



# ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO EXTENSIÓN LATACUNGA



**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

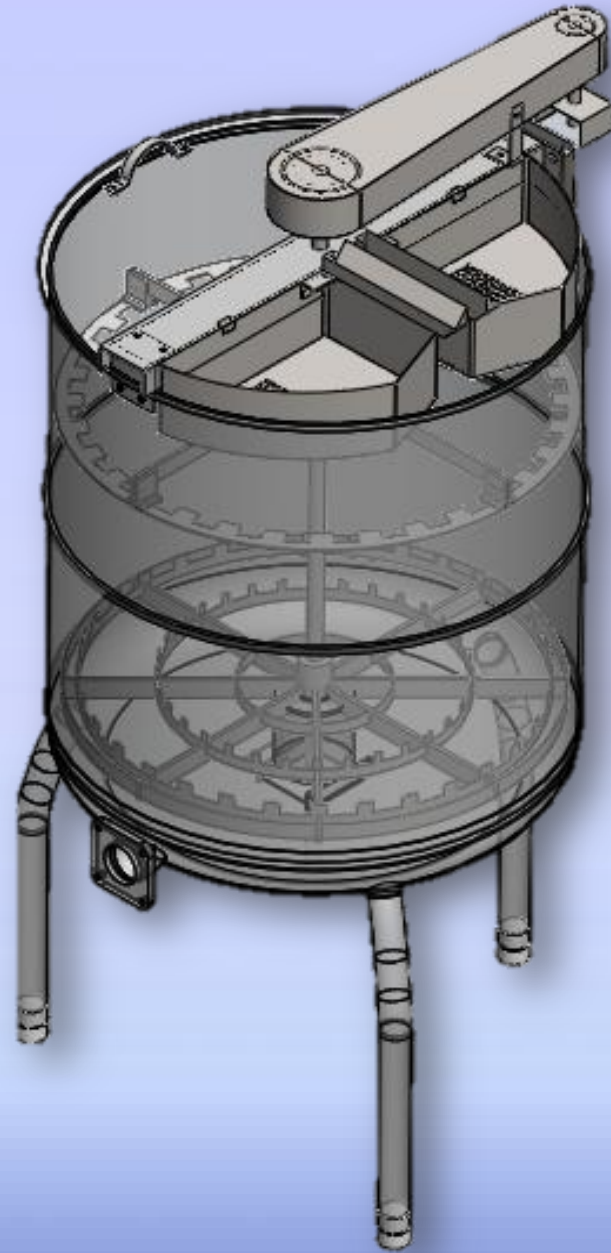
**INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**Pamela Monserrath Espejo Velasco  
Karen Estefanía Heredia Villacís**

**DIRECTOR : Ing. Oscar Arteaga  
CODIRECTOR : Ing. Vicente Hallo**

**AÑO 2013**

**“DISEÑO E  
IMPLEMENTACIÓN DE  
UN SISTEMA  
AUTOMATIZADO DE  
EXTRACCIÓN DE MIEL  
DE ABEJAS DE BAJO  
COSTO PARA MEJORAR  
LA EFICIENCIA EN LA  
RECOLECCIÓN DEL  
PRODUCTO, DESTINADO  
A APICULTORES DE LA  
ZONA CENTRAL DEL  
PAÍS”**



# PROCESO ARTESANAL



# SELECCIÓN DEL MATERIAL

- No desprenda sustancias nocivas.
- No altere negativamente el sabor ni el olor de los alimentos, tanto en contacto directo como en contacto indirecto.
- No reaccione con productos de limpieza ni con químicos antimicrobianos (desinfectantes).
- Resistentes a la corrosión.
- Estables mecánicamente.
- Diseñados para que el material no sufra alteraciones.

El acero inoxidable AISI-316 tiene buena resistencia a la corrosión en ambientes agresivos. Se suelda fácilmente y puede ser soldado con metales no ferrosos. No es templeable. Puede endurecerse por deformación en frío. Es necesario utilizar herramientas de alta calidad para realizar un correcto corte, ya que presentan altas presiones en la mecanización.





---

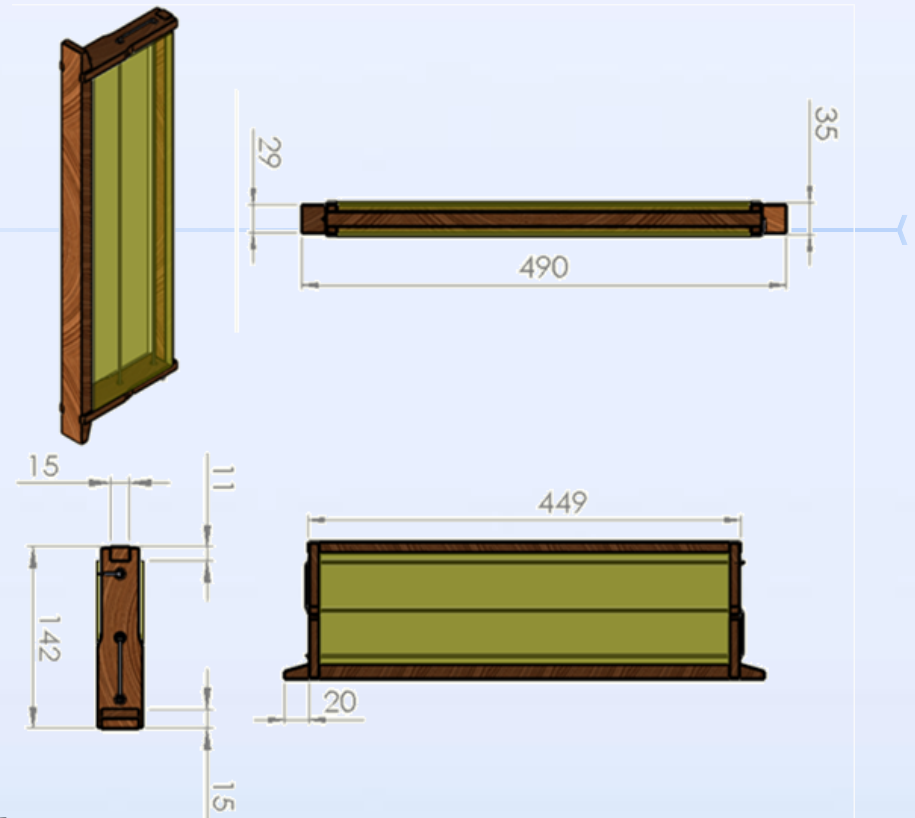
# **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN MECÁNICA**



# DISEÑO MECÁNICO

## Datos iniciales:

✓ Medidas del marco:

