



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



PROYECTO DE TITULACIÓN

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA IMPTEK - CHOVA DEL ECUADOR PLANTA EL INGA MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE ESPESORES Y CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (SPC)”

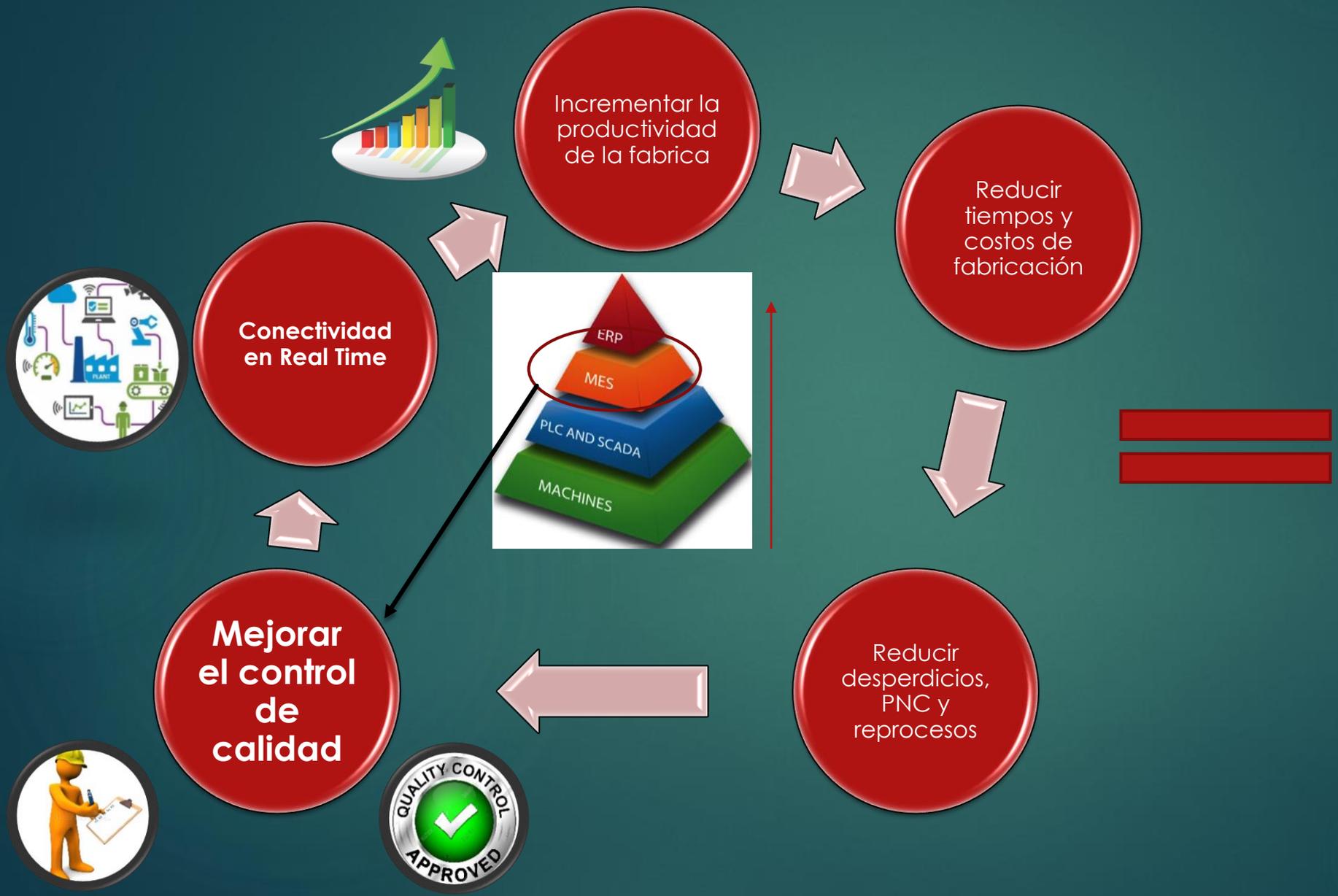
Autor: Carlos Jaramillo Viñán

Director: Ing. Guillermo Cabrera Mera

Contenido:

- **Introducción al Proyecto**
- **Antecedentes del Proyecto**
- **Justificación**
- **Objetivos**
- **Alcance**
- **Marco Teórico**
- **Descripción de la Empresa**
 - Líneas de producción y productos
 - Selección de la línea de aplicación
 - Caracterización de la línea de impermeabilización
- **Desarrollo del Proyecto**
 - Diseño
 - Construcción e implementación
 - Pruebas y Resultados
 - Conclusiones y Recomendaciones

INTRODUCCIÓN AL PROYECTO:



Industria Digitalizada 4.0



Mayor Utilidad



INTRODUCCIÓN AL PROYECTO:

SISTEMA MES

Software Industrial que permite gestionar todos los procesos de producción en planta de una manera mucho más eficiente, de manera automática y en tiempo real.

Efectividad global del equipo



INTRODUCCIÓN AL PROYECTO:

Mejorar el control de calidad

Conectividad en Real Time



SPC + Real Time



ANTECEDENTES DEL PROYECTO:

CAPÍTULO I:

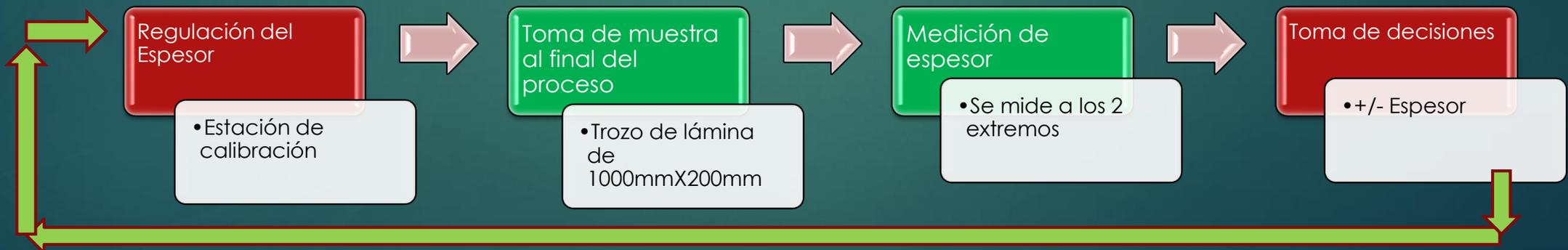
Descripción del Problema:

Levantamiento de datos 2 veces por año
(Construir gráficas de control) (tomaba
aproximadamente 3 horas)

No se conocía el estado del
proceso ni su capacidad de
manera frecuente.

No se podía predecir el
comportamiento del proceso en
el futuro

Se tomaba acciones correctivas, después
de obtener PNC



Problema: 120 metros de lámina perdidos

Sistema de calibración de espesores:

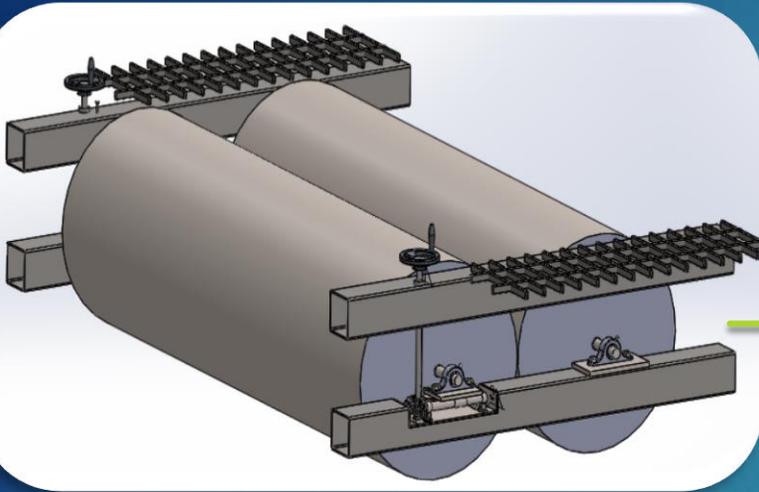
Mecanismo de Calibración Anterior:



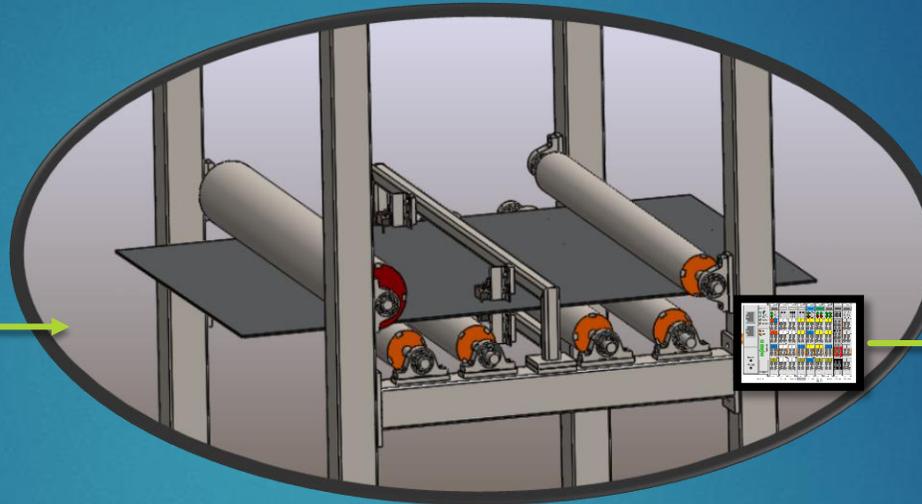
JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO:

CAPÍTULO I:

Calibración del Espesor



Adquisición de Datos



Monitoreo Real Time (SPC)



Objetivos de Calidad

Contribuye

Mejorar la productividad

Eliminar desperdicios y reprocesos

Cumplir con las especificaciones técnicas de los productos



OBJETIVO GENERAL:

- Optimizar el proceso de producción de la empresa IMPTEK-CHOVA DEL ECUADOR en la línea de impermeabilización, mediante la implementación de un mecanismo de calibración de espesores y un sistema de control estadístico de procesos, con la finalidad de mantener el espesor de la lámina asfáltica dentro de los límites naturales de control y de especificación..

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Diseñar y construir el sistema mecánico de calibración de espesores para la línea de impermeabilizantes sin armadura
- Diseñar la Interfaz HMI, y las gráficas de control.
- Implementar el sistema de adquisición de datos para la variable espesor en la línea de impermeabilización y adicionalmente para la variable peso con fines de estudio económico.
- Implementar control estadístico en el proceso de fabricación de lámina asfáltica.

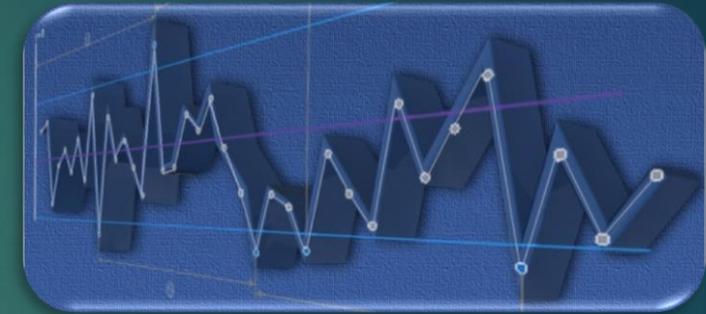
En base a la preámbulo antes expuesto, se delimita el alcance del proyecto con:

Implementación de un mecanismo de calibración de espesores.

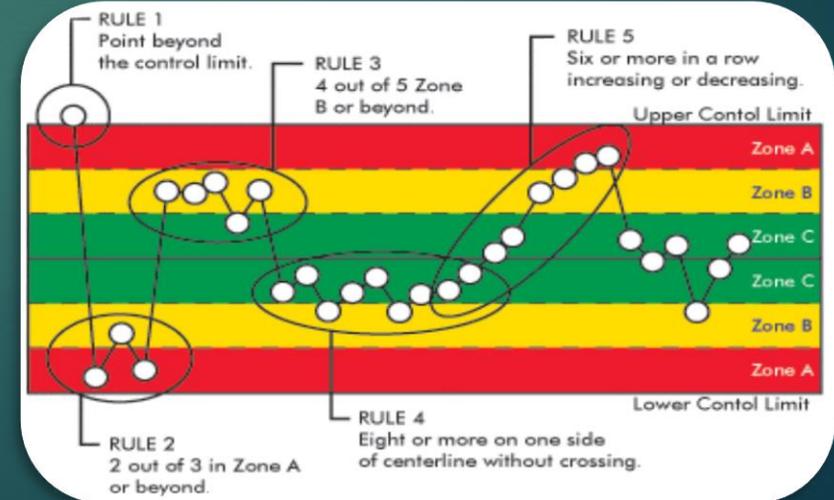
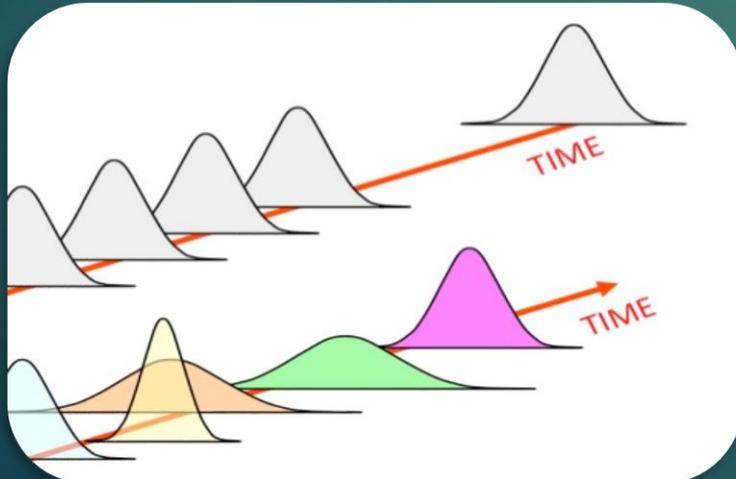
Sistema de medición de espesores y adquisición automática de datos de la variable de control de calidad “espesor”

Sistema de control estadístico de procesos en la línea de impermeabilización (láminas asfálticas)

- ❑ Control estadístico de procesos
- ❑ Control de calidad, métodos y herramientas
- ❑ Redes de comunicación industriales
- ❑ Sistemas SCADA, HMI
- ❑ Causas comunes y especiales de variación



- ❑ Reglas para analizar las gráficas del SPC





IMPTEK – CHOVA DEL ECUADOR

Chova del Ecuador, es una empresa privada que se dedica a la producción y comercialización de productos impermeabilizantes y arquitectónicos destinados al mercado de la construcción y de redes viales.

