

Escuela Politécnica del Ejercito
Universidad de las Fuerzas Armadas



INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA





**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E
IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE PULIDO
ELECTROLÍTICO DE
MATERIALES FERROSOS PARA
EL PROCESO DE CROMADO
EN LA EMPRESA “INGENIEROS
LARA NUÑEZ CIA LTDA”.**



OBJETIVOS:



OBJETIVO GENERAL

DISEÑAR, CONSTRUIR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE PULIDO ELECTROLÍTICO DE MATERIALES FERROSOS PARA EL PROCESO DE CROMADO EN LA EMPRESA “INGENIEROS LARA NUÑEZ CIA LTDA”.



OBJETIVO ESPECÍFICO:



- ✓ Diseñar y construir una cuba o reactor electrolítico.
- ✓ Calcular el electrólito.
- ✓ Seleccionar e implementar sustancia químicas, electrolisis, pulido.
- ✓ Disminuir los tiempos de producción en el área de pulido.
- ✓ Implementar un sensor de temperatura para el control del sistema.
- ✓ Mejorar el acabado superficial del producto final.
- ✓ Implementar los sistemas eléctricos de control, componentes químicos y mecánicos.
- ✓ Diseñar un ventilador o extractor de gases



SISTEMA DE ELECTROPULIDO PARA MATERIALES FERROSOS



DEFINICIÓN

El electropulido es una técnica de acabado químico para superficie, mediante la cual el metal se disuelve electrolíticamente, ión por ión, de la superficie de un objeto metálico.



PROCESO

PREPARACIÓN DEL METAL

Recepción de la pieza

Tratamiento mecánico

Limpieza general

Enjuague

Decapado

Enjuague

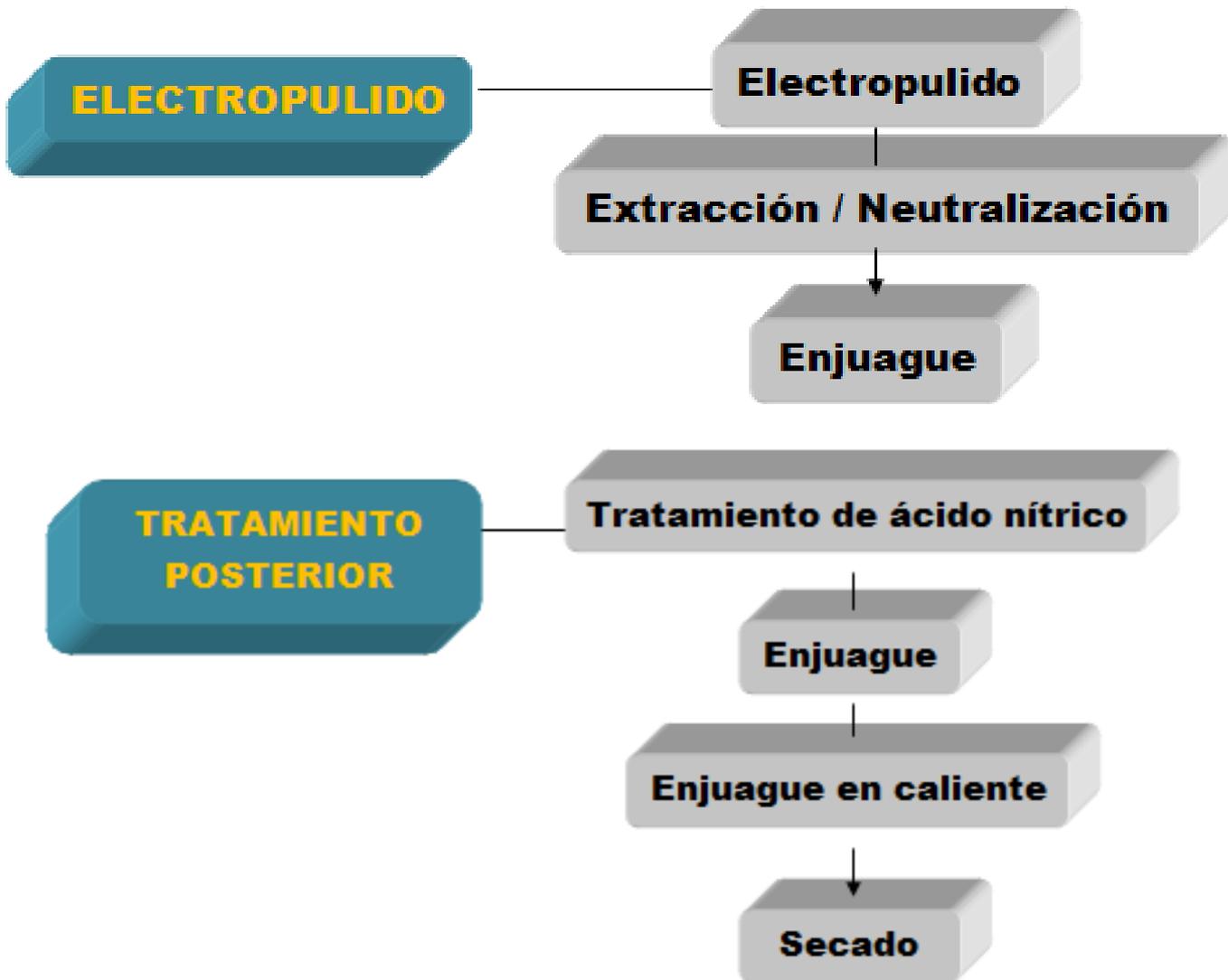
Desengrase

Enjuague con sosa cáustica





PROCESO





FACTORES DE OPERACIÓN



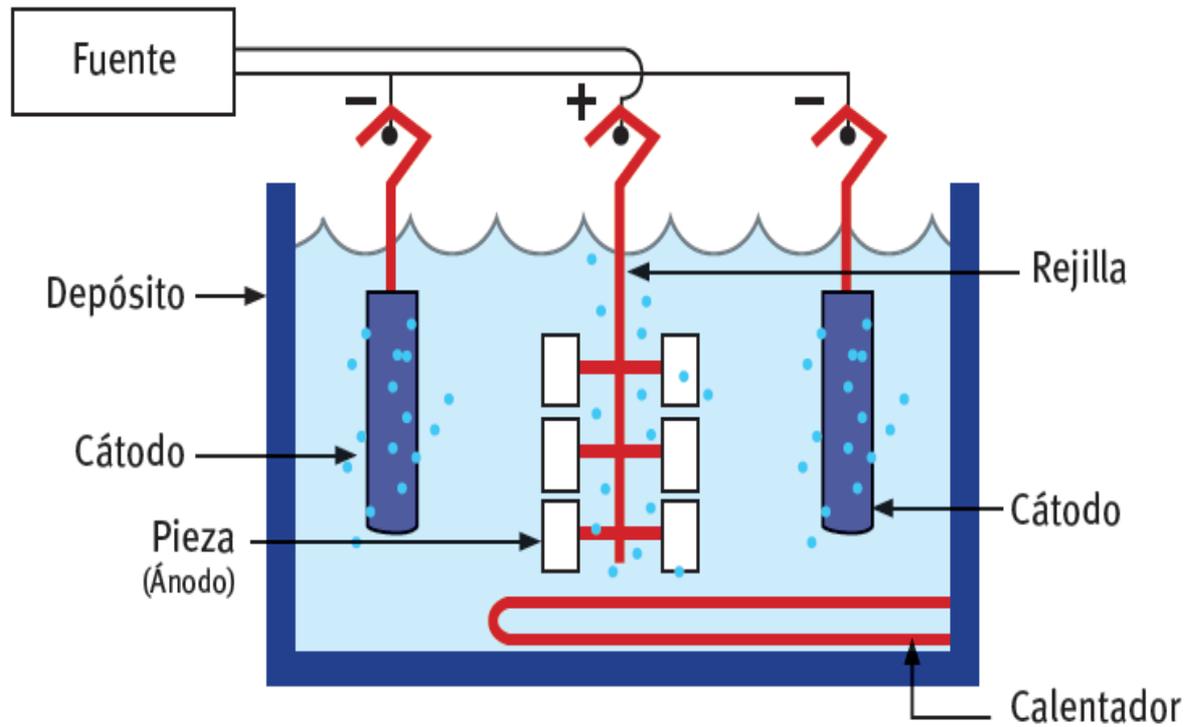
- ✓ Voltaje y Densidad de corriente.
- ✓ Temperatura del electropulido.
- ✓ Agitación del electrolito.
- ✓ Tiempo de tratamiento.
- ✓ Tamaño del sistema.
- ✓ Fluido electrolítico.
- ✓ Preparación inicial de la superficie.