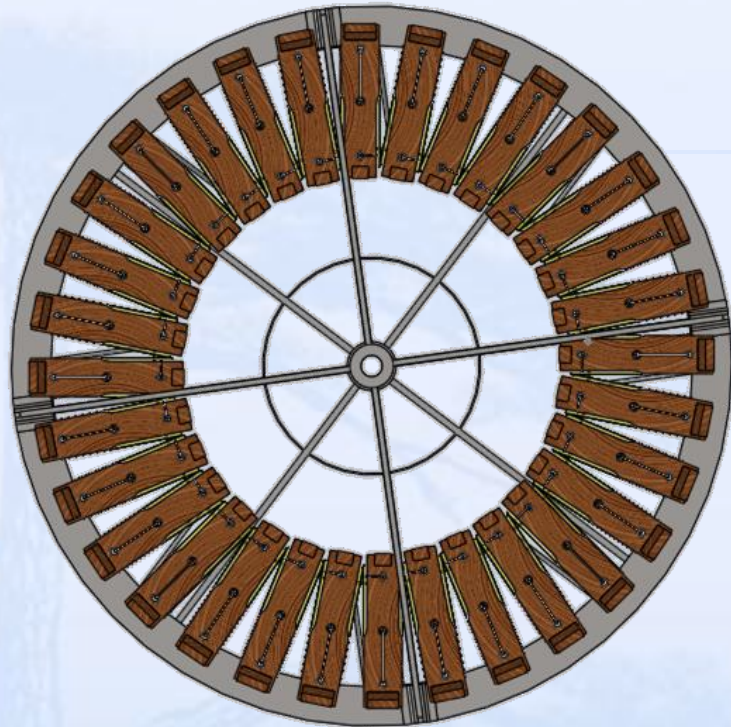


✓ Peso por marco: 2,2 kg

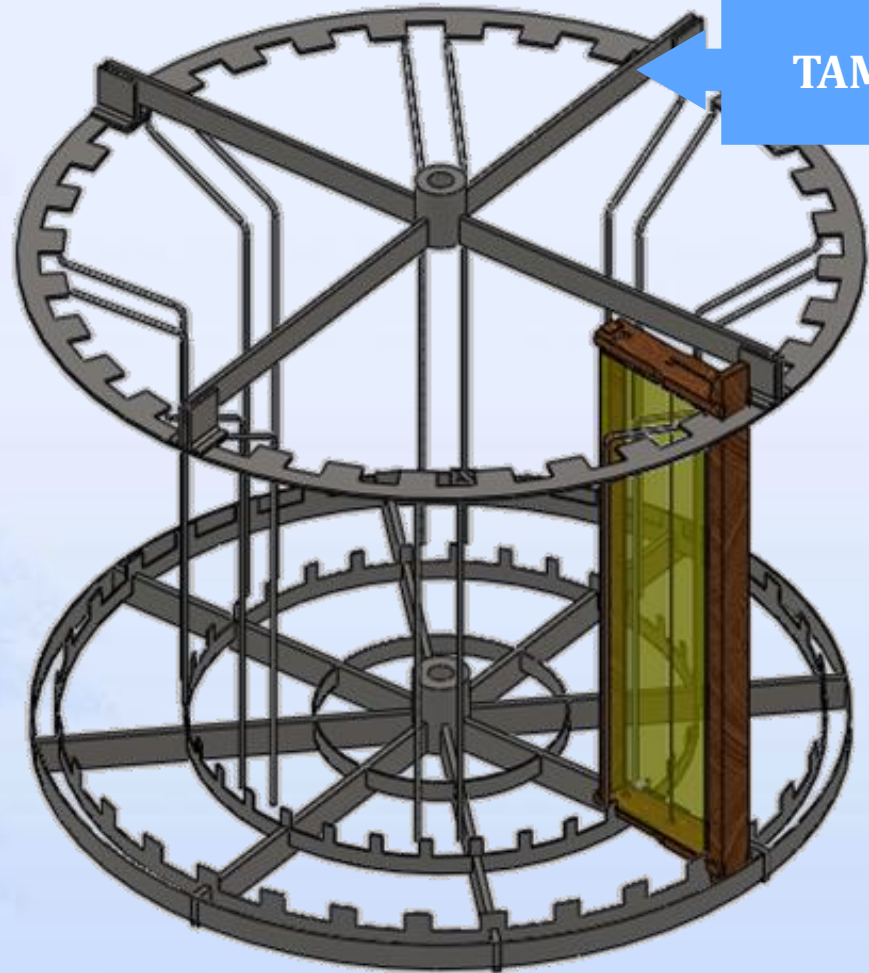
✓ Factor de seguridad: 2

✓ Forma del extractor: Radial con eje vertical

# DISEÑO MECÁNICO



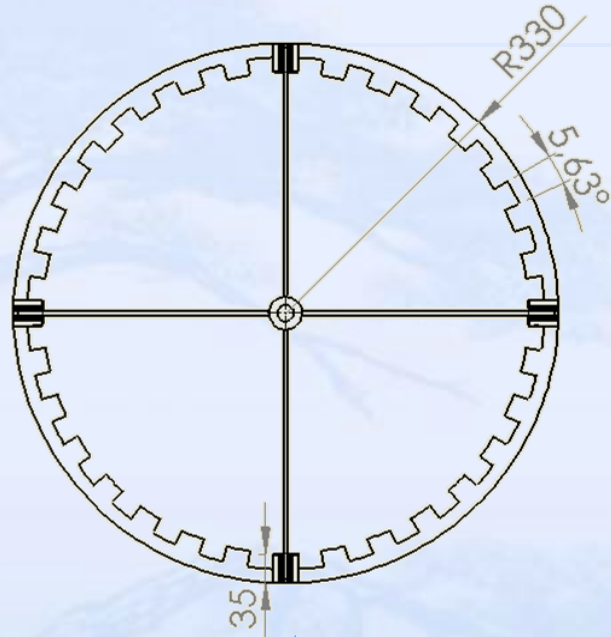
32 marcos



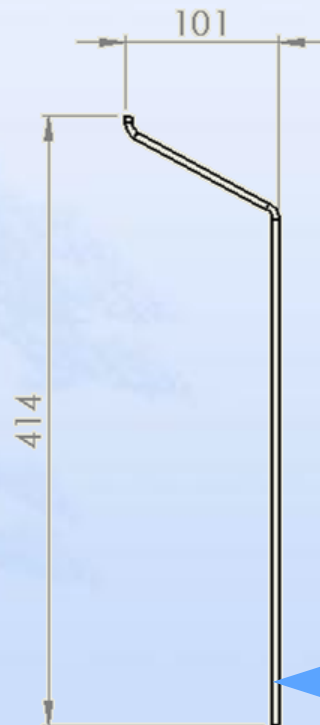
TAMBOR

# DISEÑO MECÁNICO

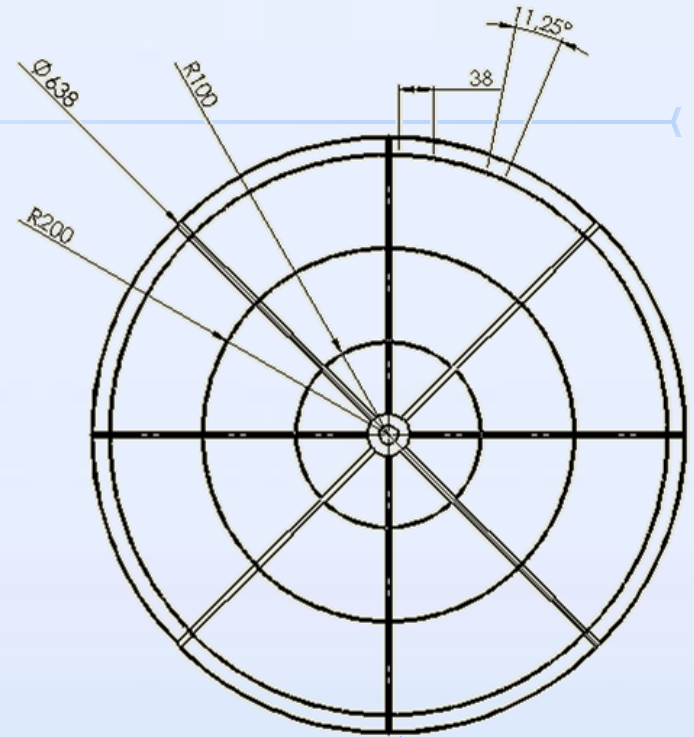
## Dimensionamiento:



**Estructura Superior**



**Guía**



**Estructura Inferior**

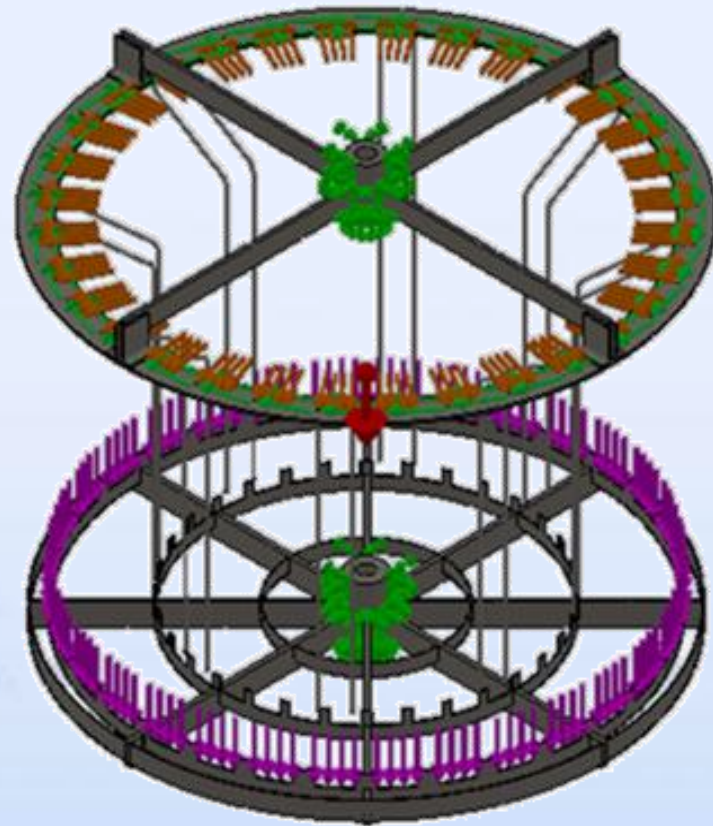


# DISEÑO MECÁNICO

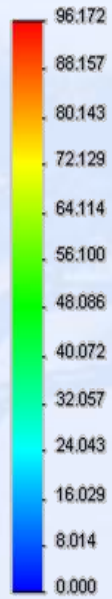
*Peso marcos* = 70,4 kg = 690,388 N

$$F_C = m \cdot a_C = 716,53 \text{ N}$$

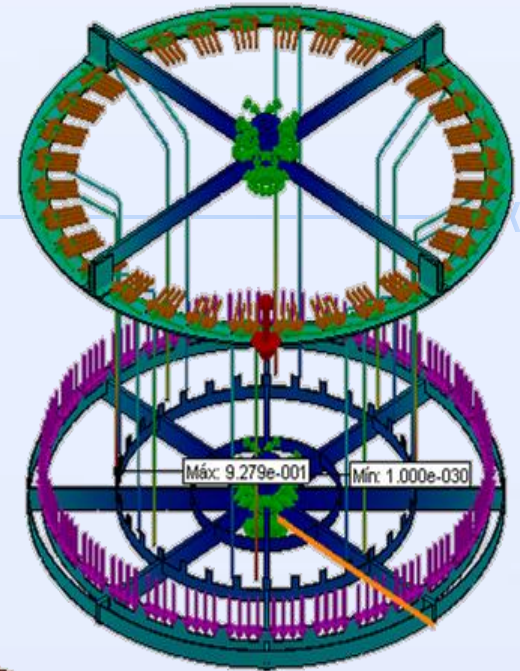
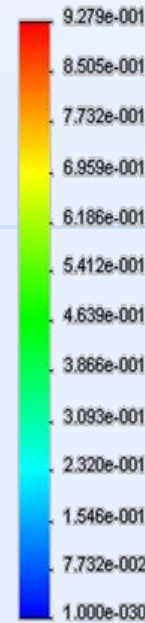
$$F_t = m \cdot a_t = 0,38 \text{ N}$$



# DISEÑO MECÁNICO

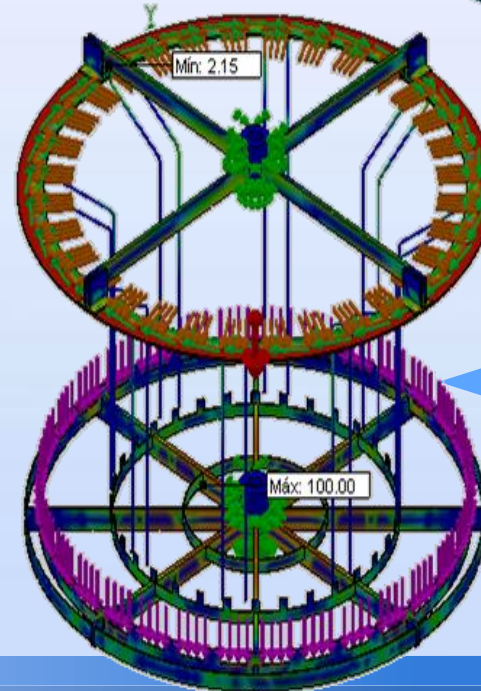


URES (mm)



Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2.2

FDS



FS = 2,15

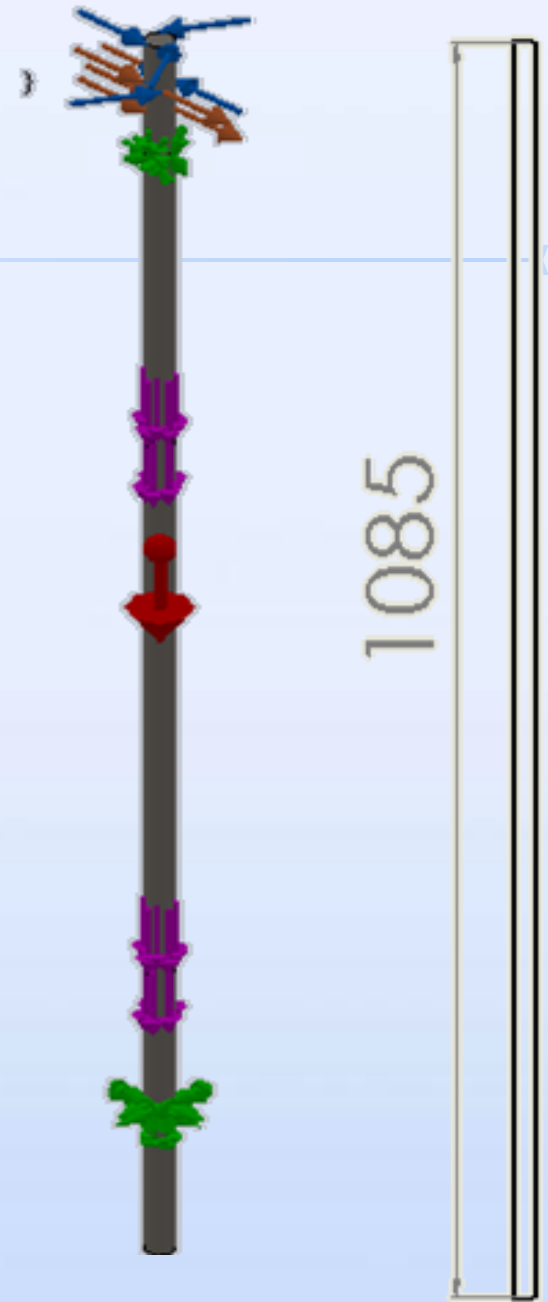


# DISEÑO MECÁNICO

*Peso total = marcos + tambor = 70,4 kg + 9,2 kg = 780.876 N*

$$T = \frac{P}{\omega} = 5.94 \text{ Nm}$$

*Fuerza total = 118.8 N*



# DISEÑO MECÁNICO

Nombre de modelo: eje\_1\_analisis  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 1

von Mises (N/mm<sup>2</sup> (MPa))



Nombre de modelo: eje\_1\_analisis  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 1