- País: Ecuador
- Región: Sierra
- Provincia: Pichincha
- Cantón: Rumiñahui
- Dirección: Km 14 vía a Pifo – Ecuador, sector el INGA



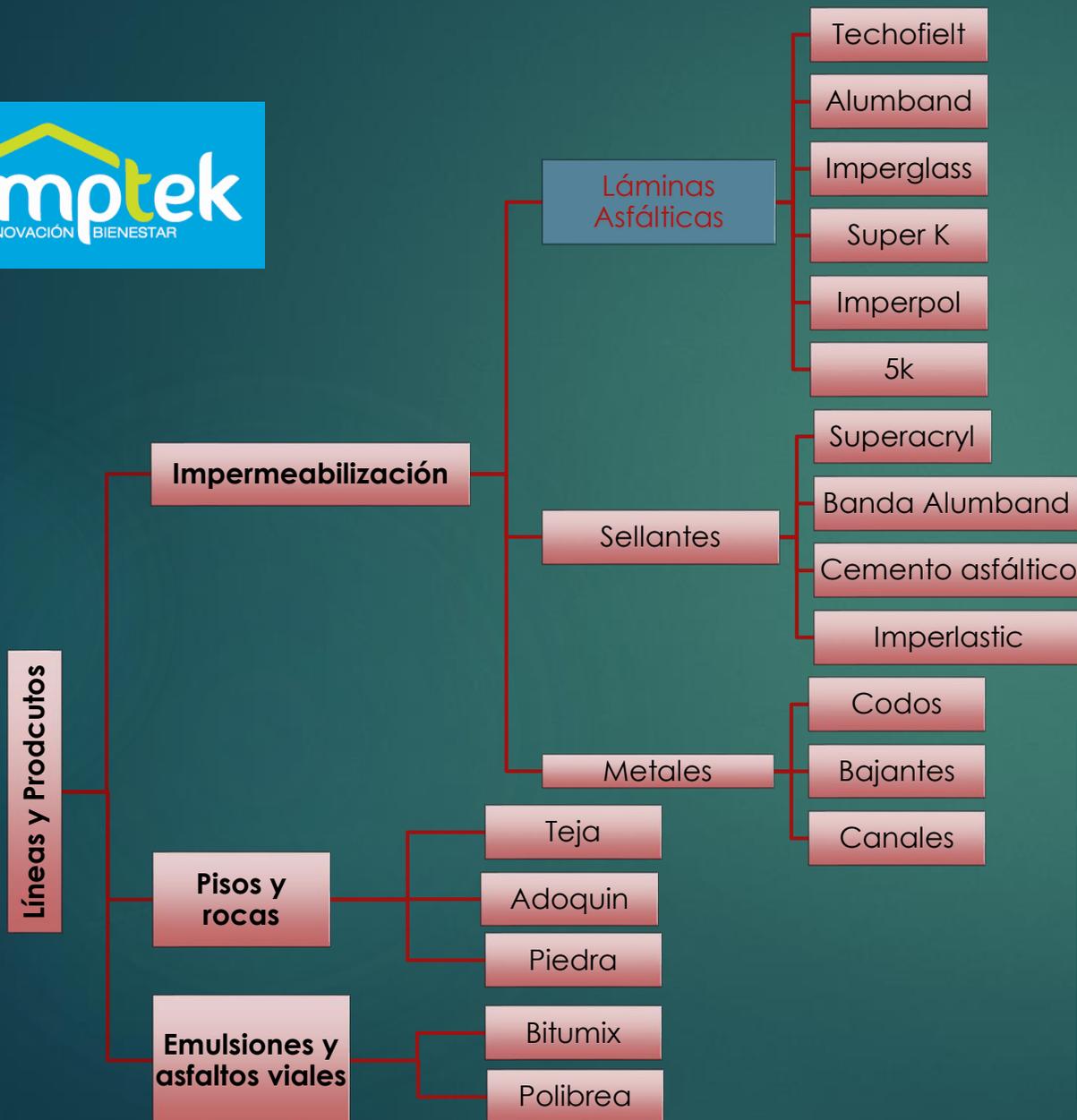
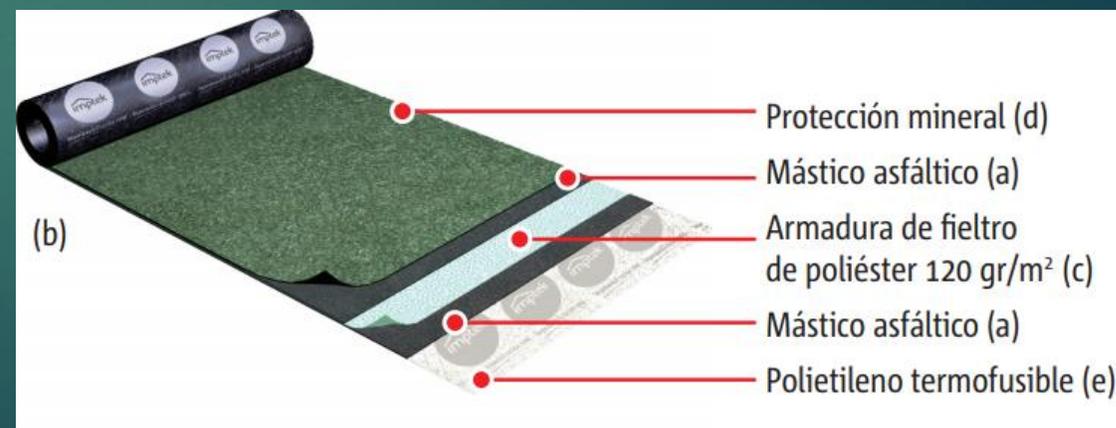


Lámina de asfalto modificado con polímero SBS y cargas minerales:

Dependiendo Producto:

- Capa de foil de aluminio gofrado (Auto protección contra UV) o Armadura de granulo mineral.
- Armadura central (Filtro polyester o fibra de vidrio)
- Capa de polietileno termofusible (Adhesivo)



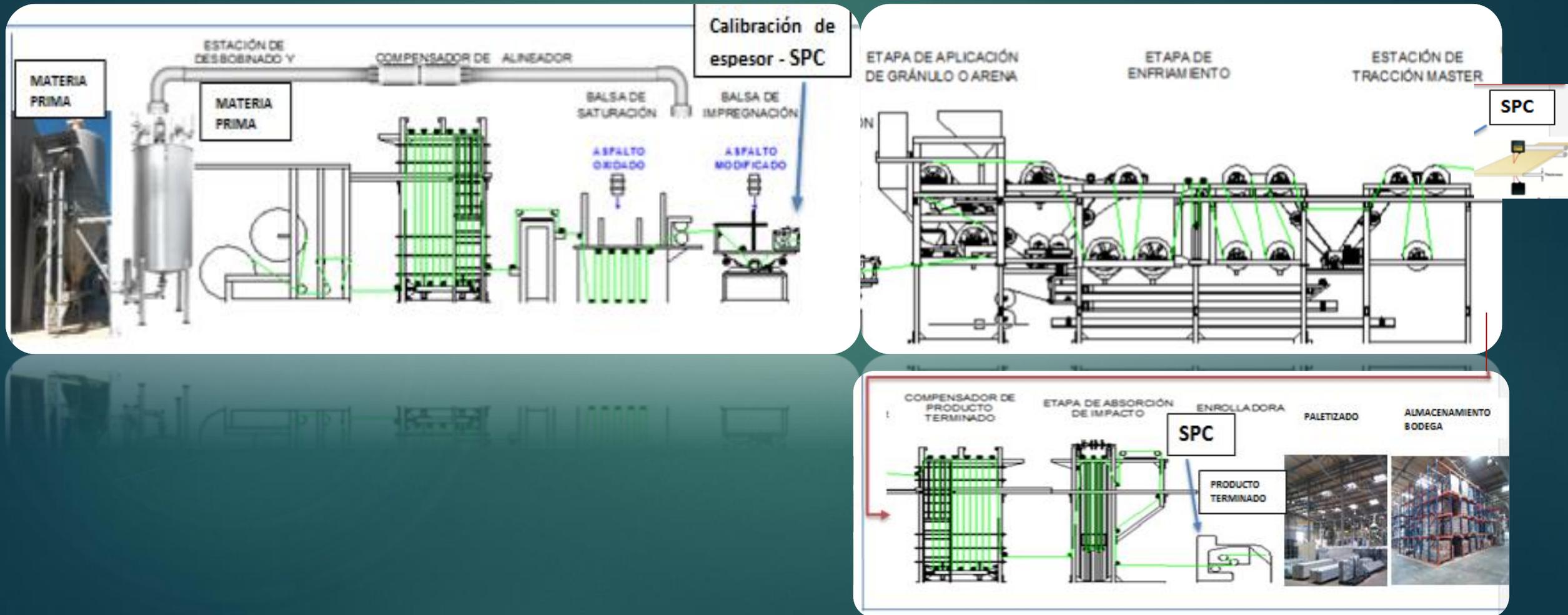
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA:

CAPÍTULO III:

Selección de la línea de aplicación del proyecto:

Criterios de selección	LÍNEAS DE PRODUCCIÓN		
	A Impermeabilización	B Emulsiones y Asfaltos viales	C Pisos y Rocas
Volúmen de producción	+	0	-
Volúmen de ventas	+	0	-
Utilidad total	+	0	-
Suma +	3	0	0
Suma 0	0	3	0
Suma -	0	0	-3
Evaluación neta	3	0	-3
¿Continuar?	Sí	Revisar	No

Caracterización de la línea de Impermeabilización (láminas asfálticas):

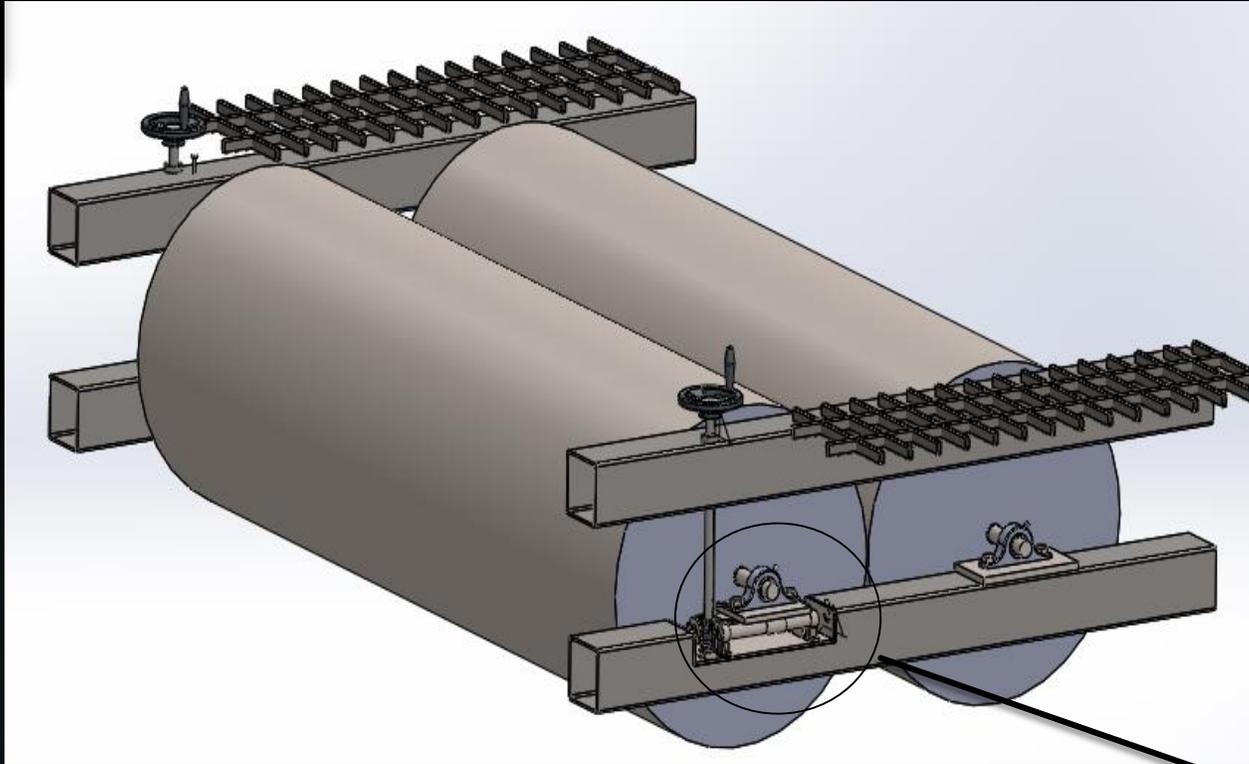




DESARROLLO DEL PROYECTO

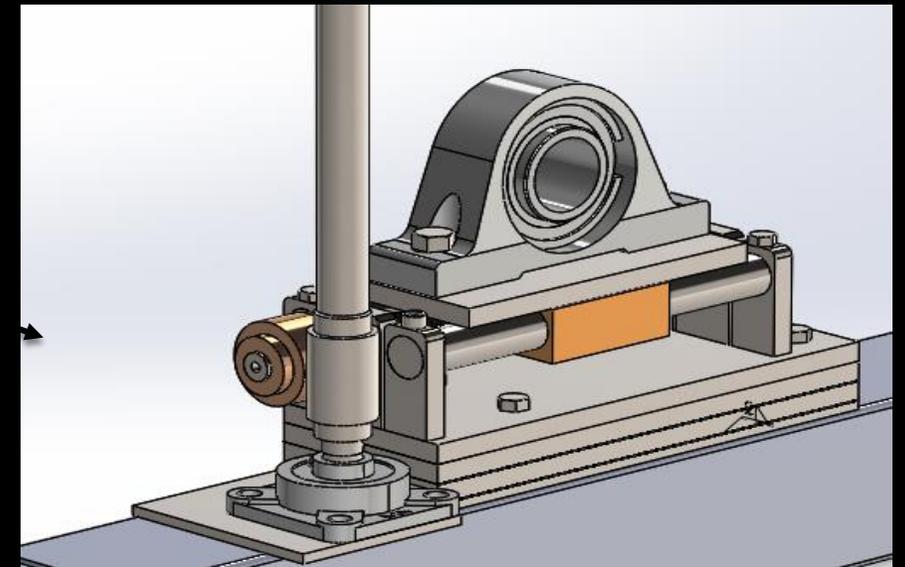
DISEÑO:

Diseño General del Mecanismo de calibración de espesores



Datos y condiciones iniciales:

- Peso del rodillo: 220 [Kg]
- Relación de transmisión Volante y separación de los rodillos (5:1)
- Factor de seguridad $n \geq 2$

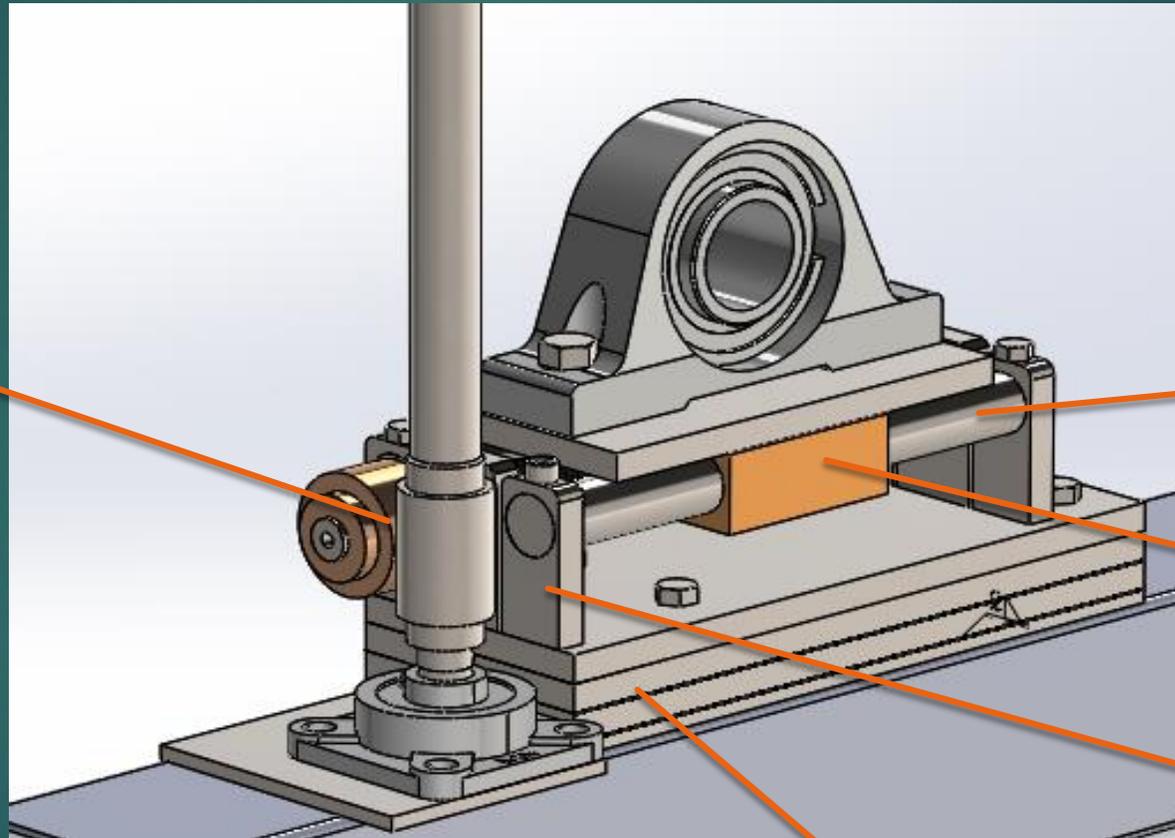


DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO IV:

Diseño de las partes:

Conjunto
Sinfín
Corona



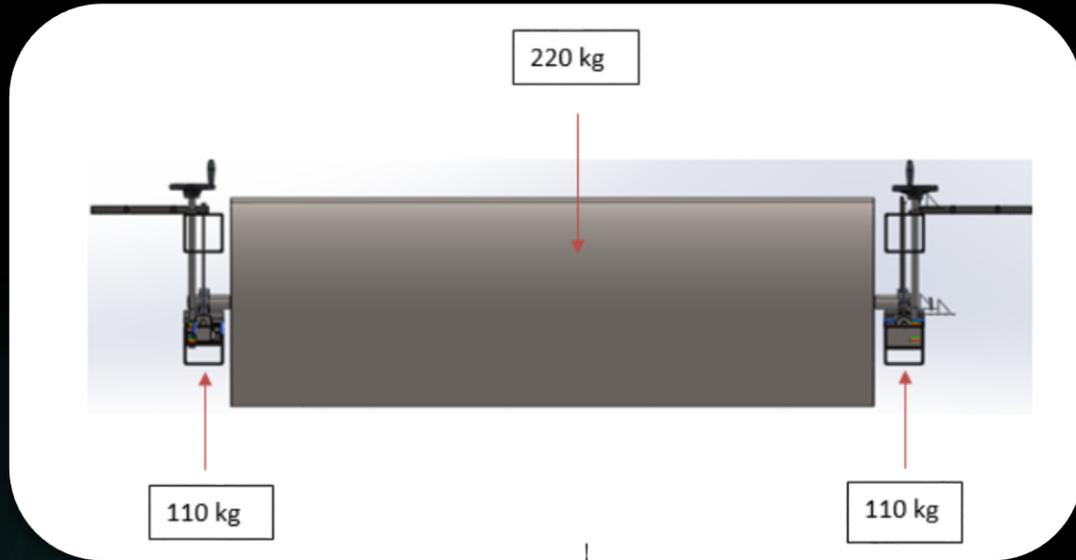
Ejes
deslizantes

Bocín
Cuadrangular

Parantes de
soporte

Planchas de
soporte

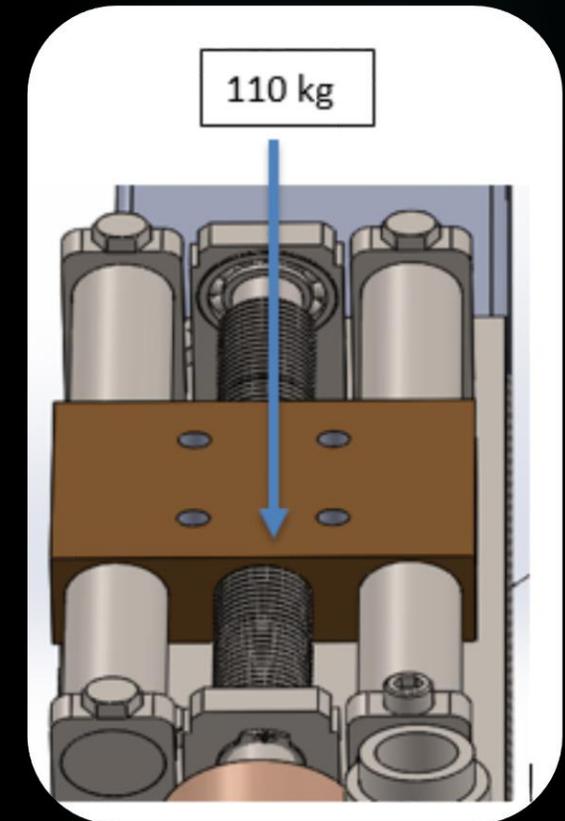
DISEÑO DE EJES DESLIZANTES:



$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \\ R_{Ay1} - 36.66 \text{ kg} + R_{By1} &= 0 \\ R_{Ay1} + R_{By1} &= 36.66 \text{ kg-f} \\ R_{Ay1} &= R_{By1} \\ 2R_{Ay1} &= 36.66 \text{ kg-f} \\ R_{Ay1} &= 18.33 \text{ kg-f} = R_{By1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \\ R_{Ay} - 220 \text{ kg} + R_{By} &= 0 & R_{Ay} + R_{By} \\ &= 220 \text{ kg-f} \\ R_{Ay} &= R_{By} \\ 2R_{Ay} &= 220 \text{ kg-f} \\ R_{Ay} &= 110 \text{ kg-f} = R_{By} \end{aligned}$$

$$T = F * \frac{d_{corona}}{2} = 36.66 \text{ kgf} * \frac{48 \text{ mm}}{2} = 880 \text{ N.m}$$



Aplicando Criterio conservador de Goodman:

$$d = \left(\frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \right)^{1/3}$$

Propiedades del Eje

Material: Acero Inoxidable 304

E=190000Mpa

(Esfuerzo ultimo): Sut=82.4Kpsi

o 568Mpa

(Esfuerzo de Fluencia) Sy=40Kpsi

o 276Mpa

FACTORES MODIFICANTES:

Factor Acabado superficial: $k_a = a(S_{ut})^b = 0,23$

Factor de tamaño: $k_b = 0.879d^{-0,107} = 1,33$

Factor de Carga:

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

Factor de Temperatura: $k_d = 1$

Factor de Confiabilidad: $k_e = 1$

Limite de resistencia: $S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S'_e = 86,87MPa$

$$d = \left(\frac{16 * 2}{\pi} \left\{ \frac{1}{86.87 * 10^6} [4(1.84 * 16.35)^2 + 3(1.5 * 0)^2]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{568 * 10^6} [4(1 * 16.35)^2 + 3(1.5 * 0)^2]^{\frac{1}{2}} \right\} \right)^{1/3}$$

diametro del eje = 21.72[mm]

ESPECIFICACIONES FINALES EJES DESLIZANTES

Material	Acero inoxidable 304
Diámetro exterior	25.4 mm ó 1"
Longitud	250 mm



FACTOR DE SEGURIDAD:

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

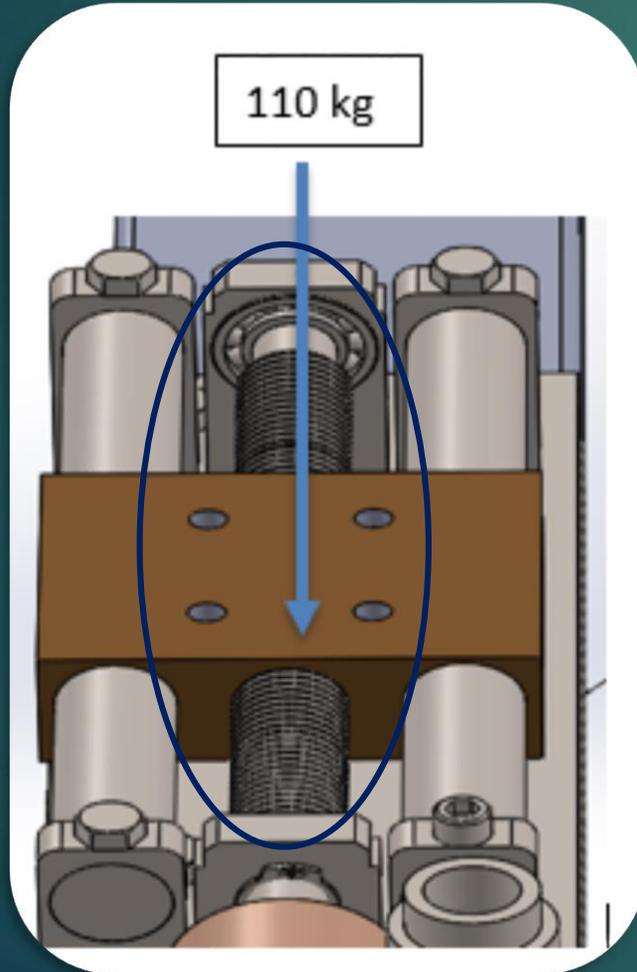
$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi 0,0254^3} \left\{ \frac{1}{86,87 * 10^6 Pa} [4(1,84 * 16,35 Nm)^2]^{1/2} + \frac{1}{568 * 10^6 Pa} [4(1 * 16,35 Nm)^2]^{1/2} \right\}$$

$$\frac{1}{n} = 0.3898$$

$$n = 2.56$$

FS=2.56, No falla por Flexión

DISEÑO DE TORNILLO SINFÍN DE AVANCE:



$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{Ay1} - 36.66 \text{ kg} + R_{By1} = 0$$

$$R_{Ay1} + R_{By1} = 36.66 \text{ kg-f}$$

$$R_{Ay1} = R_{By1}$$

$$2R_{Ay1} = 36.66 \text{ kg-f}$$

$$R_{Ay1} = 18.33 \text{ kg-f} = R_{By1}$$

$$T = F * \frac{d_{corona}}{2} = 36.66 \text{ kgf} * \frac{48\text{mm}}{2} = 880 \text{ N.m}$$

Aplicando Criterio conservador de Goodman:

$$d = \left(\frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \right)^{1/3}$$

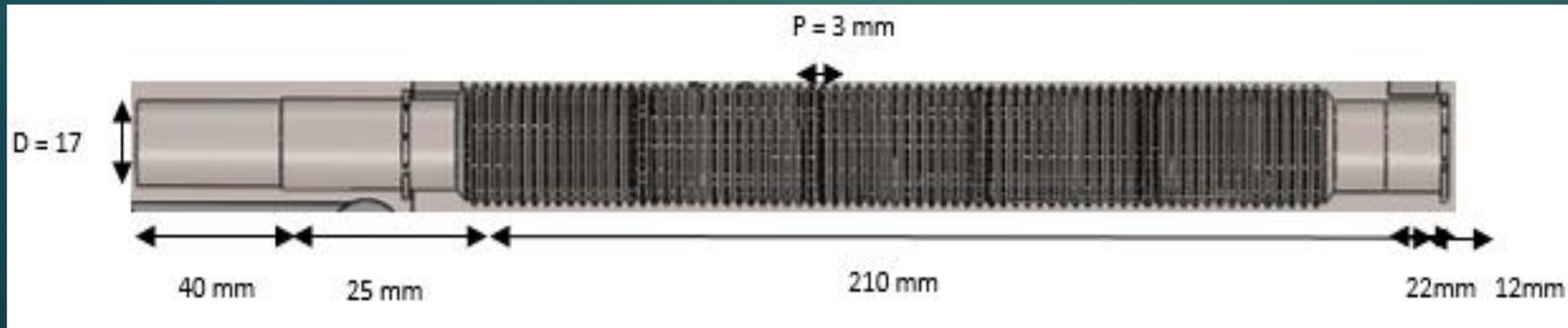
$$d = \left(\frac{16 * 2}{\pi} \left\{ \frac{1}{86.87 * 10^6} \left[4(1.84 * 16.35)^2 + 3(1.5 * 0)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{568 * 10^6} \left[4(1 * 16.35)^2 + 3(1.5 * 0)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \right)^{1/3}$$

$$d = 22.22 \text{ mm o } 7/8 \text{ "}$$

Especificaciones Tornillo Sinfín de avance

Material	Acero inoxidable 304
Diámetro exterior	22.22 mm ó 7/8"
Longitud	320 mm
Paso	3mm

La relación de transmisión es 5:1, lo que indica que el operador debe realizar 5 giros al volante para que el sistema chumacera móvil recorra 1 [mm],



FACTOR DE SEGURIDAD:

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi 0,0254^3} \left\{ \frac{1}{86,87 * 10^6 Pa} [4(1,84 * 16,35 Nm)^2]^{1/2} + \frac{1}{568 * 10^6 Pa} [4(1 * 16,35 Nm)^2]^{1/2} \right\}$$

$$\frac{1}{n} = 0.3898$$

$$n = 2.56$$

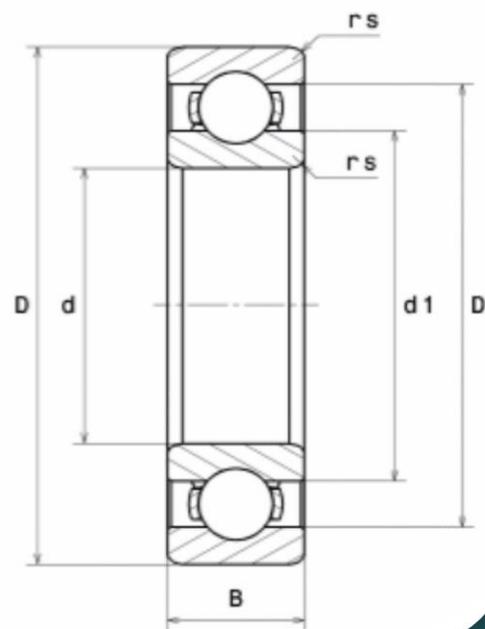
FS=2.56, No falla por Flexión

SELECCIÓN DE RODAMIENTOS:

$$C_{10} = F_D \left(\frac{L_D * n_D * 60}{L_R * n_R * 60} \right)^{\frac{1}{a}}$$

$$C_{10} = 0,35 * \left(\frac{14000h * 10 \text{ rpm} * 60}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,33 \text{ KN}$$

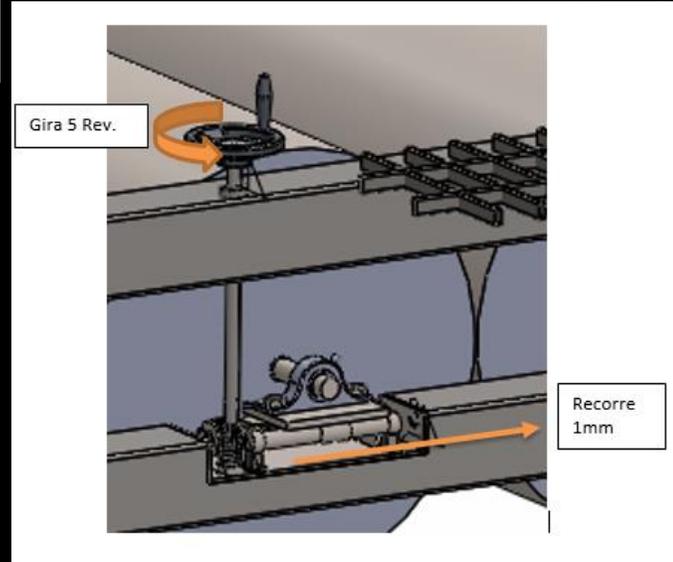
Características técnicas	
d	17 mm
D	35 mm
B	10 mm
d1	22,90 mm
D1	29,10 mm
rs min	0,30 mm
Clase de Juego Radial	CN
Peso	0,04 kg
Marca	SNR



RODAMIENTO:
NTN 6003

DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO IV:

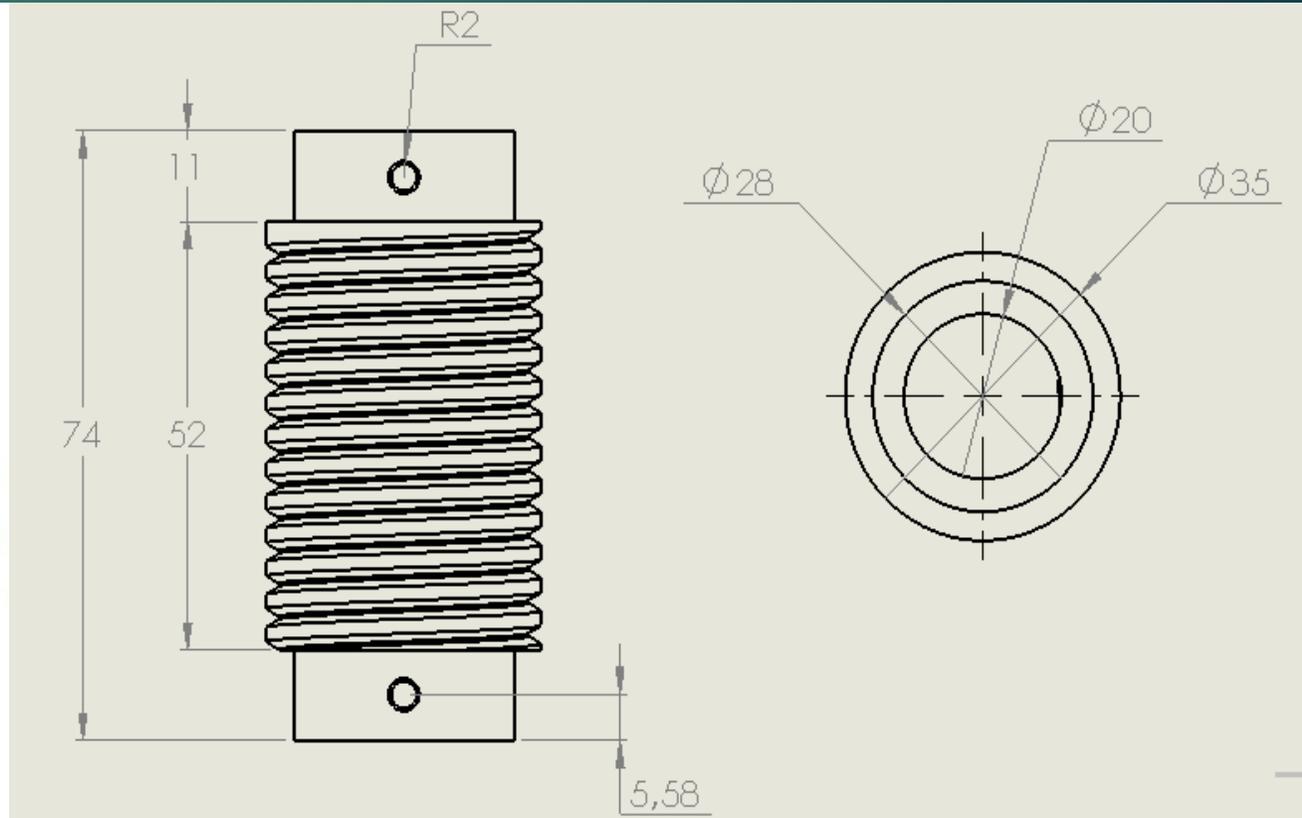


$$\begin{aligned}n1 * e1 &= n2 * z2 \\15 * 2 &= 1 * Z2 \\Z2 &= 30th\end{aligned}$$

