

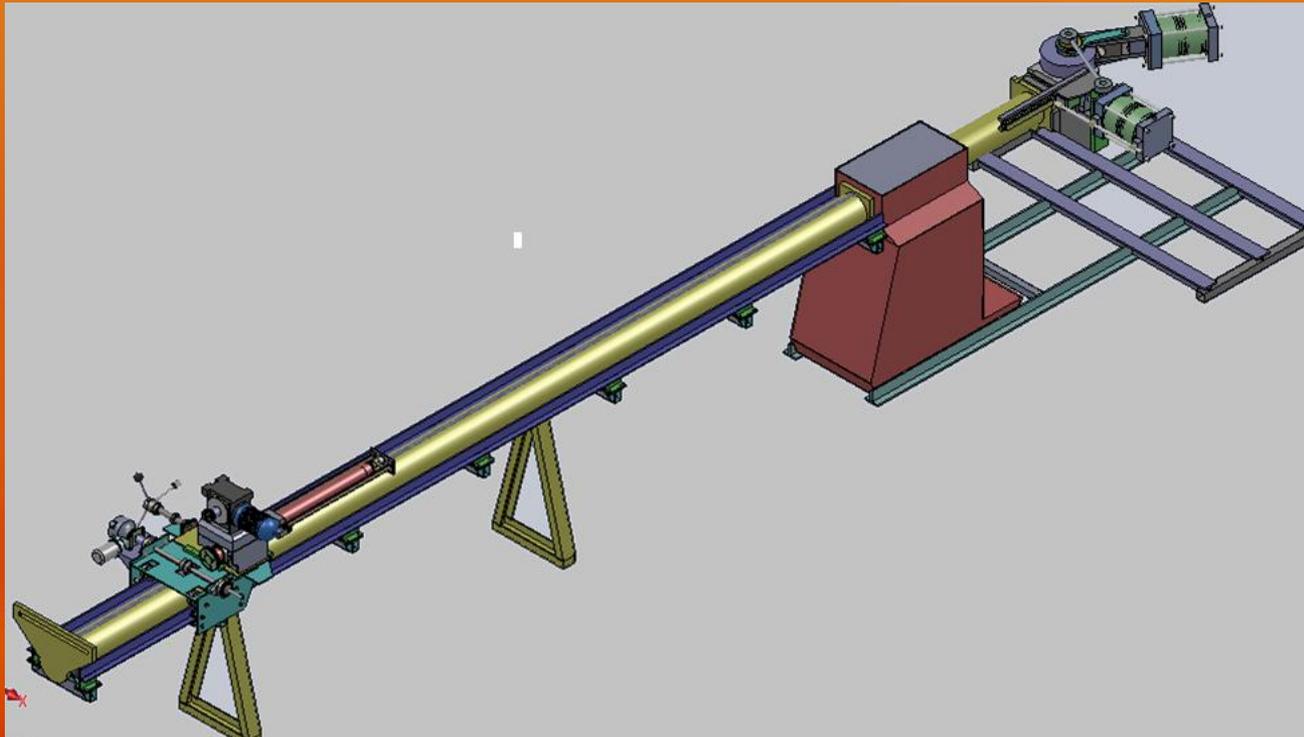
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO EXTENSIÓN LATACUNGA

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTOMATIZACIÓN DE UNA CURVADORA DE TUBO MARCA MARGUA, E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO PARA EL CURVADO DE TUBOS HASTA 50 MM DE DIÁMETRO Y UN ESPESOR DE 2 MM PARA LA EMPRESA DE CARROCERIAS “CENTAURO”

OBJETIVO GENERAL

AUTOMATIZAR UNA CURVADORA DE TUBO MARCA MARGUA, E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO PARA EL CURVADO DE TUBOS HASTA 50mm DE DIÁMETRO Y UN ESPESOR DE 2mm PARA LA EMPRESA DE CARROCERIAS "CENTAURO"



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

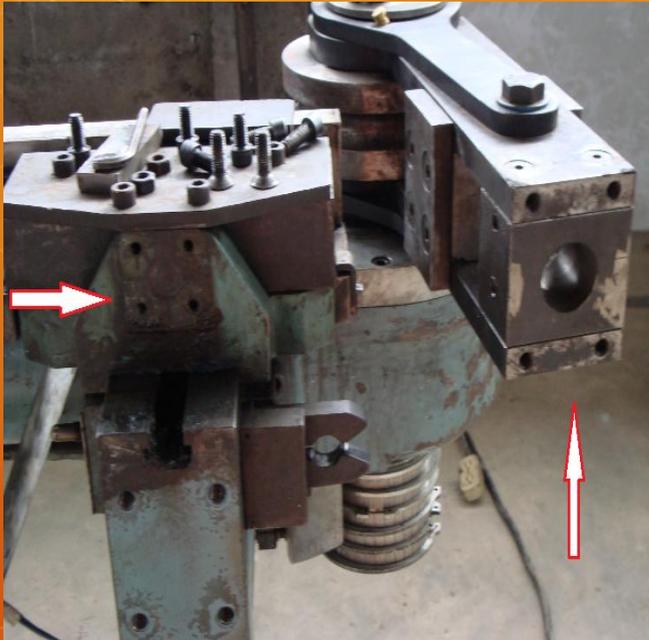
- Automatizar el proceso de curvado de tubos para la elaboración de perfiles de asientos.
- Implementar un posicionador gradual automático.
- Dotar de memorias y finales de carrera.
- Implementar un sistema automático para la sujeción de tubos por medio de cilindros neumáticos.
- Controlar mediante sensores la seguridad operativa de la máquina.

ETAPAS PRACTICAS DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LA MAQUINA CURVADORA DE TUBO

GRAFICO INICIAL DE LA MAQUINA CURVADORA DE TUBO



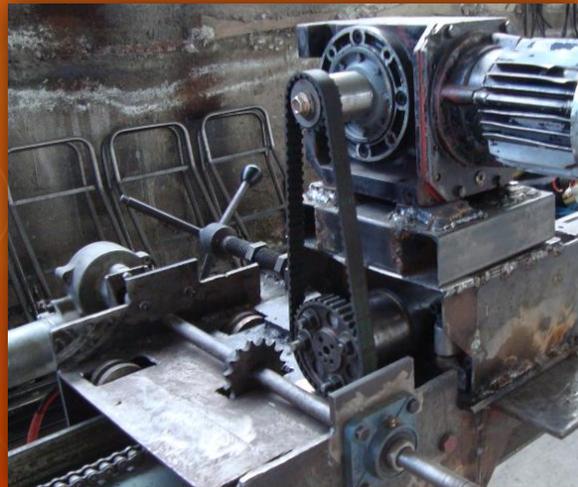
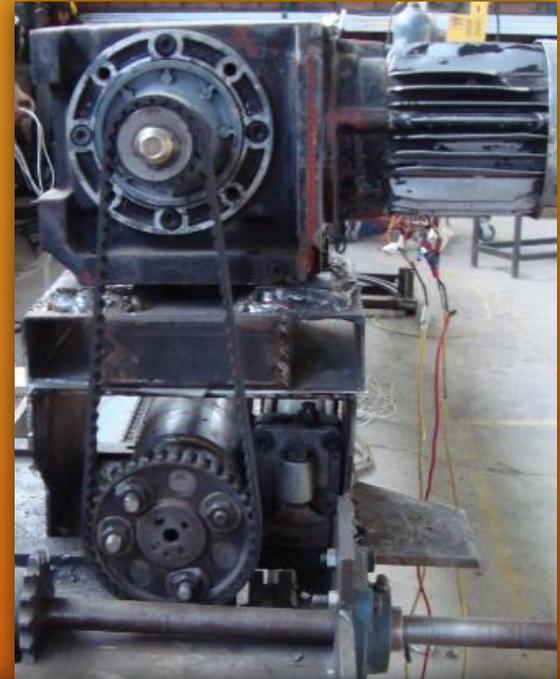
RECONSTRUCCIÓN DE LA SUJECIÓN DE TUBOS(PARTE DELANTERA)



PUESTA A NIVEL DE LA MAQUINA Y DESARMADO DE LA PARTE POSTERIOR DE LA MAQUINA



CONSTRUCCIÓN DEL CARRO POSICIONADOR



AUTOMATIZACIÓN DE LA MAQUINA



PRUEBAS A LA MAQUINA

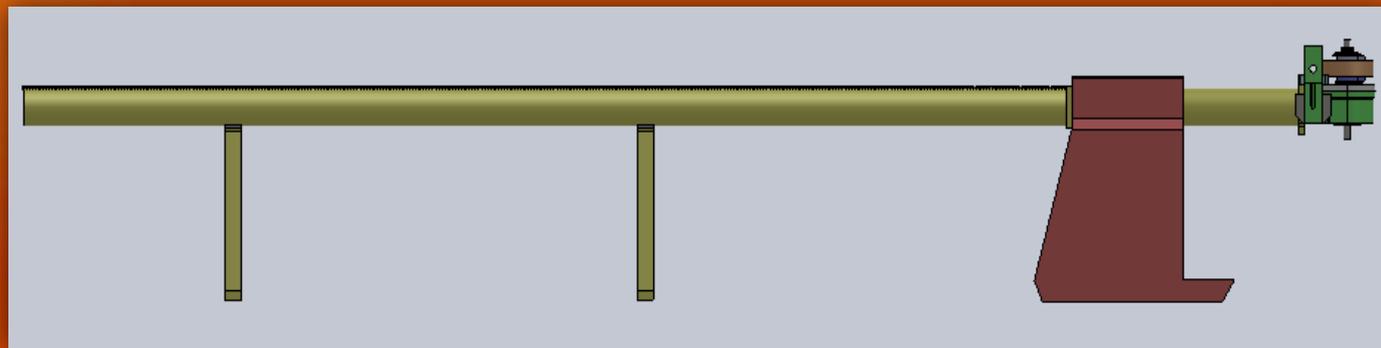
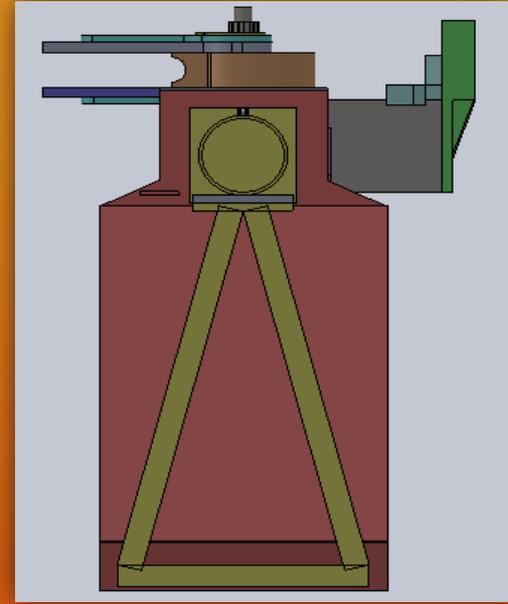
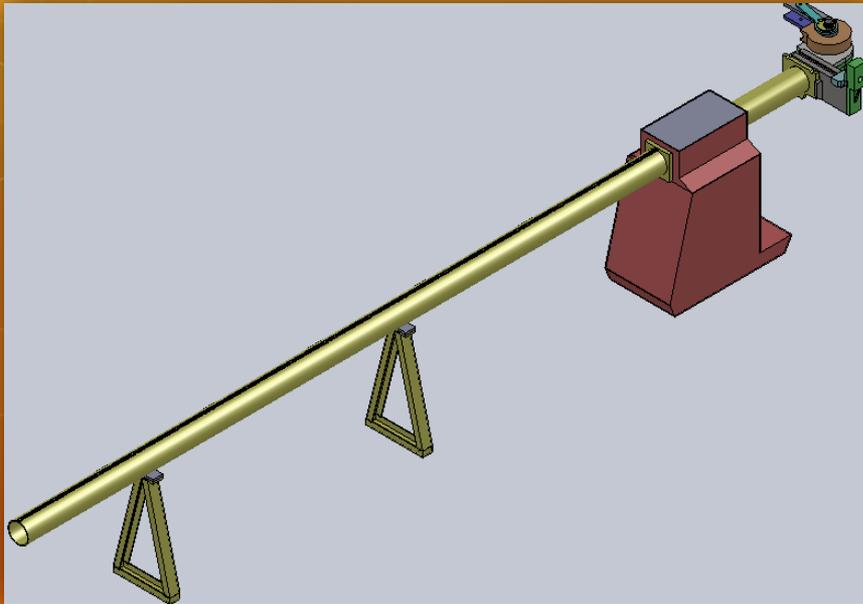


