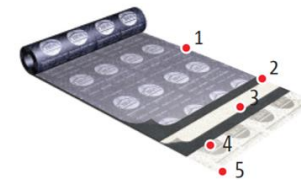
LÁMINAS ASFÁLTICAS



1. Protección de foil de aluminio gofrado
2. Asfalto modificado con polímeros
3. Polietileno termofusible



1. Protección de foil de aluminio
2. Asfalto modificado con polímeros
3. Polietileno desprendible



1. Polietileno termofusible
2. Mástico asfáltico
3. Armadura de polietileno de alta densidad
4. Mástico asfáltico
5. Polietileno termofusible



DISEÑO DEL SISTEMA



CONDICIONES Y PARÁMETROS DEL DISEÑO

LIMITANTES:

- La altura total del sistema no debe superar los 2 metros de altura.
- La temperatura máxima de entrada de la lámina es de 160°C y al salir del sistema de enfriamiento no debe superar los 40°C .
- Considerar el máximo recorrido posible de la lámina

Eficiencia de enfriado

Dimensiones y espacio

Costo de materiales

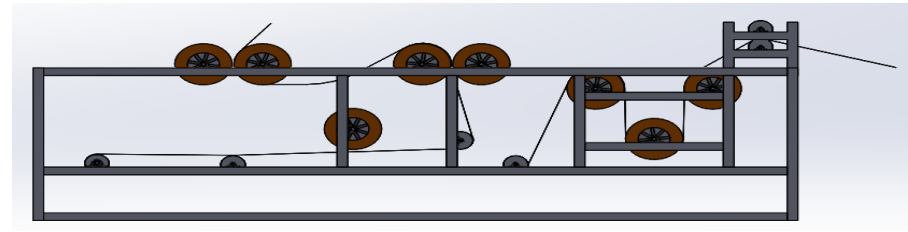
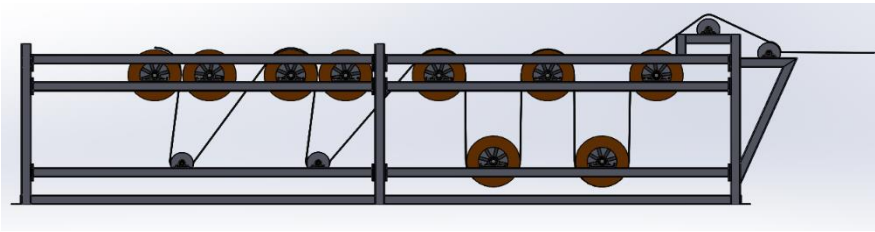
Costo de fabricación

Costo de mantenimiento

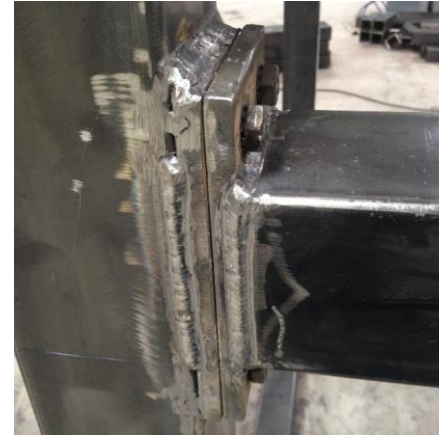


ALTERNATIVAS DE DISEÑO

PARA LA ESTRUCTURA:



TIPO DE UNIÓN:



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ALTERNATIVAS DE DISEÑO

SISTEMA DE TRANSMISIÓN:

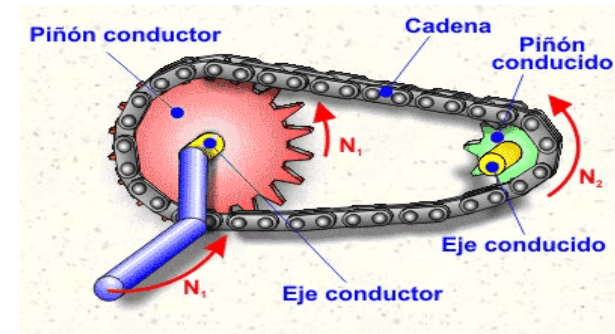


BANDAS

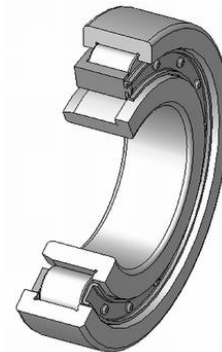
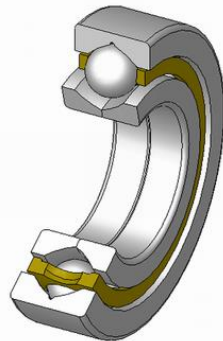
- Al ser una banda de un material gomoso, es mucho menos ruidosa que una cadena
- El costo de fabricación de una correa es hasta un 60% inferior que de una cadena
- Potencia que se puede transmitir es limitada.

CADENAS

- Es muy poco probable que se llegue a romper, lo que evita una de las averías más graves que se pueden producir en un motor.
- La duración con respecto a las bandas es mucho mayor.

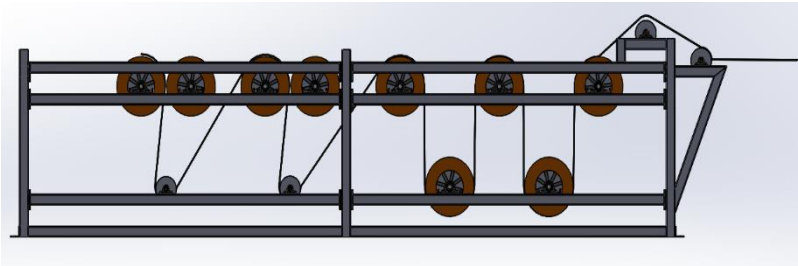


CHUMACERAS Y RODAMIENTOS PARA RODILLOS INTERNOS

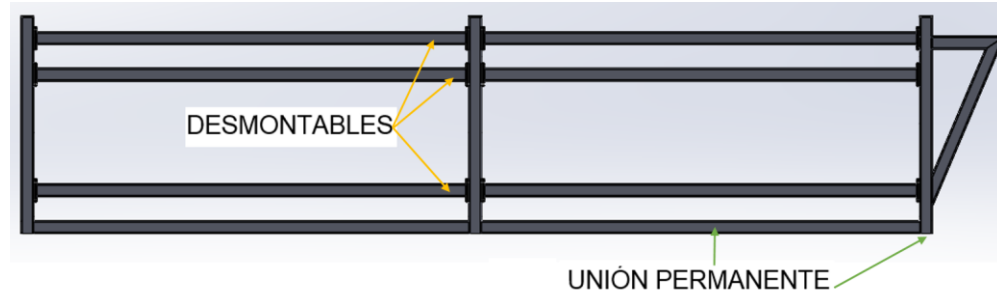


SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

ESTRUCTURA:



TIPO DE UNIÓN:



SISTEMA DE TRANSMISIÓN:

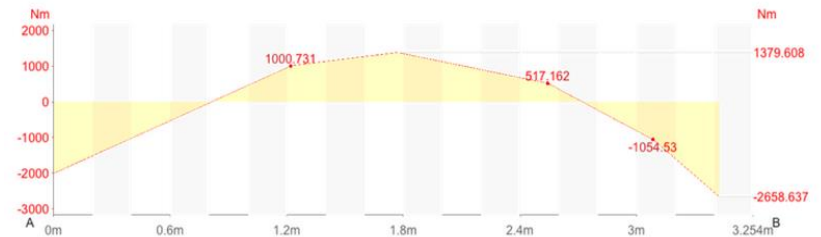
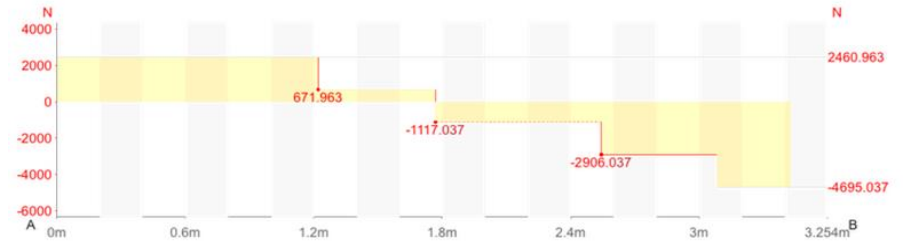
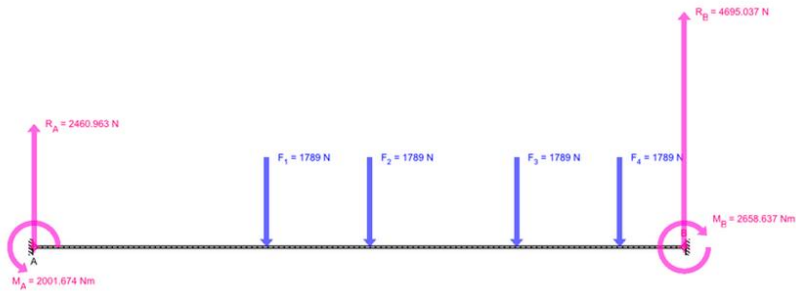
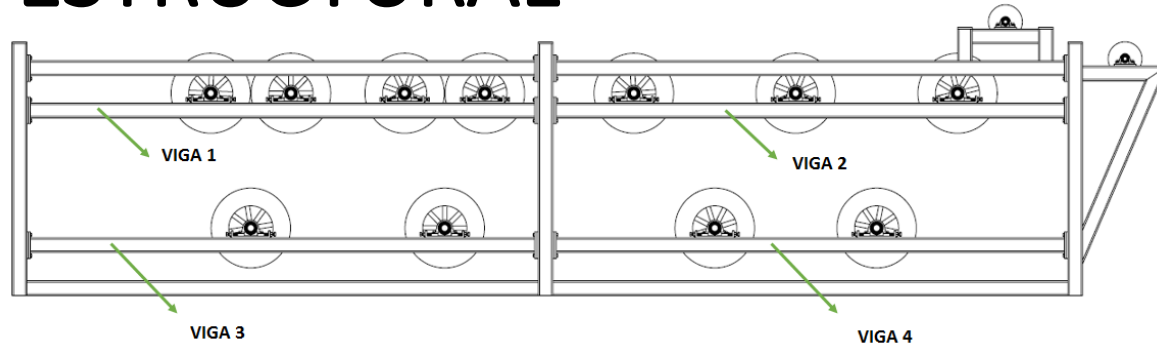


RODAMIENTOS PARA RODILLOS:



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

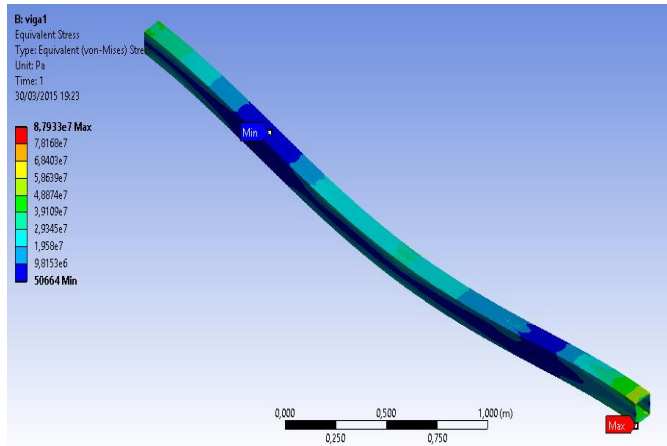
DISEÑO ESTRUCTURAL



Force	Direction	Size	Angle
R_A	\uparrow	2460.963 N	90.0°
R_B	\uparrow	4695.037 N	90.0°

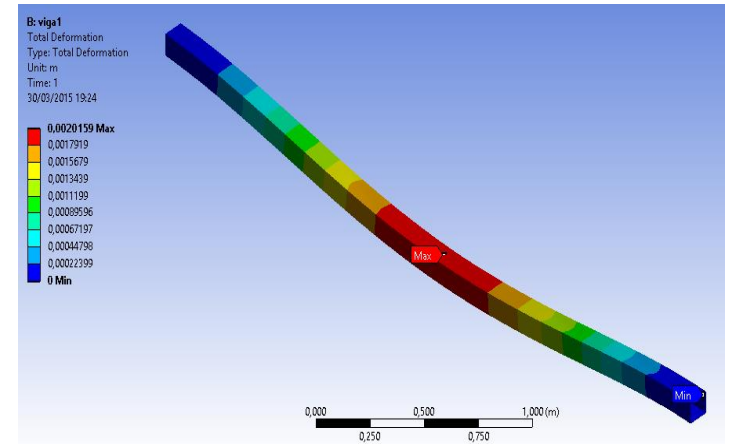
Moment	Direction	Size
M_A	\curvearrowright	2001.674 Nm
M_B	\curvearrowleft	2658.637 Nm



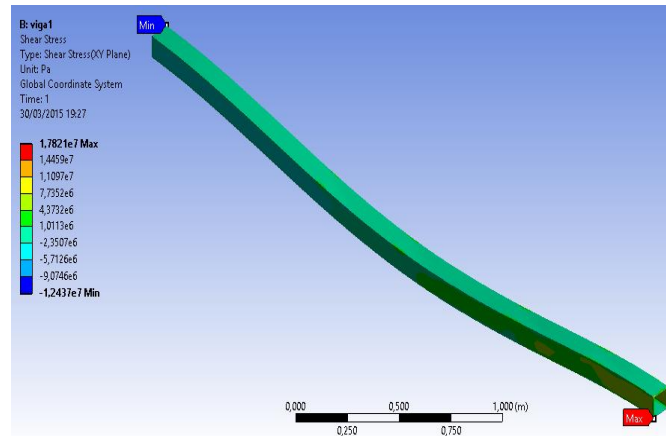


ESFUERZO DE VON MISES

ESFUERZO DE CORTE



DEFORMACIÓN MÁXIMA



ANÁLISIS DE VIGAS

#	L_{viga} (m)	σ_{viga} (Pa)	τ_{viga} (Pa)	δ_{viga} (m)	F.S
1	3.427	8.7933×10^7	1.7821×10^7	0.0020159	2.84
2	3.452	5.1393×10^7	8.6006×10^6	0.0013643	4.86
3	3.427	4.2059×10^7	7.5884×10^6	0.0010279	5.94
4	3.452	4.2326×10^7	6.5088×10^6	0.0012615	5.90



RODAMIENTOS Y CHUMACERAS

Carga dinámica equivalente del rodamiento:

$$P = XF_r + YF_a \rightarrow F_a/F_r > e$$

Carga radial real del rodamiento:

$$\begin{aligned} \text{Carga radial del rodamiento} &= F_r = \text{Peso del rodillo } 540 \text{ mm} + 3.5 \text{ kN} \\ F_r &= 4.088 \text{ kN} \end{aligned}$$

Carga axial real del rodamiento:

$$F_a = 2.0 \text{ kN}$$

$$f_o = 14$$

Relación de carga axial relativa:

$$\text{Relación de carga axial relativa} = \frac{f_o \times F_a}{C_o}$$

$$C_o = 21 \text{ kN}$$

$$\text{Relación de carga axial relativa} = 1.33$$

Y-bearing series (sizes)	Factor f_o
YET 2, YEL 2, YAT 2, YAR 2, YSA 2 K, 17262(00)-2RS1	
03, 04	13
05 - 12	14
13 - 18	15
20	14
17263(00)-2RS1	
05	12
06 - 10	13



Calculation factors						
Thrust load $f_0 F_a / C_0$	Y-bearing series			17262(00), 17263(00)		
	e	X	Y	e	X	Y
0,172	0,29	0,46	1,88	0,19	0,56	2,30
0,345	0,32	0,46	1,71	0,22	0,56	1,99
0,689	0,36	0,46	1,52	0,26	0,56	1,71
1,03	0,38	0,46	1,41	0,28	0,56	1,55
1,38	0,40	0,46	1,34	0,30	0,56	1,45
2,07	0,44	0,46	1,23	0,34	0,56	1,31
3,45	0,49	0,46	1,10	0,38	0,56	1,15
5,17	0,54	0,46	1,01	0,42	0,56	1,04
6,89	0,54	0,46	1,00	0,44	0,56	1,00