SINFÍN CORONA

Sinfin corona	
Material sinfin	Acero inoxidable 304
Material Corona	Bronce Silicio
Diámetro exterior sinfin	35 mm
Diámetro interior sinfin	20 mm
Número de entradas sinfin	2
Diámetro exterior corona	50 mm
Diámetro interior corona	17 mm
Número de dientes corona	30

Diseño final sinfín corona:



EJE DE TRANSMICION DEL SINFÍN CORONA

$$d = \left(\frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \right)^{1/3}$$

$$d = \left(\frac{16 * 2}{\pi} \left\{ \frac{1}{86.87 * 10^6} \left[4(1.84 * 0)^2 + 3(1.5 * 16.35)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{568 * 10^6} \left[4(1 * 0)^2 + 3(1.5 * 16.35)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \right)^{1/3} \quad]$$

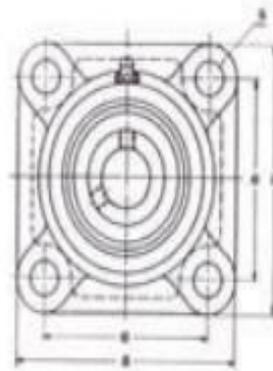
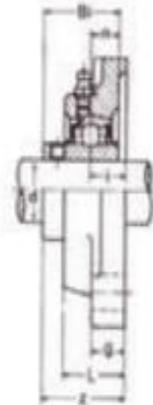
$$d = 18.72 [mm]$$

$$d = 19.05 \text{ mm } \circ \text{ } \frac{3}{4}''$$

SELECCIÓN DE RODAMIENTOS:

$$C_{10} = F_D \left(\frac{L_D * n_D * 60}{L_R * n_R * 60} \right)^{\frac{1}{a}}$$

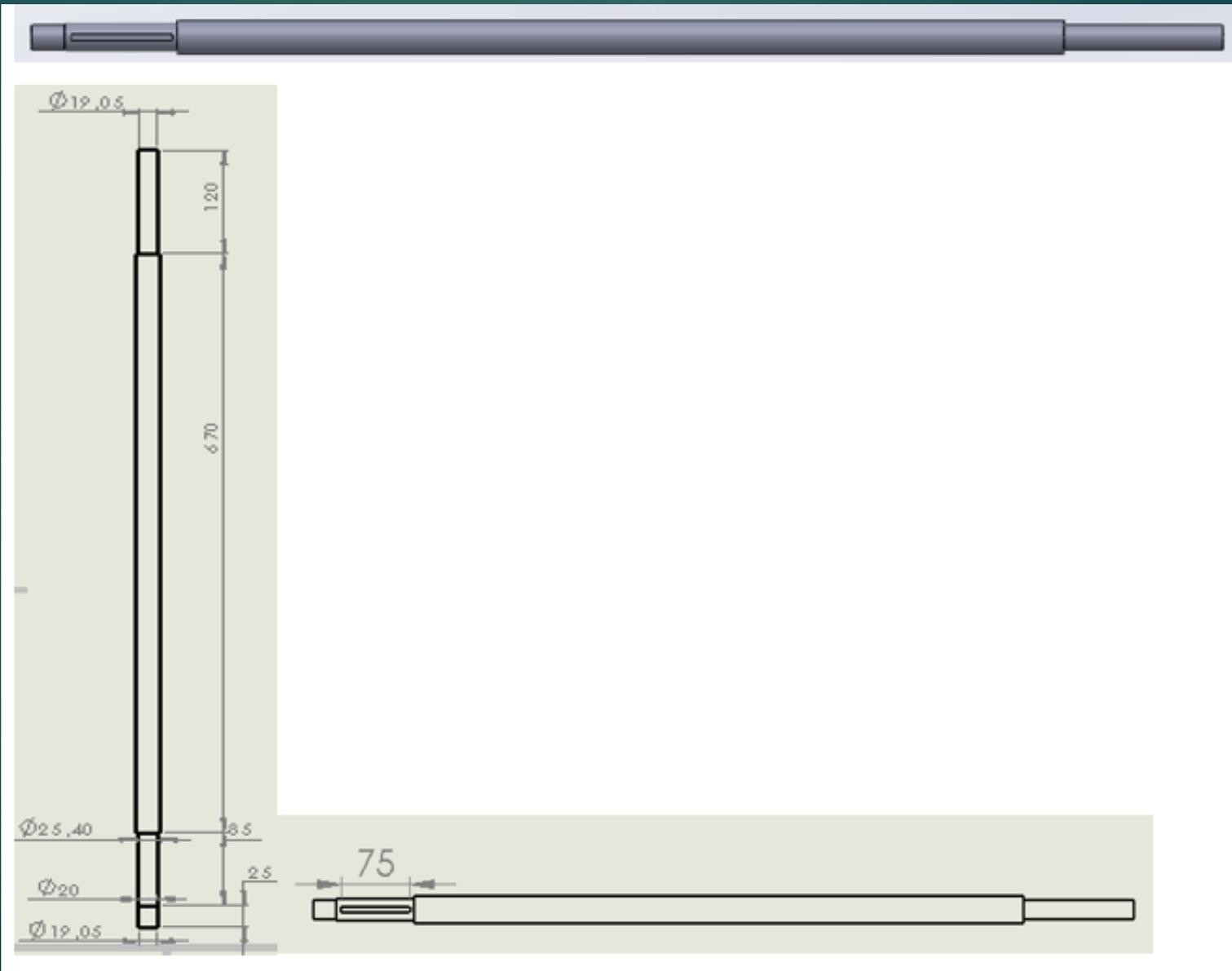
$$C_{10} = 0,35 * \left(\frac{14000h * 60 \text{ rpm} * 60}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 1,29 \text{ KN}$$



CÓDIGO IBCA	Diám. del eje		Dimensiones (mm)									Perno	Tipo de rodami.	Soporte	Masa kg
	mm	pulg	a	e	i	g	L	s	Z	Bi	n				
UCF 204-12	19.05	3/4	86	64	15	12	25.5	12	33.3	31	12.7	M10 (W3/8)	204-12	F 204	0.61

RODAMIENTO:
NTN 6003

Diseño final:



VOLANTE:



Volante manivela

Material

Aluminio

Diámetro externo

140 mm

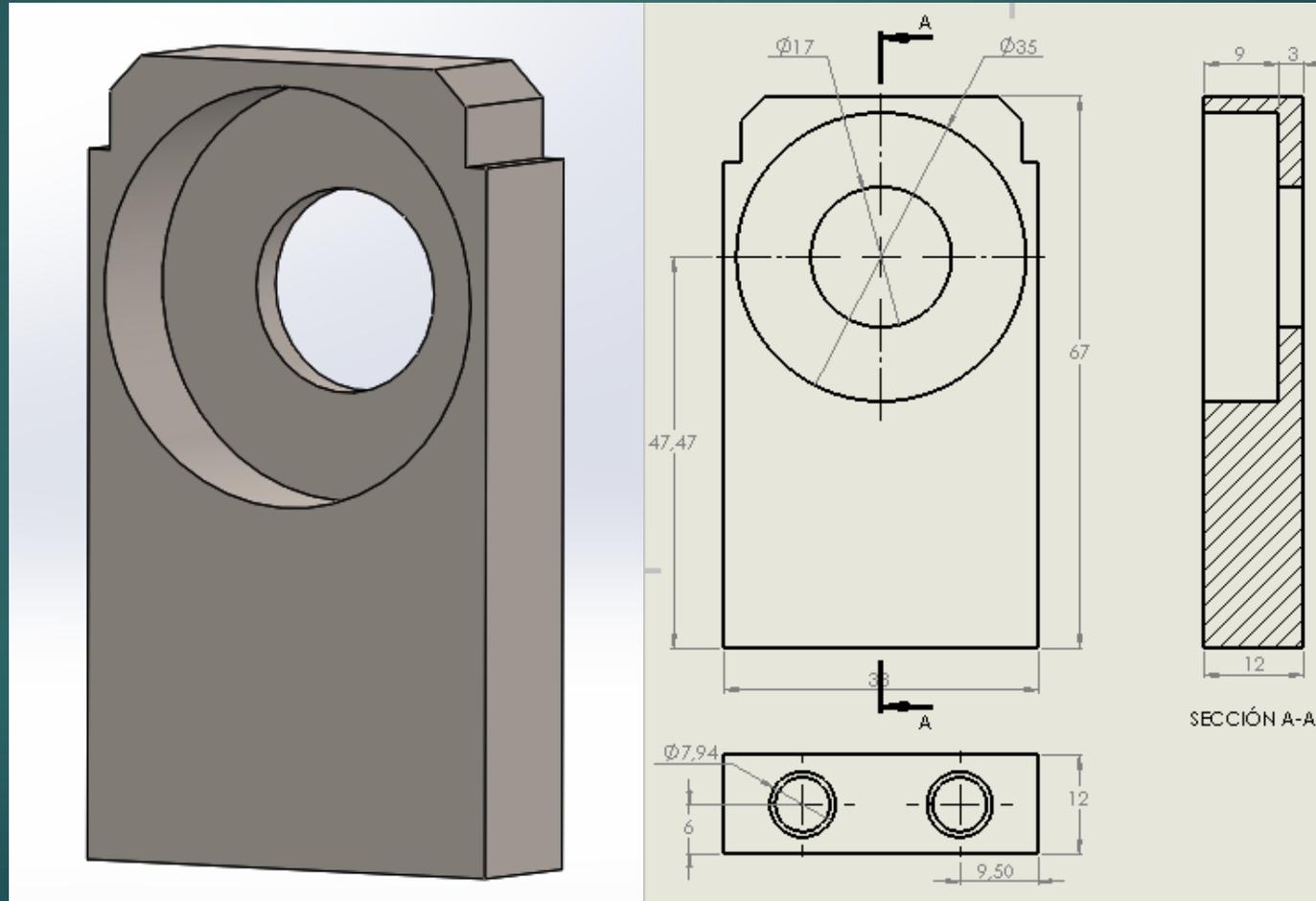
Diámetro interno

19.05mm (3/4")

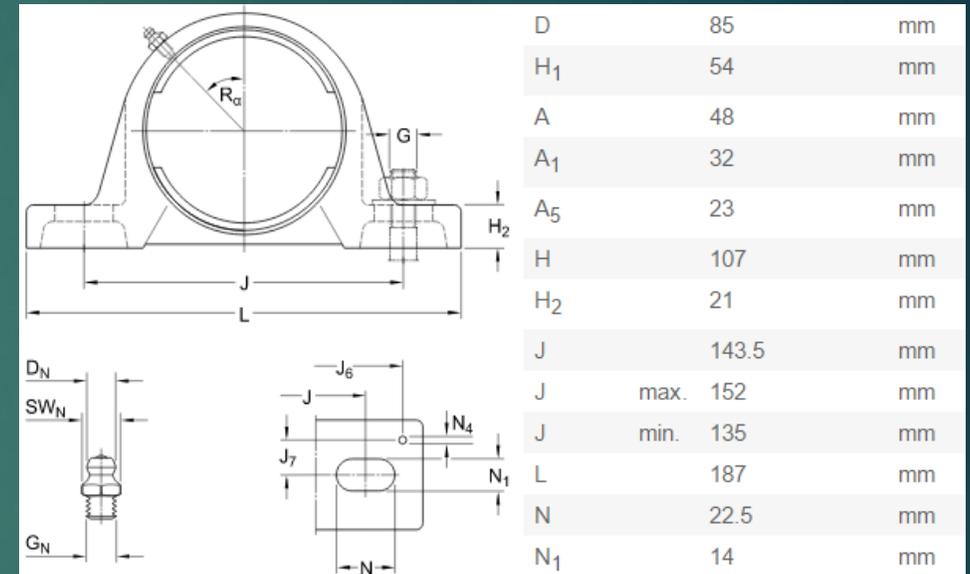
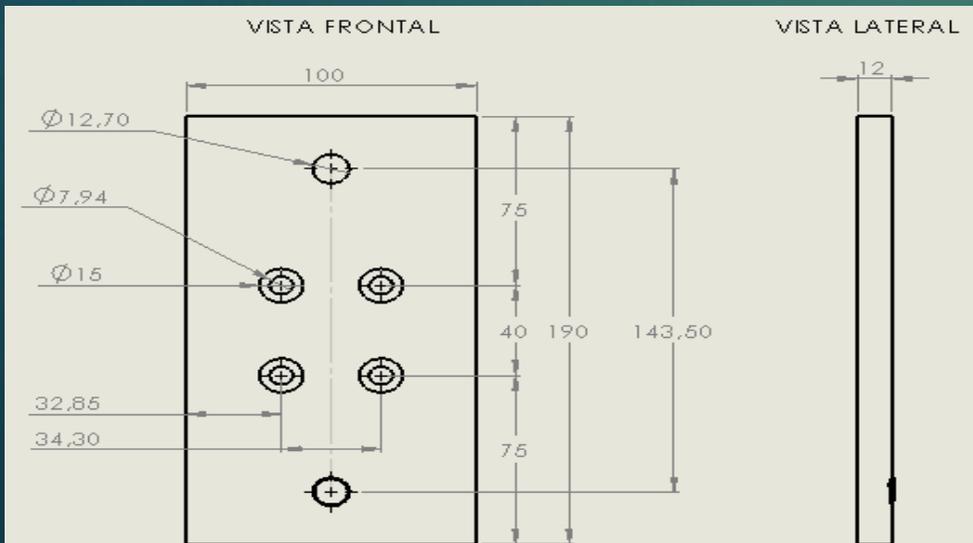
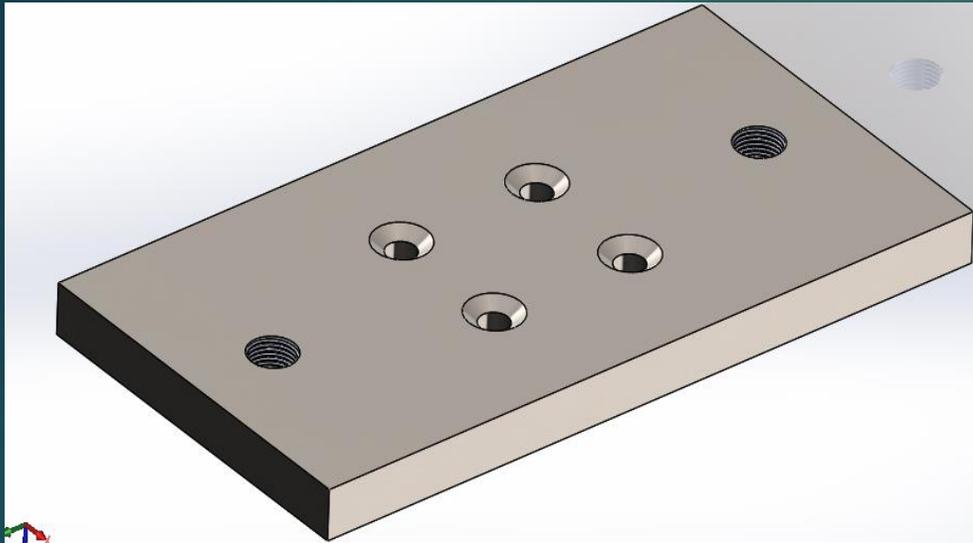
Longitud manivela