SISTEMA DE ELECTROPULIDO PARA MATERIALES FERROSOS

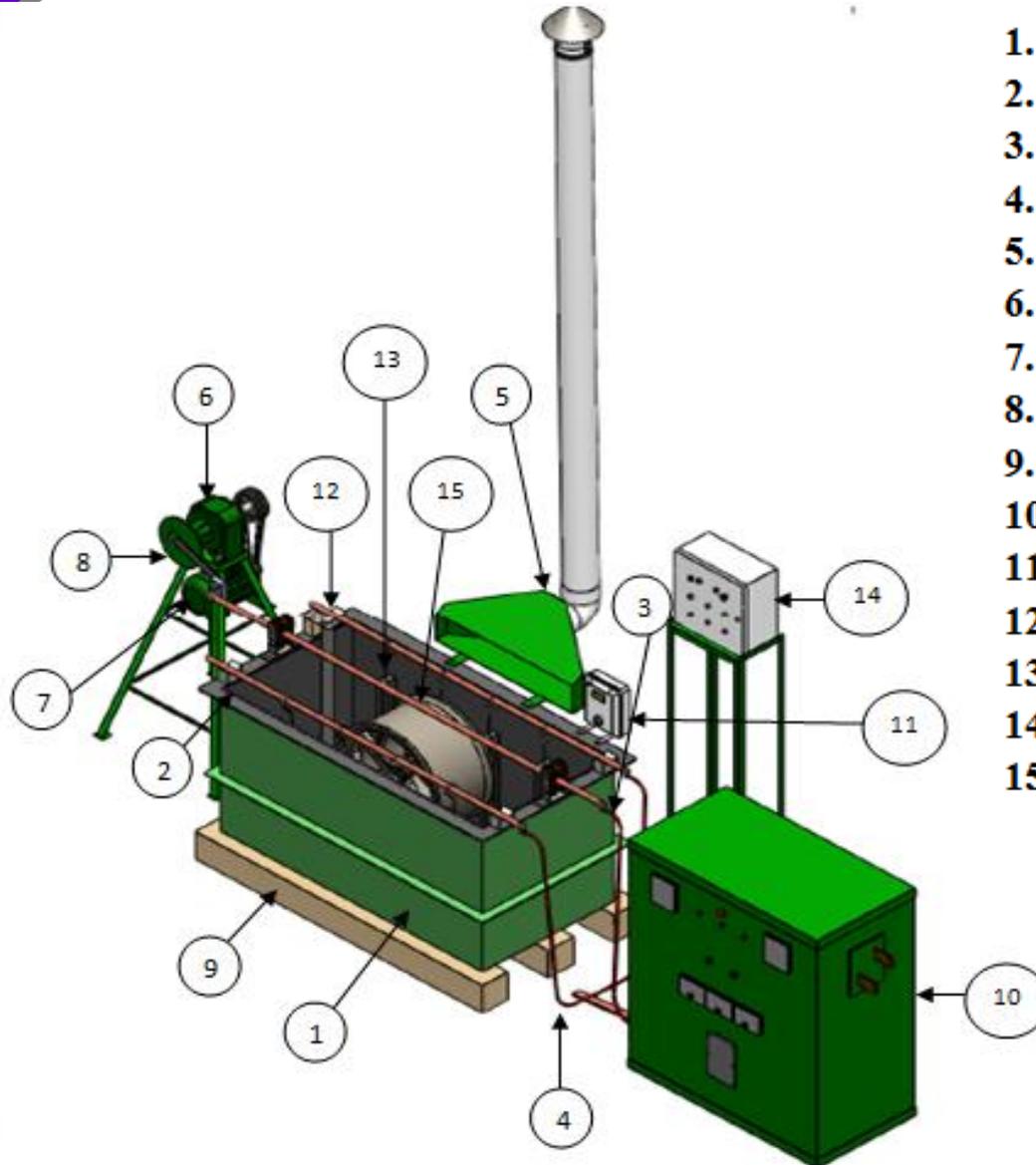


FUNCIONAMIENTO





SISTEMA DE ELECTROPULIDO PARA MATERIALES FERROSOS



1. Cuba Electrolítica.
2. Recubrimiento de PVC.
3. Ánodo.
4. Cátodo.
5. Sistema de extracción de gases.
6. Reductor de velocidad.
7. Motor.
8. Volante.
9. Viga.
10. Rectificador de Corriente.
11. Termostato.
12. Calefactor de Cuarzo.
13. Barra de plomo.
14. Tablero de control.
15. Pieza para electropulir.



PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



CUBA ELECTROLÍTICA.

Medidas externas:

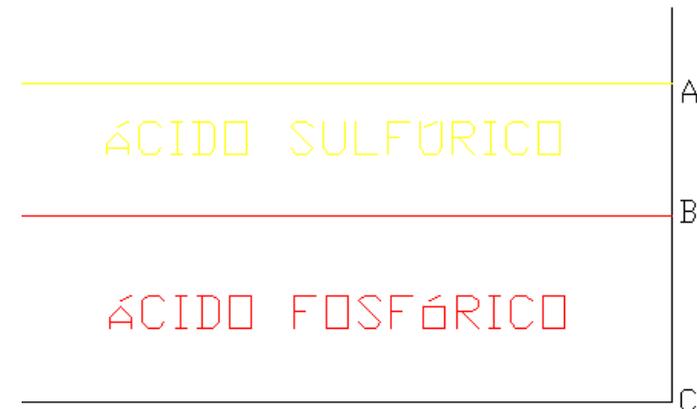
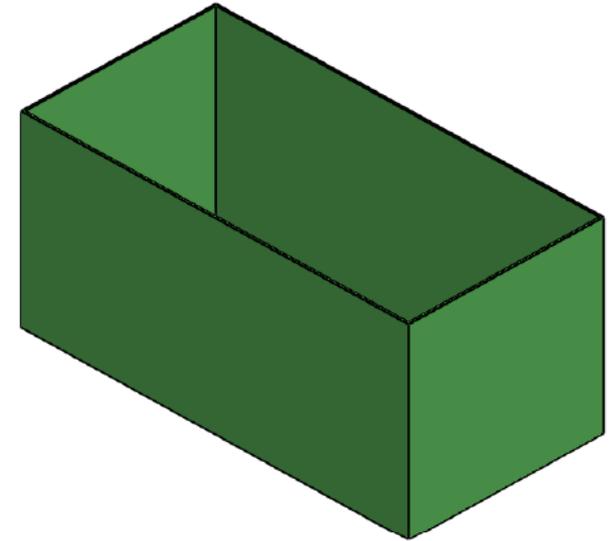
Largo: 1.53 m.

Ancho: 0.77 m.

Altura: 0.78 m.

Diseño:

**Disposición de los ácidos:
cálculos de fuerza en las
paredes $F_{AB} = 0.274$ KN,
 $F_{BC} = 3.108$ KN $F_T = 3.38$ KN,
determinación de la pared de
la cuba (pared delgada).**





PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



Espesor del recubrimiento:

$$t = 2.45 \times L \times \sqrt{\frac{\alpha \times H \times 0.036 \times G}{s}}$$

$$t (PVC) = 2.45 \times 59.45 \times \sqrt{\frac{0.005 \times 29.92 \times 0.036 \times 1.69}{5510}}$$

Espesor $t = 0.178$ pulg = 4.5 mm (PVC)

$$t = \frac{L}{1.254 \times \sqrt{\frac{s}{0.036 \times C \times H}}}$$
$$t = \frac{59.45}{1.254 * \sqrt{\frac{(5510)}{0.036 \times 1.69 \times 29.92}}}$$

Fondo de la cuba $t = 0.86$ pulg = 21 mm



PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



Medidas internas:

Largo: 1.51 m.

Ancho: 0.75 m.