Capacidad de carga dinámica:

$$P = 0.46(4.088kN) + 1.35(2.0 kN)$$

$$P = 4.5804 kN$$

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} \times L_{10}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} \times \left(\frac{C}{P} \right)^3$$

$$C = \left(\frac{L_{10h} \times 60n}{10^6} \right)^{1/3} \times P$$



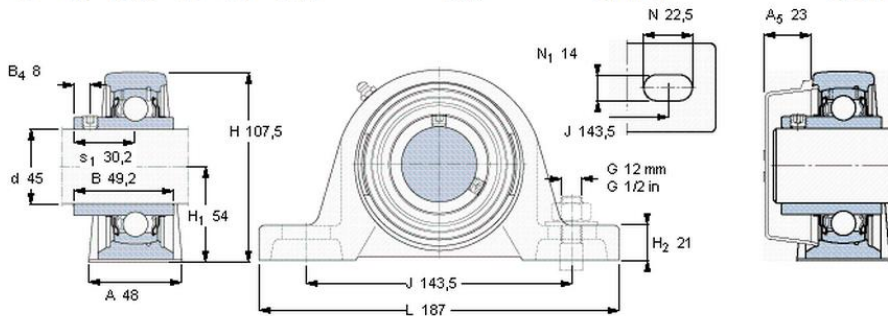
Guideline values of requisite basic rating life L_{10h} for Y-bearings and Y-bearing units

Type of machine	Requisite basic rating life L_{10h} operating hours
Machines used for short periods or intermittently	
Agricultural and ancillary transport equipment	1 000 to 2 000
Other agricultural equipment	4 000 to 8 000
Machines used 8 hours per day but not always fully utilized	
Belt conveyors	12 000 to 20 000
Machines used 8 hours per day and fully utilized	
Light duty fans, textile machinery	20 000 to 30 000

$$C = \left(\frac{20000 \times 60 \times 200 \text{ rpm}}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} \times 4.5804 \text{ kN}$$

$$C = 28.4647 \text{ kN}$$

Dimensiones principales					Capacidades de carga básica		Referencias		
d	A	H	H ₁	L	dinámica C	estática C ₀	Unidad de rodamientos	Soporte	Rodamiento
mm					kN		-		
45	48	107,5	54	187	33,2	21,6	SY 45 TF	SY 509 M	YAR 209-2F



Prisionero

Par de apriete recomendado [Nm]
Tamaño de la llave hexagonal [mm]

Tapa lateral

M8x1

6,5

4

ECY 209



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

SISTEMA DE TRACCIÓN

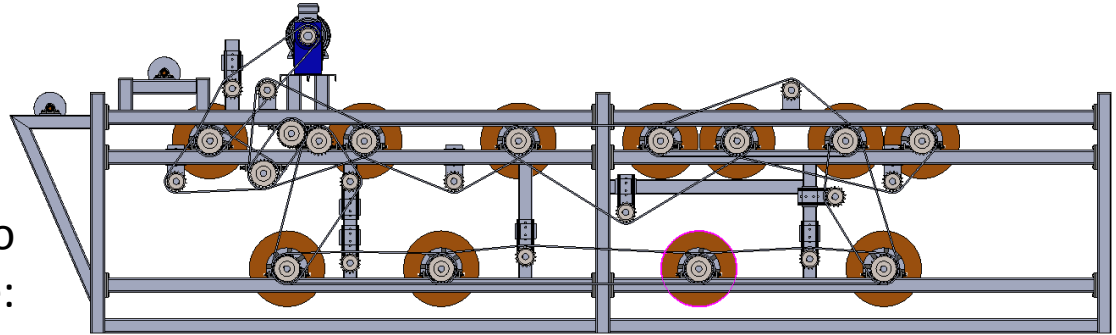
MOTORREDUCTOR:

El producto más pesado corresponde a 5K con un peso de:

$$6.29 \frac{kg}{m}$$

$$m_{5k} = 100m \times 6.29 \frac{kg}{m}$$

$$m_{5k} = 629 \text{ kg}$$



La fuerza tangencial requerida por el motor es:

$$F_{tM} = \mu_T \times g \times \left(\frac{m_{5k}}{2} \right) + \mu_R \times g \times \left(m_r + \frac{m_{5k}}{2} \right)$$

$$F_{tM} = 0.33 \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times \left(\frac{629 \text{ kg}}{2} \right) + 0.033 \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times \left(\left(365 \text{ kg} \times 11 \right) + \frac{629 \text{ kg}}{2} \right)$$

$$F_{tM} = 2419.72 \text{ N}$$



$$F_{tM} = 2419.72 \times 3.2$$

$$F_{tM} = 7743 \text{ N}$$

Potencia del motor:

$$P_m = \frac{F_{tM} \times u_l}{n_m}$$

$$P_m = \frac{7743 \text{ N} \times 0.33 \text{ m/s eg}}{0.8}$$

$$P_m = 3194 \text{ W} \rightarrow 4.29 \text{ HP}$$

MOTOR MR 2I 63 UC2A	
Potencia de entrada	7.5 HP
Velocidad del motor	202 r.p.m
Relación de transmisión	8.91



PIÑONES:

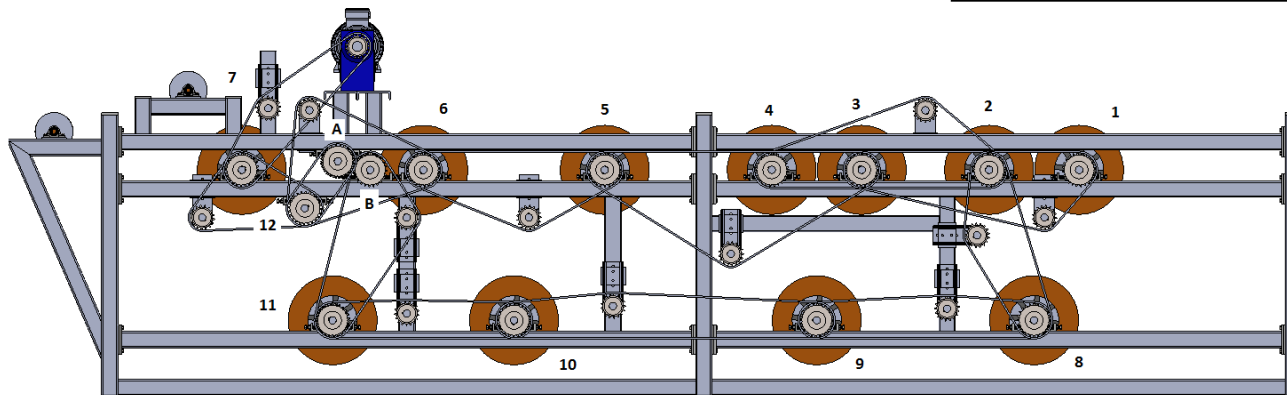
Revolución de los rodillos:

$$Rev_{rodillos} = \frac{u_l}{\Phi_{rodillo} \times \pi}$$

$$Rev_{rodillos} = \frac{0.33 \frac{m}{seg}}{540 \text{ mm} \times \frac{1m}{1000 \text{ mm}} \times \pi}$$

$$Rev_{rodillos} = \frac{0.195}{seg} = 11.7 \text{ r.p.m}$$

PIÑON	PIÑON	UBICACIÓN
1	3	2° Posición
2	8	1° Posición
2	4	2° Posición
3	5	1° Posición
6	5	2° Posición
9	8	2° Posición
9	10	1° Posición
10	11	2° Posición
11	B	1° Posición
12	A	3° Posición
12	7	2° Posición
12	6	1° Posición
7	MOTOR	2° Posición