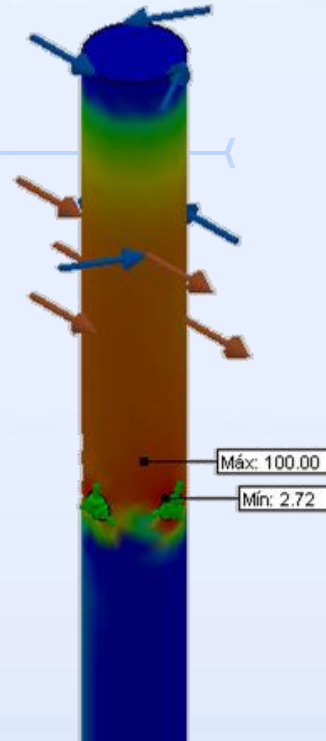
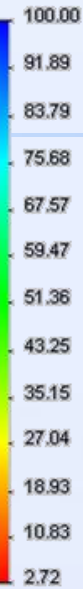
URES (mm)



FS = 2,72

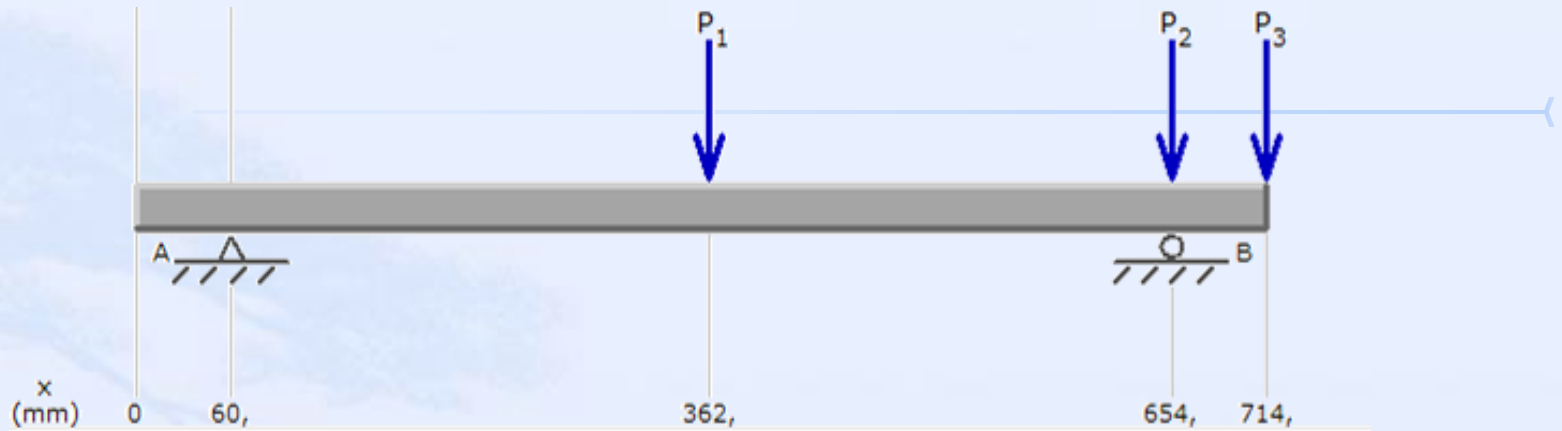
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2.7

FDS





# DISEÑO MECÁNICO



$F_1 = \text{peso del tambor} + \text{peso de las cuchillas} = 845,71 \text{ N}$

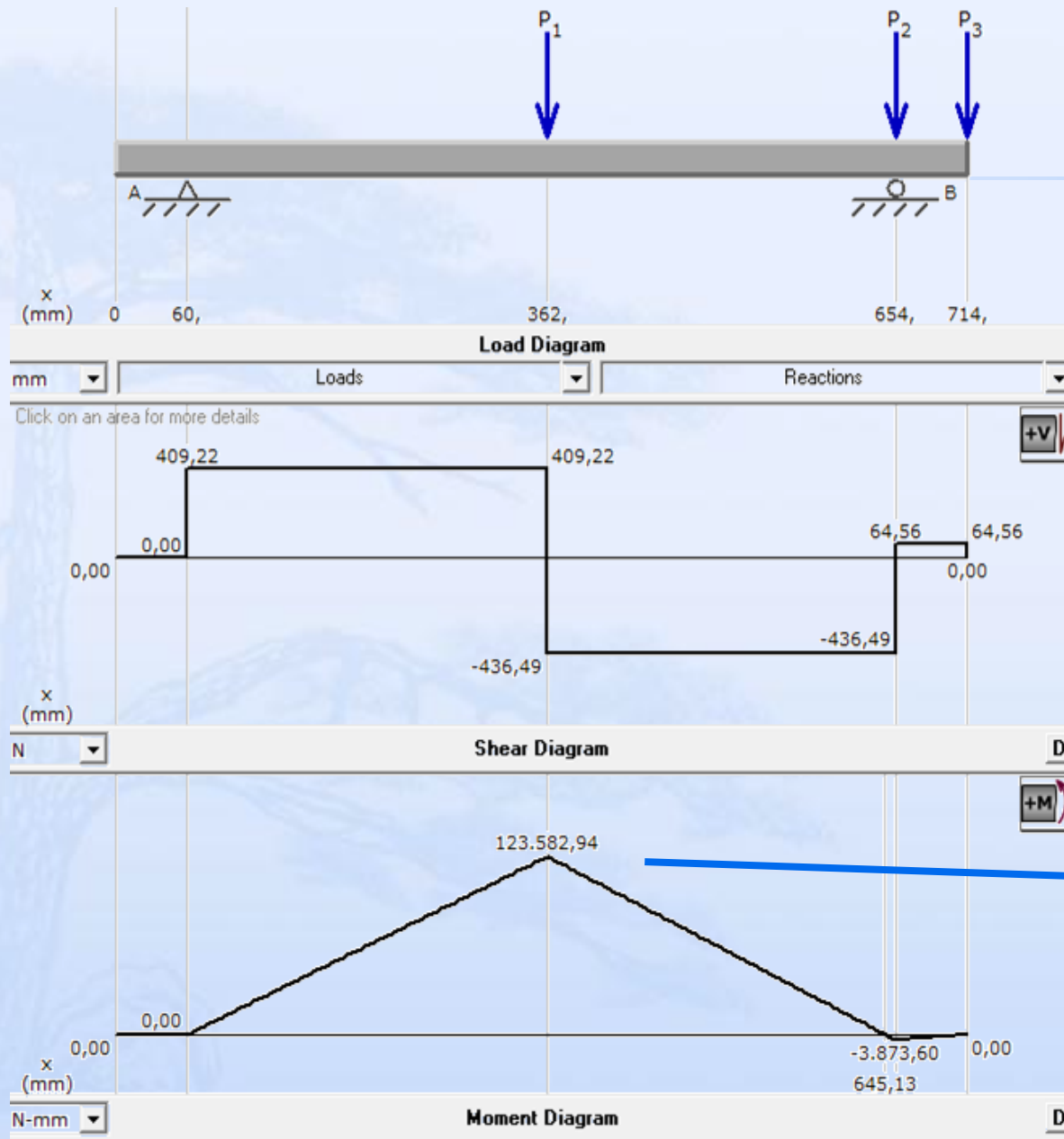
$F_2 = \text{peso de tapa banda} + \text{peso de sujeciones} = 17,87 \text{ N}$

$F_3 = \text{peso del motor} + \text{peso de sujeciones} = 64,56 \text{ N}$

$$R_A = 409,22 \text{ N}$$

$$R_B = 518,92 \text{ N}$$

# DISEÑO MECÁNICO



$M_{max} = 123,58 \text{ Nm}$

# DISEÑO MECÁNICO

DENOMINACION	DIMENSIONES						TIPOS					
	h	s	g	t	R	R1	SECCION	PESOS	Ix	Iy	Wx	Wy
	mm	mm	mm	mm	mm	cm4	cm2	kg/mt	cm4	cm4	cm3	cm3
UPN 50	50	38	5.00	7.00	7.00	3.50	7.12	5.59	26.40	9.12	10.60	3.75
UPN 65	65	42	5.50	7.50	7.50	4.00	9.03	7.09	57.50	14.10	17.70	5.07
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	26.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 260	260	90	10.00	14.00	14.00	7.00	48.30	37.90	4820.00	317.00	371.00	47.70
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80