Altura 0.76 m

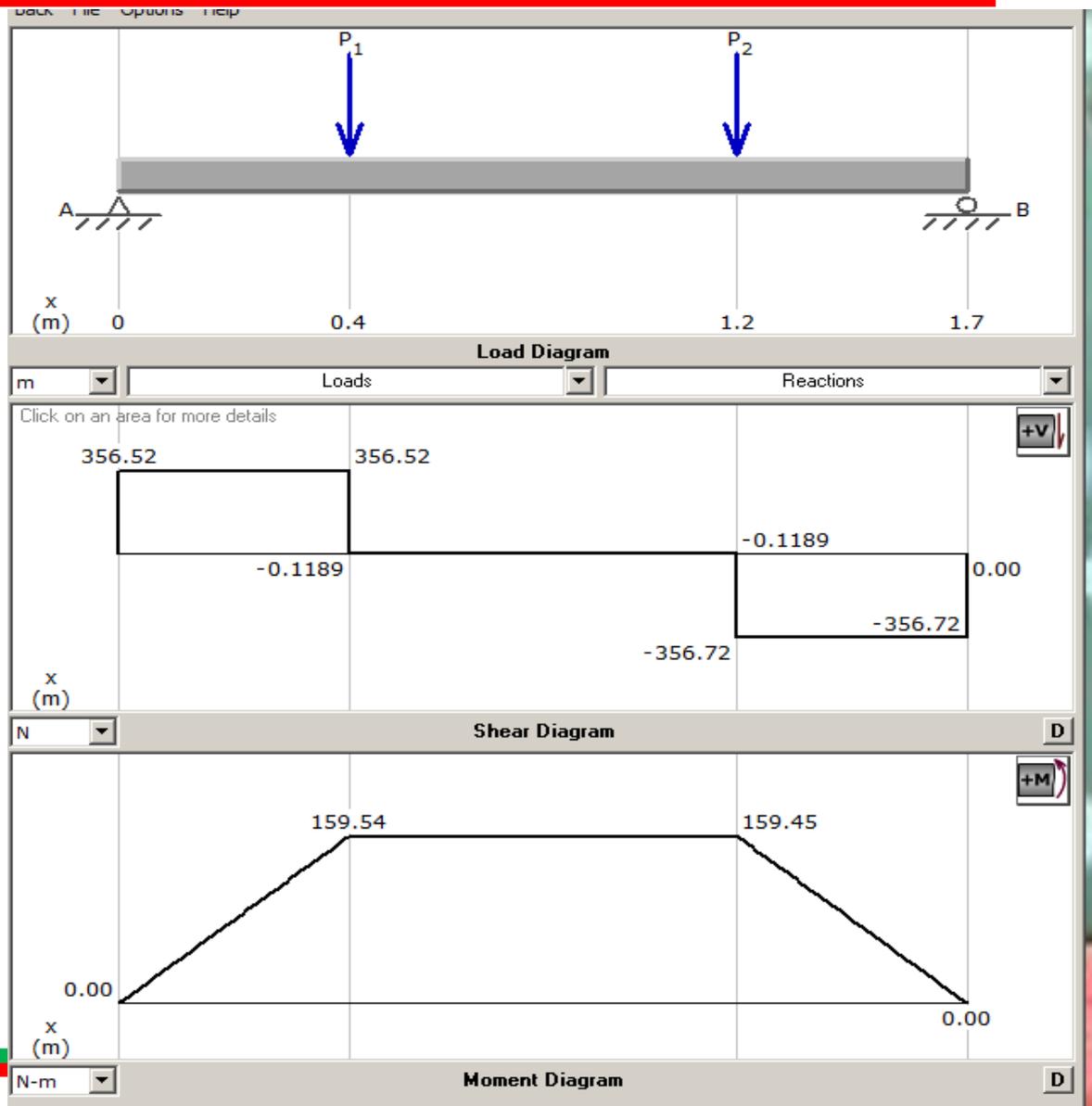




PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



***BARRAS
CONDUCTORAS
BARRA DE
COBRE ÁNODO***





PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



BARRAS CONDUCTORAS **BARRA DE COBRE – ÁNODO**

$$\sigma = \frac{M}{I} = \frac{159.473}{\frac{\pi}{32} \times d^3}$$

$$\tau_{CORTE} = \frac{4V}{3 \times A} = \frac{4 \times 356.64N}{3 \times \frac{\pi \times (0.0254m)^2}{4}}$$

$$\sigma = 14983.3 \text{ psi}$$

$$\sigma_{FLEX} = \frac{32 \times M_{max}}{\pi \times D^3} = \frac{32 \times 159.473}{\pi \times 0.0254^3}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{159.473Nm}{0.0982 \times 14983.33 \times \frac{9.8N}{2.2lb} \times \frac{1m}{100cm} \times \frac{2.54cm}{1pulg}}}$$

$$FS = \frac{S_Y}{\sigma'} \quad FS = \frac{310MPa}{99.12 MPa}$$

D=0.985 pulgada equivalente a 1pulgada

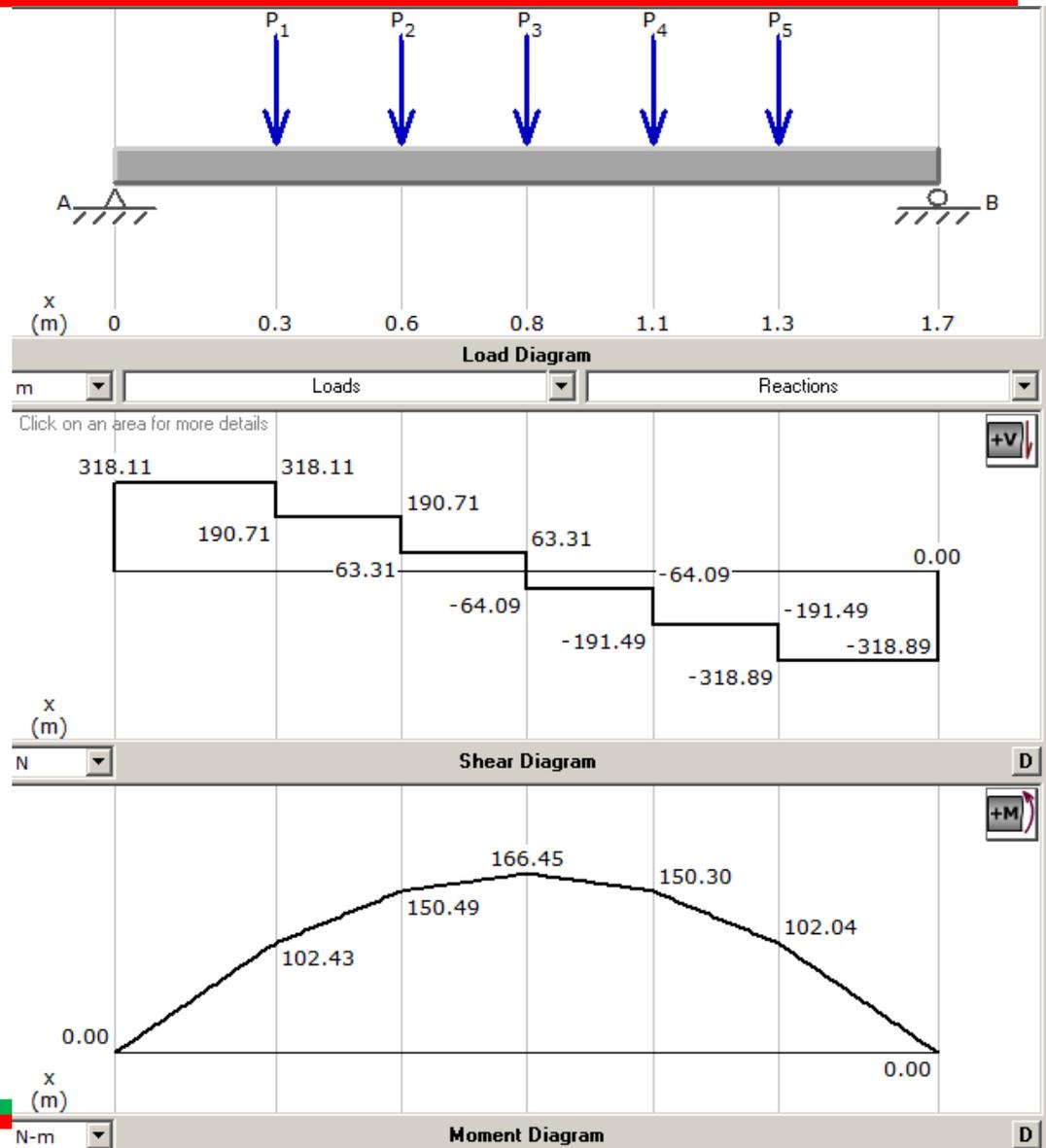
FS= 3.12 OK!!!



PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



***BARRAS
CONDUCTORAS
BARRA DE
COBRE CÁTODO***





PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



BARRAS CONDUCTORAS **BARRA DE COBRE – CÁTODO**

$$\sigma = \frac{M}{I} = \frac{166.764}{0.0982 \times d^3}$$

$$\sigma = 14983.3 \text{ psi}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{166.764 \text{ Nm}}{0.0982 \times 14983.33 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} \times \frac{9.8 \text{ N}}{2.2 \text{ lb}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \times \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}}}}$$

D=0.985 pulgada equivalente a 1 pulgada

$$\tau_{CORTE} = \frac{4V}{3 \times A} = \frac{4 \times 127.4 \text{ N}}{3 \times \frac{\pi \times (0.0254 \text{ m})^2}{4}}$$

$$\sigma_{FLEX} = \frac{32 \times M_{max}}{\pi \times D^3} = \frac{32 \times 166.45}{\pi \times 0.0254^3}$$

$$FS = \frac{S_Y}{\sigma'} \quad FS = \frac{310 \text{ MPa}}{103.9 \text{ MPa}}$$

FS= 3 OK!!!



PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



CONSTRUCCIÓN





PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO

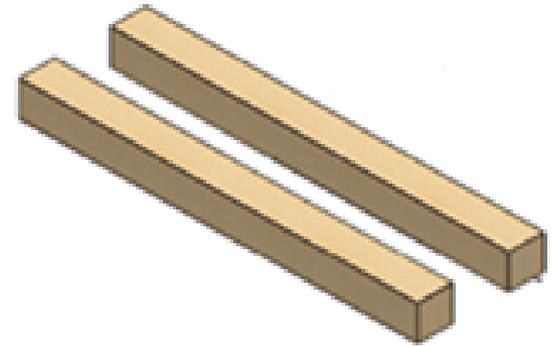


SISTEMA DE AISLAMIENTO.