100 mm

PARANTES DE SOPORTE:

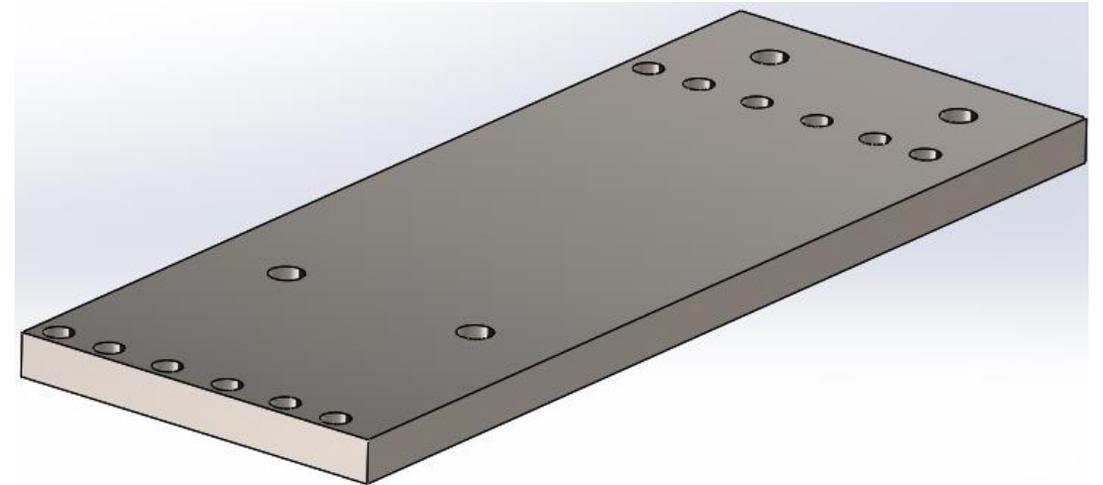
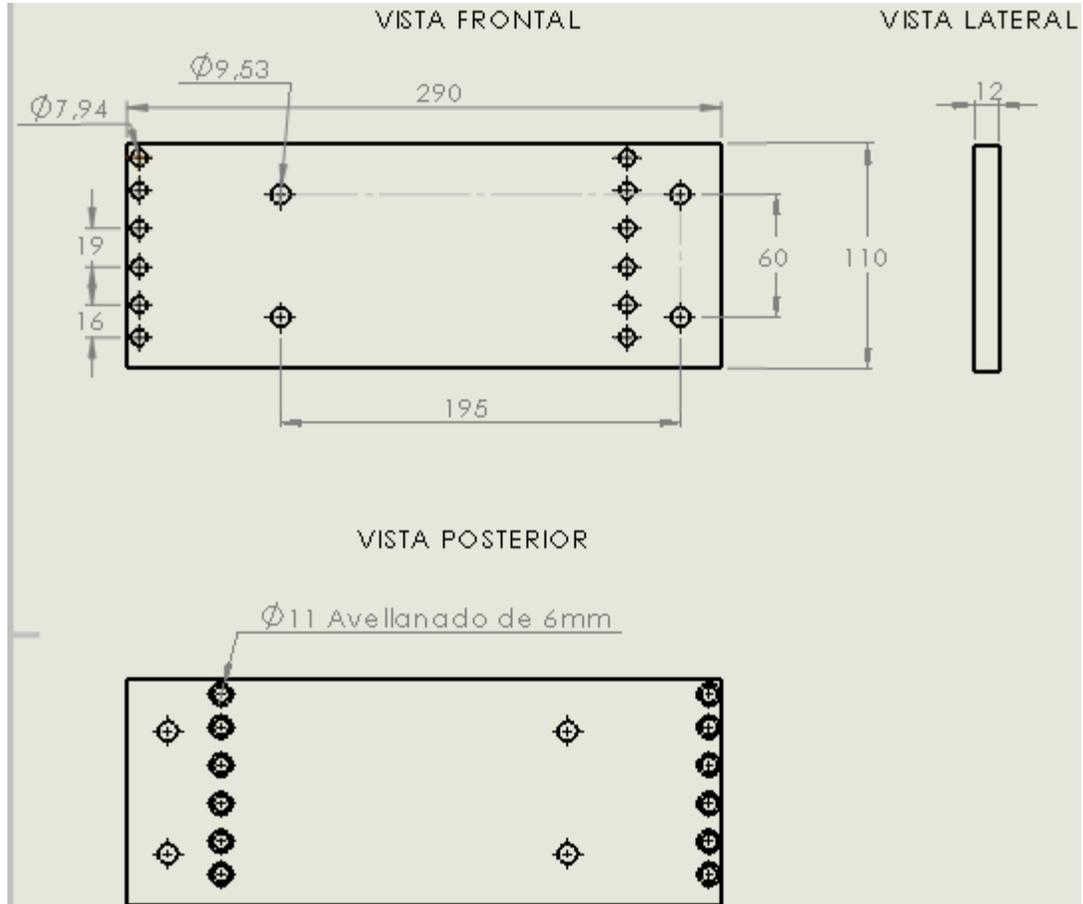


PLANCHA SUPERIOR DE SOPORTE CHUMACERA



Agujeros según chumaceras SY509M

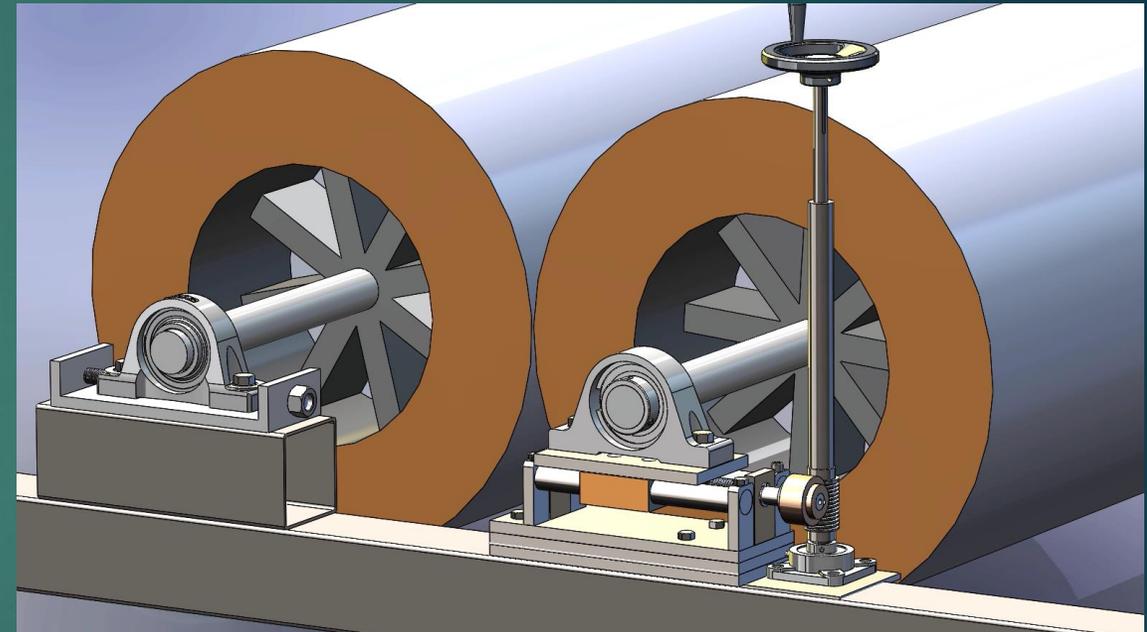
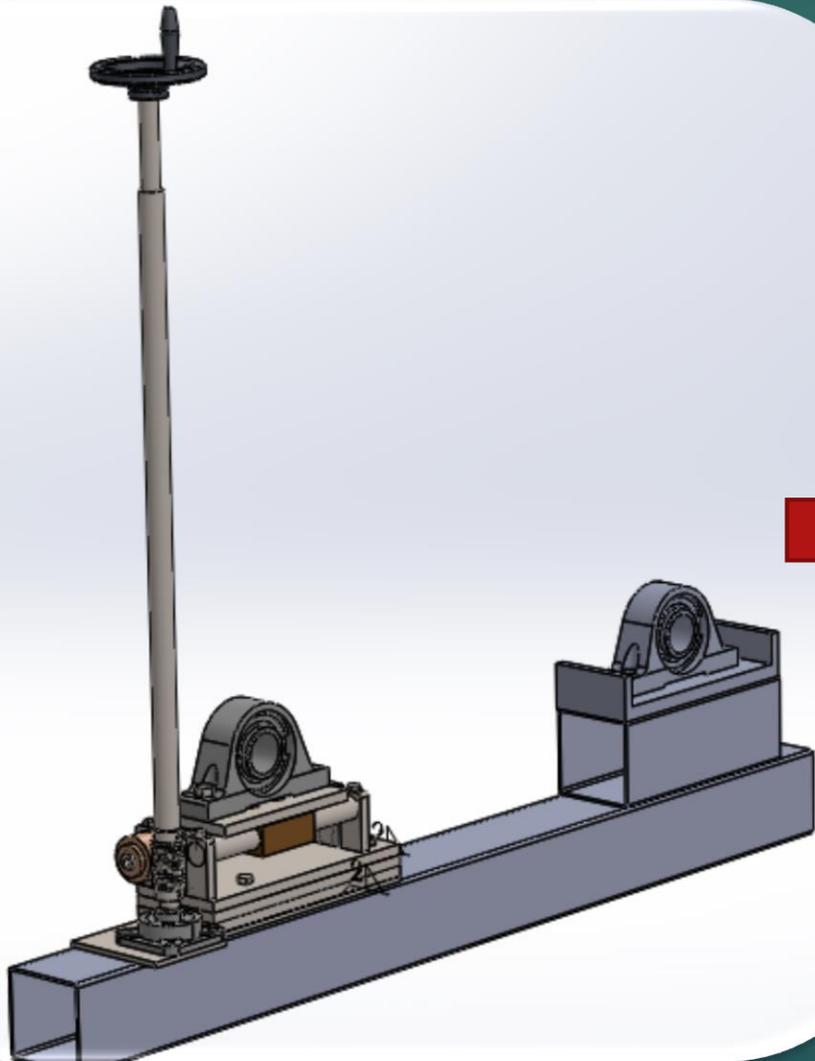
PLANCHA SUPERIOR DE SOPORTE CHUMACERA



DESARROLLO DEL PROYECTO:

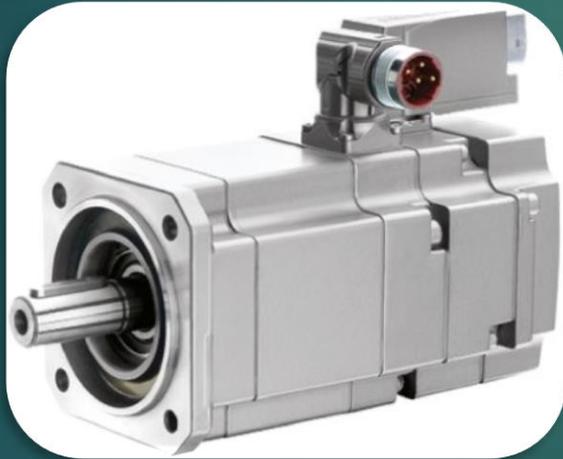
CAPÍTULO IV:

SIMULACION OPERATIVA:



PROYECTO COMPLEMENTARIO
MECANISMO DE CALIBRACIÓN:

SERVOMOTOR SIEMENS





DESARROLLO DEL PROYECTO:

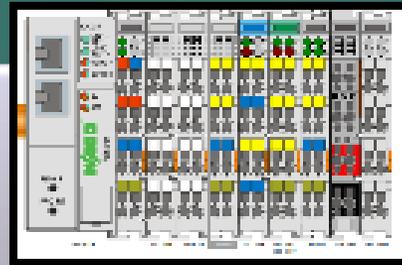
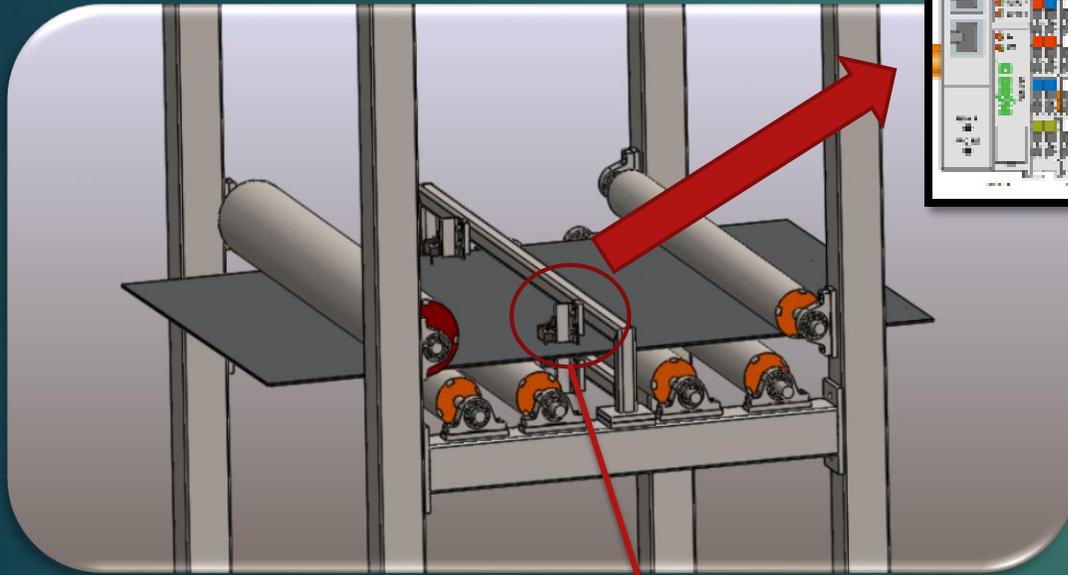


CAPÍTULO IV:

Diseño Electrónico:

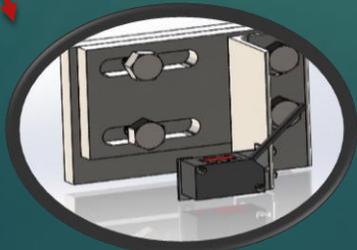
Diseño General del Sistema:

PLC WAGO 750-852



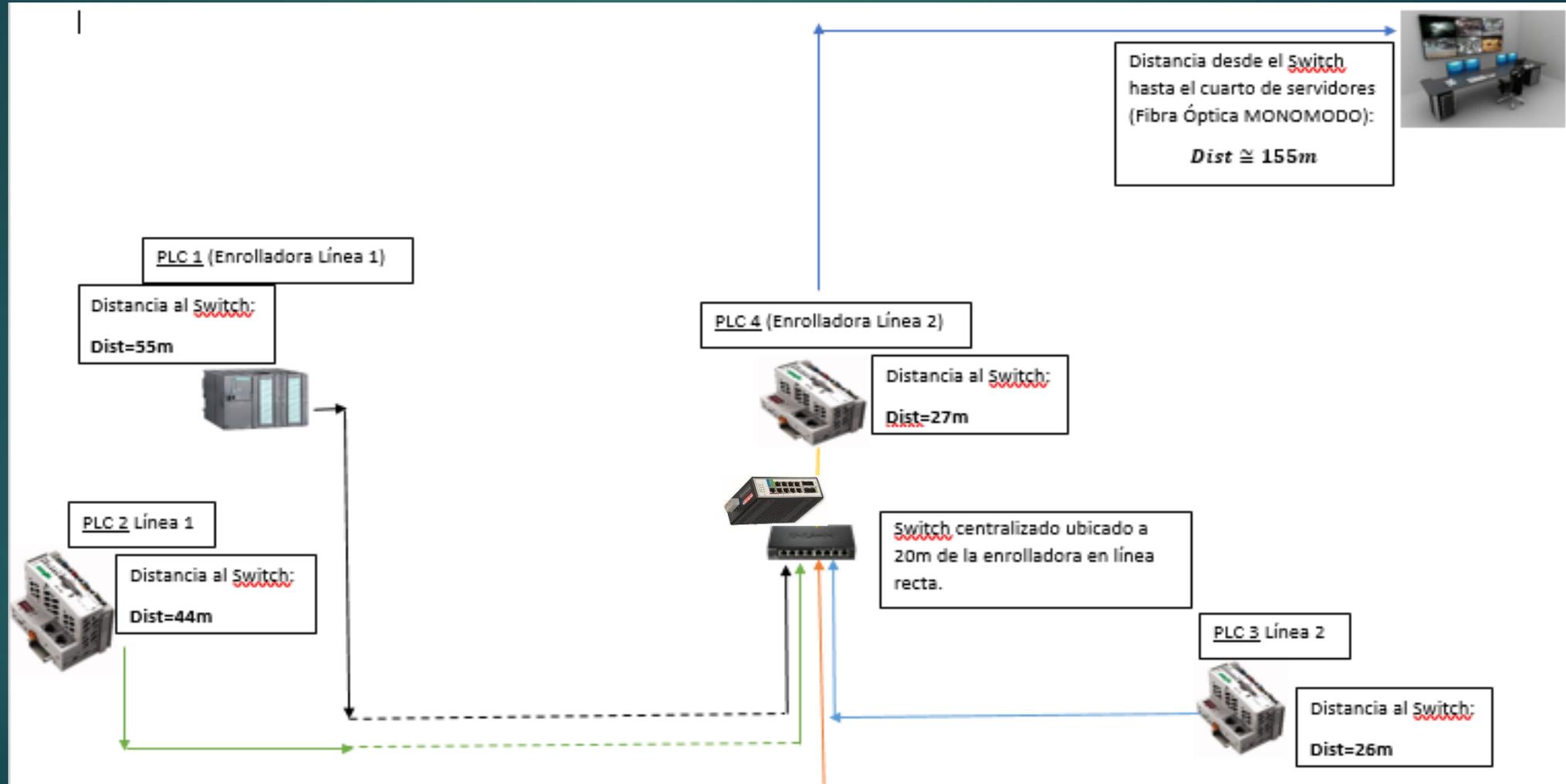
SOFTWARE SCADA
IGNITION

SENSOR DE
MEDICION DE
ESPESOR LASER



BASE DE DATOS
SQL SERVER

Comunicación:



Dimensionamiento de las Partes:

Para dimensionar el sensor es necesario conocer los siguientes puntos:

- Se necesita medir de acuerdo a los espesores de los productos con una sensibilidad de al menos 0,01 [mm]
- Se requiere garantizar la velocidad y tiempo de respuesta del sensor hacia el sistema de registro de datos.
- Se requiere un sensor que pueda detectar materiales de tipo asfálticos.
- Soporte condiciones hostiles de trabajo

Sistema Automático de Adquisición de datos:

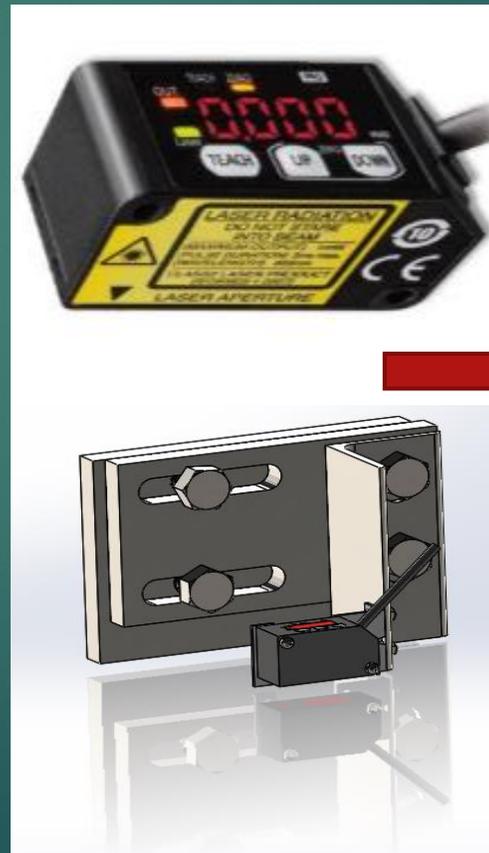
Sistema de Medición de Espesor

- Detección de cualquier material (Pruebas en láminas asfálticas)

Tiempo de respuesta:

Alta velocidad: 1,5ms / **Estándar: 5ms** / Alta precisión: +/- 0,1% 0,01 [mm]

- Rango de medición: +/-5mm.
- Sensibilidad: 10um.
- Alimentación: 24VDC.
- Salida: analógica 4-20mA.
- Grado de protección: IP67
- Resistencia a ambientes hostiles



4 Entradas Analógicas

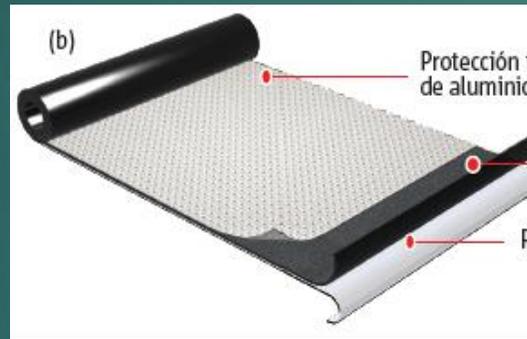
DESARROLLO DEL PROYECTO:

Perfil de la lámina asfáltica:

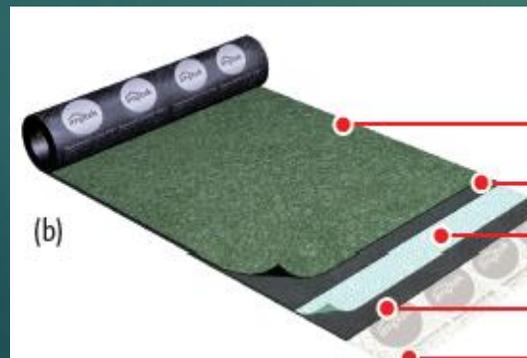
Liso



Gofrado



Granulado



FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

Velocidad de laminación:

$$30 \left[\frac{m}{min} \right] \rightarrow 0,5 \left[\frac{m}{s} \right]$$

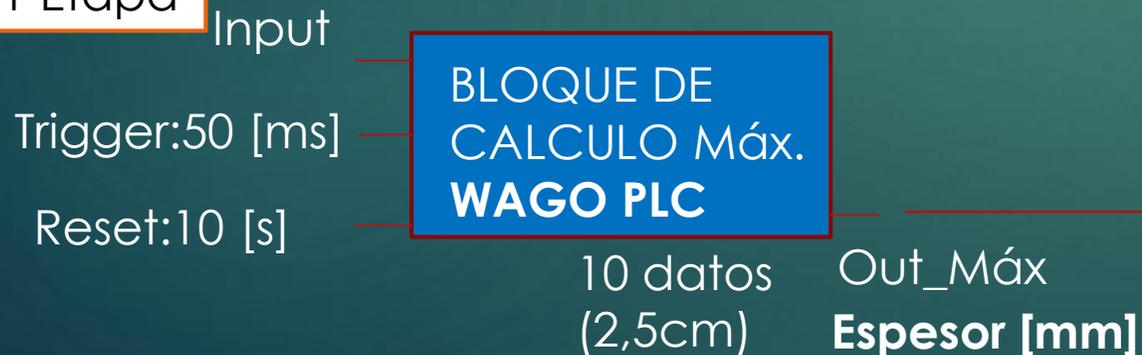
Time response sensor: 5ms

$$\frac{1}{5} \left[\frac{dato}{ms} \right] \rightarrow 200 \left[\frac{datos}{s} \right]$$

$$200 \left[\frac{datos}{s} \right] * 2 \left[\frac{s}{m} \right] = 400 \left[\frac{datos}{m} \right]$$

Trigger [ms]	Datos	Metraje [m]
1000	200	0,5
500	100	0,25
50	10	0,025
5	1	0,0025

1 Etapa



2 Etapa



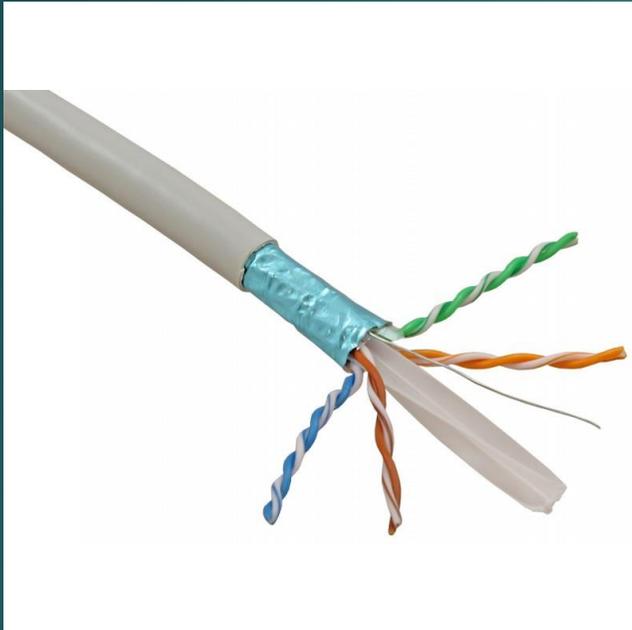
DESARROLLO DEL PROYECTO:

Capacidad de adquisición de datos del sistema:



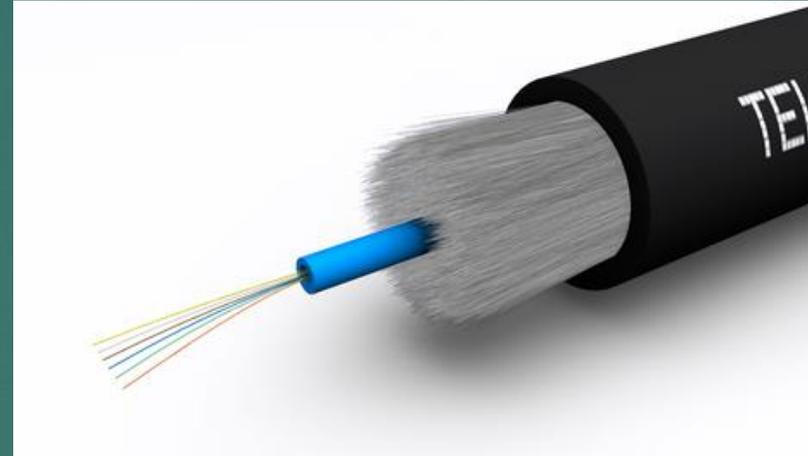
Medio de comunicación:

Cable de Red FTP Cat 6A:



Blindado
Velocidad: 10 Gbps
Longitud máxima: 100 [m]

Cable Fibra Óptica Multimodo:



Fibra óptica Monomodo
Velocidad: 26 Tbps
Longitud máxima: 2 [Km]



DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO IV:



Switch Industrial WAGO 852-102:
Velocidad: 10/100/1000Base-T
8 Puertos

Servidor Industrial:

- ▶ DELL PowerEdge R730
- ▶ Intel Xeon
- ▶ 6-Core (2,2GHz 15MB L3 Cache)
- ▶ Memoria RAM de 16GB
- ▶ Solid State Drive de 1TB
- ▶ Fuente de alimentación redundante (1) de 750 W



Software HMI:

SOFTWARES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
IGNITION	<ul style="list-style-type: none"> - Estructura modular - Licencia ilimitada - Tags ilimitados - Comunicación con distintas bases de datos - Desarrollo de software 	<ul style="list-style-type: none"> - Precio
INTOUCH	<ul style="list-style-type: none"> - Entendimiento rápido del operador y /o programador. 	<ul style="list-style-type: none"> - Licencia limitada
FACTORY TALK VIEW	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño SCADA 3D 	<ul style="list-style-type: none"> - Precio - Licencia limitada



DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO IV:



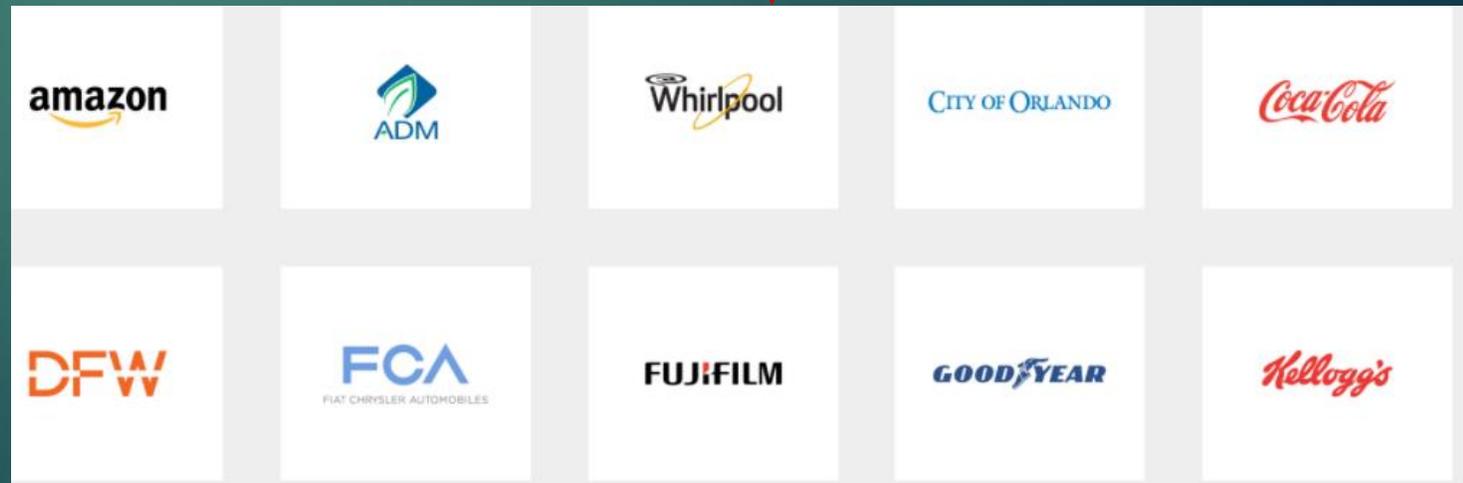
Es un software de aplicaciones industriales que permite adquirir todos datos provenientes de la planta y diseñar e implementar cualquier tipo de aplicaciones industriales como: SCADA, MES, IIoT, Reportes, Alarmas, etc, permite la interacción con sistemas ERP. (Esta revolucionando en la industria 4,0)

Conexión con cualquier Tipo de PLC

Empresas que utilizan IGNITION

Módulos:

- Visio
- Reportes
- Alarmas
- Enterprise Administration EAM
- OEE
- MES



Diseño Graficas de Control:

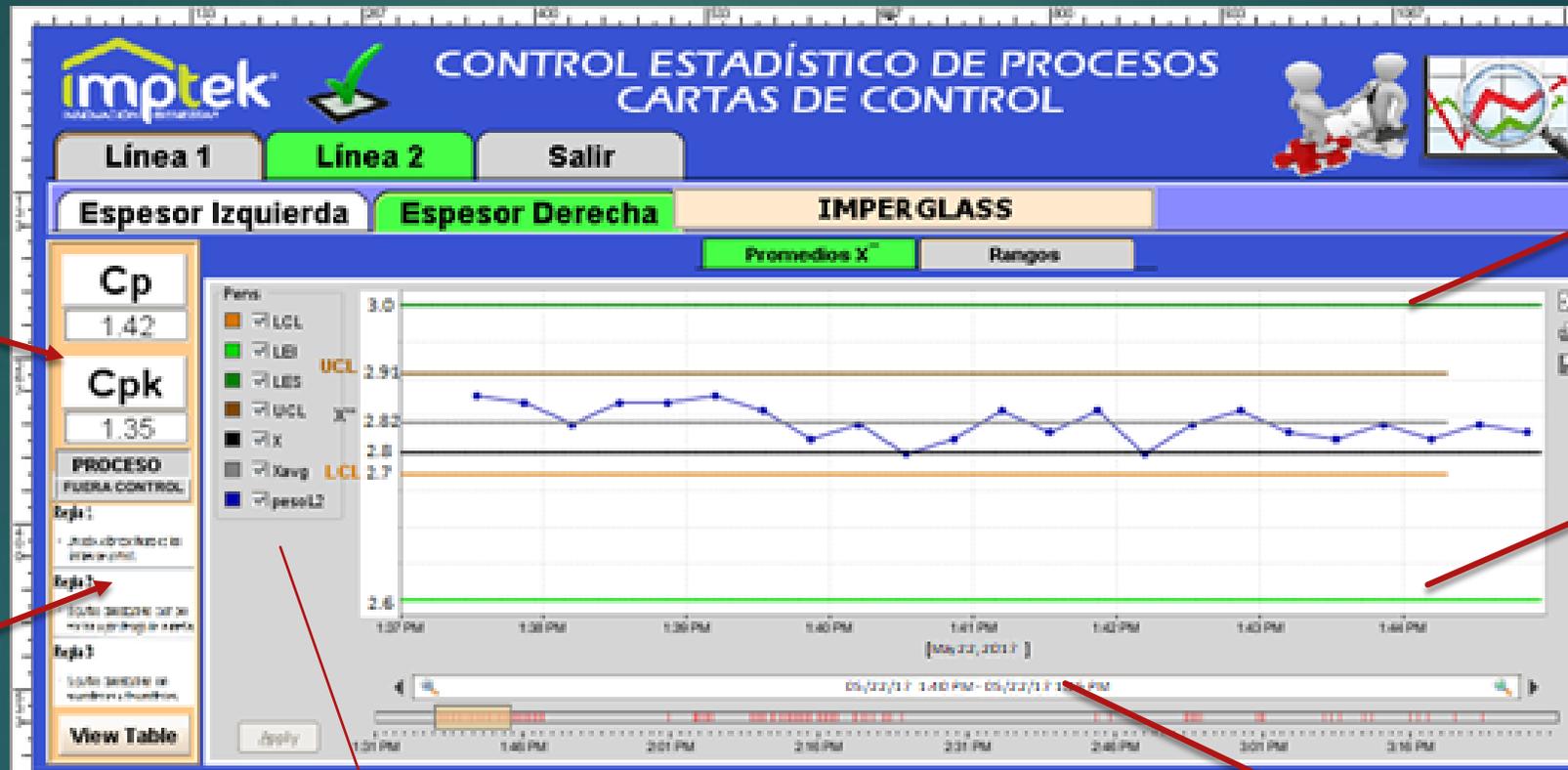
PROCESO DE FABRICACIÓN DE LÁMINA, PLANTA IMPTEK

CARACTERISTICAS:

- Los datos derivados del proceso son continuos.
- Existen causas especiales de variación identificadas:
 - Variación de temperatura en las tuberías
 - Inestabilidad del espesor en la estación de calibración
- Las características de calidad se miden a través de la variable:
 - Espesor [mm]

Gráficas de Promedios y Rangos

Componentes de las Gráficas de Control



Capacidad del Proceso

LES

LEI

Reglas SPC

Paleta Informativa

Línea de tiempo

PROMEDIOS

RANGOS

Límites de Control:

UCL= Límite de Control Superior:

$$UCL = \bar{X} + A_2\bar{R} \quad \text{ó} \quad UCL = \bar{X} + 3 * \sigma \quad UCL = D_4\bar{R}$$

UCL= Límite de Control inferior:

$$UCL = \bar{X} - A_2\bar{R} \quad \text{ó} \quad UCL = \bar{X} - 3 * \sigma \quad UCL = D_3\bar{R}$$

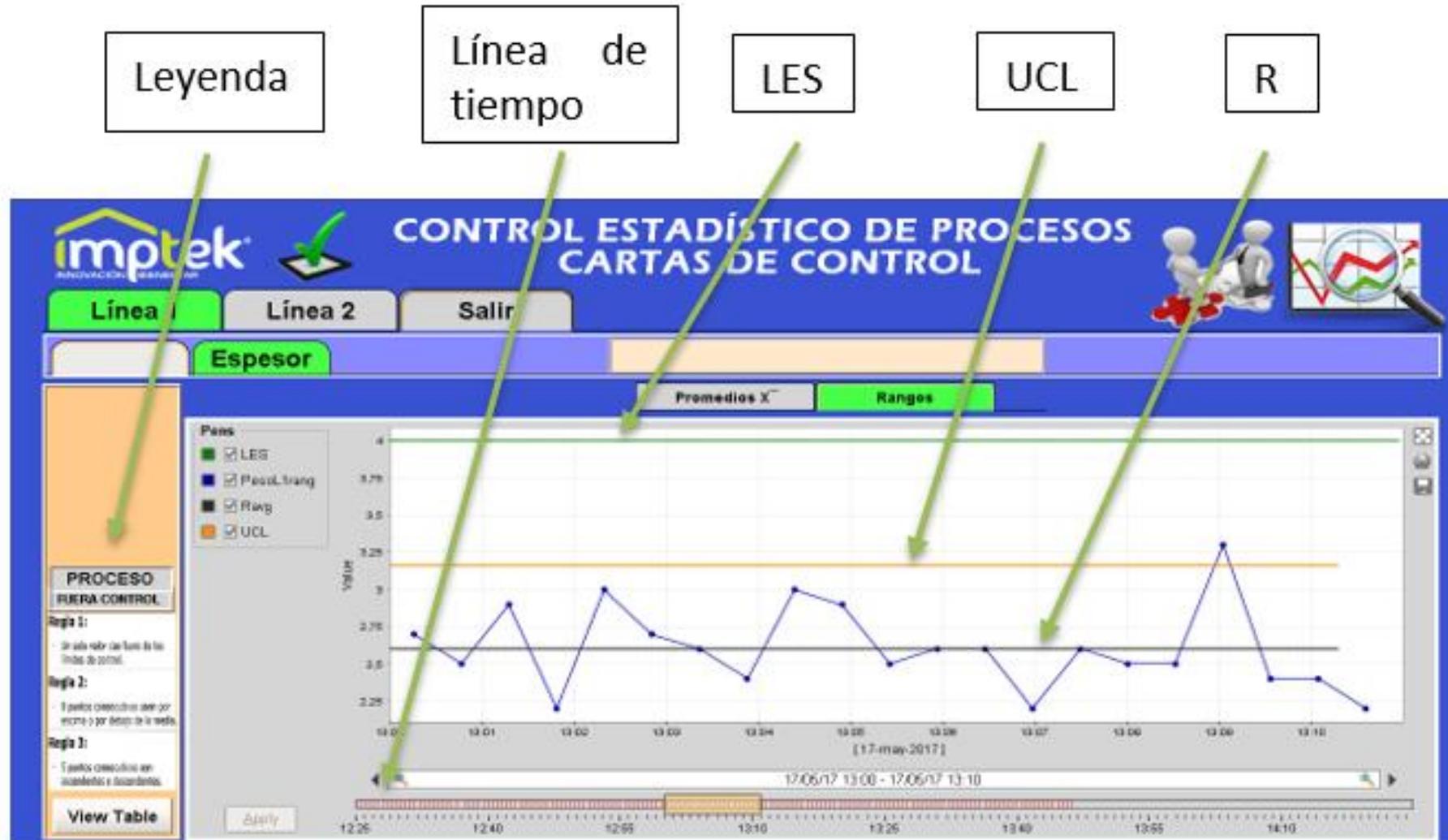
$$A_2 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}}$$

Nivel de aceptación de las empresas (3σ)

- 99,73% de probabilidad de éxito (Datos dentro de los límites de control).
- 0,27% de probabilidad de sufrir un defecto, dicho en otras palabras, ppm= 2700 defectos por millón.

(Ford Motor Company, 1995)

Componentes de las Gráficas de Control (Grafica de Rangos)





DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO V:

Construcción e Implementación



DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO V:

Mecanismo de
calibración de
Espesores:

DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO V:

Planchas de soporte superior e inferior



Planchas base de soporte



DESARROLLO DEL PROYECTO:

Parante de ejes
deslizantes



CAPÍTULO V:

Parante de tornillo
sinfín de avance



DESARROLLO DEL PROYECTO:

Tornillo sinfín de avance



CAPÍTULO V:



Bocín Cuadrangular Doble (Bronce Silicio)

DESARROLLO DEL PROYECTO:

Sinfín (Acero Inoxidable)



CAPÍTULO V:



Corona (Bronce Silicio)

DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO V:

Eje de transmisión
del sinfín corona



Conjunto Sinfín Corona

➔ DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO V:

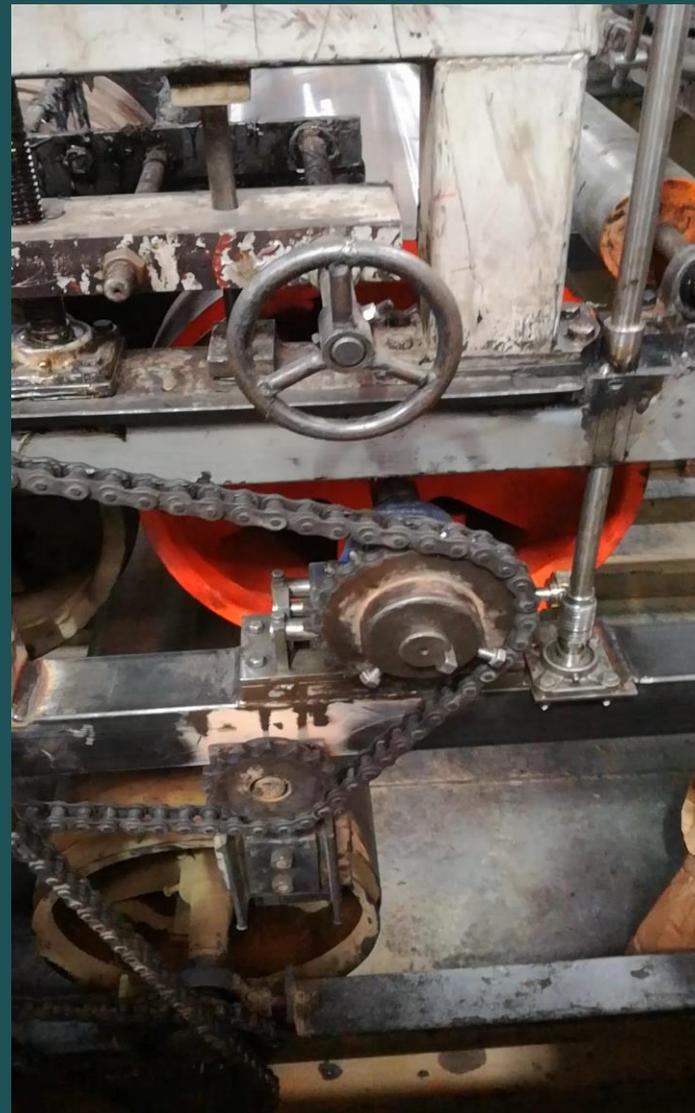
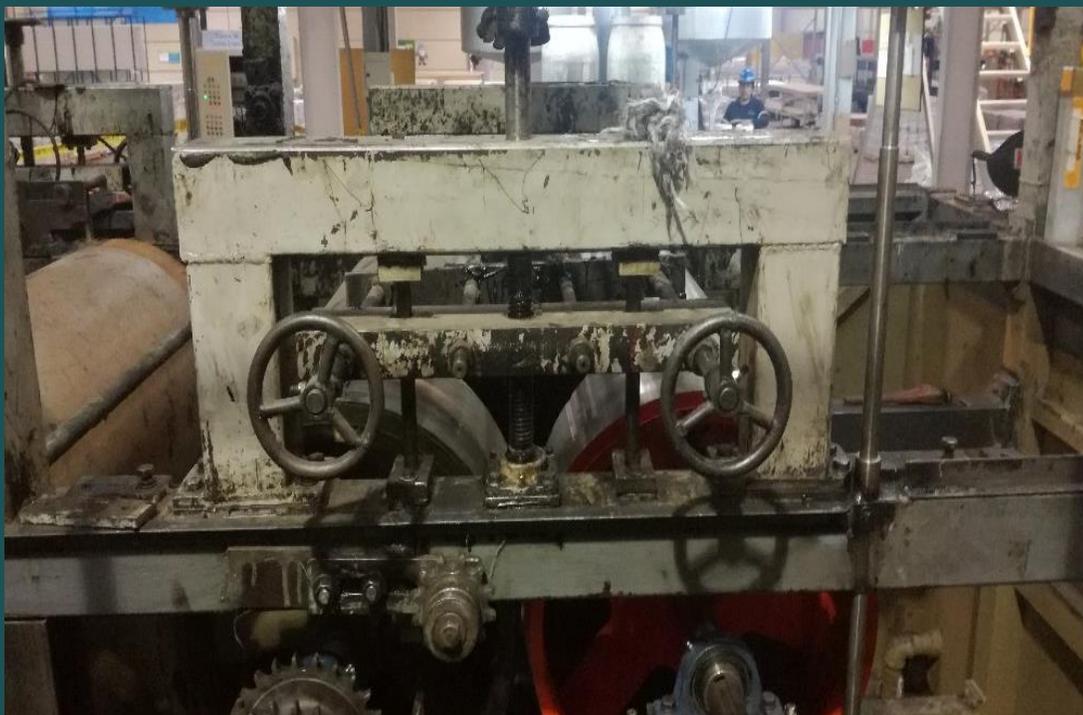
Sistema
Ensamblado





DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO V:





DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO V:

Sistema automático de
adquisición de datos



DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO V:

RED DE COMUNICACIÓN TIPO ANILLO



FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA AUTOMATICO DE ADQUISICION DE DATOS Y CONTROL ESTADISTICO

Sistema de Medición Automático de Espesor

Sistema de Control Estadístico





DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO VI:

PRUEBAS Y
RESULTADOS

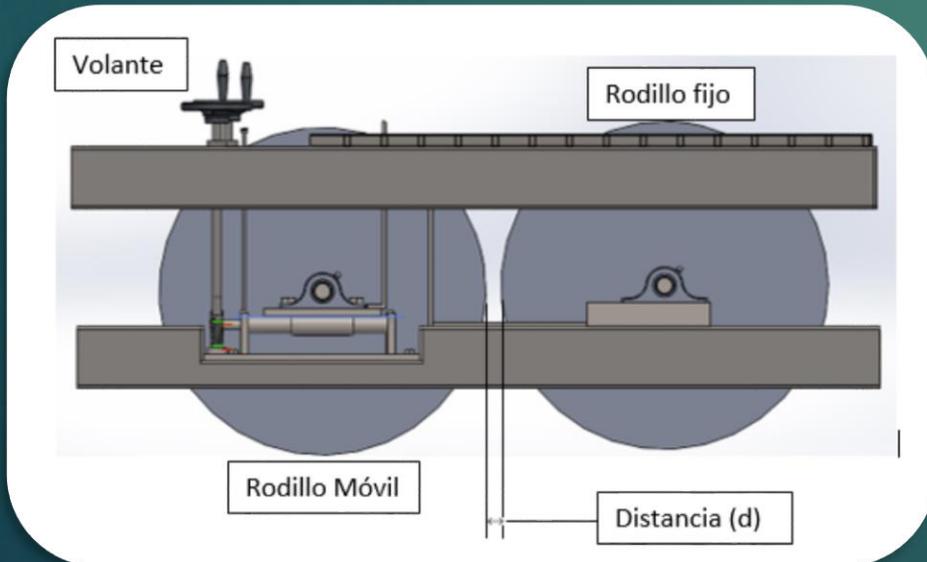
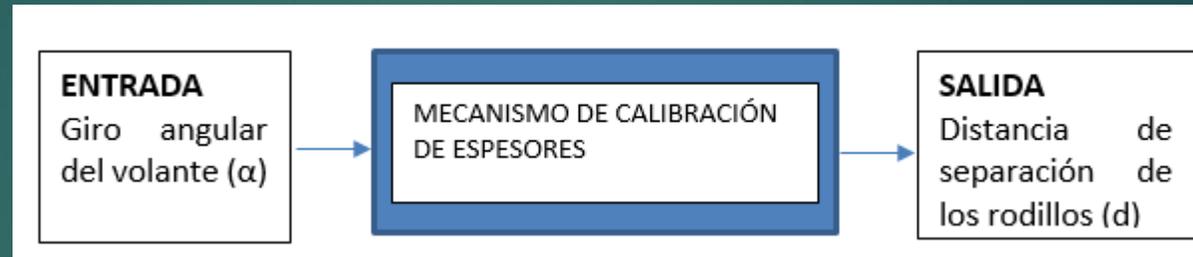


DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO VI:

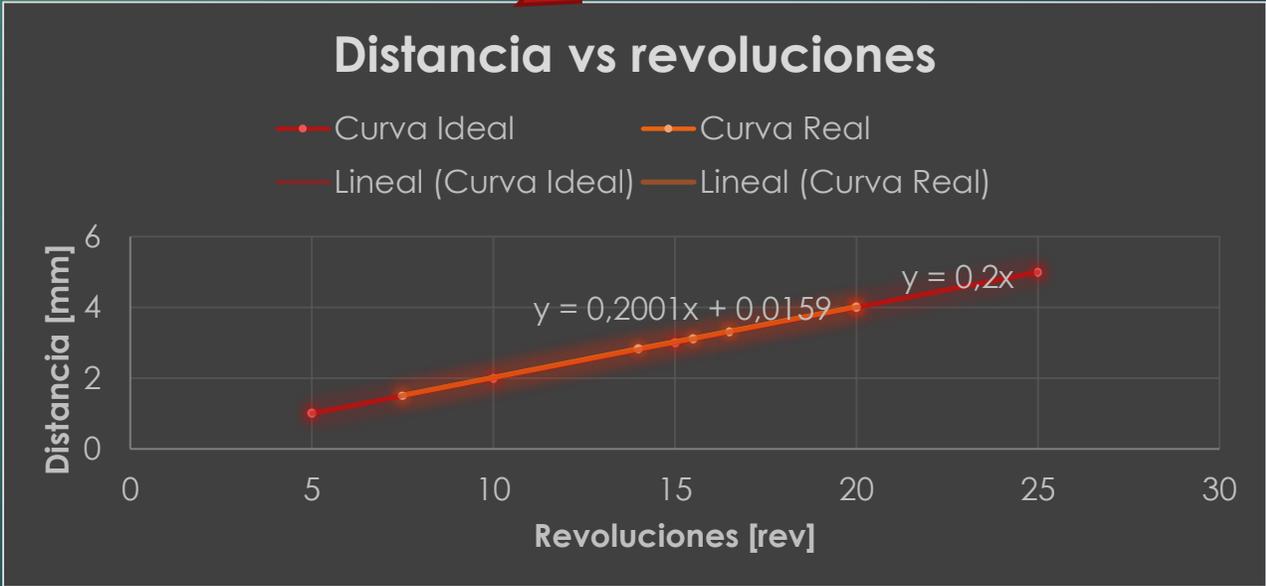
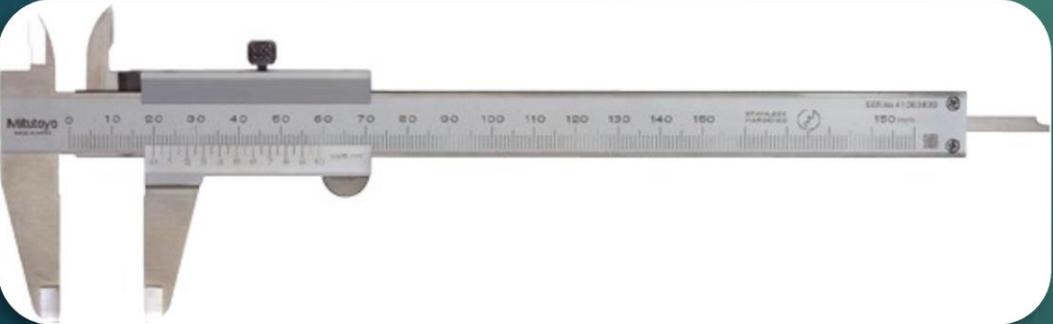
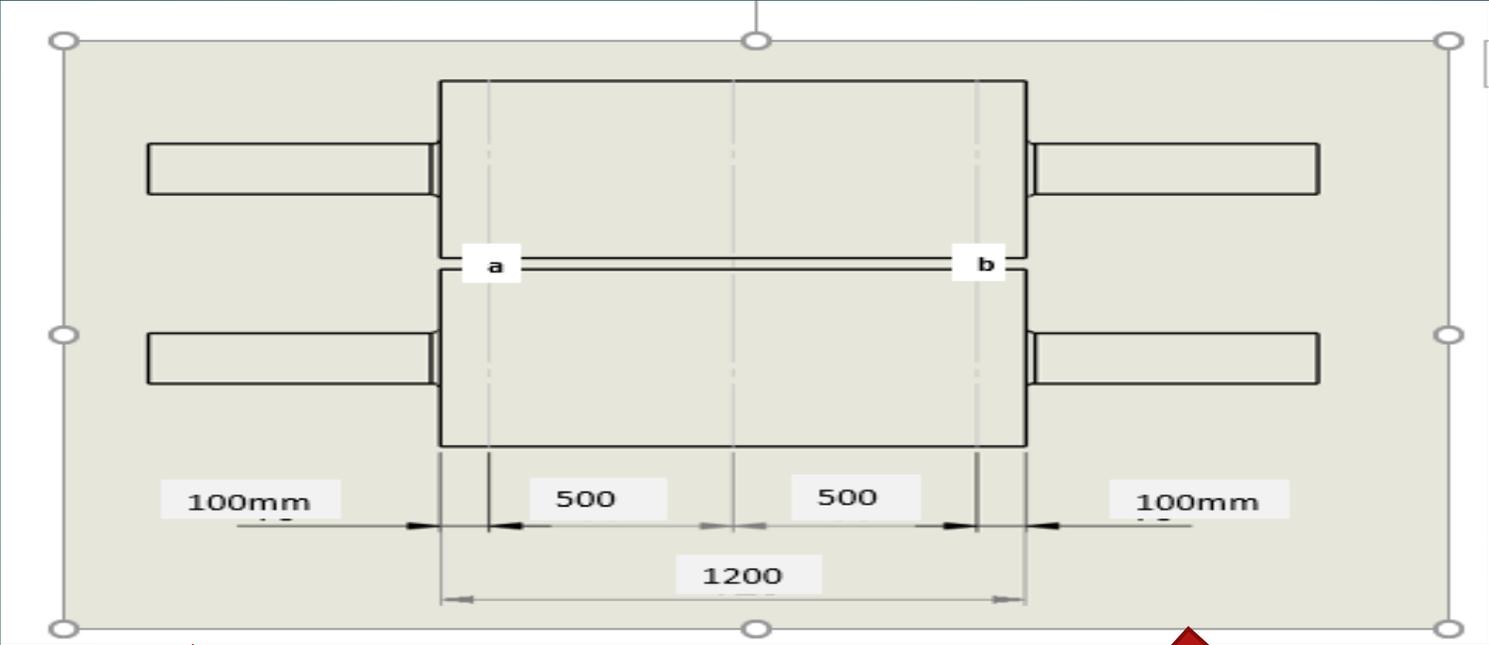
Mecanismo de
Calibración de
espesores:

Prueba/Validación del Sistema



	Revoluciones del Volante [Rev.]	Separación de los rodillos (d) [mm]	Denominación del tipo de lámina
1	7.5	1.5	Techofielt
2	10	2	Alumband
3	14	2.8	Imperglass
4	15	3	Super K
5	16	3.2	Imperpol
6	20	4	5k

Resultados:

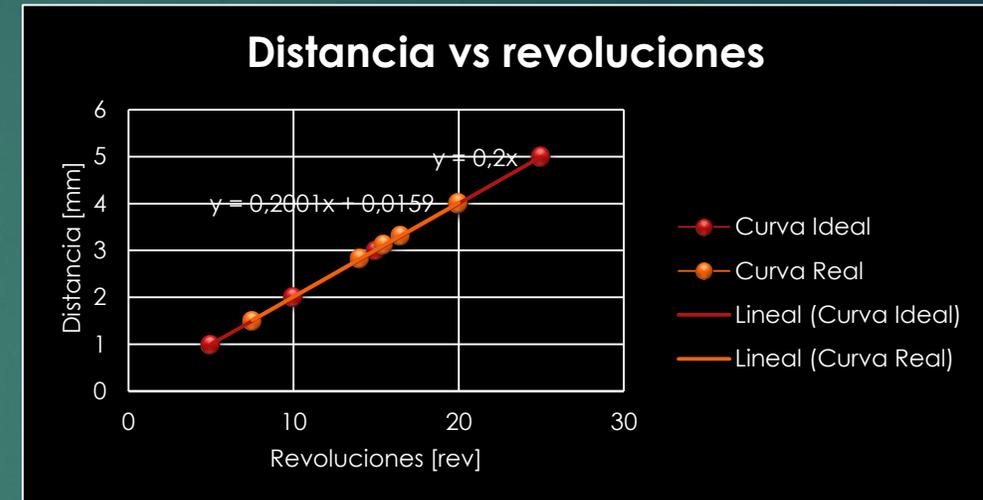


Análisis:

Lado izquierdo-posición "a":



Lado derecho-posición "b":



Error de 0.002%,

Error de 0.002%,

En función de lo anterior, las pruebas efectuadas y los resultados obtenidos demuestran que el mecanismo de calibración de espesores es confiable.



DESARROLLO DEL PROYECTO:

Sistema de control estadístico de la producción de lámina impermeabilizante:

DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO VI:

Prueba del Sistema

Sistema calibrado con Patrones Certificados INEN.



ELECCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA

- | | | |
|----------------------------------|---|---------------------|
| ▪ 1 horario: 7:30 am – 10:00 am | → | ▪ 1 rollo: 7:40 am |
| ▪ 2 horario: 10:30 am – 12:30 pm | → | ▪ 2 rollo: 10:40 am |
| ▪ 3 horario: 13:00 pm – 15:30 pm | → | ▪ 3 rollo: 13:10 pm |

N=3 ROLLOS

Resultados:

PRODUCTO	Valor medido espesor " \bar{e}_m " (Izquierda)	Valor medido espesor " \bar{e}_m " (Derecha)	Valor de espesor " \bar{e}_r " reportado "SCE" (Izquierda)	Valor de espesor " \bar{e}_r " reportado "SCE" (Derecha)	% Error (Lado izquierdo)	% Error (Lado derecho)
Techofielt	1.51	1.51	1.51	1.51	0.00	0.00
Alumband	2.01	2.01	2.02	2.02	-0.49	-0.49
Imperglass	2.81	2.81	2.82	2.82	-0.35	-0.35
Super K	3.02	3.02	3.05	3.05	-0.99	-0.99
Imperpol	3.21	3.21	3.23	3.23	-0.62	-0.62
5k	4.03	4.03	4.06	4.06	-0.74	-0.74

Análisis de la prueba efectuada al sistema de Control estadístico:

- 
- **Máximo error -0,99% en el producto Super K.**
 - **El sistema de control estadístico esta operando de forma adecuada y por tanto es confiable.**

Análisis del estado del proceso:



Análisis del estado del proceso:

PRODUCTO	Cp (Reportado "SCE")	Cpk (Reportado "SCE")
Techofielt	1.52	1.38
Alumband	1.40	1.34
Imperglass	1.42	1.35
Super K	1.54	1.38
Imperpol	1.54	1.41
5k	1.54	1.38

- No se observan patrones no aleatorio ni puntos fuera de control
- El Cp es mayor a 1,33, lo que indica que el espesor se encuentra en el 75% de la banda de tolerancia.
- El Cpk es mayor a 1,33 pero diferente del Cp, lo cual indica que el espesor se encuentra por encima de la especificación nominal.

Solución al problema planteado:

-Tras la implementación del presente proyecto se mejoro el **tiempo de respuesta** ante la detección de la presencia de causas especiales, de forma inmediata. (Sistema SPC en Real Time).

-Se tiene un sistema que puede predecir el comportamiento del proceso en el futuro, y permite conocer su capacidad (C_p) y estado de forma continua.

-En el proceso de control de calidad del espesor se redujo el tamaño de lámina utilizado hasta poder tomar una muestra de 120[m] (Distancia hasta la estación de enrollado) a 5 [m] (Ubicación de los sensores)

Exceso en espesor:

PRODUCTO	ESPEJOR NOMINAL [mm]	PESO POR ÁREA $\left[\frac{kg}{m^2}\right]$	DENSIDAD $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	PESO NOMINAL ROLLO [kg]	PESO MEDIDO [kg]	EXESO EN PESO [kg]
Techofielt	1.50	2.67	1780	26.70	27.0	0,3
Alumband	2.00	2.01	1005	20.1	20.2	0.1
Imperglass	2.80	3.98	1421.43	39.80	40.2	0.4
Super K	3.00	3.99	1330	39.90	40.1	0.2
Imperpol	3.20	3.98	1243.80	39.80	40.1	0.3
5k	4.00	5.05	1275	50.20	50.3	0,1

Costo del exceso:

PRODUCTO	Exceso en peso por rollo [kg]	Costo por peso $[\frac{\$}{kg}]$	Costo del exceso por rollo $[\frac{\$}{rollo}]$	Costo del exceso anual $[\frac{\$}{año}]$
Techofielt	0.30	0.32	0.10	6000
Alumband	0.10	0.65	0.06	3900
Imperglass	0.40	0.25	0.10	6000
Super K	0.20	0.78	0.16	2160
Imperpol	0.30	0.71	0.21	4800
5k	0.10	0.51	0.05	3060
			TOTAL	25920

➔ DESARROLLO DEL PROYECTO:



**Conclusiones y
Recomendaciones:**

CAPÍTULO VII:



→ DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO VII:

CONCLUSIONES:



- Se han alcanzado los objetivos general y específicos del proyecto pues, se consiguió regular y corregir el espesor de las láminas impermeabilizantes de forma manual sin necesidad de parar la producción, mediante la implementación de un mecanismo de calibración de espesores, el cual se encuentra calibrado y es confiable. Por otra parte, la implementación del sistema de control estadístico de calidad en el proceso de producción de lámina impermeabilizante permitió la adquisición y procesamiento de datos de forma automática y monitoreo en tiempo real.

- En base a la comparación entre los datos de espesor medidos y los reportados por el sistema de control estadístico, se observa que estos son muy similares, presentando un error máximo del 0.99% en la producción de super k, este error no es significativo, pues no supera el valor máximo de error admitido de 1%.
- En base a los datos de espesor presentados por el sistema de control estadístico de calidad y debido a la ausencia de patrones no aleatorios y tendencias en las gráficas de control, se concluye que el proceso trabaja dentro de los límites naturales de control y por consiguiente es estadísticamente estable.

- El proceso de producción muestra un $C_p > 1.33$ en todos los productos, lo cual significa que el proceso es capaz de producir cumpliendo con las especificaciones solicitadas, por otra parte, el C_{pk} es menor al C_p , indicando que el proceso se encuentra descentrado y por encima de la media nominal, pero es mayor a 1.33 en todos los productos, lo cual significa que cumple con el mínimo valor establecido para aceptar que un proceso es capaz.
- En base a las mediciones de espesor y peso realizadas en los diferentes productos impermeabilizantes se concluye que se está produciendo con una media del espesor por encima de la especificación nominal, generando un exceso en los costos de producción de todos los productos impermeabilizantes.

→ DESARROLLO DEL PROYECTO:

CAPÍTULO VII:

RECOMENDACIONES:



- Se recomienda realizar el procedimiento de verificación del funcionamiento del sistema de control estadístico al menos una vez al mes y de acuerdo a los resultados que se obtengan se puede modificar éste periodo de verificación.
- Realizar una revisión y mantenimiento del mecanismo de calibración de espesores al finalizar cada semestre, a fin de determinar desgastes en las piezas que podrían ser motivo de apariciones de nuevas “causas especiales” en el proceso.



- En base a los resultados obtenidos en las pruebas del mecanismo de calibración, se recomienda introducir en el instructivo de trabajo de producción de lámina impermeabilizante, la verificación de la separación de los rodillos mediante el uso de galgas y realizarlo al menos cada tres meses.
- Se recomienda reducir el espesor de la lámina en 0.1 [mm] y realizar las pruebas necesarias para asegurar que el proceso se encuentre bajo control y dentro de los límites naturales y de especificación, con el objetivo de reducir los costos de producción en la línea de impermeabilización e incrementar la utilidad de la empresa.

Gracias!