PRODUCTO FINAL

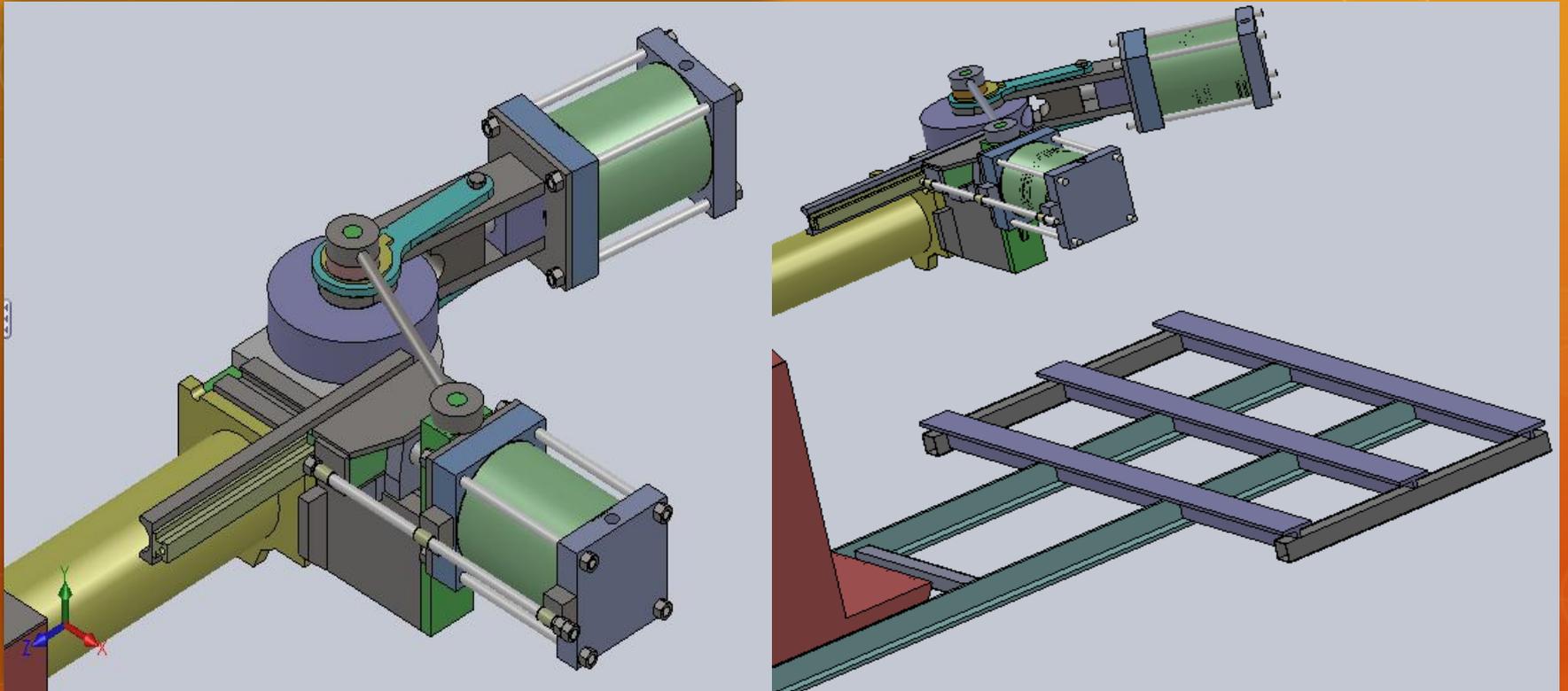


**ETAPAS DE DISEÑO
MEDIANTE SOLIDWORKS
2010 DE LA
AUTOMATIZACIÓN DE LA
MAQUINA CURVADORA DE
TUBO**

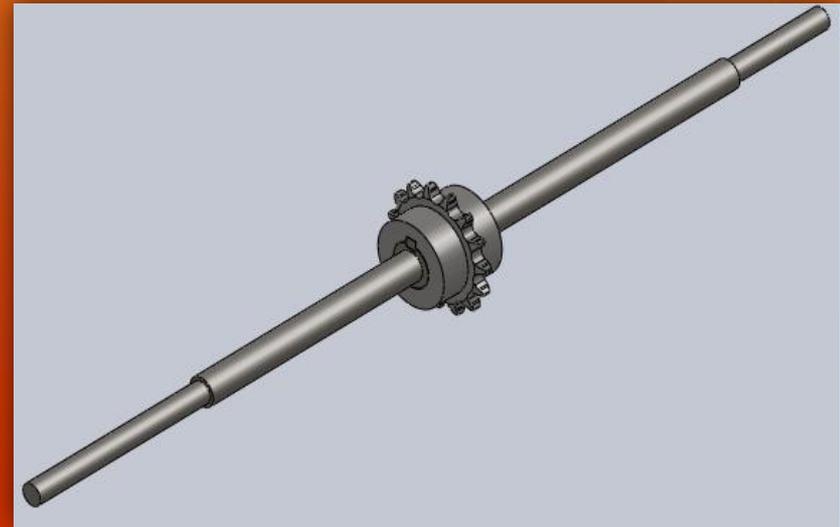
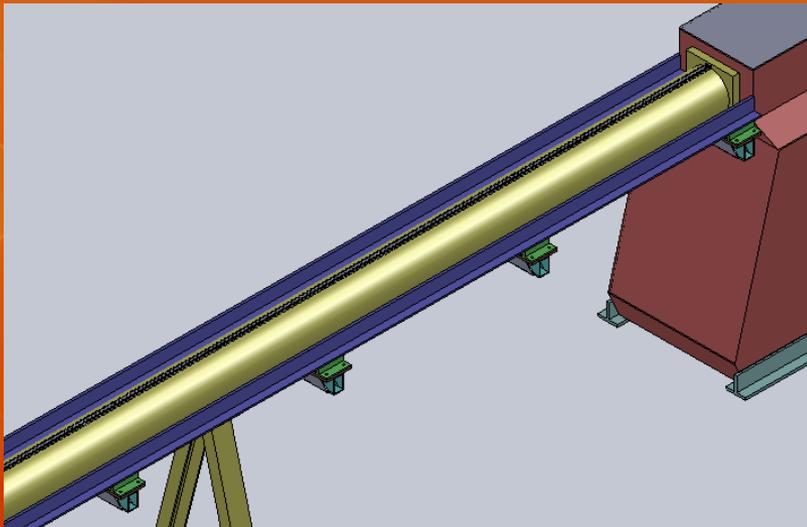
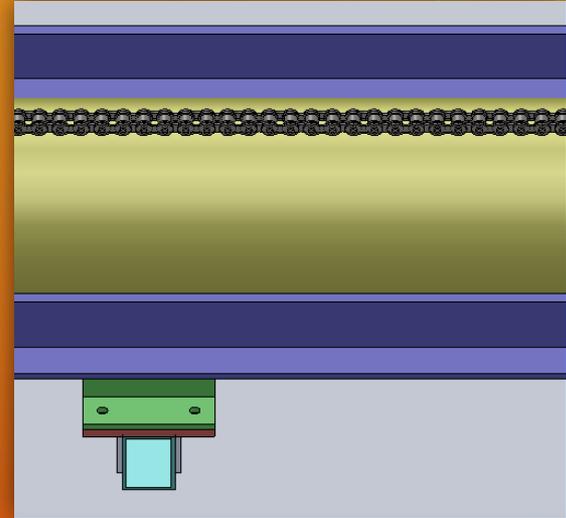
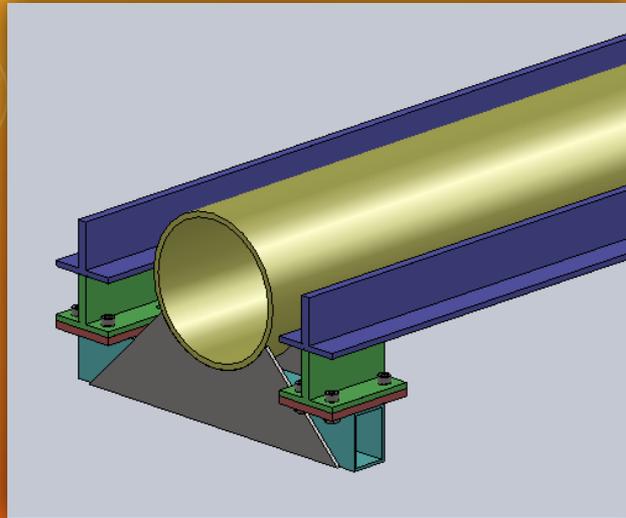
DISEÑO DEL PARTE INICIAL DE LA MAQUINA CURVADORA DE TUBO