VIGA

$$S = \frac{M}{\sigma} \quad S = \frac{3825 \text{ Nm}}{995.8 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}} \times \frac{1 \text{ pulg}}{0.0254 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ lb}}{4.448 \text{ N}}$$

$$S = 33.9 \text{ pulg}^3$$



GRYLON.- cátodos



PORCELANA.- Ánodo





PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



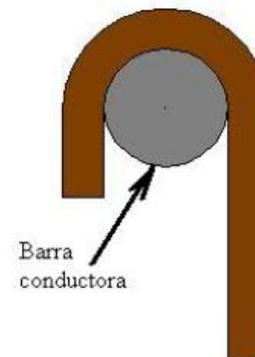
GANCHO

$$\sigma_d = \frac{S_U}{N} = \frac{50\,025 \text{ psi}}{12} = 4168.75 \text{ psi}$$

$$A_{\text{requerida}} = \frac{F}{\sigma_d} = \frac{160}{4168.75} = 0.038 \text{ pulg}^2$$

Cobre electrolítico	C11000
Resistencia a la fluencia	310 GPa (44.95KSI)
Resistencia máxima	345 MPa (50.025 KSI)
Resistividad(ρ)	$0.0176 \Omega \times \text{mm}^2 / \text{m}$
Densidad δ	8.9 kg/dm ³
Porcentaje de alargamiento	20%
Módulo de elasticidad	117 GPa (17000 KSI)

$$D^2 = \frac{A \times 4}{\pi} = \frac{0.038 \times 4}{\pi} = 0.048$$



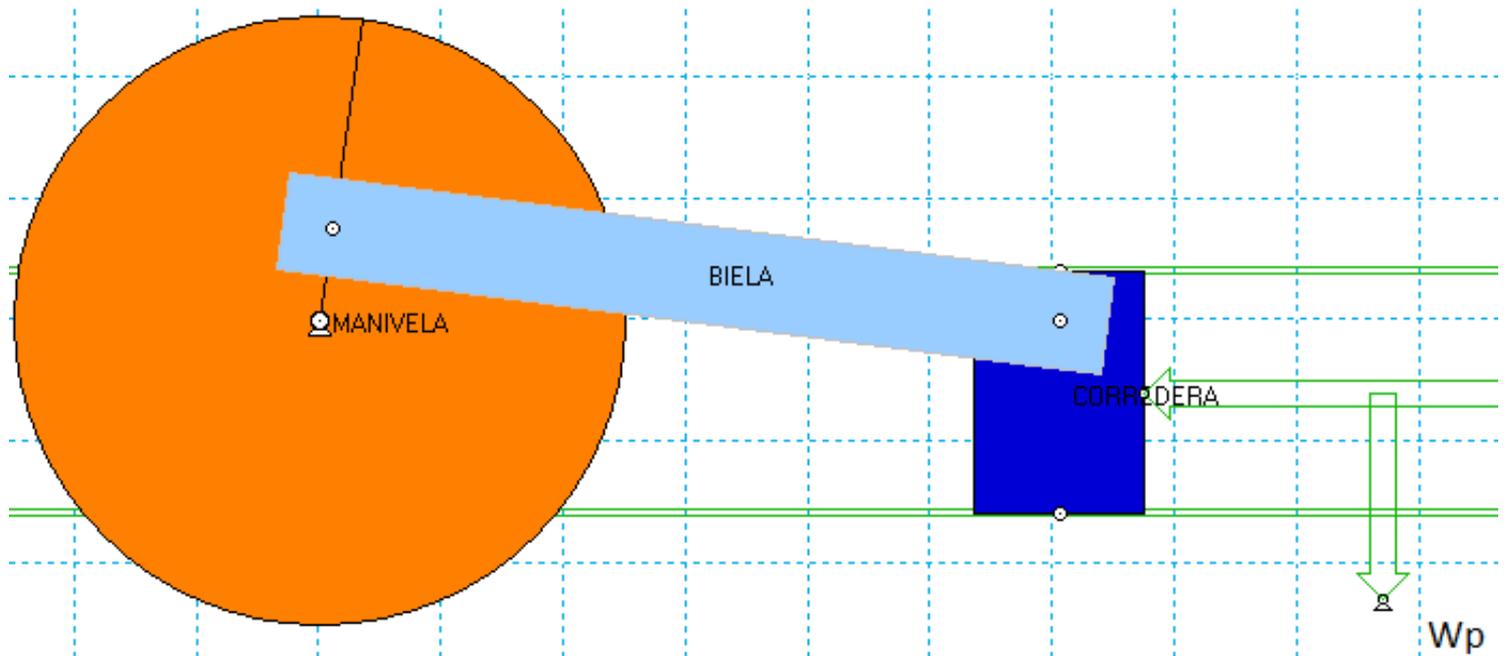


PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



SISTEMA DE AGITACIÓN

Mecanismo Biela Manivela Corredera



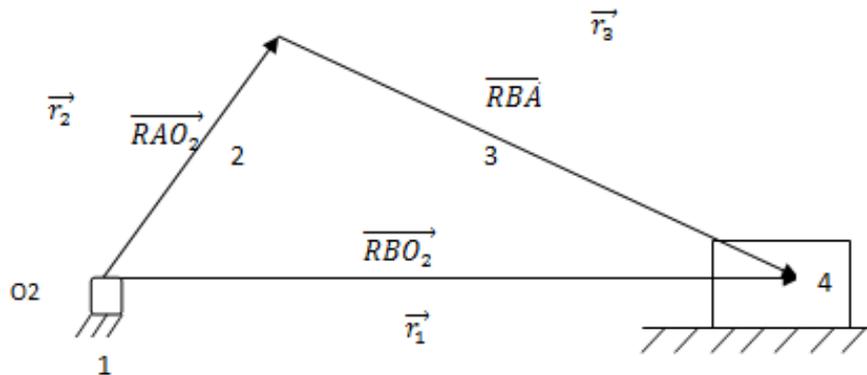


PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



SISTEMA DE AGITACIÓN

Análisis de Posición.



$$\vec{r}_1 = \vec{r}_2 + \vec{r}_3$$

Ecuación de cierre del circuito:

$$\vec{r}_1 - \vec{r}_2 - \vec{r}_3 = 0$$

Forma polar compleja:

$$\vec{r} = r e^{i\theta}$$

$$r_1 e^{i\theta_1} = r_2 e^{i\theta_2} + r_3 e^{i\theta_3}$$

Identidad de Euler:

$$e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta$$

$$r_1 = r_2 \cos \theta_2 + r_3 \cos \theta_3$$

$$\theta_3 = \sin^{-1} \left(\frac{-r_2 \sin \theta_2}{r_3} \right)$$



PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



SISTEMA DE AGITACIÓN

Análisis de Velocidad.

$$w_3 = \frac{-r_2 w_2 \cos \theta_2}{r_3 \cos \theta_3}$$

$$v_1 = -r_2 w_2 \sin \theta_2 - r_2 w_2 \tan \theta_3 \cos \theta_2$$



PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO

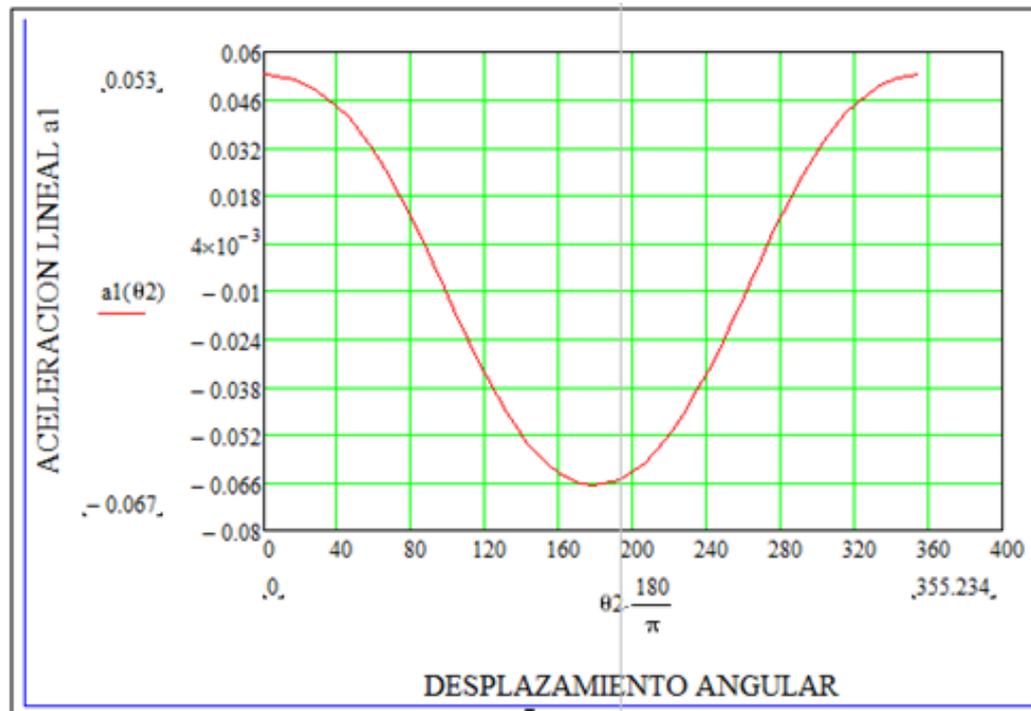


Análisis de Aceleración.

$$\alpha_3 = \frac{r_2 w_2^2 \sin \theta_2 - r_2 \alpha_2 \cos \theta_2 + r_3 w_3^2 \sin \theta_3}{r_3 \cos \theta_3}$$

$$a_1 = -r_2 w_2^2 \cos \theta_2 - r_2 \alpha_2 \sin \theta_2 - r_3 w_3^2 \cos \theta_3 - \tan \theta_3 (r_2 w_2^2 \sin \theta_2 - r_2 \alpha_2 \cos \theta_2 + r_3 w_3^2 \sin \theta_3)$$

a_1 Vs θ_2





PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



Modelación de los eslabones en solidworks.

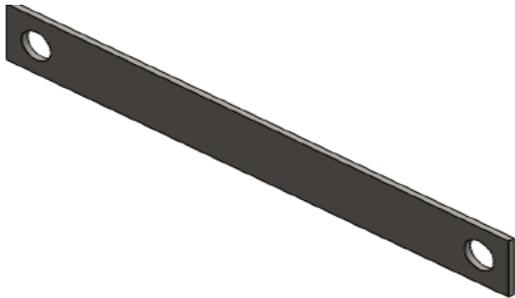
Análisis de la Manivela.

