

## Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

### Carrera de Ingeniería Mecatrónica

#### Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecatrónico

“Diseño, construcción e implementación de una cámara de flotación automática en la nueva cabina de pintura para separar y remover sólidos de pintura automotriz en suspensión mediante el control de un mecanismo barredera en la empresa ciudad del auto CIAUTO Cía. Ltda. en la Provincia de Tungurahua .”

**Autores:** Roche Valle, Adrián Enrique y Sinchigalo Maliza Claudio Saúl

**Director:** Ing. Caizalitín Quinaluisa, Edwin Alejandro

**Latacunga, 2023**





# CONTENIDO

---

1. Descripción del proyecto

2. Diseño mecánico y eléctrico

3. Construcción, pruebas y resultados

4. Conclusiones y Recomendaciones



## *Descripción del Proyecto*

---

1. Levantamiento de información

2. Planteamiento del problema

3. Objetivos

4. Justificación

# Levantamiento de información



Tratamiento químico

Formación de sólidos



Recolección de sólidos



## Planteamiento del Problema



Los sólidos se precipitan



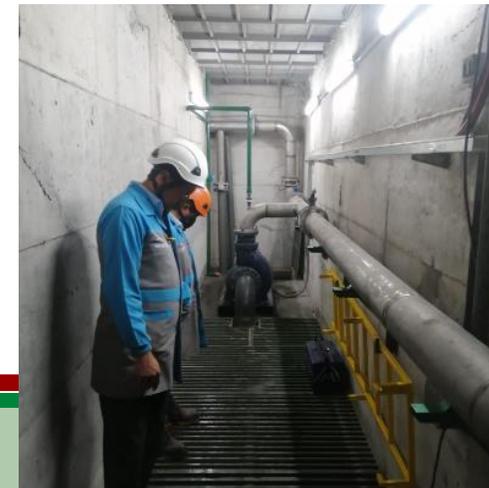
Traslado de los sólidos de pintura



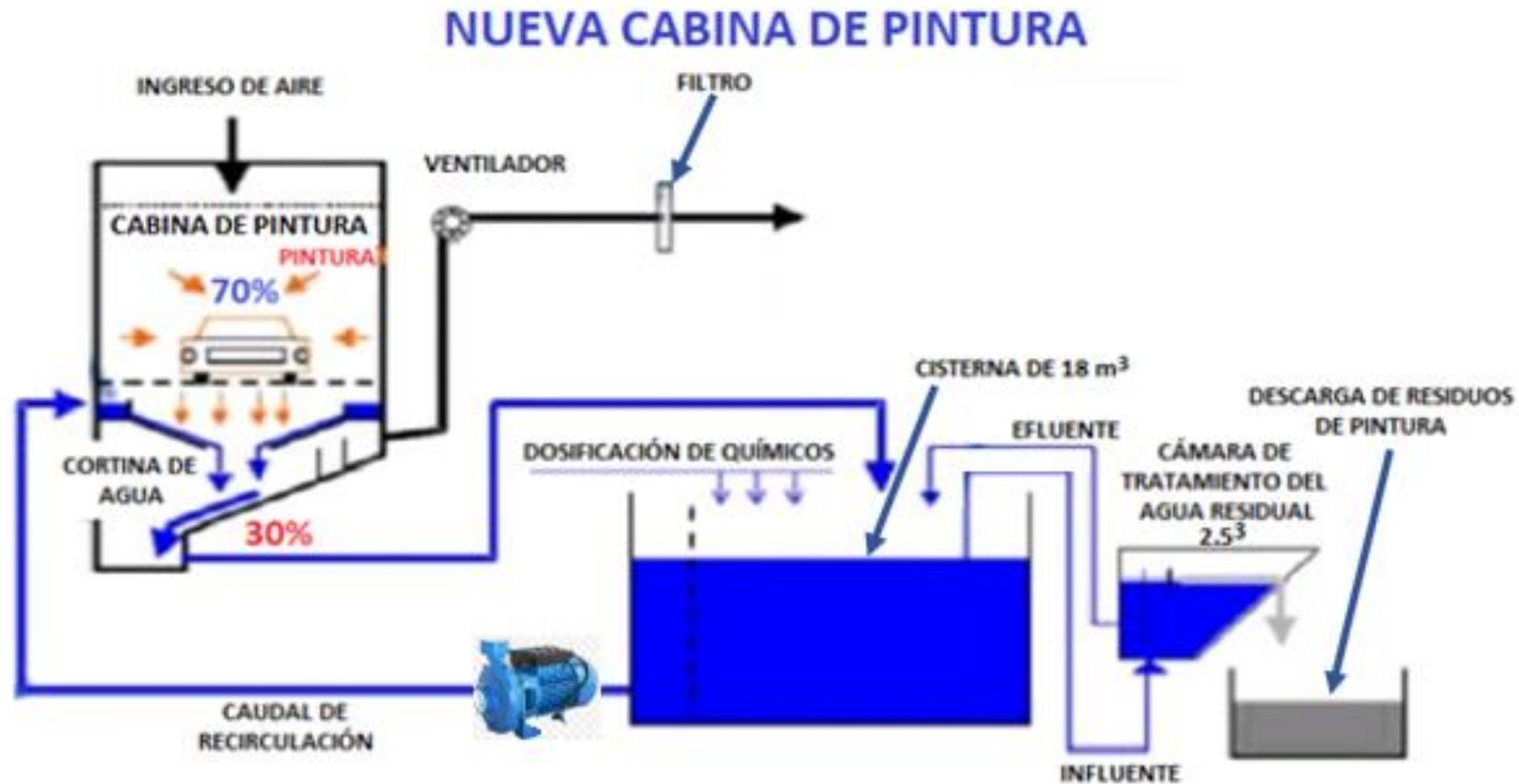
Taponamiento de la Bomba de recirculación