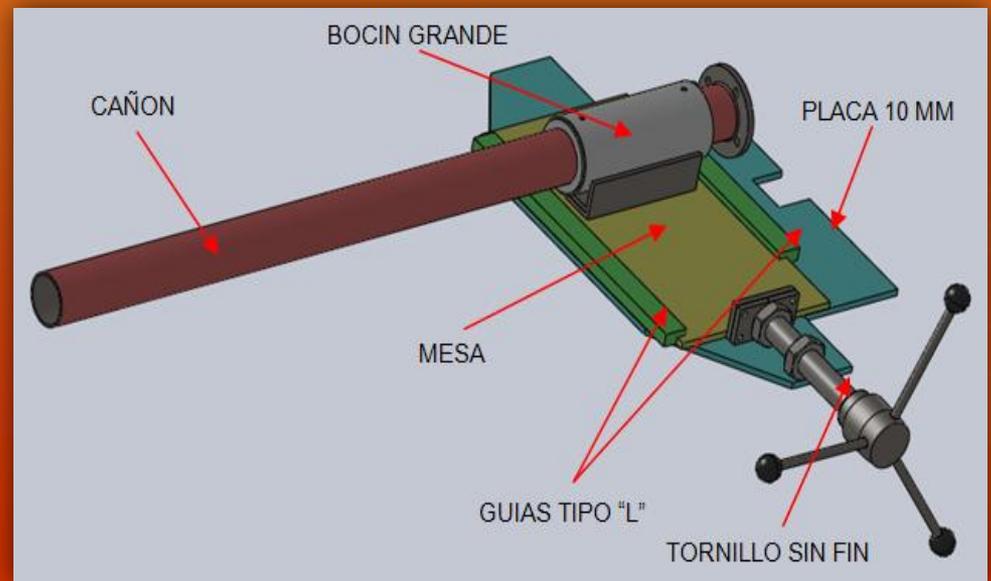
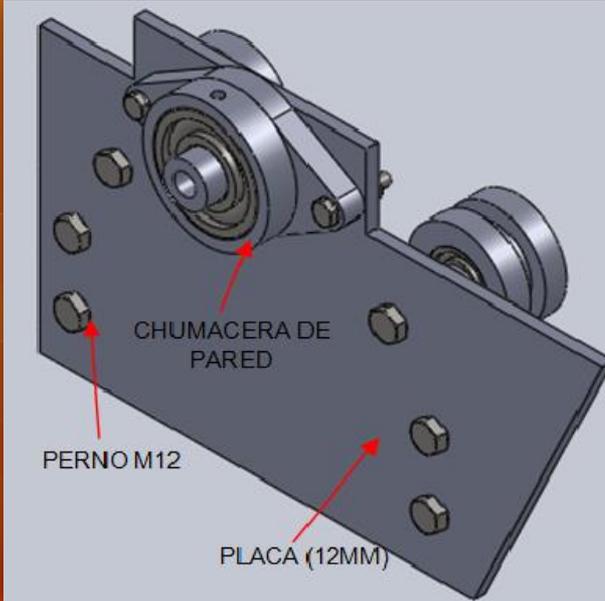
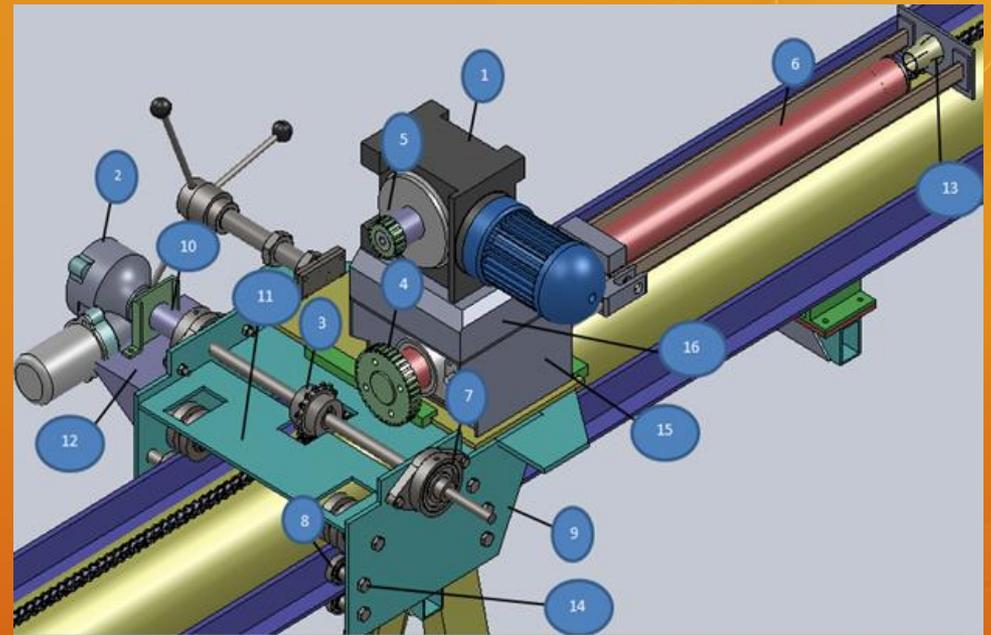
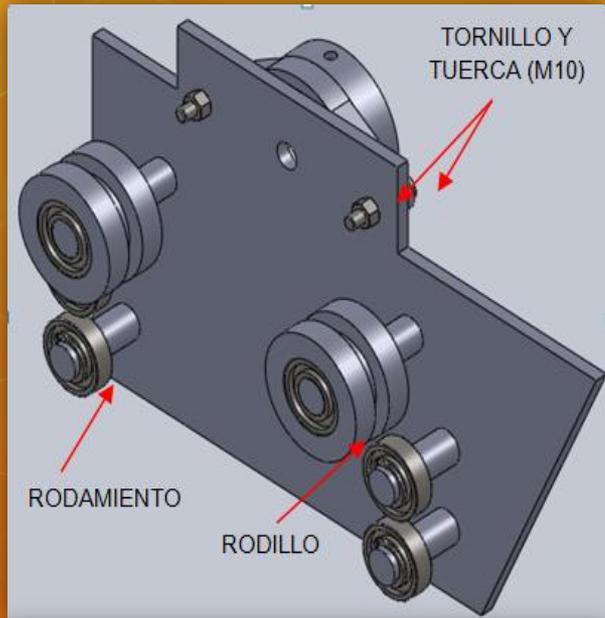
REDISEÑO DEL SISTEMA DE SUJECCIÓN MEDIANTE SOLIDWORKS 2010



DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y RIELES UTILIZADAS PARA EL MOVIMIENTO DEL CARRO POSICIONADOR



DISEÑO DEL CARRO POSICIONADOR



LISTADO DE PARTES (CARRO POSICIONADOR)

1. Motorreductor C.
2. Motorreductor B.
3. Conjunto eje – catalina.
4. Rueda 83 dientes.
5. Piñón 38 dientes.
6. Cañón.
7. Chumacera de pared $\frac{3}{4}$.
8. Rodamientos.
9. Placa lateral A36 (8 mm).
10. Matrimonio.
11. Placa A36 (8 mm).
12. Base motorreductor B (Placa 6 mm - A36).
13. Boquilla
14. Pernos M8.
15. Placa A36 (6 mm).
16. Base motorreductor C (Tubo estructural 50 x 50 x 2 mm).

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

Propiedades físicas

Imprimir... Copiar Cerrar Opciones

Sistema de coordenadas de: -- predeterminado --

Elementos seleccionados: Ensamblaje tapa lateral ultima

Incluir sólidos/componentes ocultos

Mostrar sistema de coordenadas de salida en la esquina

Propiedades físicas asignadas

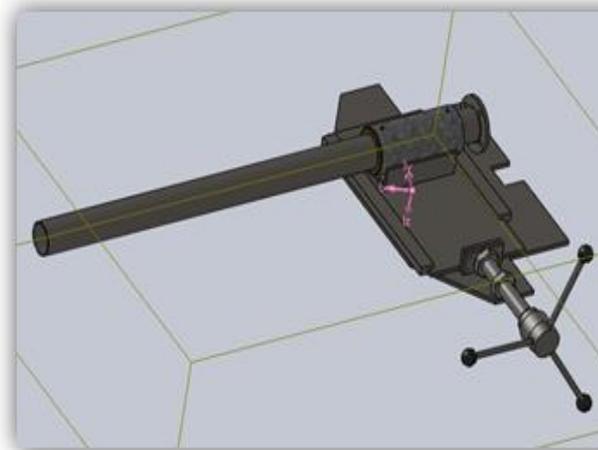
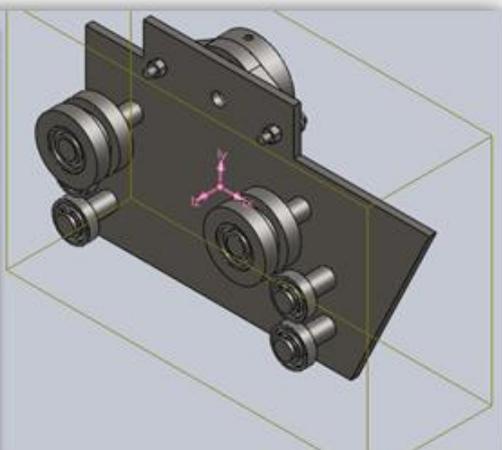
Propiedades físicas de Ensamblaje tapa lateral ultima (Asmbl...)

Sistema de coordenadas de salida: -- predeterminado --

Masa = 7762.18 gramos

Volumen = 1157174.38 milímetros³

Área de superficie = 358531.33 milímetros²



Propiedades físicas

Imprimir... Copiar Cerrar Opciones

Sistema de coordenadas de: -- predeterminado --

Elementos seleccionados: Ensamblaje mesa cañon SLU

Incluir sólidos/componentes ocultos

Mostrar sistema de coordenadas de salida en la esquina

Propiedades físicas asignadas

Propiedades físicas de Ensamblaje mesa cañon (Asmbl...)

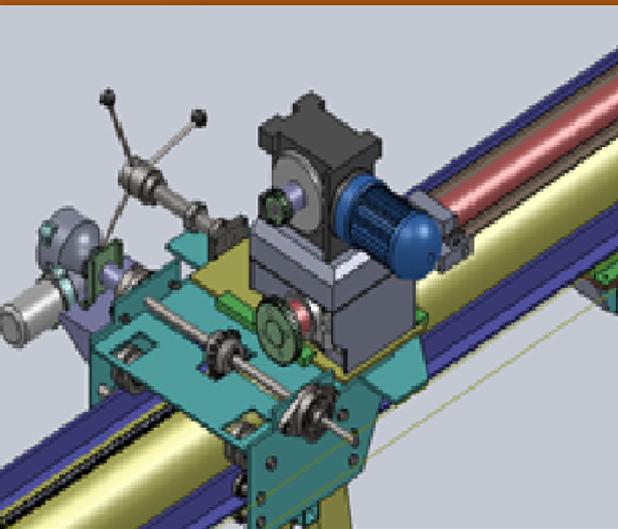
Sistema de coordenadas de salida: -- predeterminado --

Masa = 3114.29 gramos

Volumen = 4106915.32 milímetros³

Área de superficie = 133325.33 milímetros²

Centro de masa: (milímetros)



Propiedades físicas

Imprimir... Copiar Cerrar Opciones

Sistema de coordenadas de: -- predeterminado --

Elementos seleccionados: Pieza4.SLDPR1

Incluir sólidos/componentes ocultos

Mostrar sistema de coordenadas de salida en la esquina

Propiedades físicas asignadas

Propiedades físicas de Pieza4 (Part Configuration - Pred...)

Sistema de coordenadas de salida: -- predeterminado --

Densidad = 0.00 gramos por milímetro cúbico

Masa = 60053.00 gramos

Volumen = 15165126.40 milímetros³

Propiedades físicas

Imprimir... Copiar Cerrar Opciones

Sistema de coordenadas de: -- predeterminado --

Elementos seleccionados: Ensamblaje transmision eje

Incluir sólidos/componentes ocultos

Mostrar sistema de coordenadas de salida en la esquina

Propiedades físicas asignadas

Propiedades físicas de Ensamblaje transmision eje catalir...

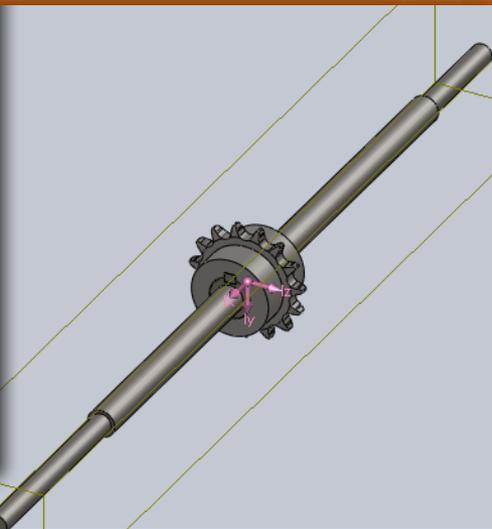
Sistema de coordenadas de salida: -- predeterminado --

Masa = 1703.60 gramos

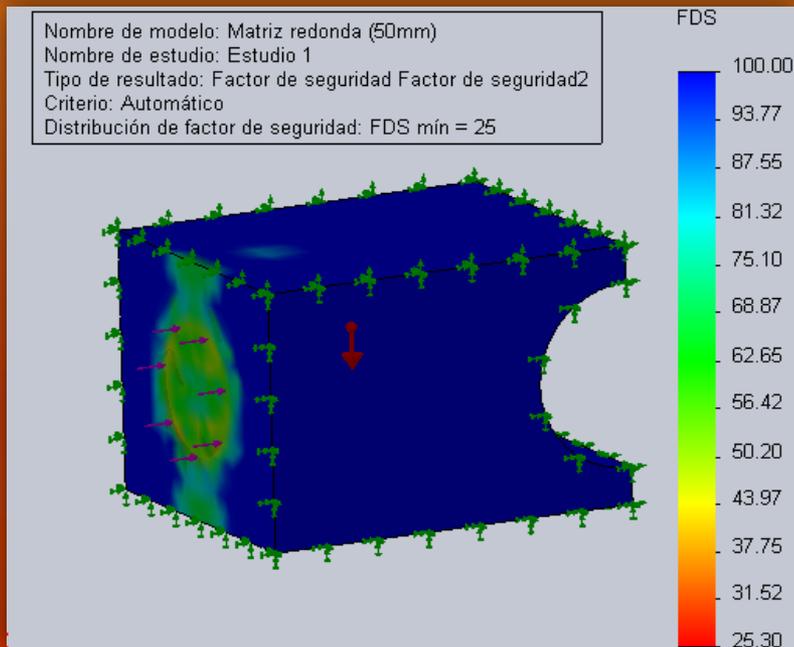
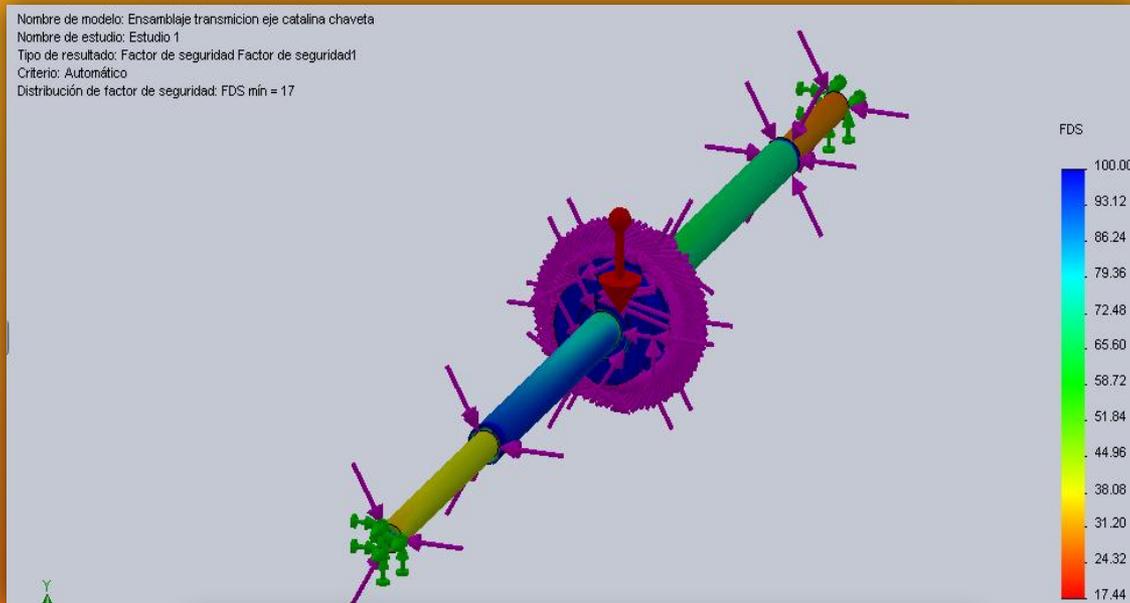
Volumen = 307980.29 milímetros³