Análisis de la Biela.

$$m_3 := 0.4073 \text{ kg}$$

$$IG_3 := 0.0156 \text{ kgm}^2$$

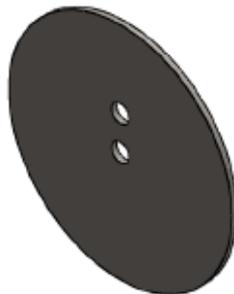
$$rCG_3 := 0.17 \text{ m}$$



$$m_2 = = 3.02268 \text{ kg}$$

$$rCG_2 = -0.00075 \text{ m}$$

$$IG_2 = 0.02394 \text{ kgm}^2$$



Análisis de la Corredera.

Por lo tanto se utiliza la sumatoria de las masas

Masa nylon: 0.26 kg.

Masa barra de cobre – ánodo: 2.24 kg.

La sumatoria de todas las masas son: 2.5 kg

$$m_4 := 2.5 \text{ Kg}$$



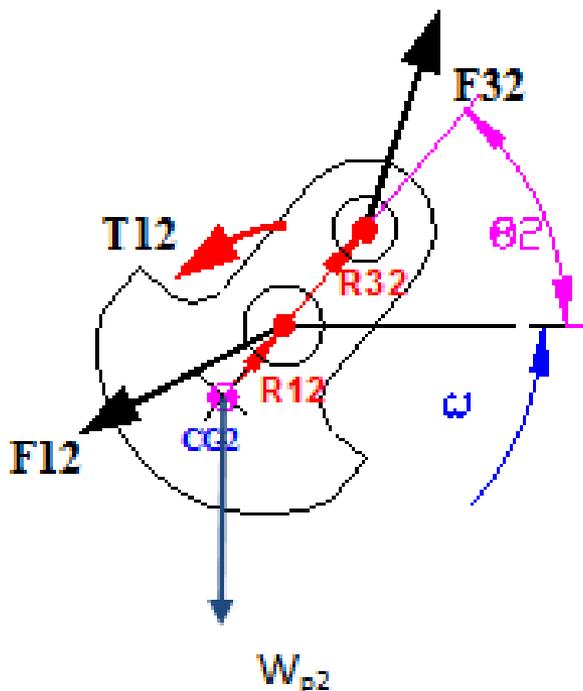
PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



SISTEMA DE AGITACIÓN

Diagrama de Cuerpo Libre de la manivela.

Análisis de los centros de gravedad



$$\vec{a}_{cg2} = -r_{cg2} \omega_2^2 (\cos \theta_2 + i \sin \theta_2)$$

Eslabón 2

$$F_{12x} + F_{32x} = m_2 a_{G2x}$$

$$W_{p2} + F_{12y} + F_{32y} = m_2 a_{G2y}$$

$$T_{12} + (R_{12x}F_{12y} - R_{12y}F_{12x}) + (R_{32x}F_{32y} - R_{32y}F_{32x}) = 0$$



PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO

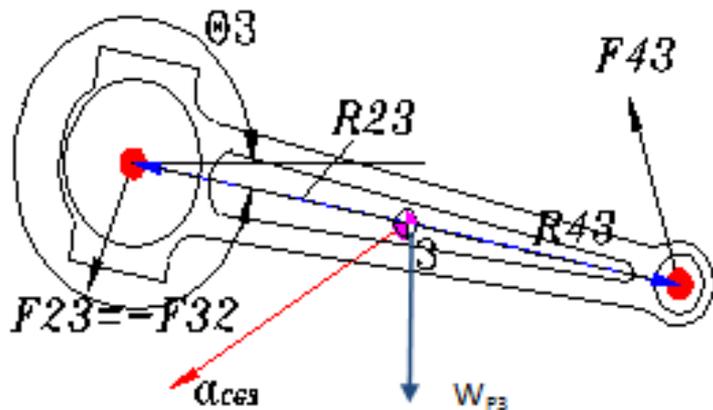


SISTEMA DE AGITACIÓN

Diagrama de Cuerpo Libre de la biela.

Análisis de los centros de gravedad

$$\vec{a}_{CG3} = -r_2 w_2^2 (\cos \theta_2 + i \sin \theta_2) - R_{23} w_3^2 (\cos \theta_3 + i \sin \theta_3) + i R_{23} \alpha_3 (\cos \theta_3 + i \sin \theta_3)$$



Eslabón 3

$$F_{43x} - F_{32x} = m_3 a_{CG3x}$$

$$W_{P3} + F_{43y} - F_{32y} = m_3 a_{CG3y}$$

$$(R_{43x} F_{13y} - R_{43y} F_{13x}) - (R_{23x} F_{32y} - R_{23y} F_{32x}) = I_{CG3} \alpha_3$$

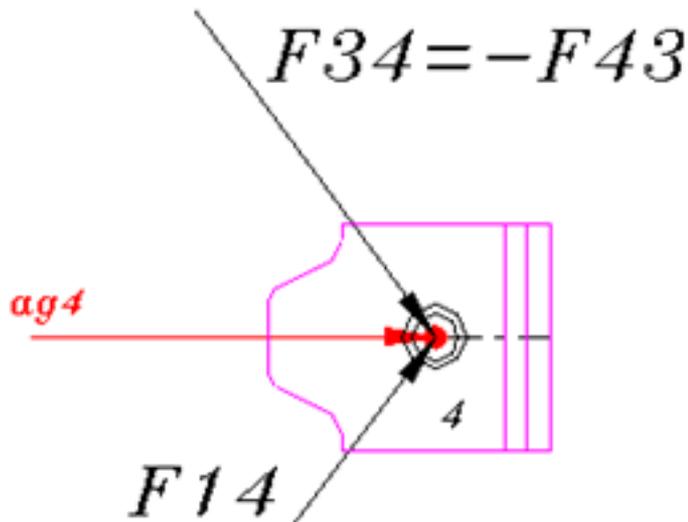


PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



SISTEMA DE AGITACIÓN

Diagrama de Cuerpo Libre de la Corredera.



Análisis de los centros de gravedad

Eslabón 4

$$\Sigma F_x = m_4 acG_{4x}$$

$$F_{14x} - F_{43x} = m_4 acG_{4x}$$

$$\Sigma F_y = m_4 acG_{4y}$$

$$F_{14y} - F_{43y} - W_{p4} = 0$$

$$N = F_{14y}$$

$$\pm \mu N = F_{14x}$$

$$\pm \mu F_{14y} = F_{14x}$$

$$\pm \mu F_{14y} - F_{43x} = m_4 acG_{4x}$$

Y se obtienen 2 ecuaciones vectoriales:

$$\pm \mu F_{14y} - F_{43x} = m_4 acG_{4x}$$

$$F_{14y} - F_{43y} - W_{p4} = 0$$

$$\Sigma T_4 = 0$$



PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



Solución de las Ecuaciones Vectoriales

Matriz para cálculo de fuerzas (Biela – Manivela – Corredera)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -R_{12Y} & R_{12X} & -R_{32Y} & R_{32X} & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_{23Y} & -R_{23X} & -R_{43Y} & R_{43X} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & \pm\mu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} F_{12X} \\ F_{12Y} \\ F_{32X} \\ F_{32Y} \\ F_{43X} \\ F_{43Y} \\ F_{14Y} \\ T_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_2 a G_{2X} \\ W_{p2} + m_2 a G_{2Y} \\ I_{G2} \alpha_2 \\ m_3 a G_{3X} \\ W_{p3} + m_3 a G_{3Y} \\ I_{G3} \alpha_3 \\ m_4 a G_{4X} \\ 0 \end{bmatrix}$$