$$\sigma_{flex} = \frac{M_{max}}{\omega} < \frac{Sy}{FS}$$

$$19,43 \text{ MPa} < 138 \text{ MPa}$$

$$\omega = \frac{M_{max}}{\sigma_{flex}} = 6,179 \text{ cm}^3$$



# DISEÑO MECÁNICO

*Fuerza ejercida por el tambor:*

$$F_1 = 823,66 \text{ N}$$

*Fuerza ejercida por la tapa banda:*

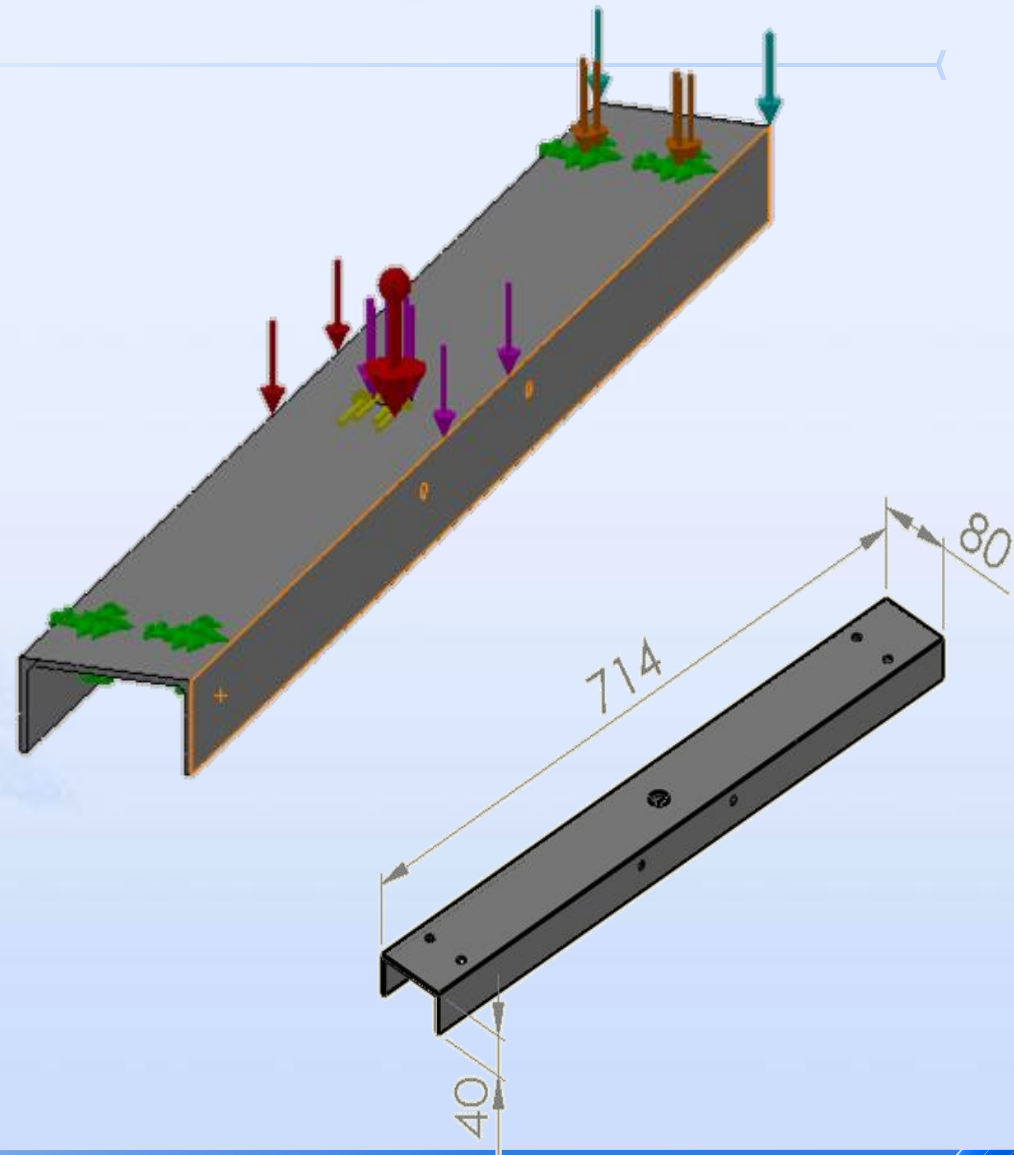
$$F_2 = 17,87 \text{ N}$$

*Fuerza ejercida por el motor:*

$$F_3 = 64,56 \text{ N}$$

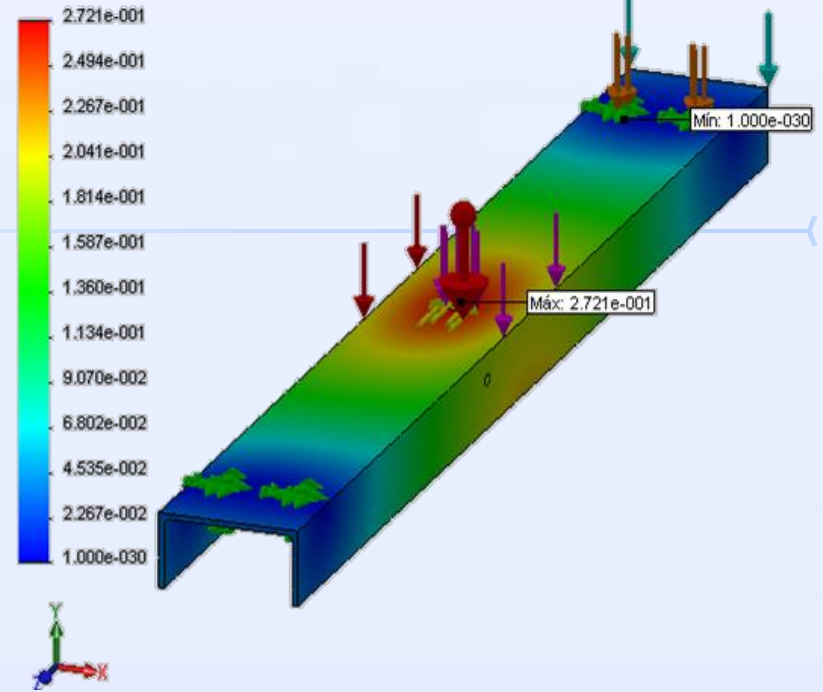
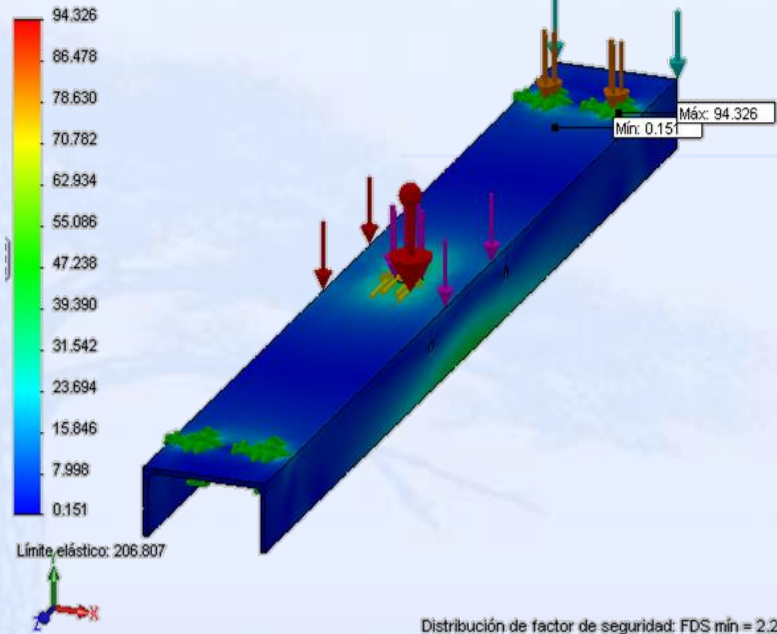
*Fuerza ejercida por las cuchillas:*

$$F_4 = 22,05 \text{ N}$$

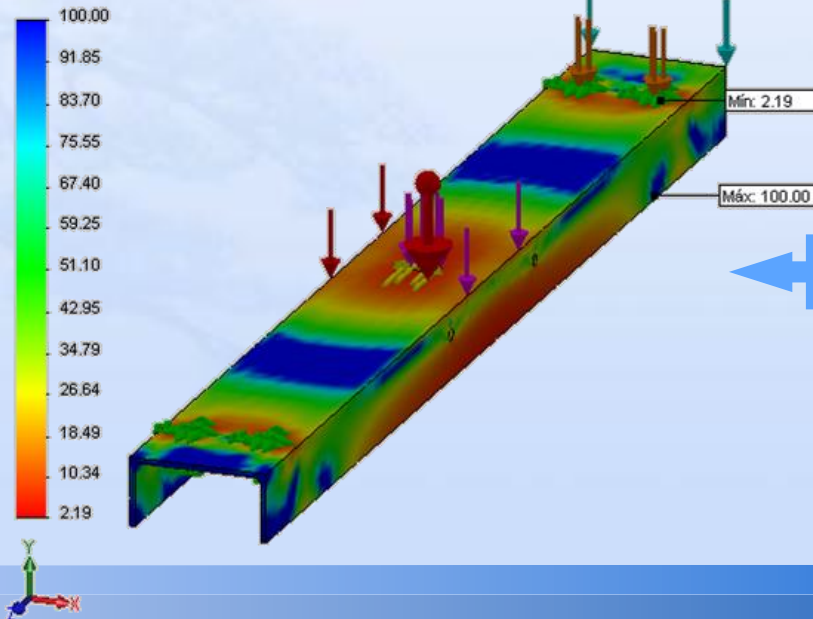




# DISEÑO MECÁNICO



Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2.2  
FDS



FS = 2,19

# DISEÑO MECÁNICO

*Fuerza ejercida por la miel:*

$$F_1 = 642,11 \text{ N}$$

*Fuerza ejercida por la estructura de soporte:*

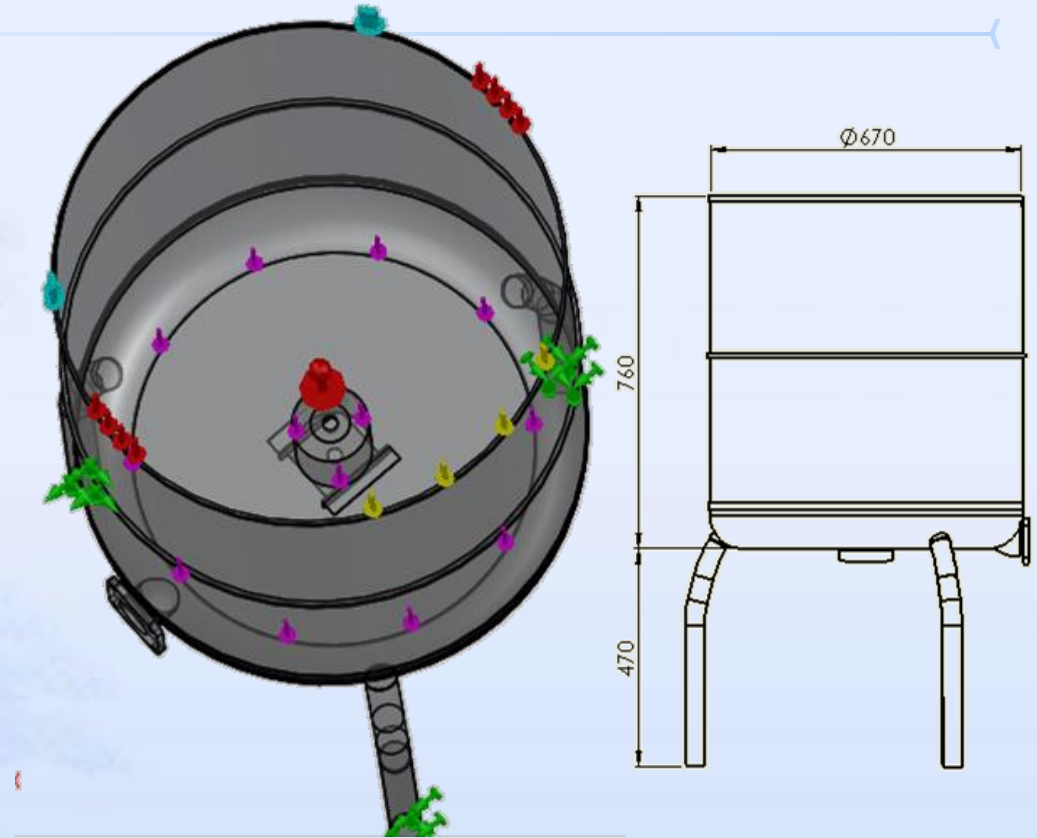
$$F_2 = 954,28 \text{ N}$$

*Fuerza ejercida por el tablero:*

$$F_3 = 58,84 \text{ N}$$

*Fuerza ejercida por las bandejas:*

$$F_3 = 45,79 \text{ N}$$

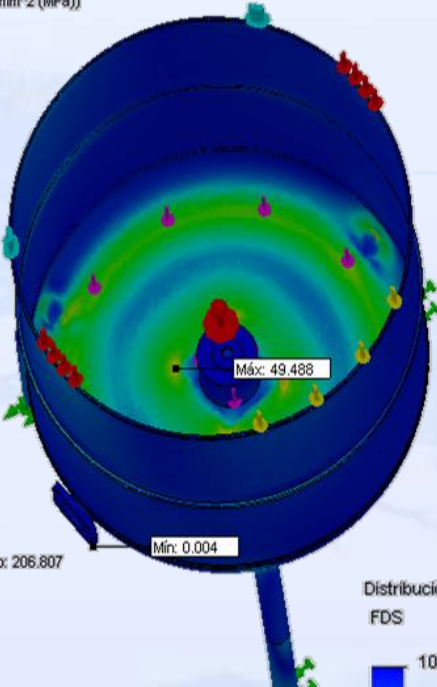


# DISEÑO MECANICO

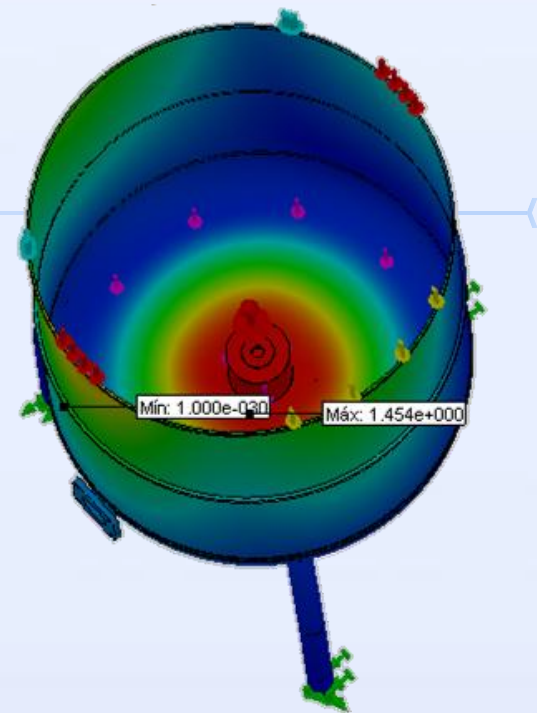
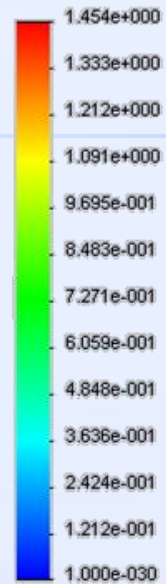
von Mises (N/mm<sup>2</sup> (MPa))