CADENA

ESPECIFICACIONES CADENA					
CADENA	PASO (mm)	ANCHO (mm)	RESISTENCIA MÍNIMA A LA TENSIÓN (N)	PESO PROMEDIO (N/m)	DIÁMETRO DEL RODILLO (mm)
AISI N° 80	25.4	15.88	55600	25	15.87

Potencia de diseño:

$$P_d = P_{motor} \times k_s$$

$$P_d = 9.75 \text{ H.P}$$

$$P_d = 7.5 \text{ H.P} \times 1.3$$

Potencia corregida:

$$P_c = k_1 \times k_2 \times H_r$$

$$P_c = 2 \times 1 \times 5.57$$

$$P_c = 11.14 \text{ H.P}$$

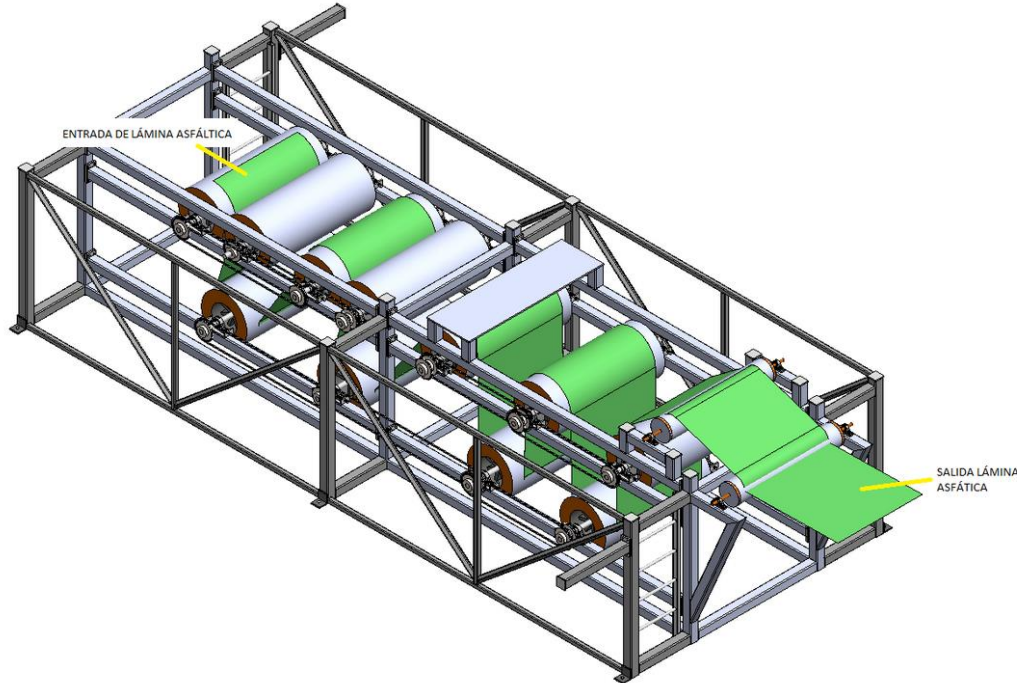
Factor de seguridad de
la cadena

$$F.S_{cadena} = \frac{P_c}{P_d}$$

$$F.S_{cadena} = 1.14$$



DISEÑO TÉRMICO



Temperatura de entrada de la lámina: 160°C

Temperatura de entrada del agua: 20°C

Largo de la lámina: 12 metros

Espesor de la lámina: 4 mm

Velocidad de la lámina: 20 metros/minuto =
0.33 metros/segundo

TEMPERATURA DE LAMINACIÓN (°C)

	MIN	MAX
ASFALUM	140	160
ALUMBAND	120	155
SUPER K	140	160



TEMPERATURA DE SALIDA DEL SISTEMA

$V_{fluido} \equiv V_{pared}$ \longrightarrow Condiciones de NO deslizamiento

Propiedades de la lámina:

$$\rho_{asfalto} = 1250 \frac{kg}{m^3}$$

$$Cp_{asfalto} = 1700 \frac{J}{Kg^{\circ}K}$$

$$k_{asfalto} = 0.75$$

Temperatura de película:

$$T_F = \frac{T_s + T_{\infty}}{2}$$

$$T_F = \frac{160^{\circ}C + 20^{\circ}C}{2}$$

$$T_F = 90^{\circ}C$$



Se encuentra las propiedades del agua, estos valores han sido tomados de la tabla A-9 de Transferencia de calor y masa. Cengel Yunus. 3° Edición

$$P_{sat} = 70,14 \text{ KPa}$$

$$\rho_{agua} = 965,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Cp_{agua} = 4206 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{K}}$$

$$k_{agua} = 0,675 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

$$\mu_{agua} = 0,315 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{ms}}$$

$$Pr = 1,96$$



Número de Reynolds:

$$Re_L = \frac{\rho_{agua} * V_{fluido} * L}{\mu_{agua}}$$

$$Re_L = \frac{965.3 \frac{Kg}{m^3} * 0,33 \frac{m}{s} * 12m}{0,315 \times 10^{-3} \frac{Kg}{ms}}$$

$$Re_L = 12135200$$

$$12135200 > 200000$$

∴ FLUJO TURBULENTO

Número de Nusselt:

$$Nu = \frac{hl}{k} = 0,037 Re^{0,8} Pr^{1/3} \quad 0.6 \leq Pr \leq 60$$

$$Nu = 0,037 * 12135200^{0,8} (1,96)^{1/3}$$

$$Nu = 21520.78$$



Coeficiente de transferencia de calor por convección:

$$h = \frac{k}{L} Nu$$

$$h = \frac{0,675 \frac{W}{m^{\circ}K}}{12m} * 21520.78$$

$$h = 1210.54 \frac{W}{m^2 \circ K}$$

Área superficial:

$$As = L \times a \times l$$

$$As = 12m * 1m * 2 \text{ lados}$$

$$As = 24 m^2$$



Transferencia de calor por convección:

$$\dot{Q}_{conve} = h * As * (T_s - T_{\infty})$$

$$\dot{Q}_{conve} = 1210.24 \frac{W}{m^2 \cdot K} * 24m^2 * (438^{\circ}K - 293^{\circ}K)$$

$$\dot{Q}_{conve} = 4212692.27W$$

Transferencia de calor por radiación:

$$\dot{Q}_{alre} = \varepsilon * \sigma * As * (T_s^4 - T_{alre}^4)$$

$$\dot{Q}_{alre} = 0,9 * 5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4} * 24 m^2 * (438^4 - 293^4) \cdot K^4$$

$$\dot{Q}_{alre} = 36048,49 W$$



Transferencia de calor total:

$$\dot{Q}_{TOTAL} = \dot{Q}_{conve} + \dot{Q}_{alre}$$

$$\dot{Q}_{TOTAL} = 4212692.27 + 36048,49 W$$

$$\dot{Q}_{TOTAL} = 4248740.76 W$$

Gasto de masa:

$$\dot{m}_{lámina} = \rho_{lámina} * A_c * V_{lámina}$$

$$\dot{m}_{lámina} = 1250 \frac{Kg}{m^3} * (12m * 0,004 m) * 0,33 \frac{m}{s}$$

$$\dot{m}_{lámina} = 19.8 \frac{Kg}{s}$$



Cálculo de la temperatura final:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{lámina} C_{p_{lámina}} * (T_2 - T_s)$$

$$T_2 = T_s + \frac{\dot{Q}_{TOTAL}}{\dot{m}_{lámina} * C_{p_{lámina}}}$$
$$T_2 = 160 + \frac{\pm 4248740.76 \text{ W}}{19.8 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * \left(1700 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \right)}$$

$$T_2 = 33.74^\circ\text{C}$$



TEMPERATURA DE SALIDA DEL SISTEMA DE CASHAPAMBA

Producto a realizarse: ASLFALUM de 4 mm.