Espacio mínimo



## Planteamiento del Problema





## Objetivos

### Objetivo General

Diseño, construcción e implementación de una cámara de flotación automática en la nueva cabina de pintura para separar y remover sólidos de pintura automotriz en suspensión mediante el control de un mecanismo barredera en la empresa Ciudad del Auto CIAUTO Cía. Ltda. En la Provincia de Tungurahua.



## Objetivos Específicos

---

- Levantar información de la empresa CIAUTO Cía. Ltda. correspondiente al Proceso de Pintura.
- Diseñar la parte estructural, control eléctrico y seleccionar los componentes eléctricos, mecánicos de la cámara de flotación, sus dimensiones y disposición de los elementos para su protección.
- Construir la estructura mecánica e implementación del sistema de control mediante un PLC LOGO V8 para automatizar el proceso.
- Validar la hipótesis mediante la calibración de las variables con relación a la cámara de flotación.

## Justificación



La investigación recopilada e información levantada en la empresa CIAUTO Cía. Ltda. se presentó a la mesa directiva, y se consideró que es un proyecto importante y necesaria su implementación, que beneficiará al proceso de aplicación de pintura a las carrocerías de los vehículos considerando una inversión interesante para la empresa, retirar los sólidos de pintura de forma automática, disminuir costos económicos y cantidad de químicos importantes para el respectivo tratamiento. Lo más importante, la bomba de recirculación no succionará estos sólidos de pintura provocando taponamientos en el pie de válvula, incrustaciones en el impulsador de la bomba y reducción del área de los tubos que permiten la recirculación del agua y al mismo tiempo no afectará en el paro productivo lo que conllevaría a una cifra considerable de pérdidas económicas.



## *Diseño mecánico y eléctrico*

---

1. Necesidades del cliente

3. Evaluación y Selección de conceptos

4. Diseño CAD - CAE

5. Diseño eléctrico

## Necesidades del cliente



Núm.		Necesidad	Imp.
1	El sistema	Materiales resistentes a los químicos.	5
2	El sistema	Económico .	5
3	El sistema	Modelos ergonómicos .	3
4	El sistema	Fácil mantenimiento.	5
5	El sistema	Disposición correcta de cada componente.	3
6	El sistema	Dimensión reducida.	3
7	El sistema	Repuestos accesibles dentro del país.	5
8	El sistema	Fácil control por el operador.	3
9	El sistema	Conservar la seguridad y salud del personal.	5
10	El sistema	Control del nivel .	4
11	El sistema	Extracción automática de sólidos de pintura.	4
12	El sistema	Agua limpia para su retorno.	5
13	El sistema	Equipo de extracción de sólidos de pintura.	5
14	El sistema	Sistema de aireación .	3
15	El sistema	Reducción tiempo de recolección de residuos.	5
16	El sistema	Facilidad de aumentar y repotenciar el sistema .	3