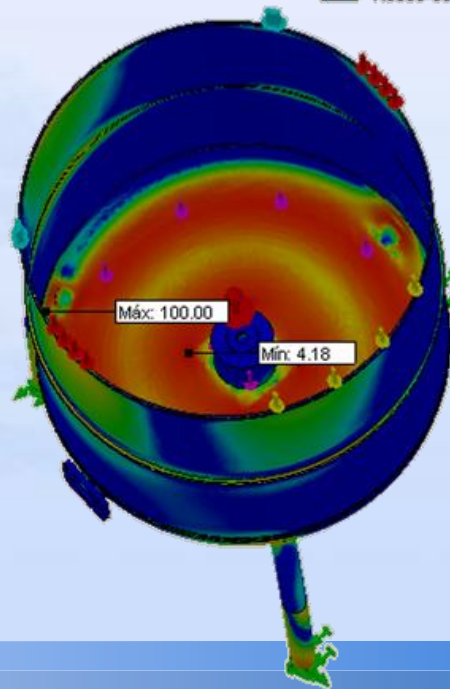
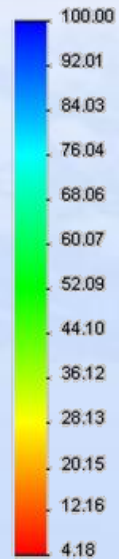
Límite elástico: 206.807



Escala de deformación: 1  
URES (mm)

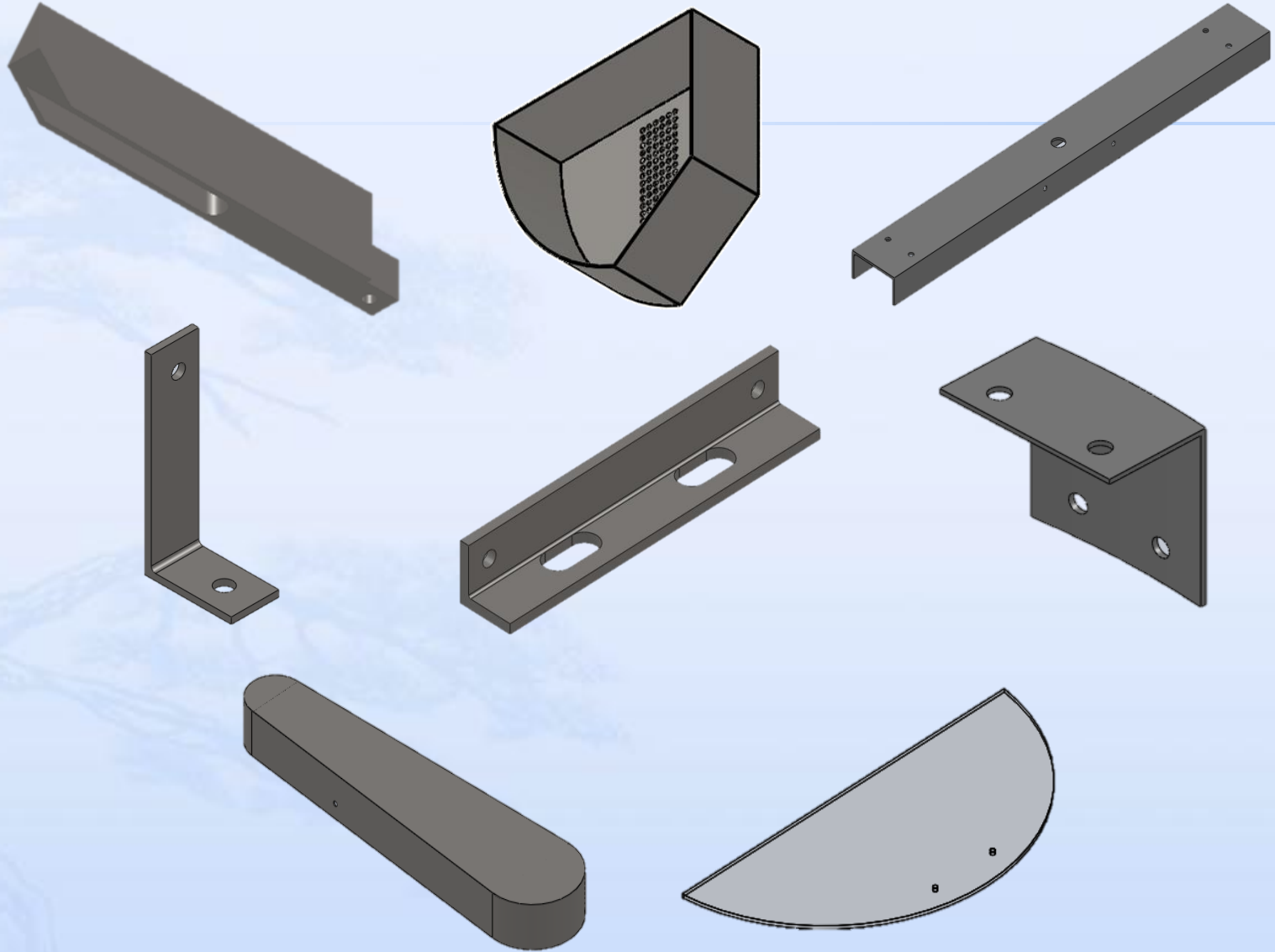


Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 4.2  
FDS



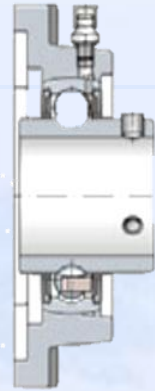
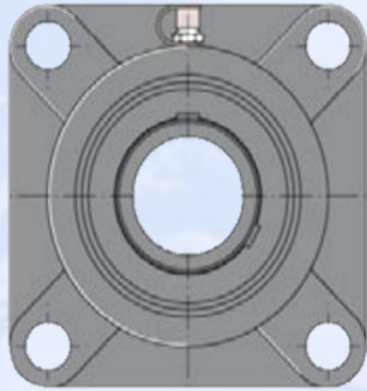
FS = 4,18

# DISEÑO MECÁNICO





# SELECCIÓN DE RODAMIENTOS Y SOPORTES



- ✓ Eje vertical
- ✓ Tipo brida
- ✓ Forma cuadrada
- ✓ Tornillos prisioneros

## Fuerzas del eje



Fuerza radial  $F_r$ :

$$F_r = 118.8 \text{ N}$$

Fuerza axial  $F_a$

$$F_a = 823,66 \text{ N}$$

# SELECCIÓN DE RODAMIENTOS Y SOPORTES

$F_a/C_0$	$e$	$F_a/(VF_r) \leq e$		$F_a/(VF_r) > e$	
		$X_1$	$Y_1$	$X_2$	$Y_2$
0.014*	0.19	1.00	0	0.56	2.30
0.021	0.21	1.00	0	0.56	2.15
0.028	0.22	1.00	0	0.56	1.99
0.042	0.24	1.00	0	0.56	1.85
0.056	0.26	1.00	0	0.56	1.71
0.070	0.27	1.00	0	0.56	1.63
0.084	0.28	1.00	0	0.56	1.55
0.110	0.30	1.00	0	0.56	1.45
0.17	0.34	1.00	0	0.56	1.31
0.28	0.38	1.00	0	0.56	1.15
0.42	0.42	1.00	0	0.56	1.04
0.56	0.44	1.00	0	0.56	1.00

\*Use 0.014 if  $F_a/C_0 < 0.014$ .

$$F_e = X_i VF_r + Y_i F_a$$

$$F_e = 1474,98 \text{ N}$$

$$L_D = rpm \cdot \frac{\text{horas}}{\text{dia}} \cdot \text{horas total} = 2880 \times 10^6$$

# SELECCIÓN DE RODAMIENTOS Y SOPORTES

## Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera

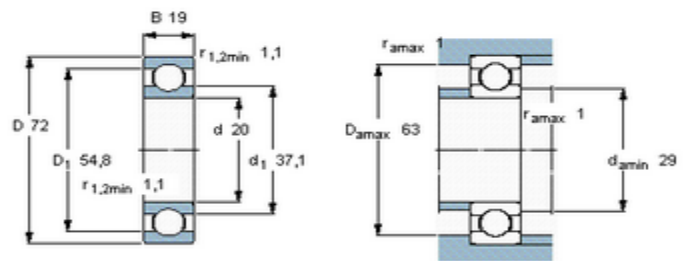
Tolerancias, ver también el  
 Juego radial interno, ver tam  
 Ajustes recomendados  
 Tolerancias del eje y del alojami

Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga $P_u$	Velocidades		Masa kg	Designación
d	D	B	C	$C_0$		Velocidad de referencialímite rpm	Velocidad de referencialímite		
mm	mm	mm	kN	kN	kN	rpm	rpm	kg	-
20	52	21	15,9	7,8	0,335	-	9500	0,20	62304-2RS1
20	72	19	30,7	15	0,64	24000	15000	0,40	6404
22	50	14	14	7,65	0,325	30000	19000	0,12	62/22
22	50	14	14	7,65	0,325	-	9000	0,12	62/22-2RS1
22	56	16	18,6	9,3	0,39	28000	18000	0,18	63/22
22,225	47,625	9,525	11,7	6,3	0,265	30000	20000	0,073	EE 8 TN9
22,225	50,8	14,287	14	7,65	0,325	26000	19000	0,12	RLS 7
22,225	50,8	14,287	14	7,65	0,325	-	9000	0,12	RLS 7-2RS1
22,225	50,8	14,287	14	7,65	0,325	26000	13000	0,12	RLS 7-2Z
22,225	57,15	17,462	18,6	9,3	0,39	26000	18000	0,18	RMS 7
25	37	7	4,36	2,6	0,125	38000	24000	0,022	61805

$$C_0 = \frac{F_a}{0,056} = 14,7 \text{ kN}$$

$$C = F_D \left( \frac{L_D}{10^6} \right)^{1/k} = 20,98 \text{ kN}$$

Principal dimensions			Basic load ratings		Speed ratings		Designation
d	D	B	dynamic C	static $C_0$	Reference speed r/min	Limiting speed	
mm	mm	mm	kN	kN	r/min	r/min	-
20	72	19	30,7	15	24000	15000	6404