Área de superficie = 66612.88 milímetros²

Centro de masa: (milímetros)



ANÁLISIS CON EL ASESOR DE SIMULACIÓN



ETAPA TEÓRICA DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LA MAQUINA CURVADORA DE TUBO

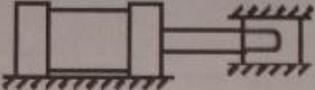
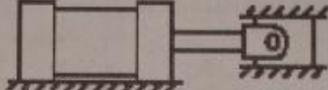
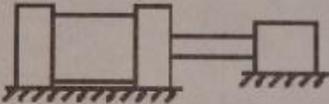
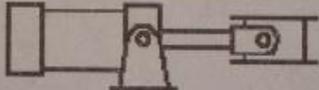
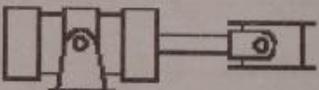
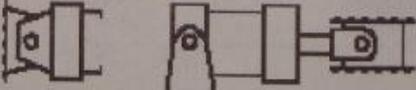
CÁLCULOS DEL CILINDRO #A

CÁLCULO DE LA FUERZA DE EMPUJE

CÁLCULO DE LA PRESIÓN DE SERVICIO

CALCULO DE LA CARGA DEL CILINDRO

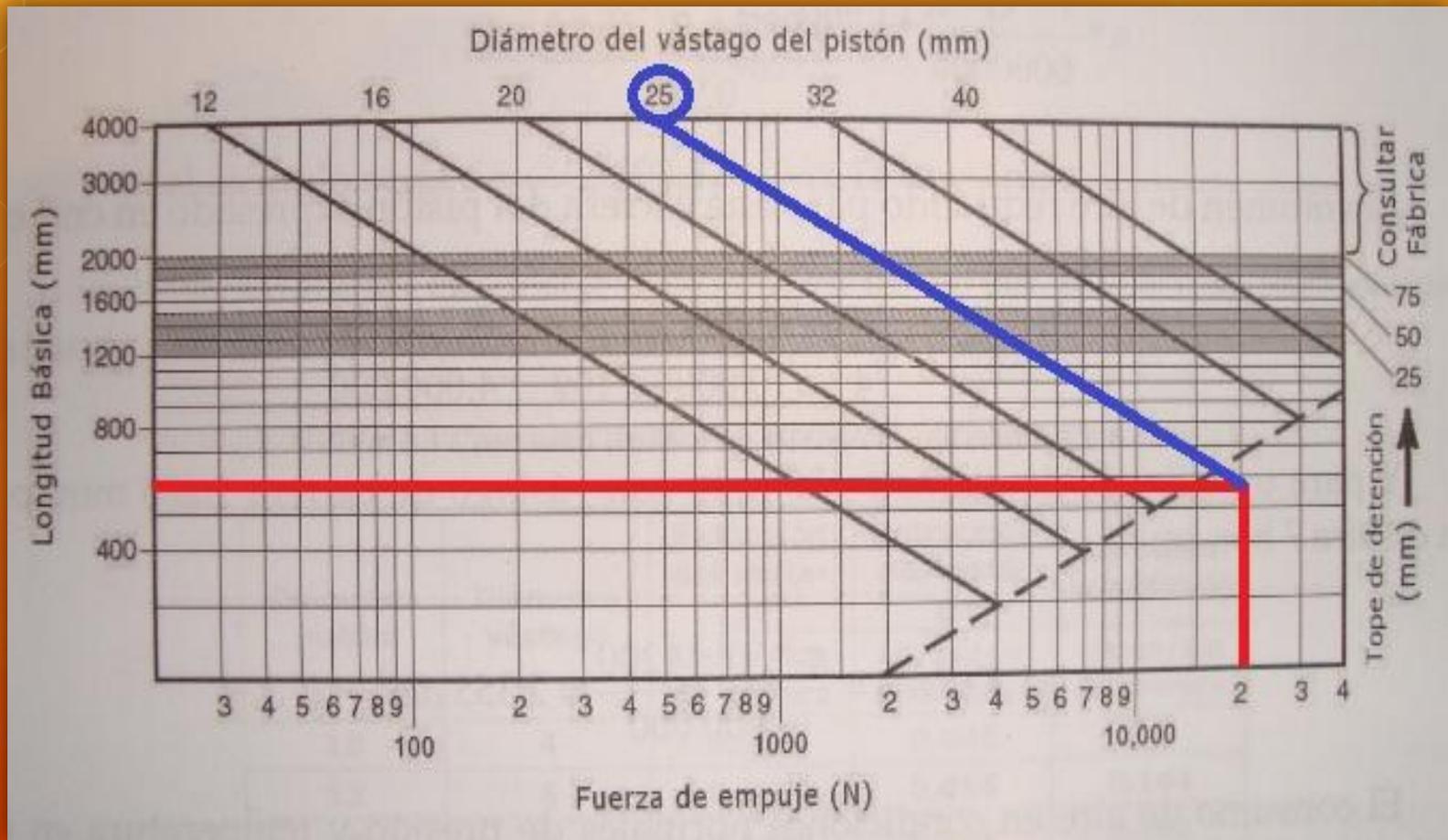
1

Tipos de montaje	Conexión del extremo del vástago	Tipo de conexión	Factor de pandeo
Grupos 1 o 3 - Los cilindros de gran longitud de carrera deben montarse usando en un extremo una base rígida y alineada para soportar la fuerza principal y en el extremo opuesto un soporte parecido. Se aconseja un soporte intermedio para el caso de carreras muy largas	Fijo y guiado rígido	I 	0,5
	Pivote y guiado rígido	II 	0,7
	Soporte sin guiado rígido	III 	2
Grupo 2	Pivote y guiado rígido	IV 	1
	Pivote y guiado rígido	V 	1,5
	Pivote y guiado rígido	VI 	2

Entonces:

()

]



CONSUMO DE AIRE

Entonces:

VELOCIDAD DEL PISTÓN

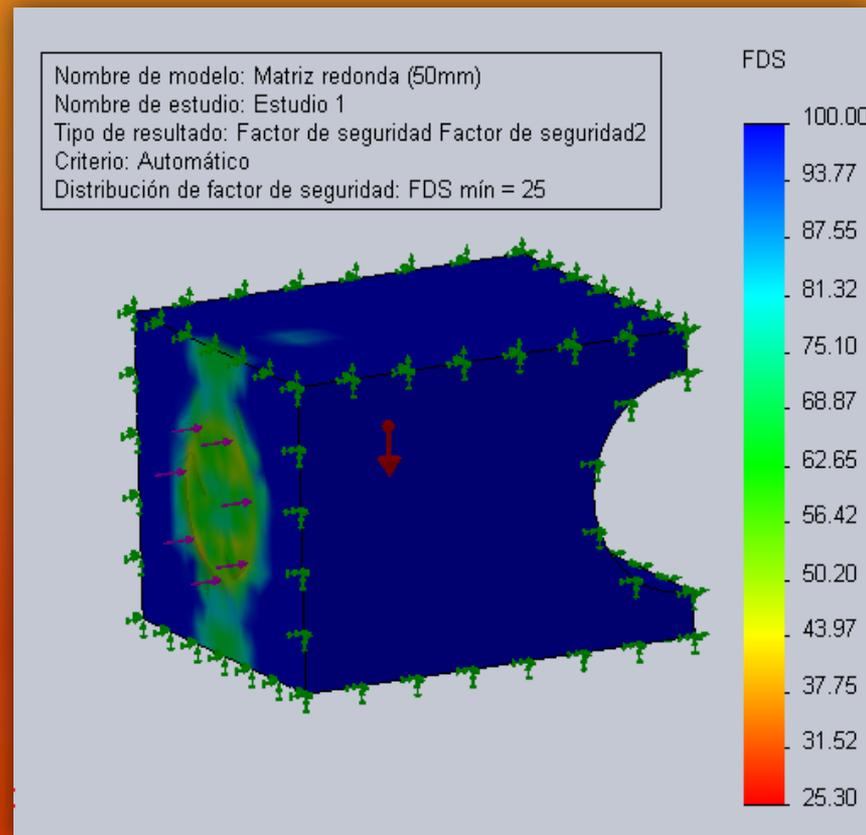
() ——— —

————— —————

() ()

ANÁLISIS DEL FACTOR DE SEGURIDAD

- ✓ Fuerza de empuje distribuida: 12009.286 N.
- ✓ Gravedad (carga externa).
- ✓ Material asignado en la mordaza: ASTM A-36.



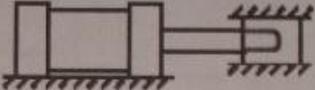
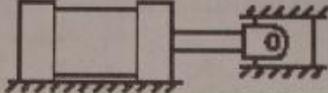
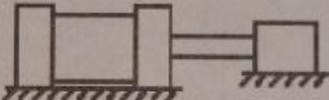
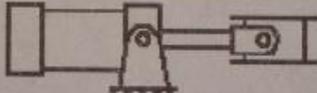
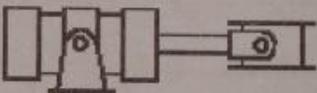
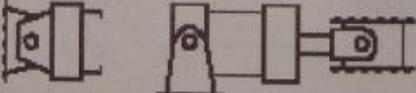
CÁLCULOS DEL CILINDRO #B