# Necesidades del cliente



Núm.	Necesidades	Núm. Imp.	Requerimientos Técnicos												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Materiales resistentes a los químicos	5	=	•	•			•	•	•	•	•	•	•	
2	Económico	5	•	△		△	•					•	•	•	
3	Modelos ergonómicos	3	•	•			=			•	•	=	•	•	
4	Fácil mantenimiento	5	•	•	=	•	•			•	•	•	•	=	
5	Disposición correcta de cada componente	3	•	•		=	•						•	•	
6	Dimensión reducida	3	•	•			•			=		•	•	•	
7	Repuestos accesibles dentro del país	5	•	•						=	•	•	•	•	
8	Fácil control por el operador	3	•	•		•	•	•		=	•	•	△	=	
9	Conservar la seguridad y salud del personal	5	•	=		=	•	•		•	•	•	•	=	
10	Control del nivel	4					=	•			△	•			
11	Extracción automática de sólidos de pintura	4	•	=		•			△	•	=	=	•	•	
12	Agua limpia para su retorno	5	•	•	=	=		•		•	•	•		=	
13	Equipo de extracción de sólidos de pintura	5	•	•	•	•	•	=		=	•	•	•	•	
14	Sistema de aireación	3	•	•		•				•	•	=	•	=	
15	Reducción tiempo de recolección de residuos	5	•	•					△	=	=	•	•	•	
16	Facilidad de aumentar y repotenciar el sistema	3	•	=	△	=	•				•	•	•	•	
Ponderación Absoluta			528	446	123	233	408	222	333	433	465	432		3623	
Ponderación Relativa			15	12	3,4	6,4	11	6,1	9,2	12	12,8	12		100	
Importancia Relativa			1	3	10	8	6	9	7	4	2	5			

## Grado de Correlación (Cómo VS Cómo)

Fuertemente positiva ++

Positiva +

Negativa -

Fuertemente Negativa --

## Grado de Relación (Qué VS Cómo)

Fuerte ● - 9

Media ○ - 3

Débil △ - 1

## PRINCIPALES NECESIDADES DEL CLIENTE

- Estructura mecánica apropiada.
- Sistema Eléctrico y Mecánico fiable.
- Mantenimiento factible y rápido.

### SELECCIÓN DEL TIPO DE MATERIAL PARA LA TRANSMISIÓN POR CADENA

**Acero  
Inoxidable**

- Fácil Instalación.
- Vida útil extensa.
- Confiable.
- Fácil mantenimiento .

**NOTA:**

El material más adecuado es el acero inoxidable y le sigue el acero normal.  
Se descarto el de acero inoxidable por:

- Elevado costo.
- Tiempo de implementación.

**Selecciónó: ACERO NORMAL** (Tratamiento térmico, lubricación adecuada. )

### SELECCIÓN DEL TIPO DE MATERIAL PARA LA BARREDERA

**Tol**

- Fácil Instalación.
- Resistencia Química.
- Confiable.
- Fácil mantenimiento .

**NOTA:**

El material más adecuado es el tol .  
Se descarto este material por:

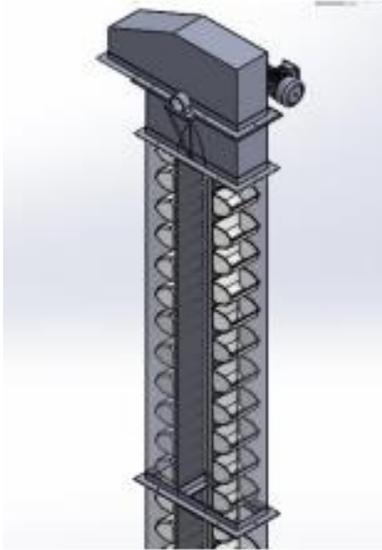
- Rigidez.

**Selecciónó: TEFLÓN** (Rigidez normal, Resistencia Química, costo y tiempo de implementación adecuados. )

### SELECCIÓN DEL CONTROLADOR PARA CÁMARA DE FLOTACIÓN

<b>Arduino</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Configurable.</li><li>• Económico.</li><li>• Conectividad .</li></ul>
<b>NOTA:</b>	<p>El material más adecuado es el arduino y le sigue PLC LOGO V8.</p> <p>Se descarto el arduino por:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Variaciones de Corriente .</li><li>• Apagado de la placa(tiempos esporádicos).</li><li>• No es Confiable.</li></ul> <p><b>Seleccionó: PLC LOGO V8</b> (Robusto, confiable, sistema referente área industrial . )</p>