Calculation factors  
 $k_f$  0,035  
 $f_0$  11

# SELECCIÓN DEL MOTOR

$$I = (\text{tambor} + (\text{marcos} \times 32)) \text{gr} \cdot \text{mm}^2 = 5,25 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\alpha = \frac{\omega}{t} = 1,04 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

$$P = T \cdot \omega = 0,46 \text{ hp}$$

$$T = I \cdot \alpha = 5,46 \text{ N m}$$



## Parámetros del motor seleccionado:

6 polos

0,5 hp

1200 rpm

Torque = 8 N.m

$\eta = 56,3$

FS = 1,15

Peso = 5,7 kg

# SELECCIÓN DE POLEAS

$$P_c = P \cdot K = 0,6 [hp]$$

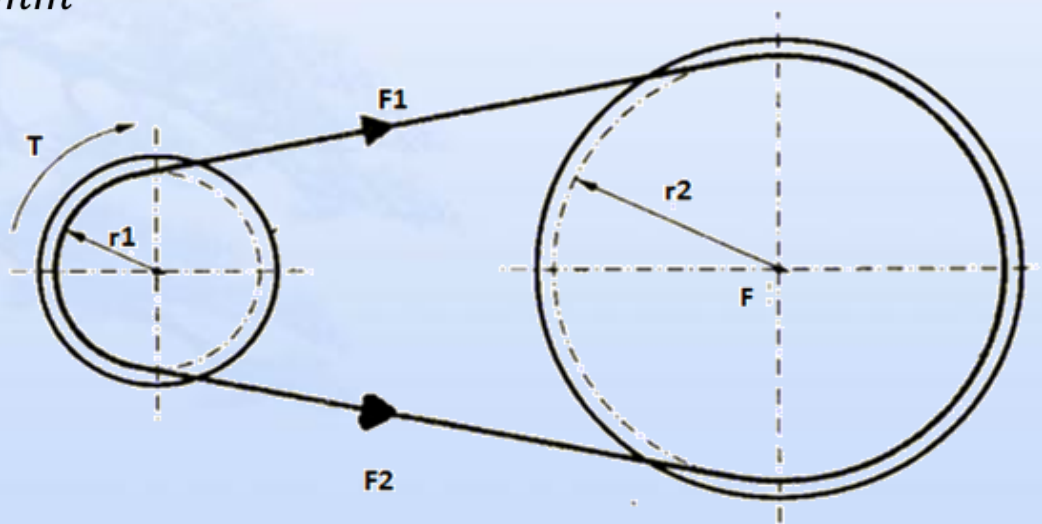
$$n_1 = 600 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 300 \text{ rpm}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D}{d}$$

$$D = \frac{n_1 \cdot d}{n_2} = 100 \text{ mm}$$

Máquinas motrices	Motores eléctricos cd = 2 cn Motores térmicos multicilindros > 600 rpm			Motores eléctricos c maxi > 2 cn Monocilindro < 600 rpm		
	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d
<i>Cargas uniformes ligeras:</i> Agitadores para líquidos, bombas y compresores centrifugos-ventiladores hasta 7,5 Kw Pequeños transportadores	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
<i>Cargas uniformes medias:</i> Transportadores de cinta (arena, grano) Ventiladores superiores 7,5 Kw Generadores-alternadores, máquinas herramientas Maquinaria artes gráficas, prensas, cizallas, lavadoras, bombas rotativas.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
<i>Cargas irregulares con sobrecargas:</i> Maquinaria para ladrillos y cerámica Elevadores con canchilones. Compresores y bombas de pistones. Maquinaria papel. Pulverizadores. Maquinaria textil.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
<i>Cargas irregulares y sobrecargas importantes:</i> Molinos, machacadoras, laminadoras, calandras mezcladoras. Gruas, dragas.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8
Cargas muy irregulares y grandes sobrecargas.	2	2	2	2	2	2



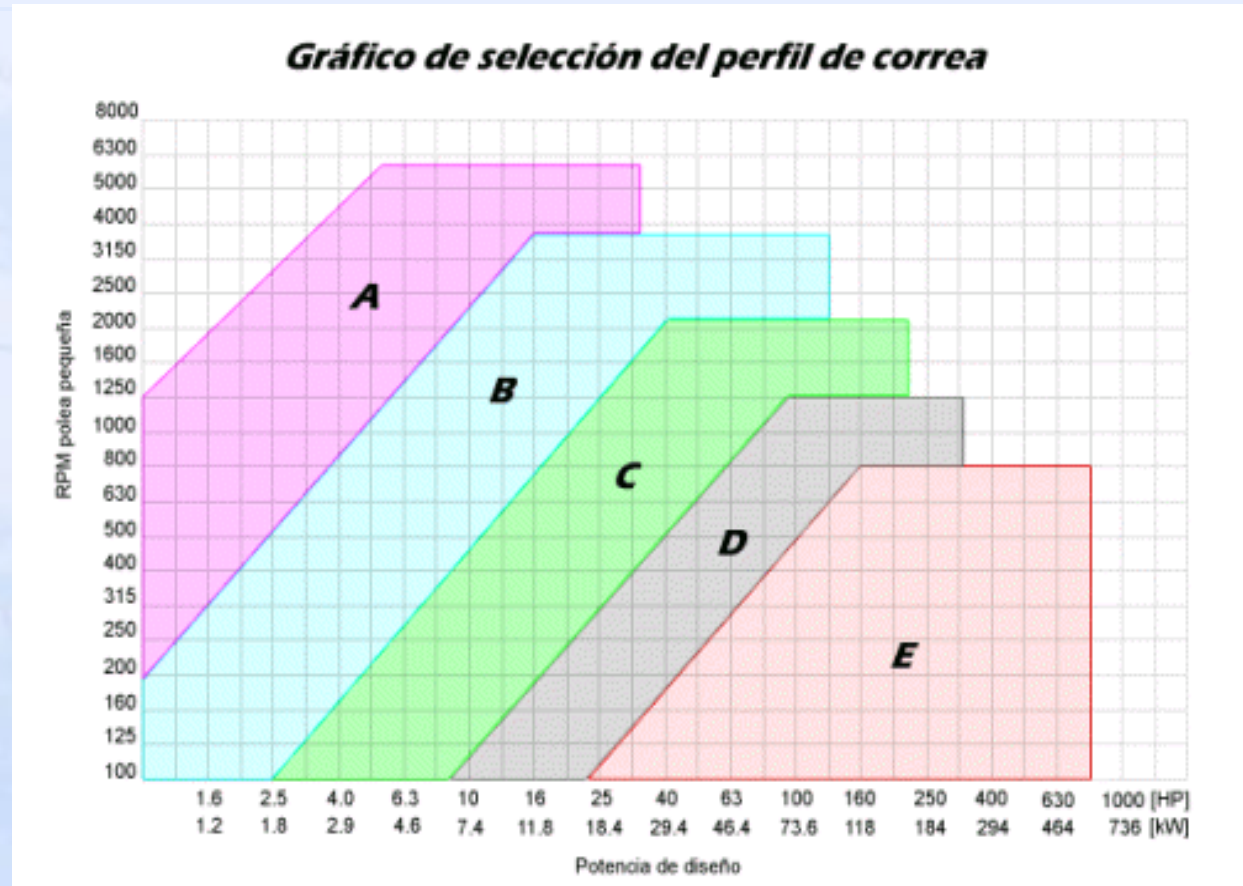


# SELECCIÓN DE BANDA

## Selección del tipo de banda

$$n_2 = 300 \text{ rpm}$$

$$P_c = 0,6 \text{ [hp]}$$

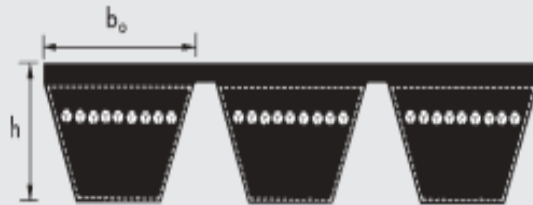


# SELECCIÓN DE BANDA

## Cálculo de la longitud de la banda

$$L_p = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

$$L_p = 1\,137\text{ mm}$$



Perfil	A/HA	B/HB	C/HC	D/HD
$b_o \approx$ (mm)	13,0	17,0	22,0	32,0
$h \approx$ (mm)	9,9	13,0	16,2	22,4

Perfil A/HA		Perfil B/HB				Perfil C/HC		Perfil D/HD		
(Perfil A) Desarrollo interior No. correa	(Perfil HA) Desarr. exterior $L_2$ (mm)	(Perfil B) Desarrollo interior No. correa	(Perfil HB) Desarr. exterior $L_2$ (mm)	(Perfil B) Desarrollo interior No. correa	(Perfil HB) Desarr. exterior $L_2$ (mm)	(Perfil C) Desarrollo interior No. correa	(Perfil HC) Desarr. exterior $L_2$ (mm)	(Perfil D) Desarrollo interior No. correa	(Perfil HD) Desarr. exterior $L_2$ (mm)	
47	1200	47	1200	146	3700	90	2286	98	2500	
51	1300	51	1300	148	3750	98	2500	110	2800	
56	1422	55	1400	158	4000	108	2750	120	3048	
57	1450	59	1500	167	4250	120	3048	128	3250	
59	1500	61	1550	177	4500	128	3250	144	3658	

# SELECCIÓN DE BANDA

## Cálculo del número de banda

$$P_c = 0,6 [hp]$$

$$N^{\circ} \text{ de banda} = \frac{P_c}{P_e}$$

$$P_e = P_b \cdot F_{cl} \cdot F_{cA}$$

$$F_{cl} = 0,94$$

$$A = 180 - 57 \frac{D-d}{C} = 173,67^{\circ}$$

$$F_{cA} = 0,99$$

Longitud correa	Z	A	B	C
16	0.80	-	-	-
24	0.83	-	-	-
26	0.84	0.81	-	-
31	0.89	0.84	-	-
35	0.92	0.87	0.81	-
38	0.93	0.88	0.83	-
42	0.95	0.90	0.85	-
46	0.97	0.92	0.87	-
51	0.99	0.94	0.89	0.80
55	1.00	0.96	0.90	0.81

Arco de contacto sobre polea menor	Poleas acanaladas	Poleas acanalada/plana
180°	1.00	0.75
175°	0.99	0.76
170°	0.98	0.77
167°	0.97	0.78

# SELECCIÓN DE BANDA

## Cálculo del número de banda

$$P_b = 0,33 \text{ Hp}$$

Sección A																							
N° R.P.M. De la polea menor	Prestación Base (en HP)													Prestación adicional por relación de transmisión (en HP)									
	Diámetro primitivo de la polea menor (mm)													1.00	1.02	1.05	1.09	1.13	1.19	1.25	1.35	1.52	2.00
	66	71	76	81	86	91	96	102	107	112	117	122	127	al	al	al	al	al	al	al	y		
1160	0.54	0.69	0.84	0.99	1.13	1.28	1.42	1.56	1.70	1.84	1.98	2.12	2.26	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20
1750	0.68	0.90	1.11	1.32	1.53	1.73	1.93	2.13	2.33	2.53	2.72	2.91	3.10	0.00	0.03	0.07	0.10	0.13	0.16	0.20	0.23	0.26	0.29
3450	0.85	1.21	1.57	1.91	2.25	2.57	2.88	3.19	3.48	3.76	4.02	4.28	4.52	0.00	0.06	0.13	0.19	0.26	0.32	0.39	0.45	0.52	0.58
200	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40	0.43	0.46	0.48	0.51	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
400	0.26	0.32	0.38	0.43	0.49	0.55	0.60	0.66	0.71	0.77	0.82	0.88	0.93	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07
600	0.35	0.43	0.52	0.60	0.68	0.76	0.84	0.92	1.00	1.08	1.16	1.23	1.31	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
800	0.43	0.53	0.64	0.75	0.85	0.95	1.06	1.16	1.26	1.37	1.47	1.57	1.67	0.00	0.01	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13
1000	0.49	0.62	0.75	0.88	1.01	1.14	1.26	1.39	1.51	1.64	1.76	1.88	2.00	0.00	0.02	0.04	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17