CÁLCULO DE LA FUERZA DE EMPUJE

CÁLCULO DE LA PRESIÓN DE SERVICIO

CALCULO DE LA CARGA DEL CILINDRO

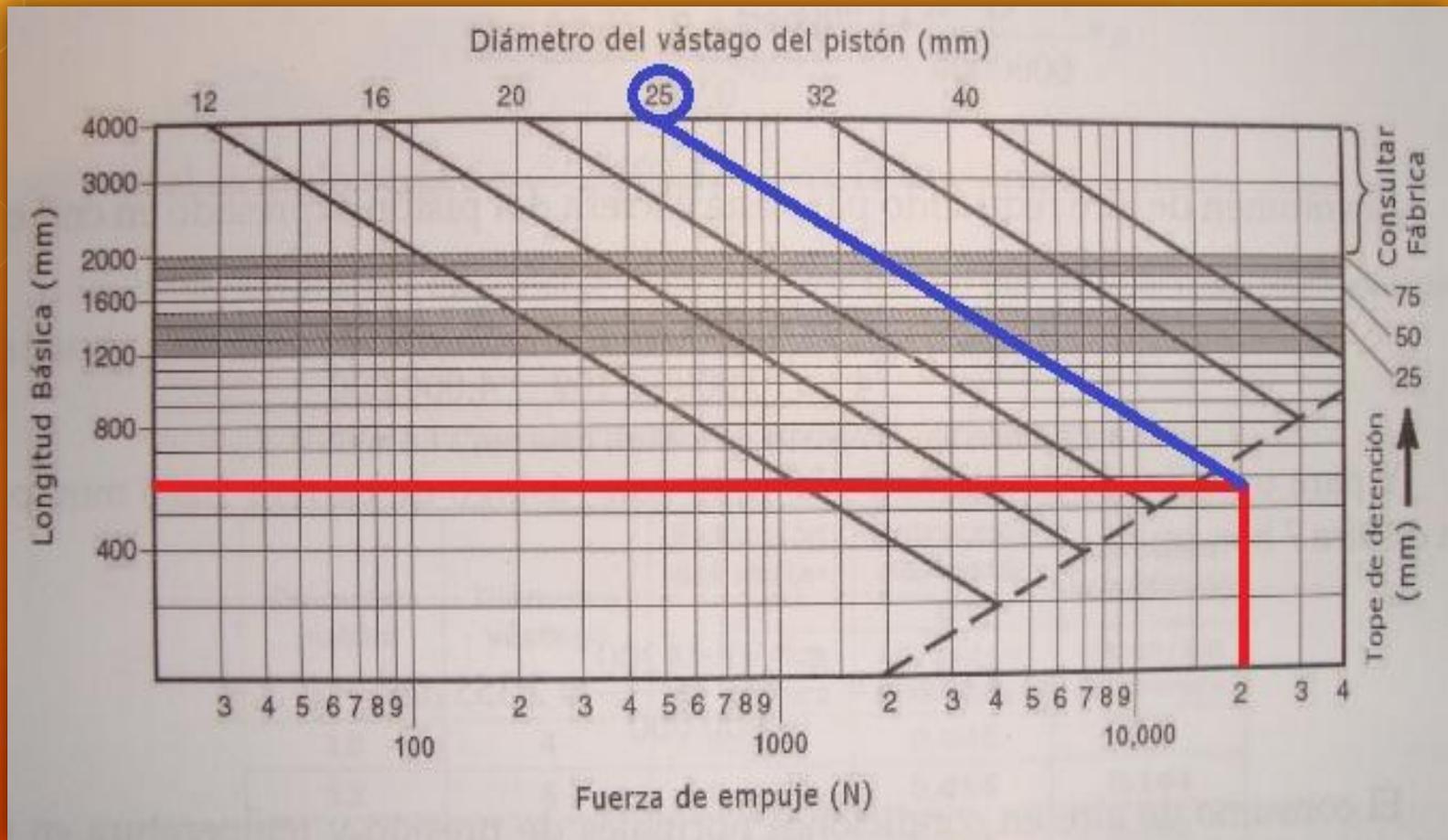
1

Tipos de montaje	Conexión del extremo del vástago	Tipo de conexión	Factor de pandeo
<p>Grupos 1 o 3 - Los cilindros de gran longitud de carrera deben montarse usando en un extremo una base rígida y alineada para soportar la fuerza principal y en el extremo opuesto un soporte parecido. Se aconseja un soporte intermedio para el caso de carreras muy largas</p>	Fijo y guiado rígido	I 	0,5
	Pivote y guiado rígido	II 	0,7
	Soporte sin guiado rígido	III 	2
<p>Grupo 2</p>	Pivote y guiado rígido	IV 	1
	Pivote y guiado rígido	V 	1,5
	Pivote y guiado rígido	VI 	2

Entonces:

()

]



CONSUMO DE AIRE

Entonces:

VELOCIDAD DEL PISTÓN

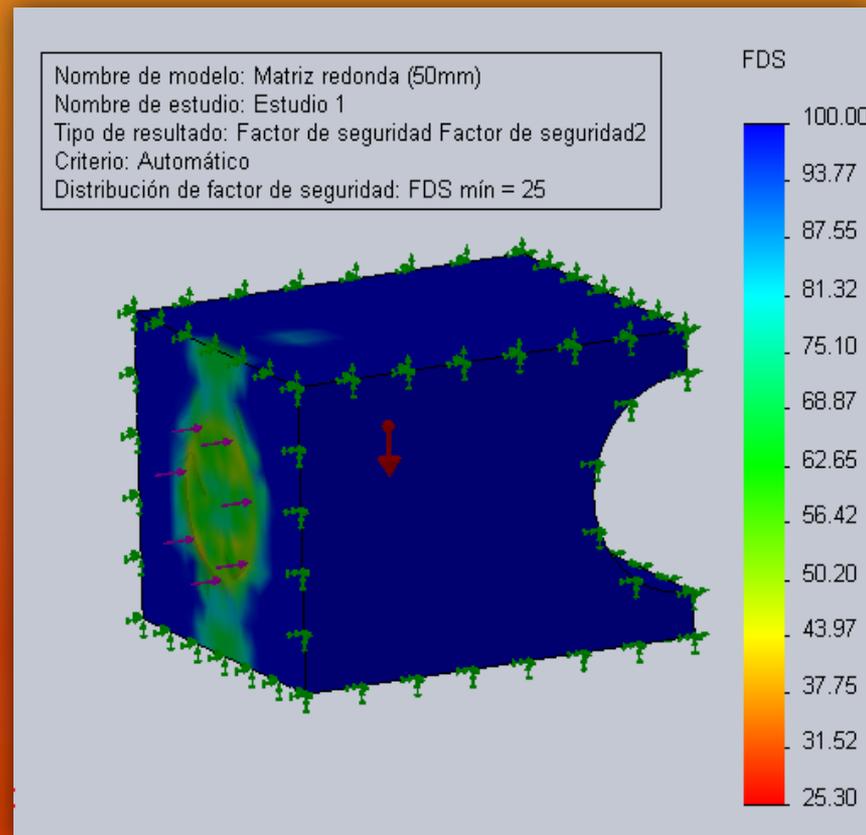
() ——— —

————— —————

() ()

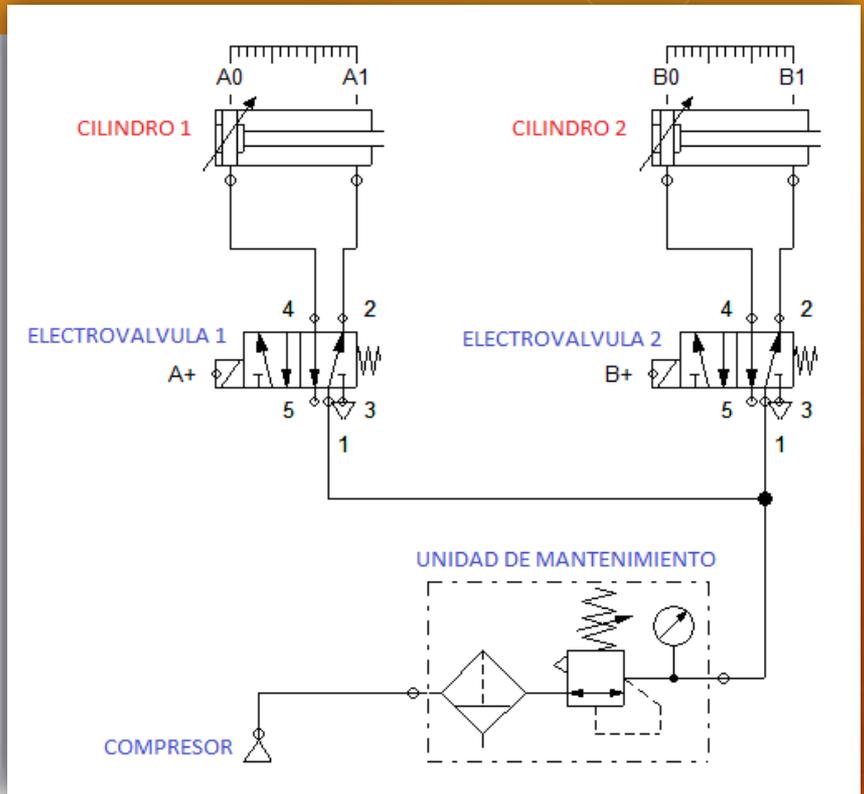
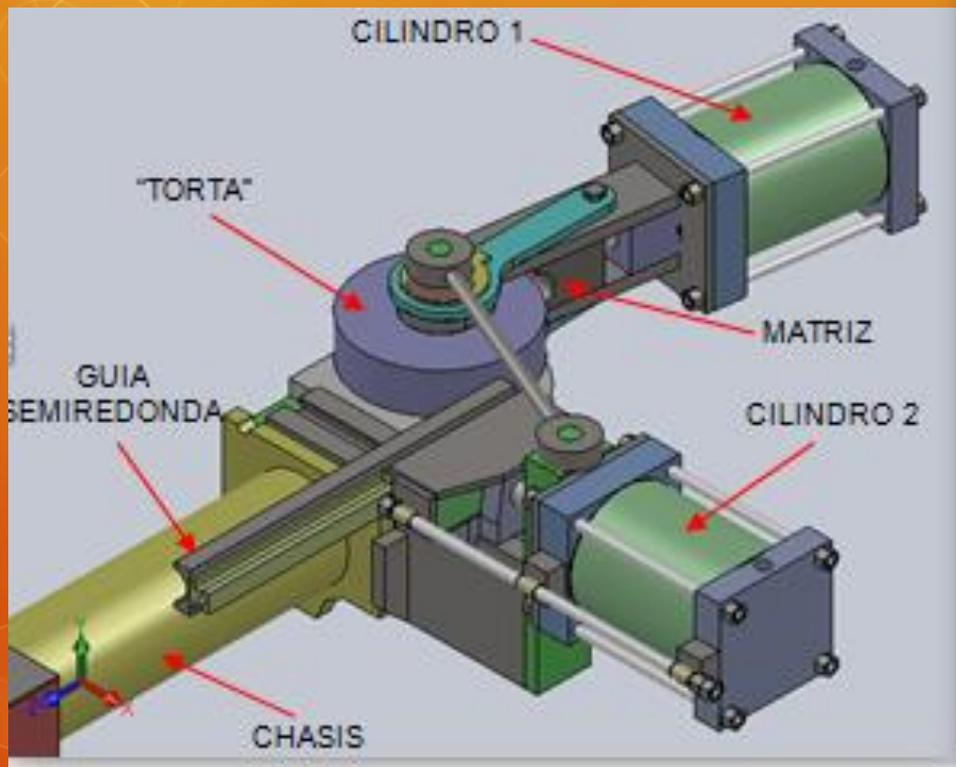
ANÁLISIS DEL FACTOR DE SEGURIDAD

- ✓ Fuerza de empuje distribuida: 12009.286 N.
- ✓ Gravedad (carga externa).
- ✓ Material asignado en la mordaza: ASTM A-36.



MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE SUJECCIÓN REDISEÑADO

MODELACIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE SUJECCIÓN



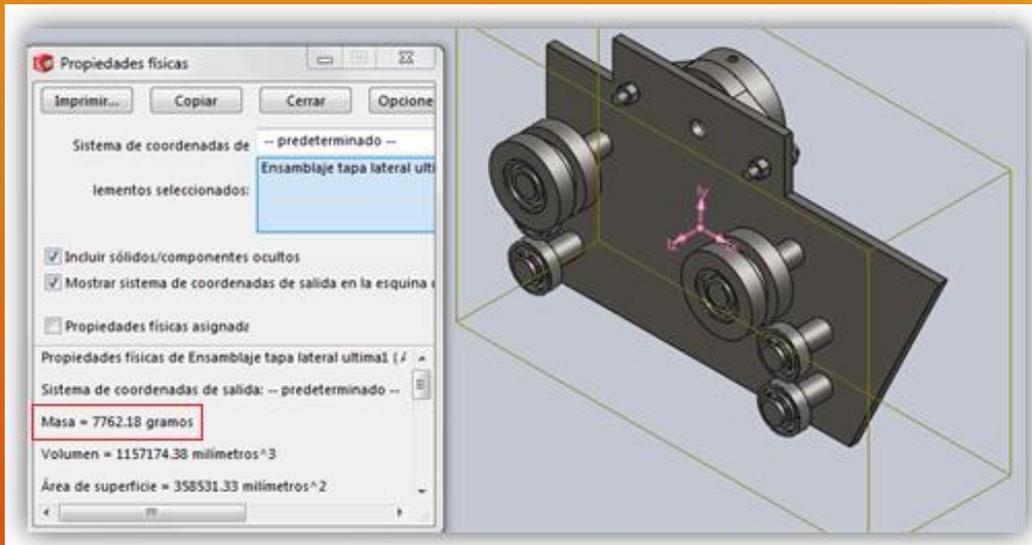
DISEÑO DEL CARRO POSICIONADOR

MATERIAL PROPORCIONADO POR LA EMPRESA

TIPO DE ACERO	Núm. ASTM	Sy, kpsi	Su, Kpsi	TAMAÑO, in, HASTA
Al carbono	A36	36	58	8
	A 529	42	60	1/2
De baja aleación	A572	42	60	6
	A572	50	65	2
inoxidable	A588	50	70	4
De aleación &T	A514	100	110	2 1/2

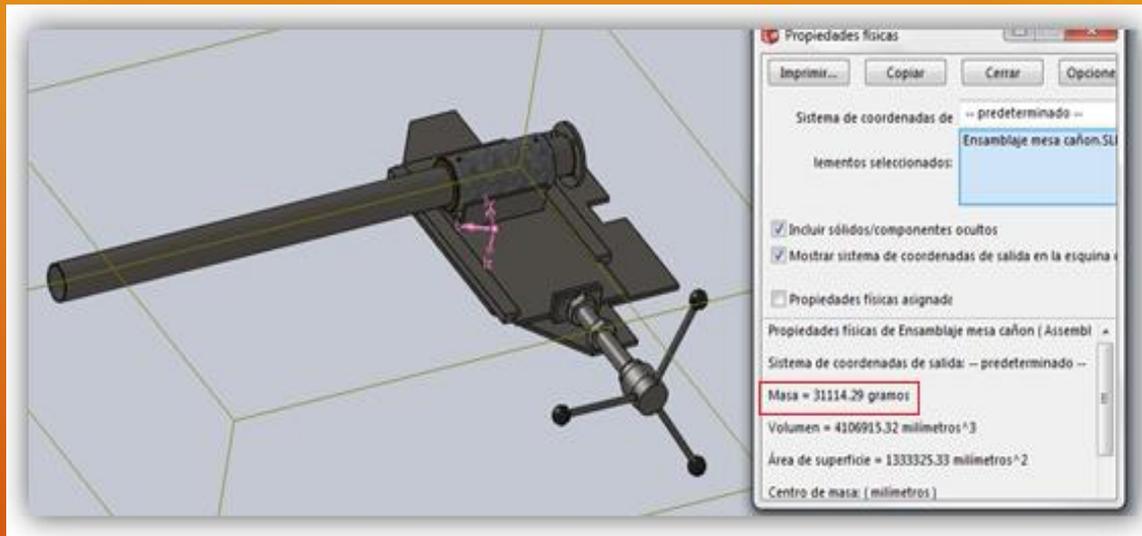
DETERMINACIÓN DE CARGAS

Placa lateral



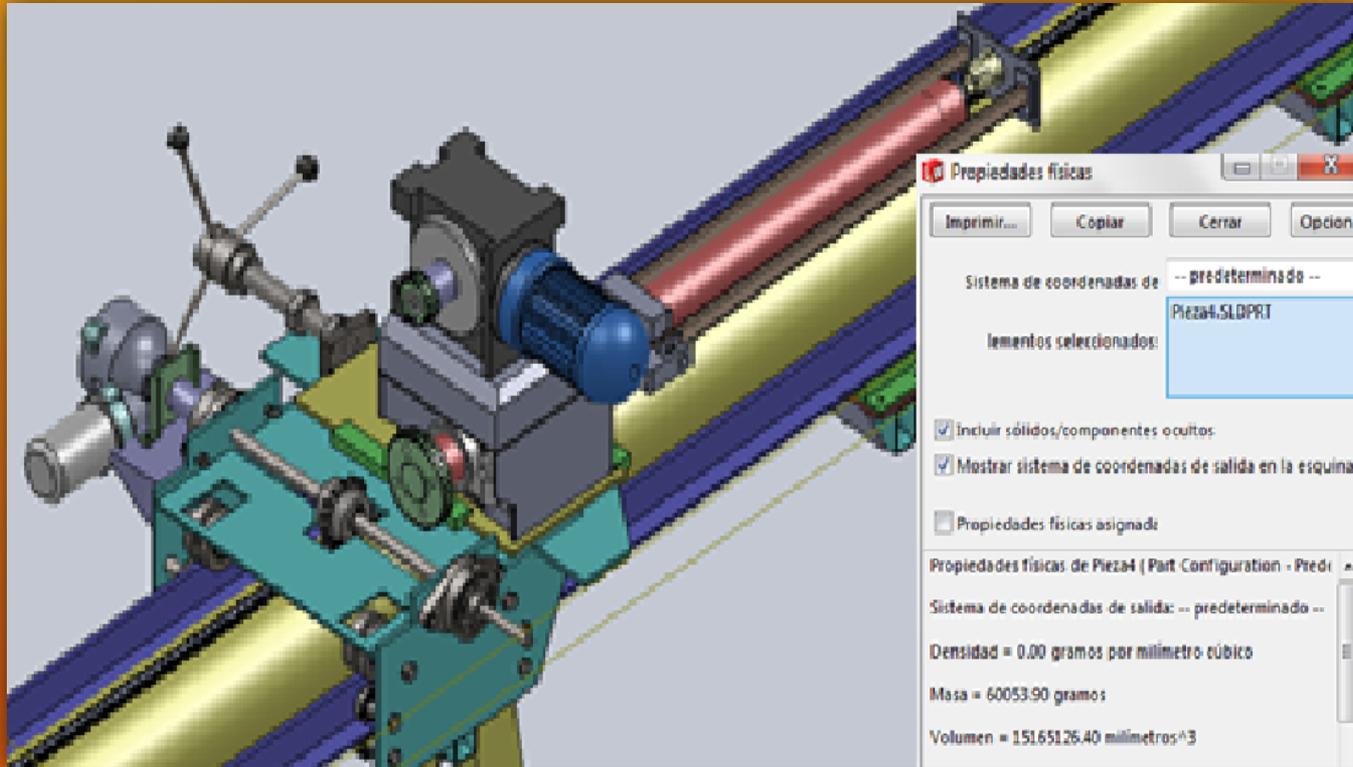
- Masa total es de 7,76218Kg.
- No se toma en cuenta la gravedad en el modelo.
- Acero ASTM 36: espesor de 8mm

Posicionador transversal eje “x” (conjunto mesa-cañón)



- Masa total es de 31,11429 Kg.
- No se toma en cuenta la gravedad en el modelo.
- Acero ASTM 36: espesor de 8mm.
- Tubo ASTM 500: $D = 65$ mm, $e = 3$ mm.

Carro posicionador

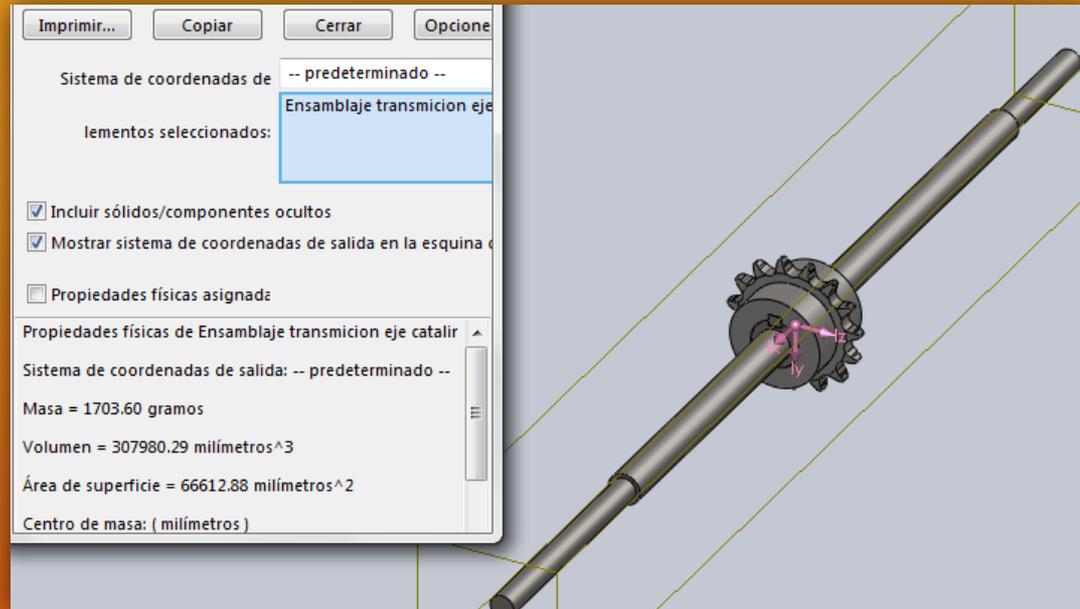


Masa total es de 60,053 Kg.

No se toma en cuenta la gravedad en el modelo.

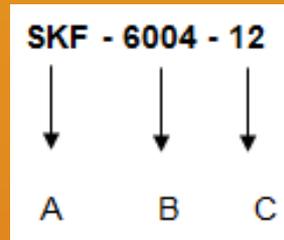
Materiales asignados: acero ASTM 36, ASTM 500, acero galvanizado, Bronce comercial.

Conjunto transmisión de movimiento



- Masa total es de 1.7 Kg.
- No se toma en cuenta la gravedad en el modelo.
- Material asignado: Acero ASTM A-36

Selección de rodamientos



Masa carro posicionador: **60,053 Kg.**

Masa tubo estructural 50mm, espesor 2mm: **2,37 kg/m.**

La sumatoria de masas es la siguiente:

Entonces:

$$\left[\begin{array}{c} \\ \\ \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \\ \\ \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \\ \\ \end{array} \right]$$
$$\left[\begin{array}{c} \\ \\ \end{array} \right] \frac{\left[\begin{array}{c} \\ \\ \end{array} \right]}{\left[\begin{array}{c} \\ \\ \end{array} \right]}$$

Para un tubo estructural de 6 metros que existe en el mercado se tiene:

$$\left[\begin{array}{c} \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right] \quad \left[\quad \right]$$

Por tanto:

$$\left[\quad \right] \quad \left[\begin{array}{c} \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right]$$

El peso total que soportan los 6 rodamientos dispuestos en cada lado del carro posicionador es:

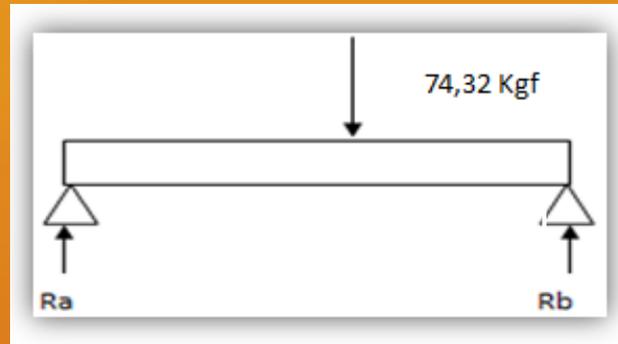
$$\left[\quad \right] \quad \left[\quad \right]$$

ANÁLISIS DE SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

A continuación se presenta una lista de datos obtenidos:

- Diámetro del eje del rodamiento interno: 20mm.
- Diámetro del rodamiento exterior: 42mm.
- Diámetro del eje de la polea de movimiento en el eje “z”: 20mm.
- Diámetro exterior de la polea de movimiento en el eje “z”: 42mm.
- Peso total del carro posicionador: .
- Numero de rodamientos por tapa lateral: 6.