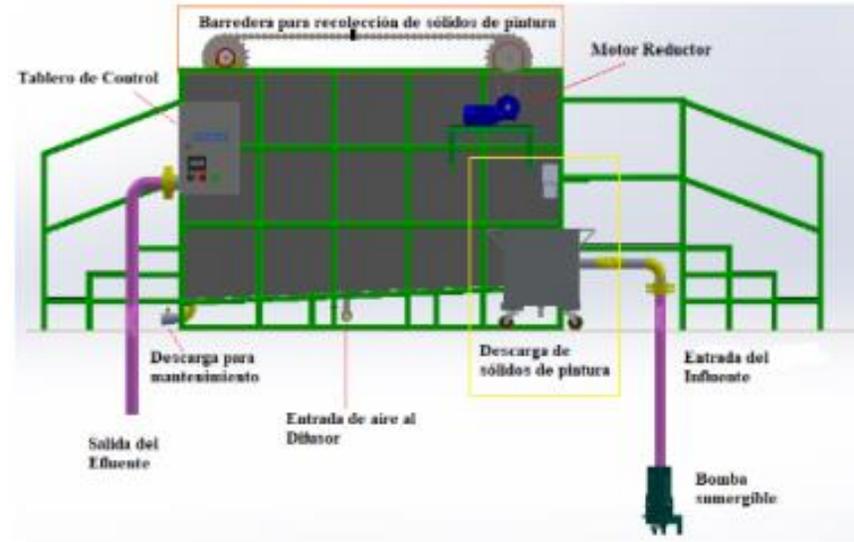
**PROTOTIPOS**



**1. Cangilón**

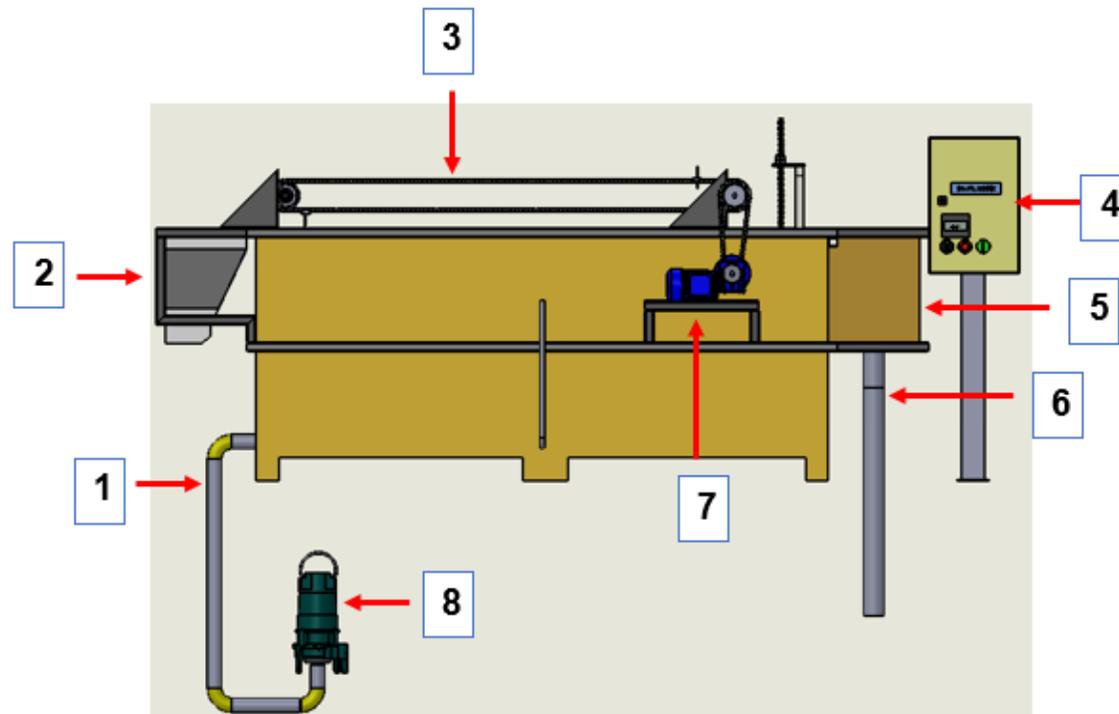


**2. Palín**



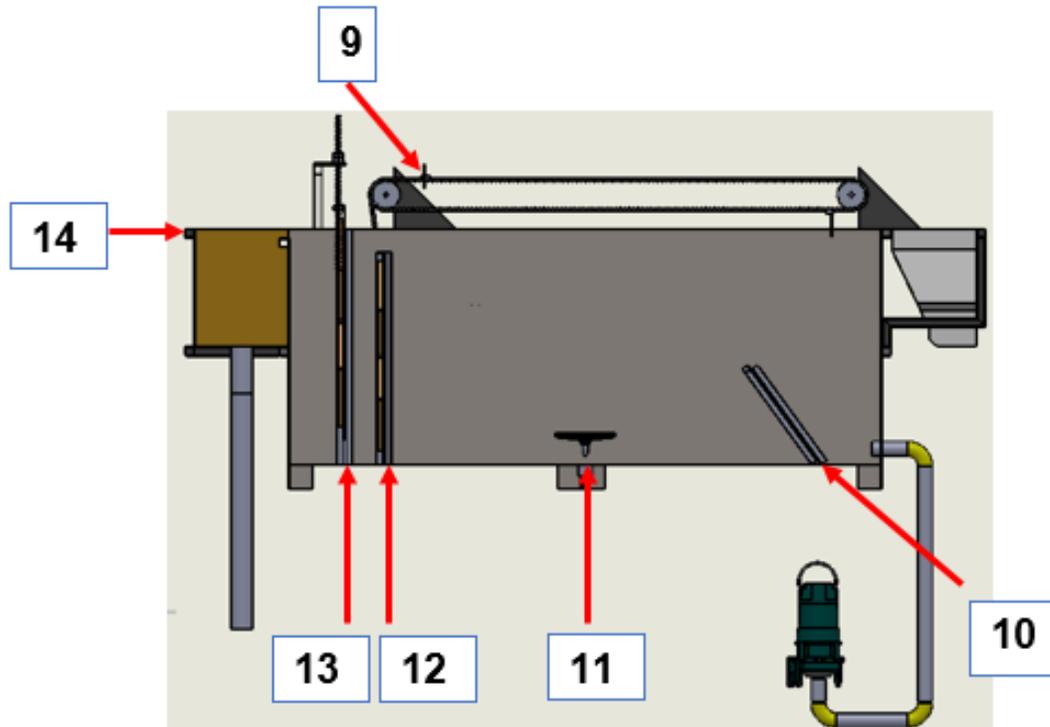
**3. Cámara de Flotación**

**MODELO FINAL CÁMARA DE FLOTACIÓN**



N°	Componente	Descripción
1	Tubería ingreso de caudal	Ingresa el agua a tratar desde la fosa a la cámara.
2	Descarga de sólidos	Área donde se deposita los sólidos de pintura.
3	Sistema de transmisión	Sistema que permite desplazar las barrederas
4	Tablero de control	Permite poner en marcha el sistema
5	Retorno del agua tratada	El agua caerá en forma de cascada al recipiente que permite la salida del agua por gravedad
6	Tubería de retorno	Salida del agua tratada con dirección a la fosa
7	Motor reductor	Permite el desplazamiento del sistema barredera.
8	Bomba sumergible	Succiona el agua de la fosa con partículas de pintura a la cámara de flotación.