La temperatura de entrada de la lámina: 150°C

Temperatura inicial de la piscina: 23°C

Temperatura de salida del rollo: 23°C

Temperatura del agua después de 4 horas: 45°C

Temperatura de salida del rollo: 35°C

Temperatura de película: $T_F = \frac{150^\circ\text{C} + 23^\circ\text{C}}{2}$

$$T_F = 86.5^\circ\text{C}$$



Se encuentra las propiedades del agua, estos valores han sido tomados de la tabla A-9 de Transferencia de calor y masa. Cengel Yunus. 3° Edición

$$P_{sat} = 70,14 \text{ KPa}$$

$$\rho_{agua} = 967.26 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Cp_{agua} = 4202.5 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{K}}$$

$$k_{agua} = 0,6736 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$$

$$\mu_{agua} = 3.276 \times 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{ms}}$$

$$Pr = 2.044$$



Número de Reynolds:

$$Re_L = \frac{\rho_{agua} * V_{fluido} * L}{\mu_{agua}}$$

$$Re_L = \frac{967.26 \frac{Kg}{m^3} * 0,33 \frac{m}{s} * 12m}{3.276 \times 10^{-4} \frac{Kg}{ms}}$$

$$Re_L = 11692153.85$$

$$11692153.85 > 200000$$

\therefore FLUJO TURBULENTO

Número de Nusselt:

$$Nu = \frac{hl}{k} = 0,037 Re^{0,8} Pr^{1/3} \quad 0.6 \leq Pr \leq 60$$

$$Nu = 0,037 * 11692153.85^{0,8} (2.044)^{1/3}$$

$$Nu = 21184.146$$



Coeficiente de transferencia de calor por convección:

$$h = \frac{0,6736 \frac{W}{m^{\circ}K}}{12m} * 21184.146$$

$$h = 1189.136 \frac{W}{m^2 \circ K}$$

Área superficial:

$$As = L \times a \times l$$

$$As = 12m * 1m * 2 \text{ lados}$$

$$As = 24 m^2$$



Transferencia de calor por convección:

$$\dot{Q}_{conve} = h * A_s * (T_s - T_{\infty})$$

$$\dot{Q}_{conve} = 1189.136 \frac{W}{m^2 \cdot K} * 24 m^2 * (438^{\circ}K - 293^{\circ}K)$$

$$\dot{Q}_{conve} = 4138195.918 W$$

Transferencia de calor por radiación:

$$\dot{Q}_{alre} = \varepsilon * \sigma * A_s * (T_s^4 - T_{alre}^4)$$

$$\dot{Q}_{alre} = 0,9 * 5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4} * 24 m^2 * (438^4 - 293^4)^{\circ}K^4$$

$$\dot{Q}_{alre} = 36048,49 W$$



Transferencia de calor total:

$$\dot{Q}_{TOTAL} = \dot{Q}_{conve} + \dot{Q}_{alre}$$

$$\dot{Q}_{TOTAL} = 4138195.9018 + 36048,49 W$$

$$\dot{Q}_{TOTAL} = 4174244.408 W$$

Gasto de masa:

$$\dot{m}_{lámina} = \rho_{lámina} * A_c * V_{lámina}$$

$$\dot{m}_{lámina} = 1250 \frac{Kg}{m^3} * (12m * 0,004 m) * 0,33 \frac{m}{s}$$

$$\dot{m}_{lámina} = 19.8 \frac{Kg}{s}$$



Cálculo de la temperatura final:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{lámina} C_{p_{lámina}} * (T_2 - T_s)$$

$$T_2 = T_s + \frac{\dot{Q}_{TOTAL}}{\dot{m}_{lámina} * C_{p_{lámina}}}$$

$$T_2 = 150 + \frac{\pm 4174244.408 \text{ W}}{19.8 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * \left(1700 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \right)}$$

$$T_2 = 26^\circ\text{C}$$

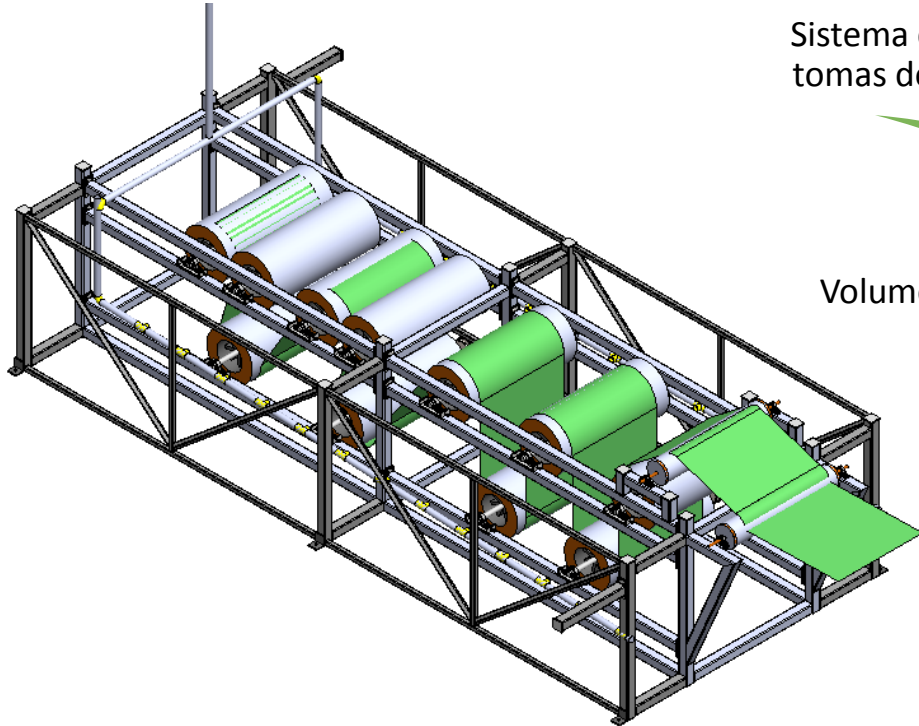


Cálculo del porcentaje de error:

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Valor}_{\text{real}} - \text{Valor}_{\text{teórico}}}{\text{Valor}_{\text{teórico}}}$$
$$\% \text{ error} = \frac{26^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C}}{23^{\circ}\text{C}} \times 100$$
$$\% \text{ error} = 13.043\%$$