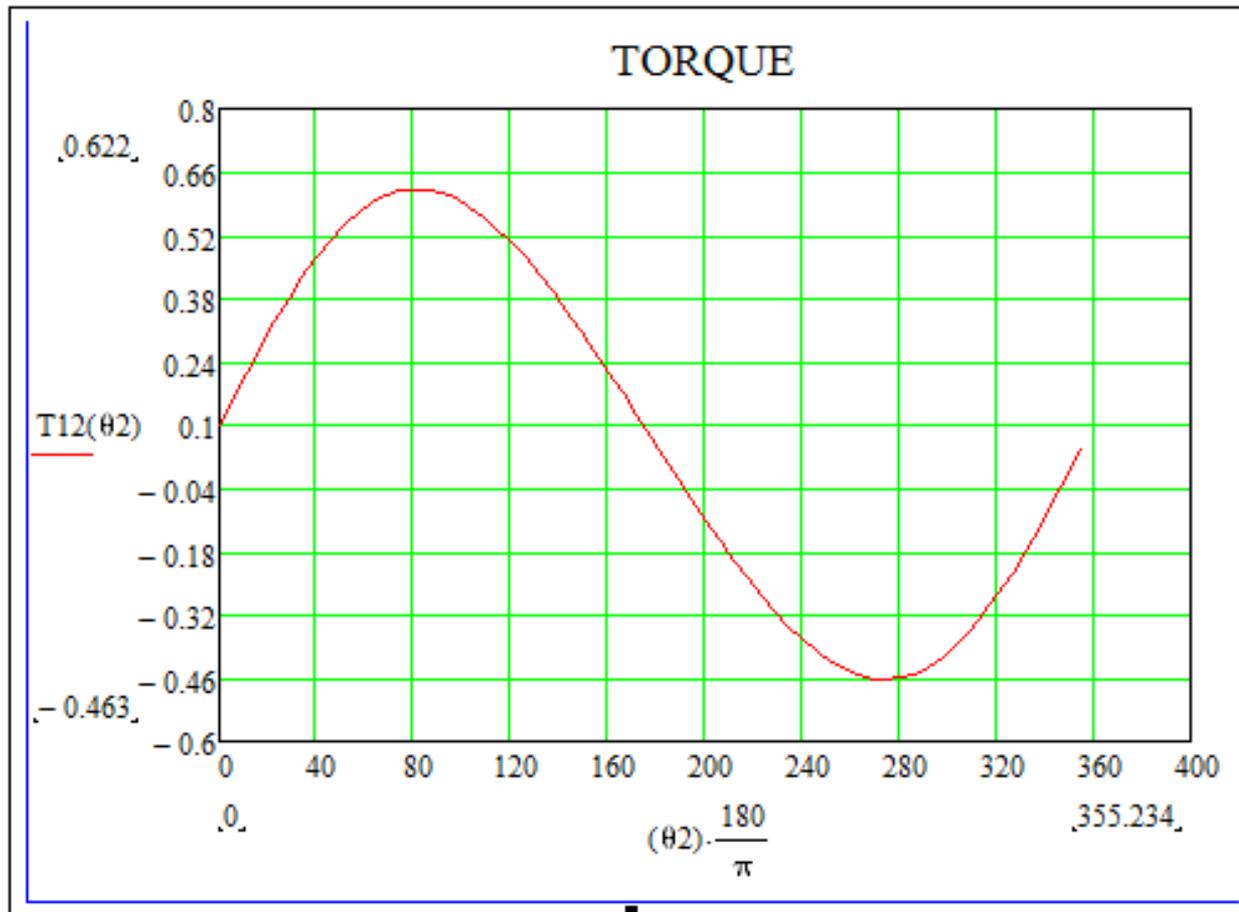


PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



Análisis del Torque

T_{12} Vs θ_2





PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



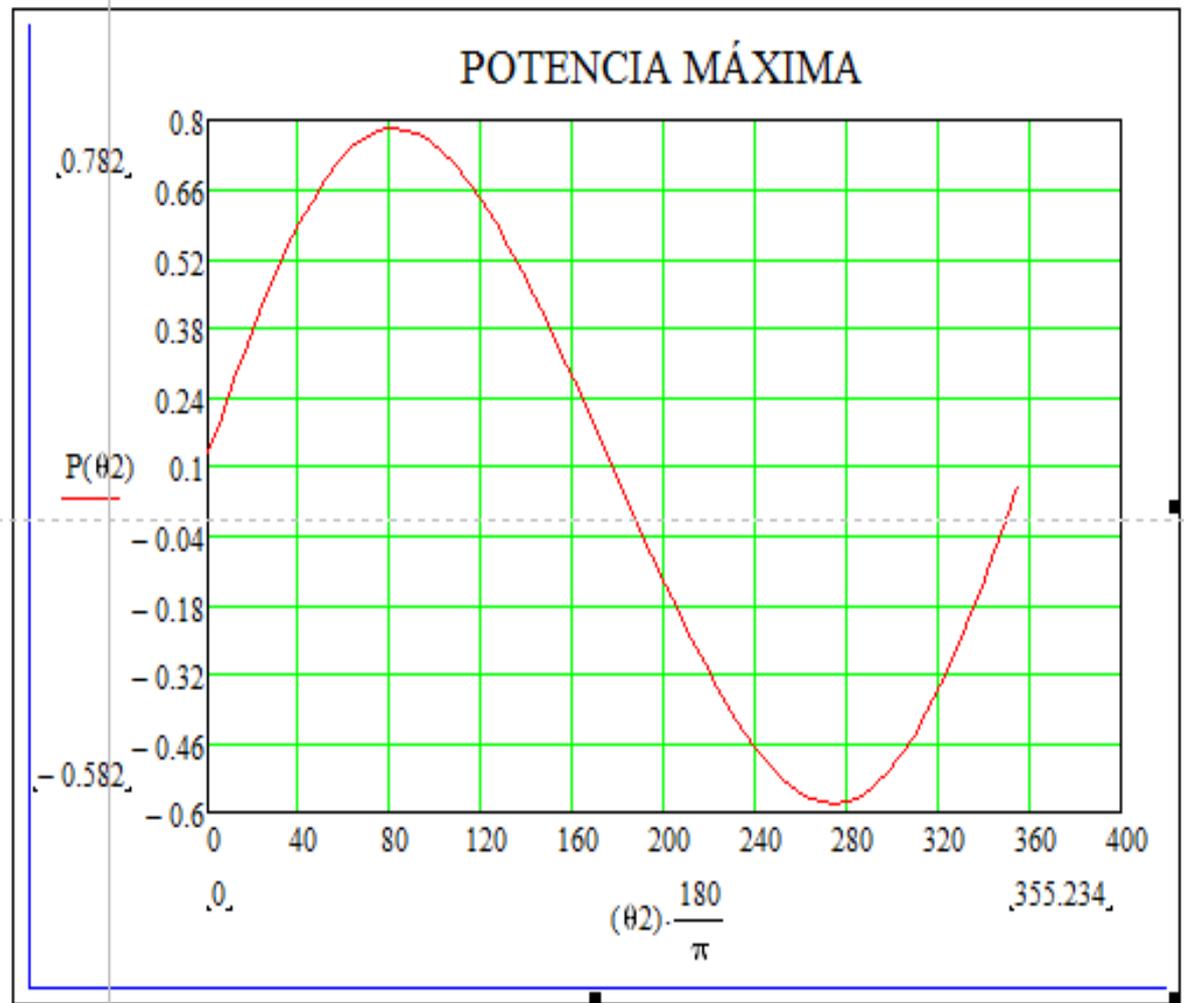
Análisis de las Potencias

Potencia Máxima

$$P = T_{12} \times W_2$$

$$P = 0.616 \text{ Nm} \times 1.256 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$P = 0.774 \text{ Watt}$$





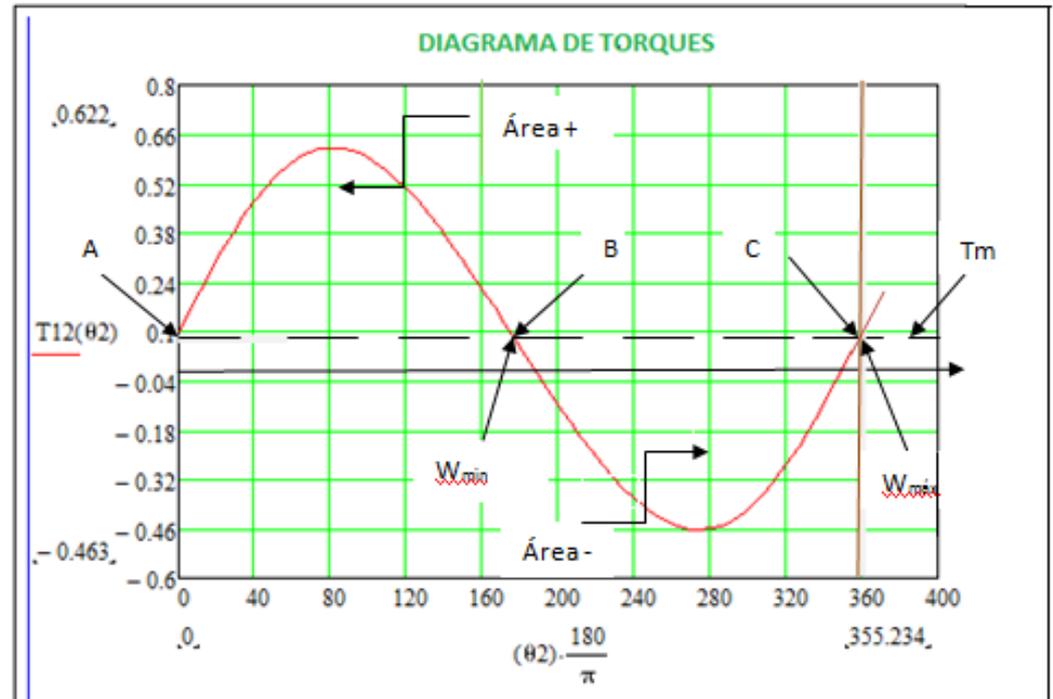
PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



Cálculo del Volante.

$$T_m := \frac{\int_0^{2\pi} F(\theta)_7 d\theta}{2\pi}$$

$$T_m = 0.077 \text{ Nm}$$



Integración de la función

Desde	$\Delta \text{Área} = \Delta E$	Suma acumulada = E	
A a B	+ 0.573	+ 0.573	$W_{\min} @ B$
B a C	-6.63×10^{-4}	+ 0.572337	$W_{\max} @ C$
	Energía Δ total	= E@ W_{\max} - E@ W_{\min}	
		$(0.572337) - (+0.573)$	-6.63×10^{-4}



PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



Cálculo del Volante.

$$\alpha_2 = \frac{w_2}{t}$$

$$\alpha_2 = \frac{1.256 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}}{3 \text{ seg}}$$

$$\alpha_2 = 0.418 \text{ rad/seg}^2$$

$$I_2 := 0.0234 \text{ kg m}^2$$

$$P_{arrq} = I_2 \alpha_2 w_2$$

$$P_{arrq} = (0.0234 \times 0.418 \times 1.256) \text{ watt}$$

$$P_{arrq} = 0.0122 \text{ watt} \times \frac{1 \text{ HP}}{746 \text{ Watt}}$$

$$P_{arrq} = 0.0000163 \text{ HP}$$

$$P_r = T_m \times w_2 + P_{arrq}$$

$$P_r = 0.077 \text{ Nm} \times 1.256 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$P_r = 0.096 \text{ Watt} + P_{arrq}$$

$$P_r = 0.096 \text{ Watt} \times \frac{1 \text{ HP}}{746 \text{ Watt}} + 0.0000163 \text{ HP}$$

$$P_r = 0.000145 \text{ HP}$$



PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



Dimensionamiento del Volante.