$$P_e = 0,307 \text{ [hp]}$$

$$N^{\circ} \text{ de banda} = 1,95 \approx 2$$



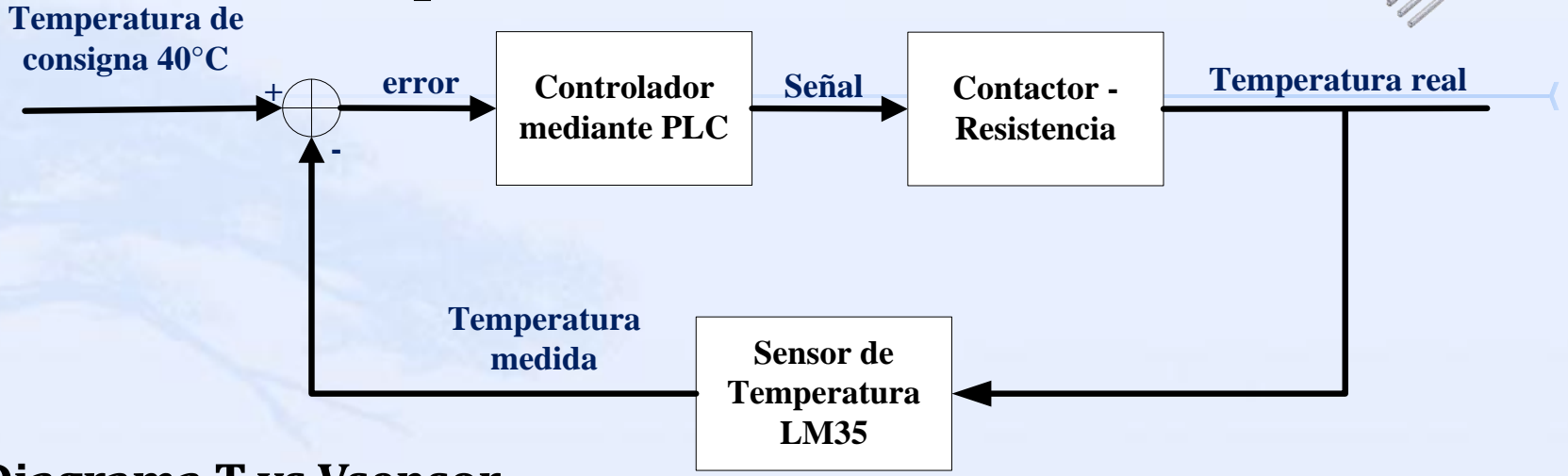


**DISEÑO E  
IMPLEMENTACIÓN  
ELECTRÓNICO Y  
CONTROL**

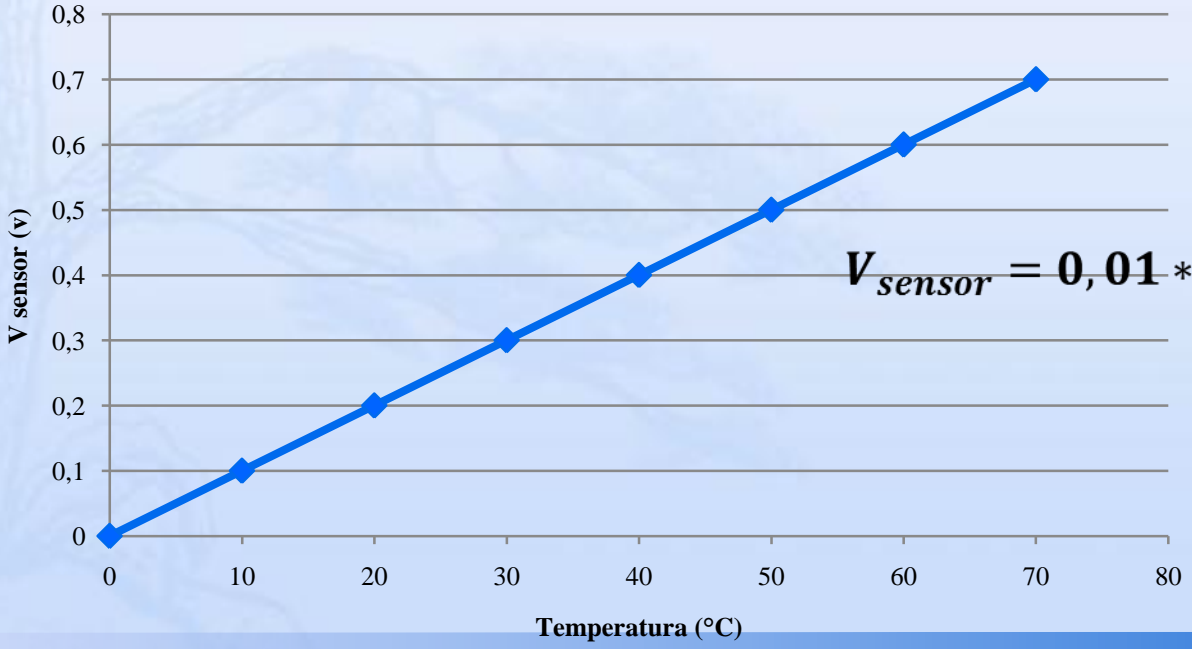


# DISEÑO ELECTRÓNICO Y CONTROL

## Control de Temperatura



### Diagrama T vs Vsensor



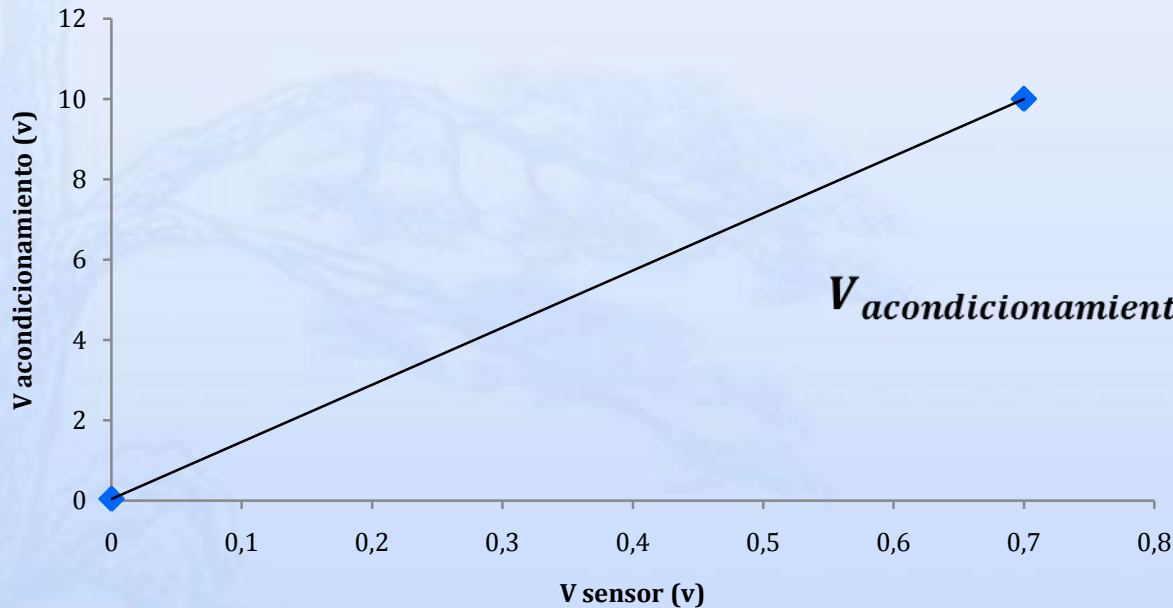
$$V_{sensor} = 0,01 * Temperatura$$

# DISEÑO ELECTRÓNICO Y CONTROL

## Acondicionamiento de Señal

Voltaje sensor (v)	Voltaje acondicionamiento (v)
0,00	0,04
0,70	10,00

**Diagrama  $V_{sensor}$  vs  $V_{acondicionamiento}$**



$$V_{acondicionamiento} = 14,23 * V_{sensor} + 0,04$$

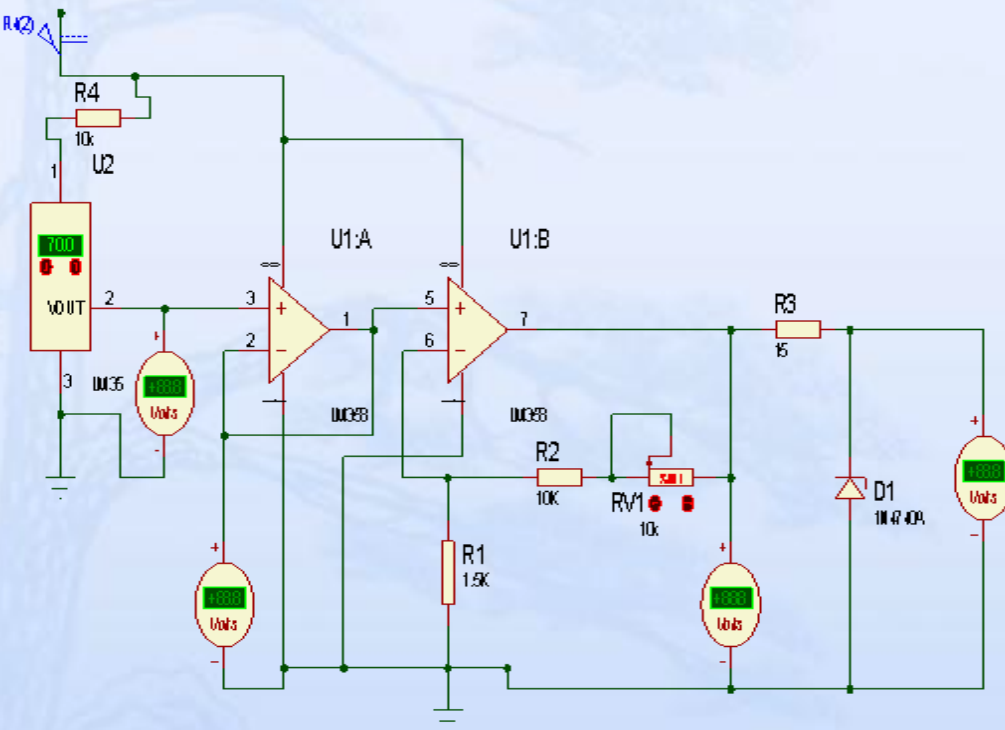
# DISEÑO ELECTRÓNICO Y CONTROL

## Cálculo de R2

$$R1 = 1.5 \text{ K}\Omega$$

$$G = 14.23$$

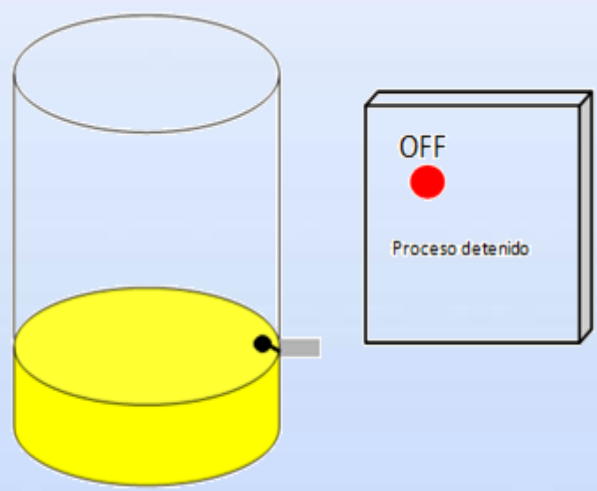
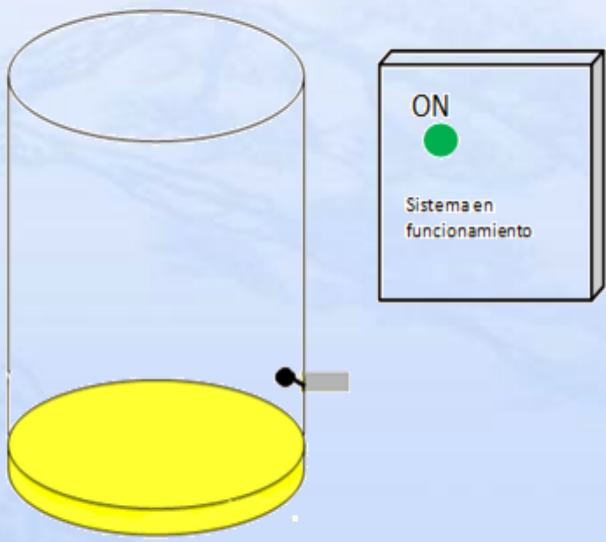
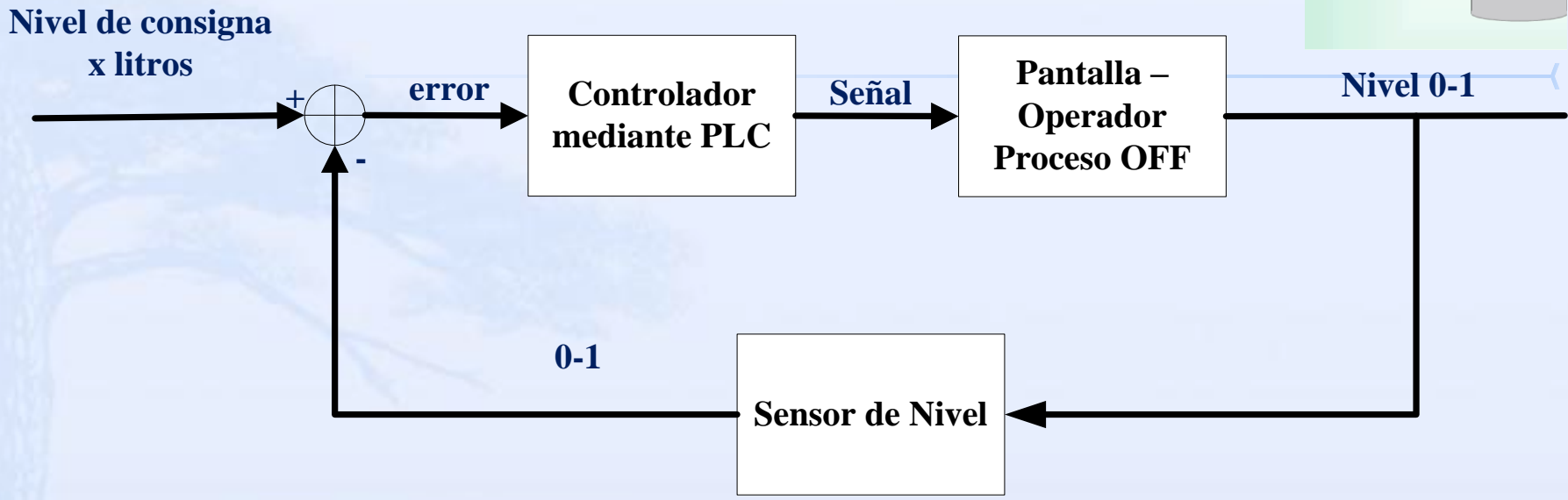
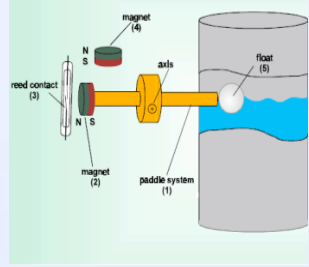
$$R2 = (G - 1) * R1 = (14,23 - 1) * 1,5k\Omega = 19,845k\Omega \approx 20K\Omega$$



Temperatur a (°C)	Voltaje Lm35 (V <sub>1</sub> ) v	Voltaje amplificado (V <sub>2</sub> ) v
0	0.00	0.04
10	0,1	1,43
20	0,2	2,86