SISTEMA DE AGUA



Sistema cuenta con 12 tomas de ½" cada una

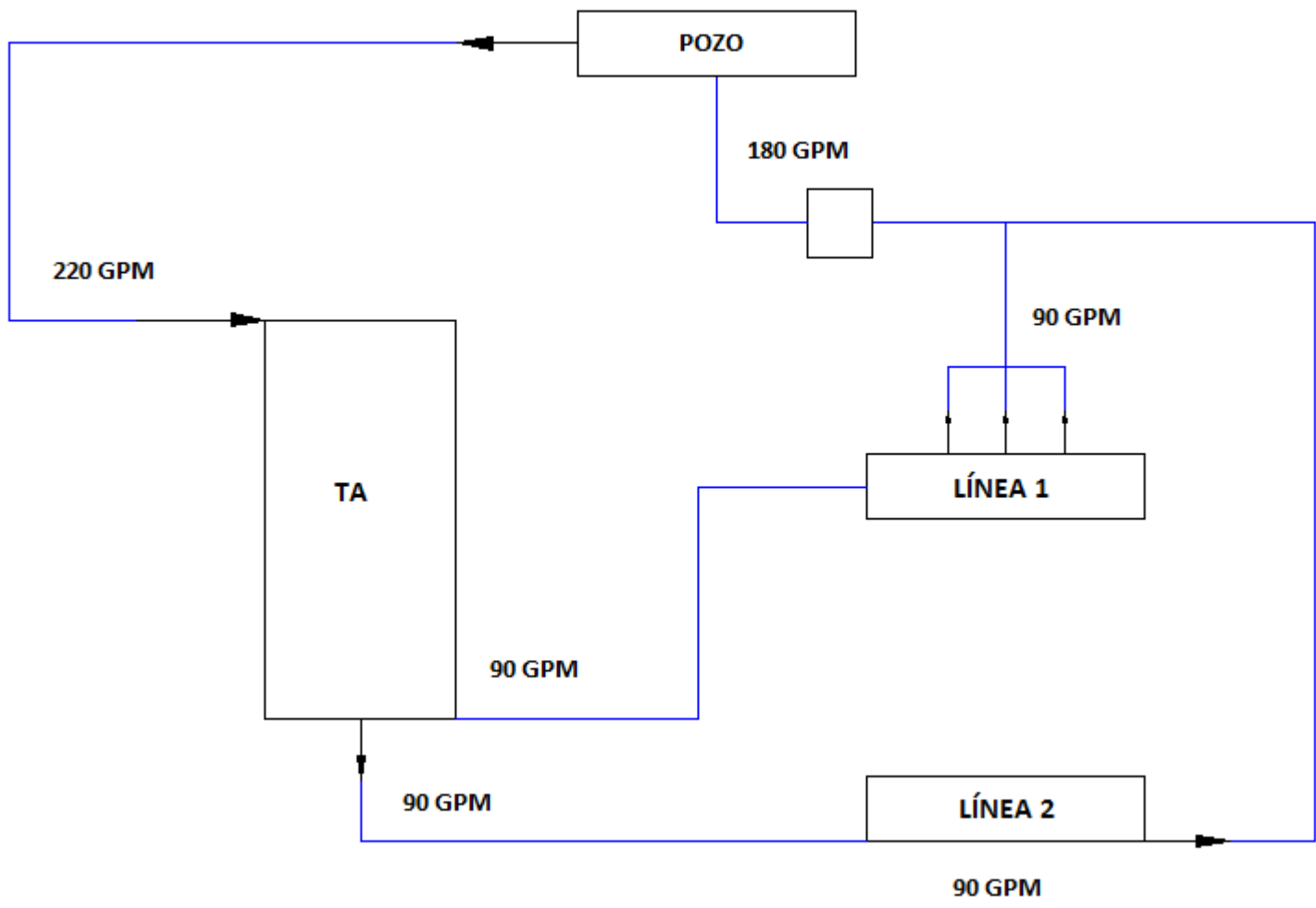
Volumen de agua 35000 litros

Tiempo de llenado de la piscina es de 1 hora y 10 minutos

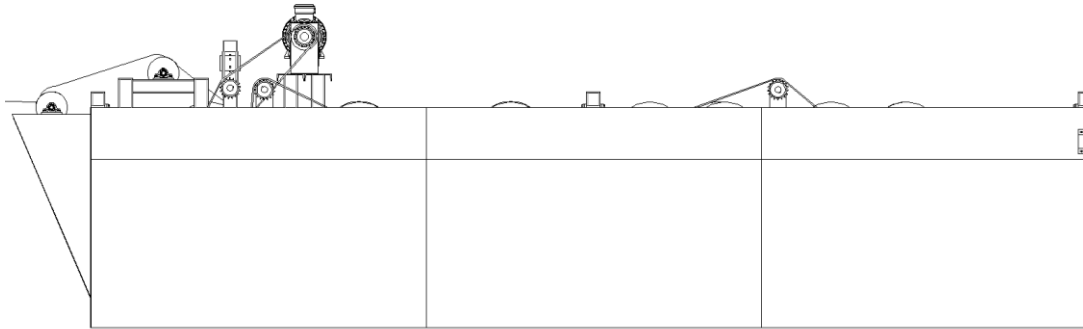
Vaciado del sistema en 1 horas y 45 minutos

Bomba de 7.5 H.P





FUERZA SOBRE LAS PAREDES DEL SISTEMA



Fuerza resultante del agua:

$$Fr_{agua} = p_{prom} \times A$$

$$p_{prom} = \gamma \left(\frac{d}{2} \right)$$

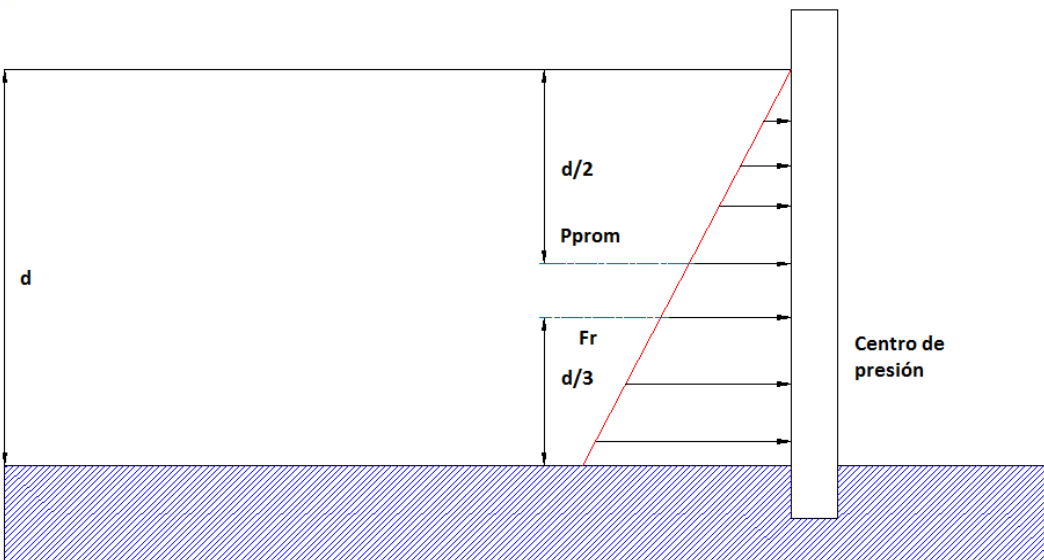
$$Fr_{agua} = \gamma \left(\frac{d}{2} \right) \times A$$

$$Fr_{agua} = 10000 \frac{N}{m^3} \left(\frac{1.6}{2} m \right) \times (7.3 \times 1.6 m^2)$$

$$Fr_{agua} = 93440 N$$

Centro de presión:

$$\frac{d}{3} = \frac{1.6}{3} = 0.53 \text{ metros}$$



CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

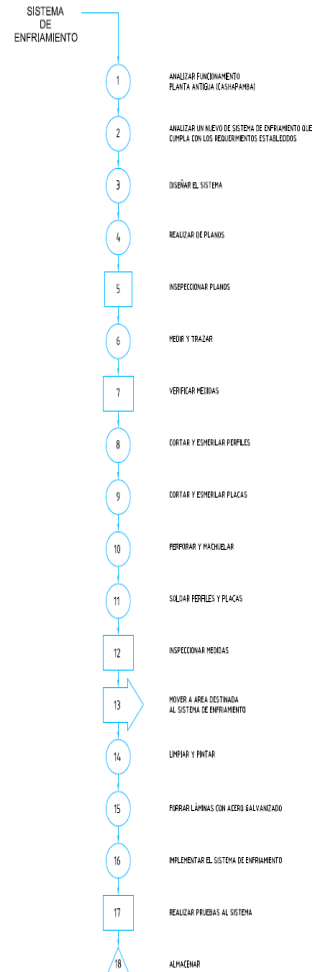


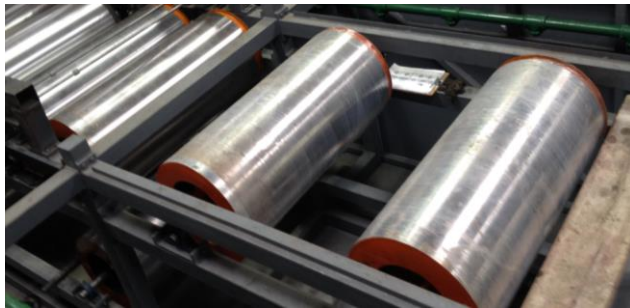
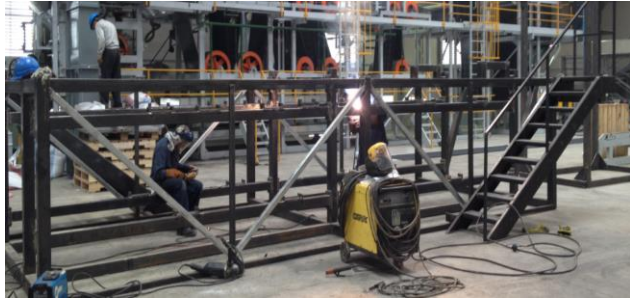
LISTA DE MATERIALES UTILIZADOS