$$I_S = \frac{E}{KW_{med}^2} \quad K = 0.02.$$

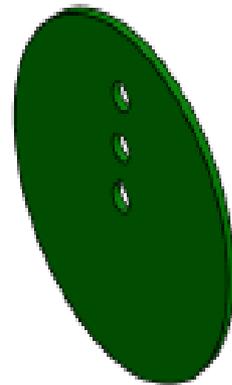
$$I_S = \frac{6.63 \times 10^{-4} \text{ Nm} \times \text{seg}^2 \text{ Kg m}}{0.02 \times (1.256 \text{ rad})^2 \text{ N seg}^2} = 0.021 \text{ Kg m}^2$$

$$I_d = \rho \times t \times \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4)$$

$$I_d = 7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0.008 \text{ m} \times \frac{\pi}{32} (0.25^4 - 0.02^4) \text{ m}^4 = 0.024 \text{ Kg m}^2$$

$$I_d > I_S$$

$$0.024 \text{ Kg m}^2 > 0.021 \text{ Kg m}^2 \text{ OK}$$





PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



DISEÑO DEL MOTORREDUCTOR.

$$HP_{dis} = F_{Ser} \times HP_{transmitida} = 1 \text{ hp.}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$d_2 = \frac{d_1 \times n_1}{n_2} = \frac{35 \times 37}{12} = 107.91 \text{ mm}$$

$$L = 2 \times C + 1.57 \times (D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4 \times C}$$

$$L = 28.96 \text{ pulg.}$$

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 * \text{sen}^{-1} \left[\frac{(D_2 - D_1)}{2 * C} \right]$$

$$\theta_1 = 170.62^\circ$$

Potencia de diseño	1 HP
RPM _{in}	1420 RPM
RPM _{out}	12 RPM
Polea motriz	1.38 pulgada
Polea conducida	4.21 pulg
Banda	3Vx
Distancia entre centros	10 pulgadas





PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES.

Procedimiento:

- ✓ Decidir el sistema más idóneo.
- ✓ Calcular la cantidad de aire.
- ✓ Estudiar si es posible la descarga libre, esto es, lanzar fuera el aire contaminado a través de un cerramiento, pared o muro.
- ✓ En el caso de tener que descargar en un punto lejano, calcular la pérdida de carga de la canalización necesaria, con todos sus accidentes: captación, tramos rectos, codos, expansiones, reducciones, obstáculos, etc., hasta alcanzar la salida.
- ✓ Consultar un catálogo de ventiladores para identificar cuáles de ellos contienen en su curva característica el punto de trabajo necesario: Caudal-Presión.
- ✓ Escoger el ventilador adecuado atendiendo, además del punto de trabajo, al ruido permitido, al voltaje de alimentación, a la regulación de velocidad (si es necesaria) a la protección (intemperie), posibilidades de instalación y, naturalmente, al coste.



PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



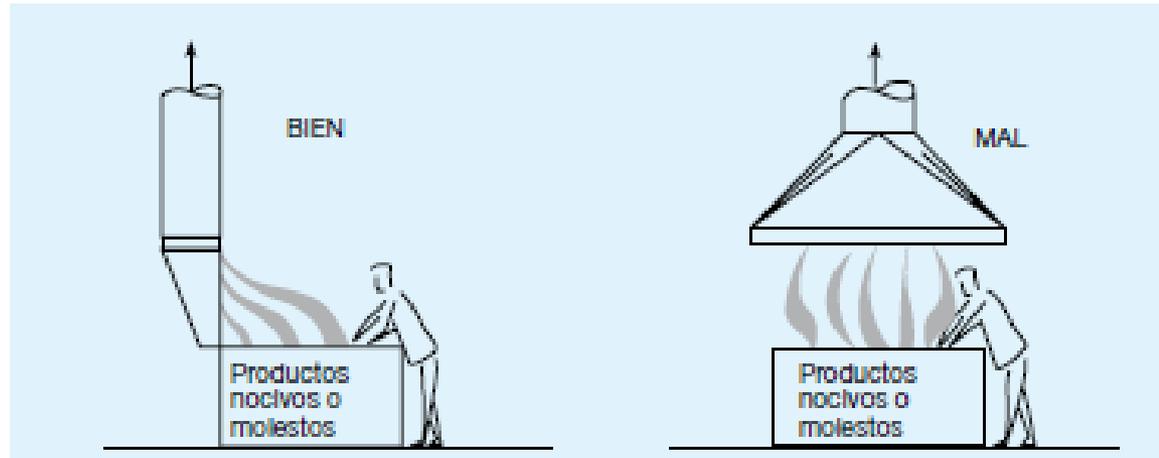
SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES.

$$Q \text{ (m}^3\text{/hora)} = 3600 \times L \times H \times V$$

$$Q = 3600 \times 1.5 \times 0.05 \times 1 \text{ (m/s)} = 270 \text{ m}^3\text{/hora}$$

Modelo	Velocidad RPM	Potencia W	Tensión Volts	Caudal a descarga libre m ³ / hr CFM	Presión sonora	Peso aprox. Kg
FUTURE 150	2450	34	127	300/176	47	0.9

EXTRACTOR AXIAL





PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES.

✓ La medida de la ranura, que debe ser de 25.4 a 50.8 mm o $H=0.18D$ (D=ancho de la cuba) de ancho y tan larga como el tanque.

✓ La mínima cantidad de aire que se requiere para eliminar el líquido que se evapora y permanece suspendido en el aire sobre el tanque electropulidor, es igual a unos 4.24 m³/min (150 cfm ó pies cúbicos por minuto).

✓ NTP 265: Tratamientos electrolíticos: riesgos higiénicos.





PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



SELECCIÓN DEL EQUIPO PARA EL CALENTAMIENTO DEL ELECTROLITO.

Calefactor de Cuarzo

Marca	PROCESS TECHNOLOGY
Modelo	N 04227
Potencia	4000 watts.
Voltaje	240 V.
Amperaje 1 PH	17 A.



TERMOSTATO.

Marca	PROCESS TECHNOLOGY
Modelo	N 302LT
Potencia	12000 watts.
Voltaje	240 V.
Amperaje trifásico	30 A.





PARTES DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO



RECTIFICADOR DE CORRIENTE

Primario

- ✓ Voltaje 208 V
- ✓ Amperaje 96 A.
- ✓ Potencia 28KW
 - ✓ Fase 3

Secundario

- ✓ Voltaje 12 V.
- ✓ Amperaje 2000 A.
 - ✓ Ciclo 60





DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO



Motorreductor

Marca	SIEMENS
Potencia	1 HP
Frecuencia	60 Hz
Factor de potencia	0,79
Voltaje	220/380 V
Corriente	3.4/1.95 A
RPM	1700 RPM

Termostato

Marca	PROCESS TECHNOLOGY
Modelo	N 302LT
Potencia	12000 watts.
Voltaje	240 V.
Amperaje trifásico	30 A.



Extractor de gases

Marca	S&P
Modelo	Future 150
Potencia	34 W
Voltaje	127 V
Caudal a descarga libre	300/176 m ³ /h.
Presión sonora	46 db (A).

Calefactor de Cuarzo

Marca	PROCESS TECHNOLOGY
Modelo	N 04227
Potencia	4000 watts.
Voltaje	240 V.
Amperaje 1 PH	17 A.



¿QUÉ TIPO DE ÁCIDOS SE UTILIZA EN EL ELECTROPULIDO?



COMPOSICIÓN DE LOS BAÑOS Y CONDICIONES DE TRABAJO PARA EL ELECTROPULIDO DE ZINC, CADMIO, ESTAÑO, PLOMO, COBALTO, TUNGSTENO, ORO, TITANIO Y CROMO.