**MODELO FINAL CÁMARA DE FLOTACIÓN**



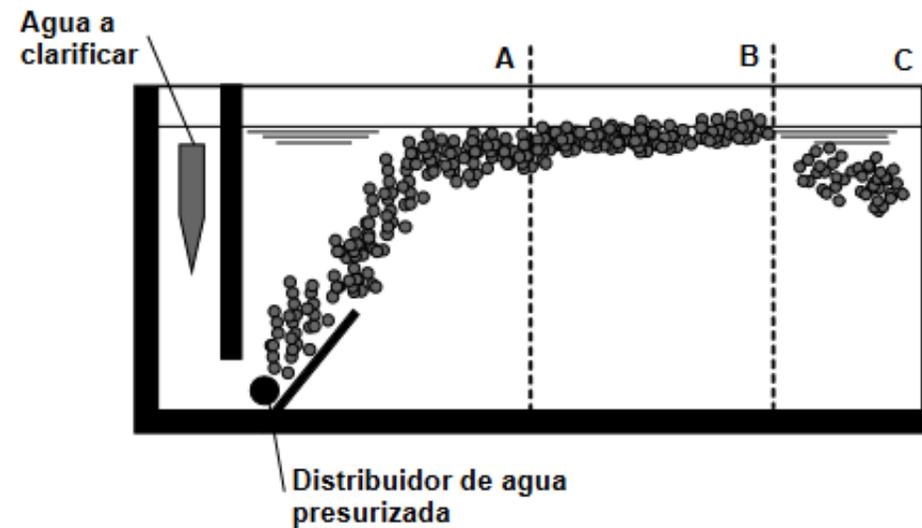
N°	Componente	Descripción
9	Barrederas	Arrastra los sólidos de pintura a la zona de descarga.
10	Pantalla deflectora de elevación de sólidos.	Pantalla de 50 cm con un ángulo de 60° con respecto a la horizontal que ayuda a impulsar las partículas de pintura a la superficie.
11	Difusores	Inyección de aire a presión atmosférica que causa turbulencia incorporando el coagulante y el floculante con las partículas de pintura.
12	Pantalla deflectora de retención de sólidos	Separa y retiene el paso de sólidos a la salida del caudal tratado.
13	Compuerta regulable	Permite el paso del caudal por la parte inferior de la compuerta el mismo que será regulable en caso de necesitar mayor abertura en la parte inferior.
14	Sensor de nivel	En caso de existir taponamiento en las tuberías de salida el sensor desactivará la bomba sumergible.

## Diseño mecánico – dimensionamiento cámara de flotación



**AVISO  
IMPORTANTE**

### *Dimensiones cámara de flotación*





## Diseño mecánico – dimensionamiento cámara de flotación

### *\*Recopilando datos:*

➤ El tiempo de retención para formarse los sólidos de pintura es:

$$THR = 30 \text{ minutos}$$

➤ La bomba sumergible de recirculación debe tener una capacidad de :  $Q = 5 \frac{m^3}{h}$ .

$$V = TRH * Q$$

$$V = 2.5m^3$$

*La capacidad de la cámara de flotación para su tratamiento químico es:  $V = 2.5m^3$*



## Diseño mecánico – dimensionamiento cámara de flotación

➤ *Se planteo una geometría rectangular para la cámara de flotación donde se obtiene el área superficial :*

▪ **Altura  $L = 2.5 \text{ m}$**

▪ **Ancho  $b = 1 \text{ m}$**

$$S = L * b = 2.5m^2$$

Con los resultados obtenidos de volumen  $V = 2.5 \text{ m}^3$  y superficie  $S = 2.5 \text{ m}^2$ , se reemplaza en la ecuación.

$$h = \frac{V}{S} = 1 \text{ m}$$



## Diseño mecánico – dimensionamiento cámara de flotación

- ***Se planteo una geometría rectangular para la cámara de flotación donde se obtiene el área superficial :***

Dimensiones	Volumen ( $m^3$ )	Área superficial ( $m^2$ )	Ancho ( $m$ )	Largo ( $m$ )	Altura ( $m$ )
Valores	2.5	2.5	1	2.5	1