N°	DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN	CANTIDAD
1	Perfil estructural cuadrado	100 × 4 mm (6m/perfil)	15 U
2	Perfil laminado en platina	100 × 12 mm (6m/platina)	5 U
3	Planchas navales (bovina) $e = 4.0 \text{ mm}$	1500 × 7300 mm	859.58 Kg
4	Planchas de acero galvanizado (fleje) $e = 2.8 \text{ mm}$	1220 × 3000 mm	80.45 Kg
5	Planchas de acero galvanizado (fleje) $e = 2.8 \text{ mm}$	1220 × 7000 mm	391.5 Kg
6	Planchas de acero galvanizado $e = 2.8 \text{ mm}$	4 × 8 pies	7 U
7	Perfil "C"	200 × 50 × 3 mm (6m/perfil)	5 U
8	Perfil estructural cuadrado	50 × 3 mm (6m/perfil)	10 U
9	Perfil estructural cuadrado	30 × 2.6 mm (6m/perfil)	4 U
10	Angulo "L"	40 × 40 mm (6m/ángulo)	5 U
11	Eje SAE 1018	$\phi = 1"$	7 m
12	Eje SAE 1018	$\phi = 3/4"$	9 m
13	Chumaceras SKF	$\phi = 45 \text{ mm}$	22 U
14	Chumaceras SKF	$\phi = 25 \text{ mm}$	4 U
15	Chumaceras SKF	$\phi = 1"$	8 U
16	Pernos acero grado 8	1/2 × 1"	130 U
17	Arandelas negras estriada	1/2"	130 U
18	Pernos acero grado 8	3/8 × 1"	40 U
19	Arandela estriada negra	3/8"	40 U
20	Perno acero grado 8	5/16 × 1"	36 U
21	Arandela estriada negra	5/16"	36 U



CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBAS DEL SISTEMA



PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Prueba de fugas
en la piscina

Temperatura del
mastico

Temperatura
ambiente

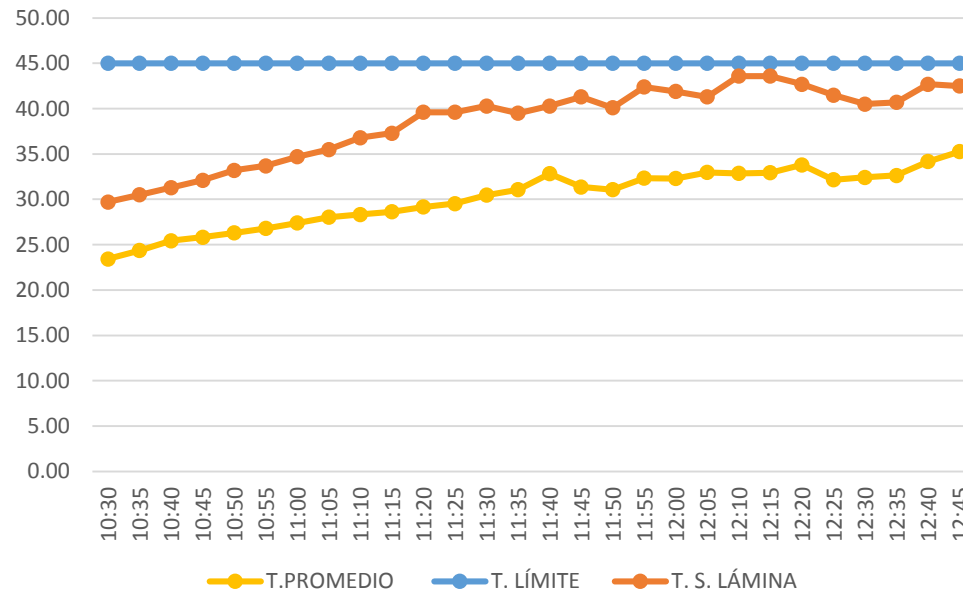
Temperatura
inicial del agua de
la piscina

Temperatura final
del agua de la
piscina

Temperatura de la
lámina a la
entrada de la
piscina

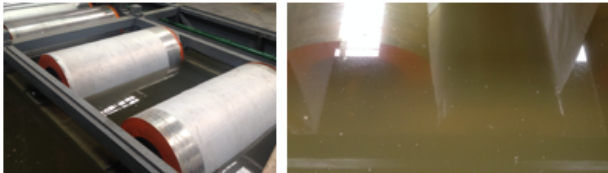
Temperatura de la
lámina a la salida
de la piscina





REPORTE TECNICO DE PRUEBA			1																												
PRUEBA DE ESTANQUEIDAD																															
Fecha:	08 de mayo del 2015	Lugar:	Imptek – Planta Inga																												
		Localización:	Pichincha – Ecuador																												
Objetivo: Comprobar que en el sistema de enfriamiento para el proceso de laminación de membrana sin armadura en la línea de producción N°2, no posea ninguna fuga de agua																															
Metodología: Una vez terminada la construcción del sistema de enfriamiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar visualmente la posible existencia de fugas. 2. Llenar el sistema de agua y dejarlo en estanqueidad alrededor de 24 horas. 3. Verificar la existencia de fugas. 4. Identificar la existencia de fugas. 5. Tapar todas las fugas. 6. Repetir el proceso. 																															
Validación: El sistema ha sido lleno en dos partes, con un tiempo de llenado de 1 hora y 8 minutos en total. En la primera parte de llenado se pudo observar 11 fugas y en la última parte del llenado se observó 1 fuga, clasificadas de la siguiente manera:																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FUGA</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>FUGA</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>Crítica, ángulo de unión no está soldado. (Reforzar suelda 7018)</td> <td>G</td> <td>Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)</td> <td>H</td> <td>Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)</td> <td>I</td> <td>Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)</td> <td>J</td> <td>Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)</td> <td>K</td> <td>Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)</td> <td>L</td> <td>Crítica, perforación en la pared del sistema (rellenar la perforación y reforzar soldadura)</td> </tr> </tbody> </table>				FUGA	DESCRIPCIÓN	FUGA	DESCRIPCIÓN	A	Crítica, ángulo de unión no está soldado. (Reforzar suelda 7018)	G	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)	B	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)	H	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)	C	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)	I	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)	D	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)	J	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)	E	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)	K	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)	F	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)	L	Crítica, perforación en la pared del sistema (rellenar la perforación y reforzar soldadura)
FUGA	DESCRIPCIÓN	FUGA	DESCRIPCIÓN																												
A	Crítica, ángulo de unión no está soldado. (Reforzar suelda 7018)	G	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)																												
B	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)	H	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)																												
C	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)	I	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)																												
D	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)	J	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)																												
E	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)	K	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)																												
F	Leve, reforzar soldadura (electrodo 7018)	L	Crítica, perforación en la pared del sistema (rellenar la perforación y reforzar soldadura)																												
																															
Conclusiones: Todas las fugas de agua han sido señaladas con tinta correctora para su posterior solución. Al realizar la prueba de fugas, se llegó a determinar la existencia de fugas, la mayoría de las fugas están dadas en la parte inferior del sistema, fallas en el cordón de soldadura y una perforación en el sistema.																															
ELABORADOR POR: María José Meléndez																															
REVISADO POR: Patricio Crespo																															
APROBADO POR: Esteban Castro																															