METAL	ELECTROLITO	Densidad de Corriente Anódica (A/dm)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE TRATAMIENTO (min).
Zinc y Estaño	Hidróxido potásico 25%	16	Ambiente	10.0 – 15.0
Zinc	Ácido Crómico 17% Agua 83%	1.8		
Zinc	Ácido crómico 7% Dicromato potásico 29% Acido sulfúrico 6% Agua 58%	0.2		
Zinc	Ácido sulfúrico 150 gr/l.	40	Menos 25 °C	1.0 – 2.0
Zinc y Cadmio	Cianuro potásico 5%	16	Ambiente	
Plomo	Ácido perclórico 18.5-33% Acido acético 63 -76.5% Agua 2 -9%	0.03 – 0.06	20 – 39	5.0 - 10



COMPOSICIÓN DE DIFERENTES BAÑOS DE ELECTROPULIDO



METAL	ELECTROLITO	Densidad de Corriente Anódico (A/dm)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE TRATAMIENTO (min).
Plomo	Ácido perclórico 30-34%	0.1 – 0.2	20-39	5
Plomo Tungsteno Cobalto*	Hidróxido sódico 10% Ácido ortofosfórico (peso específico 1.35)	3.0-6.0	Ambiente	8.0-10
Tungsteno	Ortofosfato Mono sódico 160gr Agua 1L.	0.07	38-49	10
Oro ^{III}	Cianuro potásico 40g/l. Fercianuro potásico 10 g/l. Sosa (calcinada) 20 g/l. Hidróxido sódico 5 g/l			
Oro	Tiourea 25 g/l. Ácido sulfúrico 5.5 g/l. Ácido tartárico 10 g/l.	1-5-3.5	20-45	5



COMPOSICIÓN PARA EL ELECTROLITO DEL ACERO



PARA EL ELECTROLITO DEL ACERO.				
COMPOSICIÓN DEL ELECTROLITO (%)	Corriente Anódica	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE TRATAMIENTO (min).	MATERIAL
Ácido perclórico 20 Alcohol etílico 80	13-40	20-25	0.1-0.2	Acero inoxidable.
Ácido sulfúrico 50 Glicerina 40 Agua 10	100	82	A	Acero inoxidable Aceros
Ácido ortofosfórico 42 Glicerina 41 Agua 11	20-80	90-140	8.0-15	Aceros
Ácido cítrico 50-70 Ácido sulfúrico 15-20 Agua 25-30	100-20	45-125	5.0-10	Aceros
Sulfúrico 15-20 Ortofosfórico 63-70 Agua 13-22	5.0 – 50	43 -54	5.0-10	Aceros
Ácido perclórico 20-30 Anhídrido acético 80-70	15-30	20-25	5.0-15	Aceros inoxidable Aceros al carbono.



COMPOSICIONES DIVERSAS PARA EL ELECTROPULIDO



COMPOSICIÓN DEL ELECTROLITO (%)	Corriente Anódica (A/dm)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE TRATAMIENTO (min).	MATERIAL
Ácido sulfúrico 15-40 Ácido ortofosfórico 50-10 Glicerina 12-45 Agua 23-5	20-100	50-70	2.0-8	Acero inoxidable Aceros al carbono
Ácido ortofosfórico 70-80 Agua 20-30	15-45	35-100	5.0-10	Acero inoxidable Acero al carbono
Ácido ortofosfórico 40-45 Ácido sulfúrico 45-35 Ácido crómico 3 Agua 17	40-70	70-80	5.0-15	Acero al carbono Acero inoxidable
Ácido ortofosfórico 46 Ácido sulfúrico 40 Glucosa 4 Agua 10	10.0- 5.0	27-38	3.0-5	Acero al carbono.
Ácido ortofosfórico 86-88 Ácido crómico 10-12 Agua 0-2	5.0-10	50	30	Aceros al carbono
Ácido ortofosfórico 70 Ácido crómico 20 Agua 10	40-50	85-90	5.0-10	Aceros al carbono.



ÁCIDOS USADOS



ÁCIDO SULFÚRICO

<i>Sinónimos:</i>	Ácido Sulfúrico acuoso – Sulfuro de Hidrógeno acuoso – sulfato Dihidrógeno – Ácido Electrolítico – Ácido para baterías.
<i>Fórmula Química:</i>	H ₂ SO ₄
<i>Concentración:</i>	40%
<i>Peso molecular:</i>	99.08
<i>Grupo Químico:</i>	Ácido Inorgánico
<i>Número UN:</i>	2796 (Ácido Sulfúrico, con un máximo de un 51%)
<i>Clase UN:</i>	8

<i>Sinónimos:</i>	Acido orto fosfórico
<i>Fórmula Química:</i>	H ₃ PO ₄
<i>Concentración:</i>	60% - 75%
<i>Peso molecular:</i>	98
<i>Grupo Químico:</i>	Acido Inorgánico
<i>Clase UN:</i>	8

ÁCIDO FOSFÓRICO



PROTOTIPOS



MÁQUINA 1



MÁQUINA 2



PRUEBAS



FORMULA	T (° C)	T (min)	V	Observaciones
Acido sulfúrico en 15% Acido Fosfórico 63% Agua 22%	40 ° C	9 min	2 a 12 V	
Acido sulfúrico en 25% Acido Fosfórico 63% Agua 12%	70 ° C	9min	2 a 12 V	
Acido sulfúrico en 60% Acido Fosfórico 40%	50 ° C	9min	14 V	



PRUEBAS



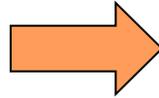
Acido sulfúrico en 50% Ácido Fosfórico 30% Acido crómico 20%	70 ° C	9 min	12 V	
Acido sulfúrico en 40% Ácido Fosfórico 60%	70 ° C	15 min	12 a 34 V	
Acido sulfúrico en 60% Ácido Fosfórico 40%	70 ° C	15 min	12 a 24 V	



PARÁMETROS



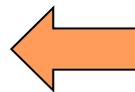
MEDICIÓN DE TEMPERATURA



Densidad de corriente	40 A/dm ²
Densidad del electrolito	1.60 gr/cm ²
Tiempo de exposición	10 minutos (depende del tamaño de la pieza)
Temperatura	Variable de 55 °C a 65 °C

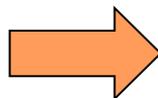
Temperatura	60 °C
Tiempo de exposición	10 minutos (depende del tamaño de la pieza)
Densidad del electrolito	1.60 gr/cm ²
Densidad de corriente	Variable: 10 -30 - 40 - 50 - 60 A/dm ²

MEDICIÓN DE DENSIDAD



Temperatura	60 °C
Densidad del electrolito	1.60 gr/cm ²
Densidad de corriente	40 - 20 - 60 A/dm ²
Tiempo de exposición	Variable: 7 - 20 minutos (depende del tamaño de la pieza)

TIEMPO DE EXPOSICIÓN





SISTEMA DE ELECTROPULIDO PARA MATERIALES FERROSOS





SISTEMA DE ELECTROPULIDO PARA MATERIALES FERROSOS



ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO

$$VPN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{C_i}}{(1 + D)^i} = \$3137.15$$

$$TMAR = 15,81\%$$

$$TIR = 26\%$$

$$PRI \rightarrow 4 \text{ meses.}$$

$$RBC = \frac{VPNB}{VPNC} = 3,37$$

TÉCNICA DE EVALUACIÓN	RANGO
VPN, \$	3,137.15 > 0
TIR, %	26 % > 15,81
PRI, Años	4 meses < 8 años
RBC	3,37 > 1



SISTEMA DE ELECTROPULIDO PARA MATERIALES FERROSOS



CONCLUSIONES

- La construcción de la cuba electrolítica es aislable o dieléctrica; se realizó con planchas de acero ASTM A-36, de medidas externas largo: 1.53m, ancho: 0.77m, altura: 0.78m. Es necesario un recubrimiento interno de lámina de PVC de 4.5mm de espesor para soportar los ácidos (sulfúrico y fosfórico), altas temperatura de 100 °C y evitar la contaminación y corrosión del ácido con la cuba.
- Para el cálculo del electrolito, se tomó en cuenta el tipo de material ferroso para lo cual se eligió ácidos sulfúricos 35 %, y ácidos fosfóricos 65%.
- La selección y determinación de los ácidos correspondió a una serie de pruebas efectuados durante el proceso y con diferentes recetas y formulaciones probadas llegando a elegir el ácido sulfúrico y fosfórico.
- Anteriormente se utilizaba un pulido mecánico con un alto costo de mano de obra, insumos y consumo de energía, el aro de llanta se demoraba un tiempo de producción de 24 horas promedio en pulir mecánicamente y con mano de obra de tres personas, y con ayuda de material base, rodillos, pulidoras.
- Con el electropulido se mejora el tiempo de producción de 2 horas así se disminuyó la inversión económica, material de aporte y mano de obra y se obtiene una pieza con un excelente acabado libre de rugosidad y con alto brillo
- Se ratifica la viabilidad de la inversión en la construcción de la máquina lavadora con un VPN de \$3137,15 y la TIR de 26%, asegurando un periodo de recuperación de 4 meses, siendo de gran satisfacción para los propietarios de la empresa.



SISTEMA DE ELECTROPULIDO PARA MATERIALES FERROSOS



RECOMENDACIONES

- Se debe tener mucho cuidado en la preparación de la pieza a electropulir en especial en el proceso antes del baño electrolítico para eliminar toda la grasa y polvo adherido.
- El manejo de sales y ánodos son venenosos por lo que se recomienda que siempre se manipule con el mayor cuidado y bajo normas de seguridad.
- Es importante trabajar con mascarillas, gafas (pulido), debido a los elementos tóxicos existentes en los diferentes baños.
- Verificar el buen contacto de las piezas debido a que es fundamental para el electropulido, un falso contacto eléctrico puede ocasionar la destrucción de la pieza.
- La implementación del sistema de extracción de gases, garantizará la salud de los trabajadores, y evitar la propagación de los mismos, en materiales que pueden ser fácilmente atacados.
- Realizar un adecuado mantenimiento a los equipos empleados en el proceso, de tal manera que pueda prolongarse la vida útil y no cause inconvenientes con los materiales procesados.



**“CUANDO LAS MISERIAS MORALES
AZOTAN A UN PAÍS CULPA ES DE
TODOS LOS QUE POR FALTA DE
CULTURA Y DE IDEAL NO HAN
SABIDO AMARLA COMO PATRIA: DE
TODOS LOS QUE VIVIMOS DE ELLA
SIN TRABAJAR PARA ELLA”**

José de Ingenieros



SISTEMA DE ELECTROPULIDO PARA MATERIALES FERROSOS



GRACIAS