CÁLCULOS CARGA DINÁMICA



Entonces:

Los apoyos son iguales, por tanto:

Los rodamientos que desplazan el carro posicionador son 6 rodamientos por cada placa.

CÁLCULOS CARGA ESTÁTICA

Tipo de funcionamiento	Rodamientos giratorios						Rodamientos estacionarios	
	Requisitos relativos al funcionamiento silencioso sin importancia		normales		alto		Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Suave, sin vibración	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
Cargas de choque notables ¹⁾	≥ 1,5	≥ 2,5	≥ 1,5	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

Entonces:

$$\frac{[\quad]}{[\quad]}$$

Análisis

Características rodamientos proporcionados por la empresa		Características técnicas manual	
		SKF 6004 - 12	
Diámetro interior	20mm	Diámetro interior	20mm
Diámetro exterior	42mm	Diámetro exterior	42mm
Carga estática	6,19 KN	Carga estática	7 KN
Carga dinámica	6,19 KN	Carga dinámica	9,95 KN

SELECCIÓN DE CHUMACERAS DE PARED

Por tanto se tiene:

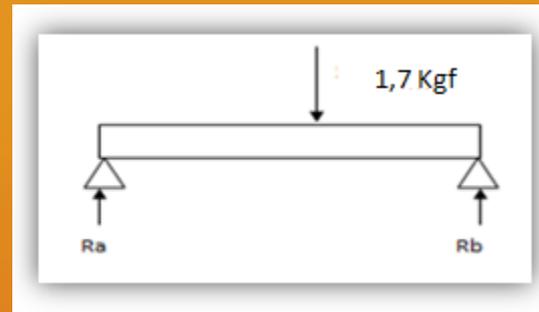
Diámetro del eje del rodamiento interno: 15mm

Peso total del ensamblaje: []

Numero de rodamientos por tapa lateral: 2.

$$\begin{array}{r} [\quad] \quad [-] \\ [] \quad \frac{[\quad]}{[\quad]} \end{array}$$

Cálculos carga dinámica



[]

Entonces:

Los apoyos son iguales, por tanto:

Las chumaceras son apoyos que soportan carga, existen 2 chumaceras por cada placa.

$$\sqrt{\frac{[]}{[]}}$$

CÁLCULOS CARGA ESTÁTICA

$$\frac{[]}{[]}$$

Análisis

Características proporcionadas por la empresa		Características Técnicas manual SKF-FY 15 DF	
Diámetro interior	15mm	Diámetro interior	15mm
Fundición cuadrada	Ajuste por prisioneros M6	Fundición cuadrada	Ajuste por prisioneros M6
Carga estática	0,42KN	Carga estática	4,75KN
Carga dinámica	0,42KN	Carga dinámica	9,56KN

Cálculos para la selección cadena - catalina

Longitud de arco de la rueda del motor.

$$L = 2\pi r$$

$$L = 2 * \pi * 42 \text{ mm}$$

$$L = 263.89 \text{ [mm]}$$

Número de veces o revoluciones según la distancia del árbol.

$$\#Revoluciones = \frac{5055 \text{ [mm]}}{263,89 \text{ [mm]}}$$

$$\#Revoluciones = 19,15 \approx \mathbf{19}$$

Como se tiene el tiempo se tiene las rpm.

$$RPM = \frac{19[rev]}{6,31[seg]} * \frac{60[seg]}{1[min]}$$

$$RPM = 180,66[rpm] \approx \mathbf{181[rpm]}$$

La potencia mecánica obedece la siguiente relación:

$$P = V * I$$

$$P = 12[V] * 1,5[A]$$

$$P = \mathbf{18 [W]}$$

$$P_T = 18[W] * FS$$

$$P_T = 18[W] * 1,25$$

$$P_T = 22,5[W]$$

$$P_T = 18[W] * 1,25$$

$$P_T = 22,5[W]$$

Torque requerido.

$$P = \frac{T * n}{9550}$$

Entonces:

$$T = \frac{P * 9550}{n}$$

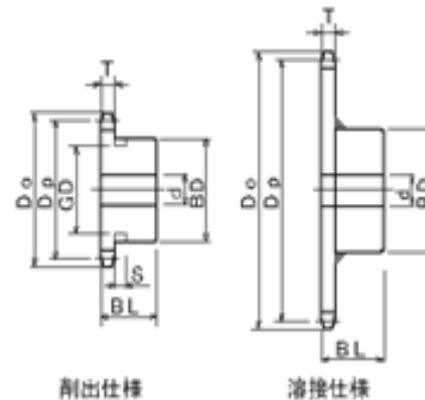
$$T = \frac{0,018KW * 9550}{181rpm}$$

$$T = 0,94 \text{ N.m}$$

Catalina tipo SUS 50B-15 utilizada del reciclaje:

Numero de dientes = 15.

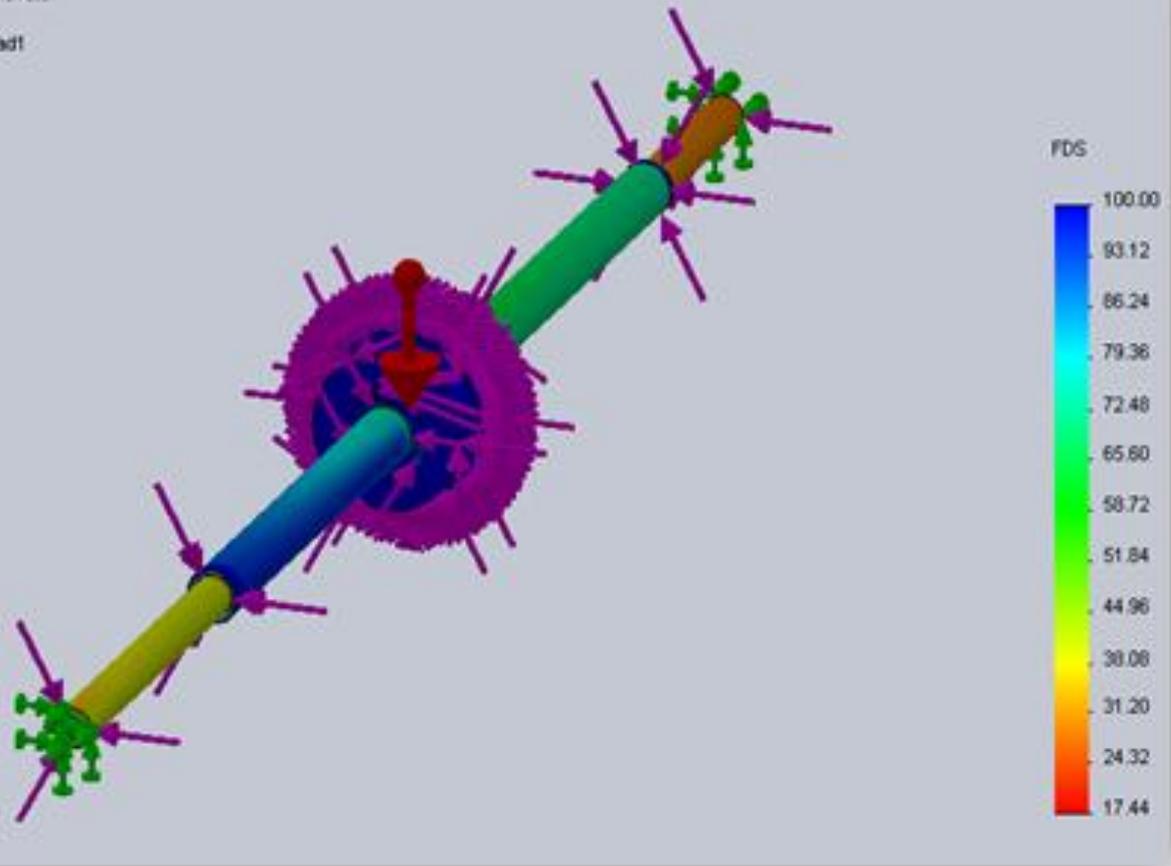
Paso = 5/8.

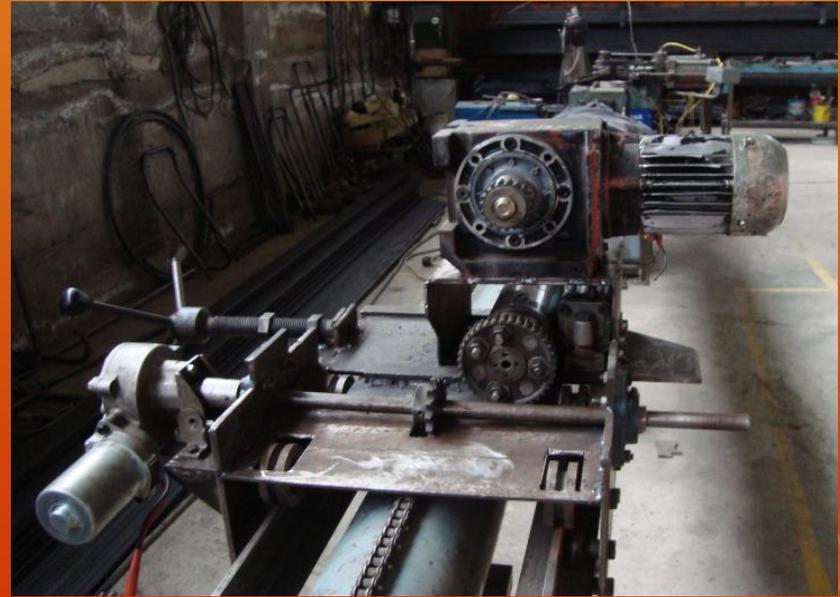


Chain Type	No.50SS
Pitch (P)	15.875 mm
Internal width (W)	9.53 mm
Roller Dia. (Dr)	10.16 mm
Teeth width (T)	8.7 mm

Análisis del factor de seguridad mediante simulación en SolidWorks 2010

Nombre de modelo: Ensamblaje transición eje catalina chaveta
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS min = 17





CONTROL DEL PROCESO MEDIANTE EL PLC TWIDO TWDLCAA24DRF.

Para la programación del proceso de curvado de tubos se utilizará un PLC Twido TWDLCAA24DRF, teniendo en cuenta que se trabajará con 14 entradas y 10 salidas, las mismas que se analizaron durante la calibración de finales de carrera.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PLC TWDLCAA24DRF

Base compacta TWDLC...	AA10DRF	AA16DRF	AA24DRF	AA40DRF AE40DRF
Tensión de alimentación nominal	De 100 a 240 V CA			
Rango de tensión permitido	De 85 a 264 V CA			
Frecuencia de alimentación nominal	50/60 Hz (de 47 a 63 Hz)			
Corriente de entrada máxima	0,25 A (85 V CA)	0,30 A (85 V CA)	0,45 A (85 V CA)	0,79 A (85 V CA)
Consumo máximo de alimentación	30 VA (264 V CA), 20 VA (100 V CA) El consumo de alimentación de esta base incluye 250 mA para la alimentación de sensores.	31 VA (264 V CA), 22 VA (100 V CA) El consumo de alimentación de esta base incluye 250 mA para la alimentación de sensores.	40 VA (264 V CA), 33 VA (100 V CA) El consumo de alimentación de esta base y de sus cuatro módulos de E/S incluye 250 mA para la alimentación de sensores.	77 VA (264 V CA), 65 VA (100 V CA) El consumo de alimentación de esta base y de sus cuatro módulos de E/S incluye 400 mA para la alimentación de sensores.
Interrupción momentánea de alimentación permitida	10 ms, desaccionamiento del 100 % (en las entradas y salidas establecidas) (IEC61131 y IEC61000-4-11)			
Rigidez dieléctrica	Entre la alimentación y los terminales de tierra: 1.500 V CA, 1 min Entre las E/S y los terminales de tierra: 1.500 V CA, 1 min			
Resistencia de aislamiento	Entre la alimentación y los terminales de tierra: mínimo de 10 MΩ (500 V CC) Entre las E/S y los terminales de tierra: mínimo de 10 MΩ			
Resistencia a ruidos:	Terminales de alimentación de CA: 2 kV, nivel 3 Terminales de E/S: - CC: 1 kV, nivel 3 - CA: 2 kV, nivel 4 Conforme a IEC61131-2 (Zona B) y IEC61000-4-4			
Corriente de llamada	Máximo de 35 A	Máximo de 35 A	Máximo de 40 A	Máximo de 35 A
Conductor de puesta a tierra	UL1007 16 AWG (1,30 mm ²)			
Conductor de la fuente de alimentación	UL1015 0,33 mm ² , UL1007 0,82 mm ²			
Efecto de una conexión de fuente de alimentación incorrecta	Polaridad inversa: funcionamiento normal Tensión o frecuencia incorrectas: protección interior de fusible			