REPORTE TECNICO DE PRUEBA		2
PRUEBA DE RECIRCULACION		
Fecha: 08 de mayo del 2015	Lugar: Imptek – Planta Inga	Localización: Pichincha – Ecuador
Objetivo: Comprobar los tiempos de llenado y vaciado del sistema de enfriamiento.		
Metodología: <ol style="list-style-type: none"> 1. Prender todas las bombas, de uso del sistema. 2. Abrir tomas de agua. 3. Cronometrar tiempos de llenado del sistema. 4. Cerrar tomas de agua. 5. Apagar la bomba. 6. Cronometrar tiempos de vaciado del sistema. 7. Repetir el proceso. 		
Validación: <p>El sistema ha sido totalmente lleno de agua, en dos etapas, en la primera etapa se completó aproximadamente el 60% de la piscina y el tiempo de llenado ha sido de aproximadamente 37 minutos, en la segunda etapa el tiempo de llenado fue de alrededor de 31 minutos; teniendo un tiempo en total de una hora y ocho minutos. Se pierde caudal en las romas de agua, en la última toma prácticamente no existe flujo de agua.</p> <p>En el vaciado, la bomba de 5 HP (de alta presión y de bajo caudal) no es suficiente para trabajar con tanta capacidad de agua, por lo que el desfogue del agua de la piscina se demoró alrededor de dos horas y media, y no fue posible vaciar toda la piscina, debido a la altura que estaba colocada la bomba.</p>		
		
Conclusiones: <p>En comparación con el tiempo de llenado de la piscina de Cashapamba se mejoró el tiempo en un 72%, siendo este solo de 1 hora y 8 minutos, mejorando los tiempos de producción.</p> <p>Se debe mejorar a la bomba de vaciado, ya que la potencia que tiene de 5 HP, no es suficiente para el desfogue de tanta agua.</p> <p>Para mejorar los tiempos de llenado y que todas las tomas de agua tengan el mismo caudal de agua, se debe cambiar los diámetros de las tomas, a máximo de 1/2"</p>		
ELABORADO POR: María José Meléndez		
REVISADO POR: Patricio Crespo		
APROBADO: Esteban Castro		



ANÁLISIS ECONÓMICO



COSTOS TOTALES

COSTOS DIRECTOS	
DESCRIPCIÓN	(\$) COSTO
Costo de materiales- estructura	4779.16
Costo de accesorios	1559.5
Costo de consumibles	836.49
Costo de mano de obra directa	13680.0
TOTAL	\$ 20855.15

COSTOS INDIRECTOS	
DESCRIPCIÓN	(\$) COSTO
Costos de materiales indirectos	195.6
Costos de misceláneos	904.0
TOTAL	\$ 1099.6

COSTO TOTAL	
DESCRIPCIÓN	(\$) COSTO
Costos directos	20855.15
Costos indirectos	1099.6
TOTAL	\$ 21954.75



ESTUDIO ECONÓMICO

PROMEDIO DE DESPERDICIOS AÑO 2014				
PRODUCTO	CANTIDAD (m ²)	TOTAL (Kg)	DESPERDICIO (Kg)	DESPERDICIO (%)
ALUMBAND	91325	197483	608	4.60
ASFALUM	25570	77370.4	149	0.43
TOTAL	116895	274853.4	757	5.03

COSTO TOTAL DE DESPERDICIOS		
PRODUCTO	VALOR PROMEDIO (\$/m ²)	VALOR TOTAL (\$)
ALUMBAND	3.32	933.48
ASFALUM	2.37	116.70
TOTAL DE DESPERDICIOS		1050.18

REDUCCIÓN PRODUCTO DEFECTUOSO		
PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL (\$)
ALUMBAND	933.48 × 0.8 × 12	8961.41
ASFALUM	116.7 × 0.8 × 12	1120.32
TOTAL DE DESPERDICIOS		10081.73



ESTUDIO ECONÓMICO

MES	INVERSIÓN	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Egresos	-21050.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ingresos	0	10082	10,82	10082	10082	10082	10082	10082	10082	10082	10082
Saldo	-21051	10082	10082	10082	10082	10082	10082	10082	10082	10082	10082
Saldo Acumulado	-21051	-10969	-887	9194	19276	29358	39440	49521	59603	69685	79767

V.A.N	35913
T.I.R	47%
B/C	3.03
TASA DE RECUPERACIÓN	2.09 Periodos
TASA DESCUENTO	12%



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES

- Al realizar las pruebas de laminación, se determinó que la temperatura de salida de la lámina durante todo el proceso no es superior a 40°C, con la entrada constante de agua a temperatura ambiente.
- Con el nuevo sistema de enfriamiento se puede trabajar constantemente en todos los turnos de trabajo, gracias a la recirculación de agua, el agua de la piscina alcanza una temperatura superior a 30°C.
- Se prevé la eliminación del producto defectuoso por enfriamiento en alrededor del 80%, debido a que la piscina siempre va a estar con agua a temperatura ambiente, gracias a la recirculación de agua.



- El llenado de la piscina, es de alrededor de 1 hora y 10 minutos, se redujo en aproximadamente en 72% el tiempo de espera en comparación de la piscina de Cashapamba, pudiéndose producir la misma cantidad en menor tiempo.
- El sistema de arrastre funciona adecuadamente debido que todos los rodillos están conectados con piñones y cadenas, por tanto el sistema no patina.
- En el presente proyecto, se aplicaron conocimientos adquiridos en la ESPE- Universidad de las Fuerzas Armadas, específicamente en las áreas de: Transferencia de calor, diseño de elementos de máquinas, diseño mecánico, procesos de manufactura, soldadura.



RECOMENDACIONES

- Previo a la utilización del sistema leer cuidadosamente las instrucciones y recomendaciones expuestas en el manual de usuario, para asegurar la integridad del equipo y de los operadores.
- Para evitar el inicio de la corrosión, es necesario realizar mantenimientos programados cada seis meses, pintando internamente el sistema con pintura naval, y los cordones de soldadura de las paredes exteriores con galvanizado en frío (spray).
- Con la prueba de estanquidad se ha corregido todas las posibles fugas de agua, pero también se recomienda en todas las uniones de las planchas colocar un sellante de poliuretano, de igual forma cada seis meses.



- Para asegurar un enfriamiento adecuado, el agua no debe permanecer estática, es necesario que exista una recirculación constante del agua, y se debe asegurar el ingreso de agua a temperatura ambiente.
- Para asegurar un mejor enfriamiento del agua, se recomienda la colocación de una torre de enfriamiento, y la colocación de turbinas dentro del sistema para asegurar la homogeneidad del agua.
- Verificar constantemente el estado de las chumaceras (Como se detalla en el manual de usuario)
- Con cada parada de mantenimiento se debe verificar el estado de las cadenas, piñones y engranes; y dependiendo su estado cambiarlos inmediatamente.



BIBLIOGRAFÍA

- Bonilla D. (Septiembre 2014). Situación actual sistema de enfriamiento de Chova del Ecuador en Cashapamba (Meléndez M.J, entrevistadora)
- Budynas R y Nisbe J. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México D.F: McGraw-Hill
- Catálogo de Productos (2014). IMPTEK.
- Catálogo General SKF. (2006). Publicación 6000 ES. Suecia
- Cengel Y. (2007). Transferencia de calor y masa. México D.F: McGraw-Hill
- Crespo P. (Agosto 2014). Sistema de enfriamiento actual (Meléndez M.J, entrevistadora)
- Deutschman A. (1987). Diseño de Máquinas, Teoría y Práctica. México: Compañía Editorial Continental
- Díaz J. (2014). Matriz para toma de decisiones.
- ForceEffect (2014). Autodesk Inc.
- Incropera F y DeWitt D. (1999). Fundamentos de Transferencia de calor. México: Prentice Hall Hispanoamérica, S.A



- Manual SKF de mantenimiento de rodamientos. (1992), Publicación 4100 Sp. Singapur
- MDSolids 3.5 Software
- Mott R. (1996). Mecánica de fluidos aplicada. México: Prentice Hall Hispanoamérica, S.A
- Pozo J. (Agosto 2014). Sistema de enfriamiento actual (Meléndez M.J, entrevistadora)
- Recalde D. (2014). Diseño y construcción de una estación de absorción de impacto y bastidor para el alineador de las láminas de asfalto en la línea de producción de cubiertas impermeabilizantes de la empresa Chova del Ecuador Planta Inga. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE
- Samaniego C. (2013). Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para la empresa Chova del Ecuador S.A Plantas Inga y Cashapamba. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE
- Villacís S. (Febrero 2014). Propiedades mastico. (Meléndez M.J, entrevistadora)
- White F. (2003). Mecánica de fluidos. México McGraw-Hill