30	0,3	4,29
40	0,4	5,71
50	0,5	7,14
60	0,6	8,57

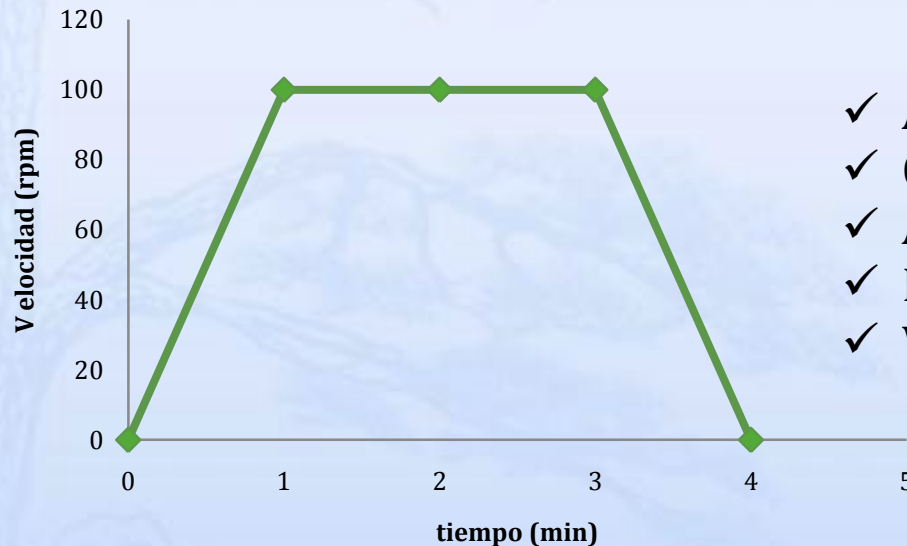
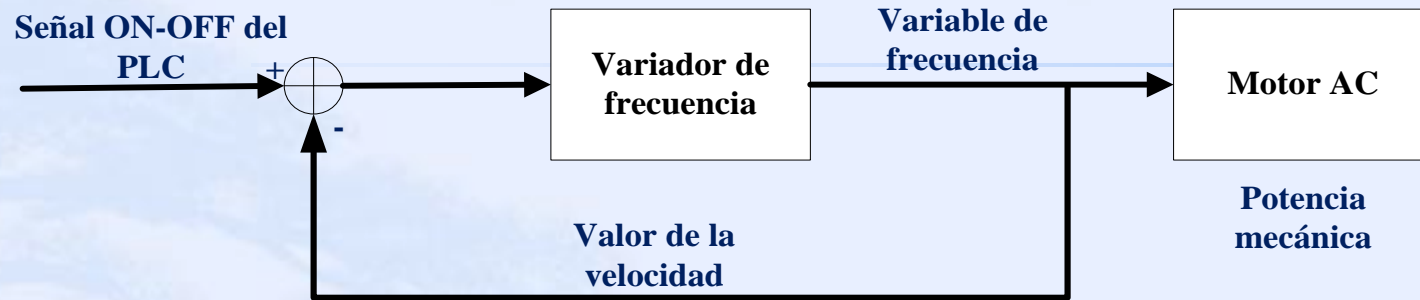
# DISEÑO ELECTRÓNICO Y CONTROL

## Control de Nivel



# DISEÑO ELECTRÓNICO Y CONTROL

## Control de Velocidad



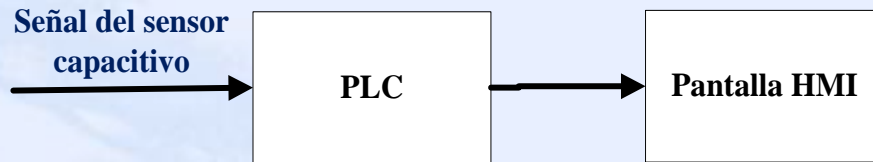
- ✓ Accionamiento por entradas analógicas
- ✓ Características del motor
- ✓ Aceleración en un minuto
- ✓ Desaceleración en un minuto
- ✓ Velocidad máxima 100 rpm



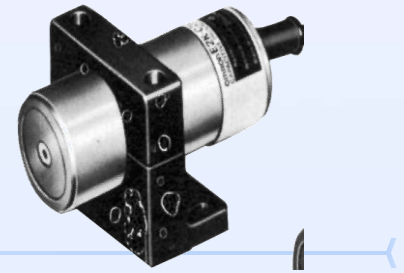
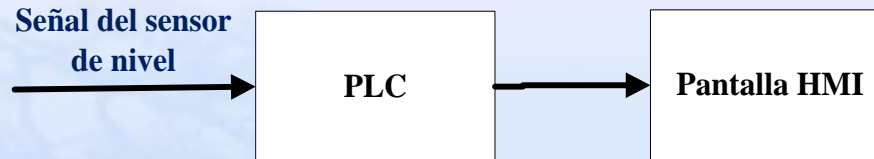
# DISEÑO ELECTRÓNICO Y CONTROL

## Control de Producción

- **Por marco**



- **Por nivel**

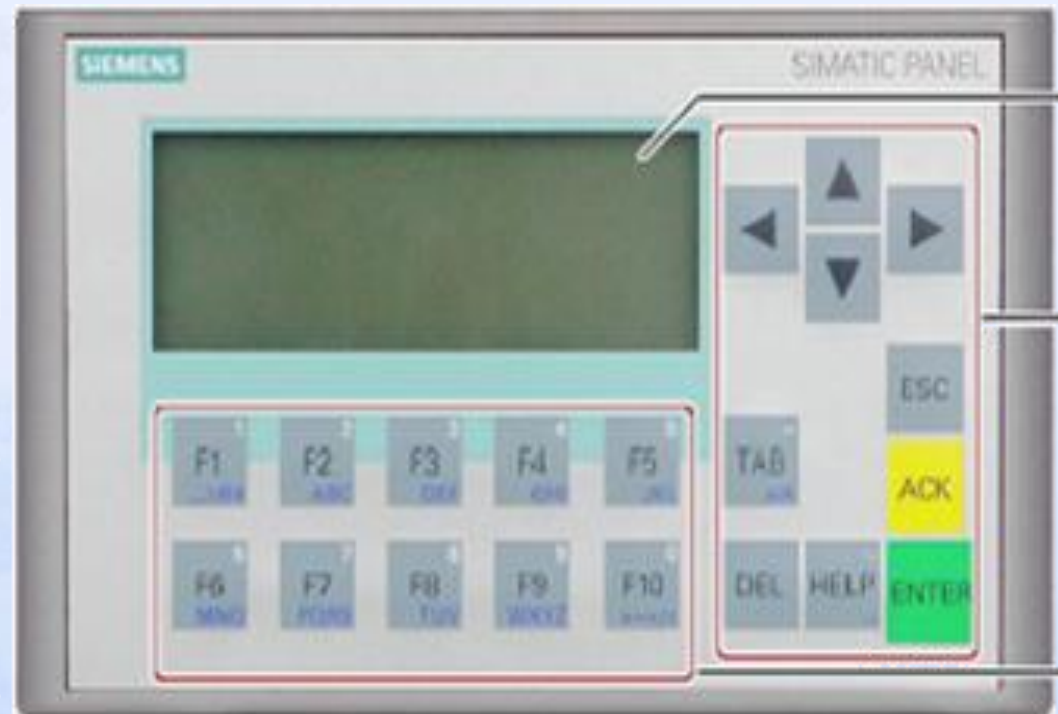


# DISEÑO ELECTRÓNICO Y CONTROL


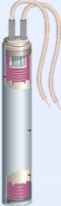

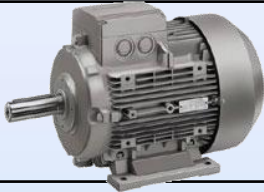

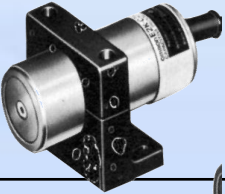
**Controlador del Sistema**  
**PLC S7-1200**



**Visualizador de Parámetros**  
**Simatic Panel KP 300**



# DISEÑO ELECTRÓNICO Y CONTROL

<b>Control</b>	<b>Sensor/controlador</b>	<b>Actuador</b>
<b>Temperatura</b>		
<b>Velocidad</b>		
<b>Nivel</b>		
<b>Producción</b>		



# TABLERO DE CONTROL



# OPERACIÓN DEL SISTEMA