CARACTERÍSTICAS DE LAS ENTRADAS DE BASES COMPACTAS

Base compacta	TWDLCAA10DRF TWDLCA10DRF	TWDLCAA16DRF TWDLCA16DRF	TWDLCAA24DRF TWDLCA24DRF	TWDLCAA40DRF TWDLCAE40DRF
Puntos de entrada	6 puntos en una línea común	9 puntos en una línea común	14 puntos en una línea común	24 puntos en dos líneas comunes
Tensión de entrada nominal	Señal de entrada de común positivo/negativo de 24 V CC			
Rango de tensión de entrada	De 20,4 a 28,8 V CC			
Corriente de entrada nominal	I0 e I1: 11 mA. I2 a I13: 7 mA/punto (24 V CC)		I0, I1, I6, I7: 11 mA. De I2 a I5, de I8 a I23: 7 mA/punto (24 V CC)	
Impedancia de entrada	I0 e I1: 2,1 k Ω I2 a I13: 3,4 k Ω		I0, I1, I6, I7: 2,1 k Ω De I2 a I5, de I8 a I23: 3,4 k Ω	
Tiempo de encendido	I0 a I1: 35 μ s + valor de filtro I2 a I13: 40 μ s + valor de filtro.		I0, I1, I6, I7: 35 μ s + valor de filtro De I2 a I5, de I8 a I23: 40 μ s + valor de filtro.	
Tiempo de apagado	I0 e I1: 45 μ s + valor de filtro. I2 a I13: 150 μ s + valor de filtro.		I0, I1, I6, I7: 45 μ s + valor de filtro. De I2 a I5, de I8 a I23: 150 μ s + valor de filtro.	
Aislamiento	Entre los terminales de entrada y el circuito interno: fotoacoplador aislado (protección de aislamiento hasta 500 V) Entre los terminales de entradas: sin aislamiento			
Tipo de entrada	Tipo 1 (IEC 61131)			
Carga externa para la interconexión de E/S	No es necesaria			
Método de determinación de señales	Estático			
Tipo de señales de entrada	Las señales de entrada pueden ser tanto de común positivo como negativo			
Longitud del cable	3 m para cumplir la inmunidad electromagnética.			

CARACTERÍSTICAS DE LAS SALIDAS DE BASES COMPACTAS

Base compacta	TWDLCAA10DRF TWDLCAA10DRF	TWDLCAA16DRF TWDLCAA16DRF	TWDLCAA24DRF TWDLCAA24DRF	TWDLCAA40DRF TWDLCAA40DRF
Puntos de salida	4 salidas	7 salidas	10 salidas	14 salidas
Puntos de salida por línea común: COM0	Tres contactos NO	4 normal abierto	4 contactos NO	—
Puntos de salida por línea común: COM1	1 contacto NO	2 contactos NO	4 contactos NO	—
Puntos de salida por línea común: COM2	—	1 contacto NO	1 contacto NO	4 contactos NO
Puntos de salida por línea común: COM3	—	—	1 contacto NO	4 contactos NO
Puntos de salida por línea común: COM4	—	—	—	4 contactos NO
Puntos de salida por línea común: COM5	—	—	—	1 contacto NO
Puntos de salida por línea común: COM6	—	—	—	1 contacto NO
Corriente máxima de carga	2 A por salida 8 A por línea común			
Carga de conmutación mínima	0,1 mA/0,1 VDC (valor de referencia)			
Resistencia de contacto inicial	Máximo de 30 mΩ ⊗ 240 V CA/2 A carga (controladores TWDLCA*...) ⊗ 30 V CC/2 A (controladores TWDLCA*...)			

MONTAJE E INSTALACIÓN ELÉCTRICA



SELECCIÓN DE CONDUCTORES PARA MOTORES

	Corriente de arranque (A)	Tipo de conductor
Motor A	30	8 AWG (Cable tensado)
Motor reductor B	6	10 AWG tipo THW.
Motor reductor C	12	10 AWG tipo THW.

TABLAS DE SELECCIÓN

> TFN

> TFN

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Espesor de Chaqueta (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total kg / km	Capacidad de Corriente (Amp.)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos					
18	0,823	1	0,38	0,1	1,98	10,23	7
18	0,823	7	0,38	0,1	2,13	10,66	7
16	1,31	1	0,38	0,1	2,25	15,12	10
16	1,31	19	0,38	0,1	2,46	15,77	10

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total kg / km	Capacidad de Corriente (Amp)**
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos				

FORMACIÓN SÓLIDO

14	2,08	1	0,76	3,15	25,91	25
12	3,31	1	0,76	3,57	38,15	30
10	5,261	1	0,76	4,11	57,17	40
8	8,367	1	1,14	5,544	94,89	55

FORMACIÓN UNILAY

14	2,08	19	0,76	3,35	27,13	25
12	3,31	19	0,76	3,793	39,77	30
10	5,261	19	0,76	4,389	59,51	40
8	8,367	19	1,14	5,896	98,88	55
6	13,3	19	1,52	7,602	159,74	75
4	21,15	19	1,52	8,793	239,13	95
2	33,62	19	1,52	10,293	362,80	130
1	42,4	19	2,03	12,207	473,25	150
1/0	53,49	19	2,03	13,21	583,27	170
2/0	67,44	19	2,03	14,33	720,49	195
3/0	85,02	19	2,03	15,594	892,21	225
4/0	107,2	19	2,03	17,014	1107,41	260

FORMACIÓN CABLEADO CONCÉNTRICO

250	126,7	37	2,41	19,45	1325,14	290
300	152	37	2,41	20,85	1570,05	320
350	177	37	2,41	22,11	1810,81	350
400	203	37	2,41	23,321	2060,20	380
500	253	37	2,41	25,477	2538,18	430
600	304	61	2,79	28,251	3054,55	475
750	380	61	2,79	30,924	3776,11	535
1000	507	61	2,79	34,857	4975,81	615

**La capacidad máxima de corriente, para no más de 3 conductores en tensión en ducto, cable o tierra (directamente enterrados), para temperatura ambiente de 30°C. Ref NEC (Tabla 310.16)

CARACTERÍSTICAS DEL MOTORREDUCTOR

MOTOR REDUCTOR "B"	CARACTERÍSTICAS
Fabricante	DOGA
Modelo	111
Tensión nominal	12 / 24 Vdc
Velocidades	25 - 240 rpm
Potencia	¼ hp
Pares nominales	1.5 a 6 Nm



CARACTERÍSTICAS DEL MOTORREDUCTOR

MOTOR REDUCTOR "C"	CARACTERÍSTICAS
Fabricante	EBERHARD BAUER
Modelo	D - 73734
Tensión nominal	220 Vca
Velocidad reducida	12.5 rpm
Potencia	¼ hp
Pares nominales	1.7 Nm



ADQUISICIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.

- Las medidas del tablero de control son:
- Altura = 50 cm.
- Ancho = 40 cm.
- Profundidad = 20 cm



CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE MANDO

ELEMENTOS	OBSERVACIÓN
1 selector de tres posiciones	Control automático y semi automático.
1 pulsador	Proceso espaldar - sentadera
1 pulsador	Proceso conjunto asiento
1 pulsador tipo hongo	Paro de emergencia
1 piloto	Luz de proceso activo
1 piloto	Luz paro de emergencia



SELECCIÓN DE CONTACTORES Y RELÉS AUXILIARES

CONTACTOR DE FUERZA	CARACTERÍSTICAS
Marca	LS Industrial Systems
Tipo	GMC(LS)50
Numero de polos	3
Tipo de montaje	Riel DIN
Contactos auxiliares	2NA / 2NC
Categoría de servicio	AC3
Intensidad de operación máxima	50 A
Voltaje de bobina	110 VAC
Voltaje de trabajo	220 VAC



RELÉS AUXILIARES

RELÉ AUXILIAR	CARACTERÍSTICAS
Marca	CAMSCO
Contactos	3NA / 3NC
Bobina	110VAC
Corriente	3A
fusible	1A



CONCLUSIONES

- Se automatizó el proceso de curvado de tubos, rediseñando y modelando varios elementos mecánicos utilizando el software SolidWorks 2010, certificando que la máquina cumple en forma segura con las exigencias necesarias para realizar el proceso de elaboración de perfiles de asientos.
-
- Se implementó un posicionador gradual automático, el cual los ángulos de desplazamiento se puede variar en función de la necesidad del modelo de perfiles de asientos.
-
- Se dotó de memorias y finales de carrera, para un control flexible, de acuerdo a la necesidad del modelo de producción de asiento.
-
- El sistema automático para la sujeción de tubos, se realiza por medio de cilindros neumáticos los mismo que permiten una sujeción más uniforme al momento de la operación de curvado.
-
- Se logró controlar la seguridad operativa de la máquina, mediante sensores que minimizan el riesgo de un posible incidente durante la operación de curvado.

CONCLUSIONES

- Los sistemas de la máquina curvadora de tubo se diseñaron bajo normas y códigos eléctricos y mecánicos certificados como son: IEC, SAE, ASME, obteniendo de esta manera una máquina segura.
-
- La máquina curvadora de tubo RACBVQ HR 02 brinda una gran flexibilidad en lo que se refiere al cambio de elementos mecánicos, debido a que estos fueron construidos con materiales del reciclaje, esto hace que los operarios puedan desmontarlos según la necesidad.
-
- Este proyecto tiene una inversión inicial es de \$ 3718.4, y la recuperación (PRK) es de 0.83, que se estima en 10 meses y 5 días, debido a que la empresa de carrocerías "CENTAURO" tiene como meta una utilidad promedio en 1 año de 4462.5 dólares, por tal motivo existe una alta rentabilidad del proyecto que es del 120%, por lo que se confirma la factibilidad del mismo.

RECOMENDACIONES

- Verificar que la toma de alimentación trifásica para la máquina sea siempre la que se encuentra asignada en el AREA DE CURVADO DE TUBERIA, debido a que el sentido de giro del motor principal influye de sobremanera en la dirección del curvado, en el caso de producirse un giro en dirección errónea implicaría un riesgo tanto para la máquina como para el operador.
- Con el fin de complementar los sistemas de la máquina, se debería implementar un sistema semiautomático para el curvado de tubería, con ello se lograría una actividad adicional la cual permitiría en el futuro realizar un modelo de curvado de acuerdo a las exigencias que se vayan presentando.
- Es importante que el tubo que va a ser procesado sea completamente liso, aquello garantiza una correcta sujeción dentro de la boquilla, además de un posicionamiento gradual exacto que influye en el acabado del perfil.
- En el futuro se debe analizar la posibilidad de adquirir un sistema tipo mordaza autoajustable para la sujeción entre el tubo y la boquilla, con esto se evita la exigencia de que el tubo sea completamente liso.

RECOMENDACIONES

- Con el fin de extender la vida útil de la máquina se recomienda, primero un análisis visual y en lo posterior utilizar el manual de operación y mantenimiento expuesto en el capítulo 4, párrafo 4.8.
-
- Es importante capacitar al personal en cuanto al manejo correcto de la máquina curvadora de tubo RACBVQ HR 02, incentivando ciertos parámetros de seguridad como, el respeto a las señales de precaución dispuesta alrededor de la máquina, ya que el producto terminado puede sobrepasar el radio de trabajo y aquello podría provocar algún tipo de incidente.
-
- Se debe analizar más adelante la posibilidad de adquirir un sensor de movimiento más exacto, debido a que la máquina trabaja bajo condiciones externas como el polvo producido durante el macillado en las carrocerías.
-
- La carrera de Ingeniería Electromecánica debe promocionar la ejecución de proyectos de automatización, y se recomienda convenios con empresas del medio.