# Análisis estructural de la cámara de flotación



$$P = \delta * g * h$$

$$P = 997 \frac{kg}{m^3} * 9.8 \frac{m}{s^2} * 0.9m$$

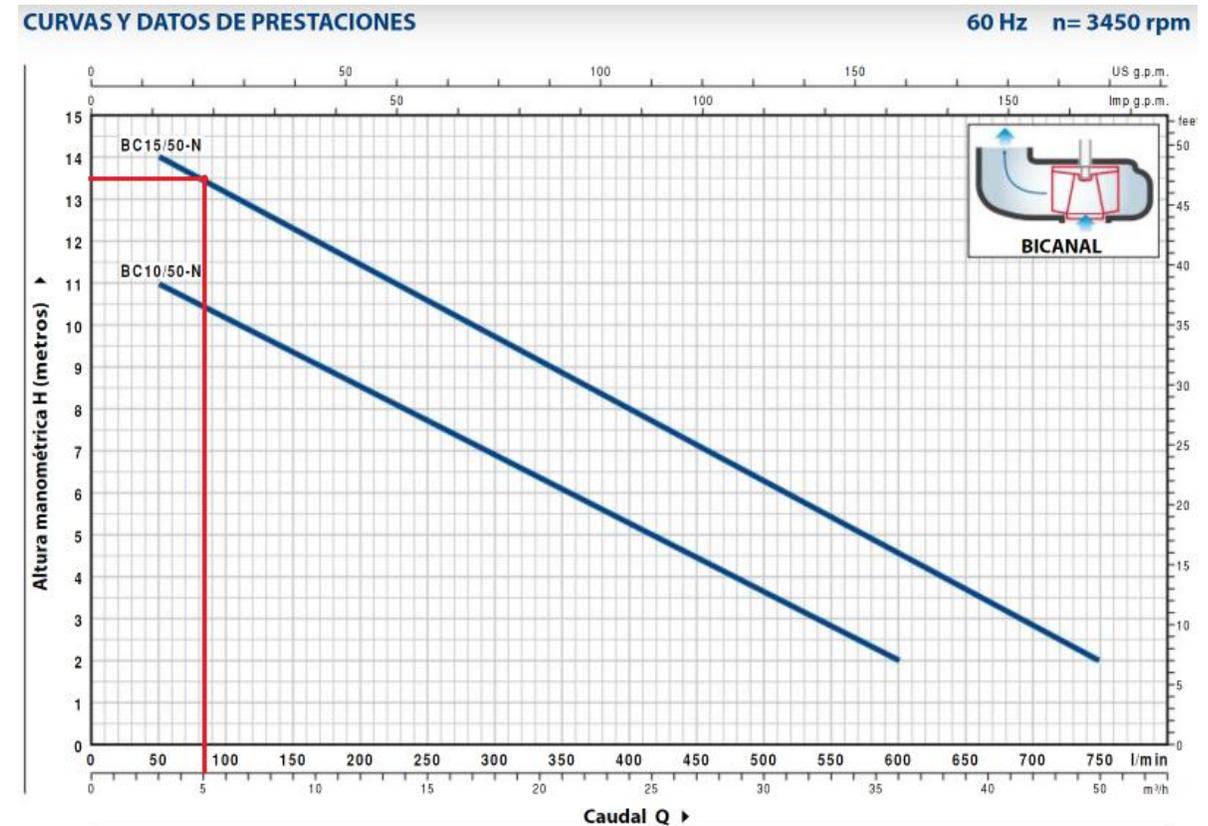
$$P = 8793.54 \frac{N}{m^2}$$

Descripción	Gráfico	Resultado
Tensión de Von Mises		Esfuerzo Máximo 249.8 MPa
Desplazamiento		Desplazamiento Máximo 15.615 mm
Factor de seguridad		$N = 1$

## Selección de la bomba sumergible

### Electrobomba sumergible en acero inox BC-ST

- Caudal hasta  $750 \frac{l}{min}$  ( $45 \frac{m^3}{h}$ ).
- Altura manométrica hasta 16 m.
- Pasaje de cueros sólidos en suspensión hasta  $\varnothing 50 mm$ .



### Análisis técnico

- El equipo debe traccionar una masa de 126.195 Kg
- El radio del piñón conductor es de 7cm
- Velocidad máxima de 0.3 m/s
- En un tiempo de 0.2 segundos
- Fuerza necesaria 85.95 N



$$T_m = T_r + T_i$$

$$T_m = 6.02 N * m + 0.9 N * m$$

$$T_m = 6.92 N * m$$

$$P = T_m * \omega$$

$$P = 6.92 N * m * 15 \frac{rad}{min} * \frac{1 min}{60 sg}$$

$$P = 1.73 Watt * \frac{1 hp}{746 Watt} = 1.05 hp$$

$$P = 0.0023 hp$$

La fuerza necesaria para mover el sistema de transmisión es de 0.0023 hp para el desplazamiento del sistema barredera, pero para garantizar su funcionamiento se sobredimensiona a 0.4 hp, y es un motor accesible en el mercado.

## Sistema de transmisión por cadena



### Características técnicas del motor

Datos	Voltaje trifásico (V)	Amperaje (A)	Velocidad (rpm)	hp	Protección
Valores	220	6.08	1730	2	IP55



### Características técnicas del reductor

Datos	Velocidad de entrada (rpm)	Velocidad de salida (rpm)	Arreglo de engranaje	Esfuerzo de torsión de salida
Valores	1800	14-280 rpm	gusano	2.6-1195 N*m



60 vueltas  $\longrightarrow$  1 rpm  
 1730 vueltas  $\longrightarrow$   $\omega$

$$\omega_1 = 28.83 \text{ rpm}$$

# Sistema de transmisión por cadena



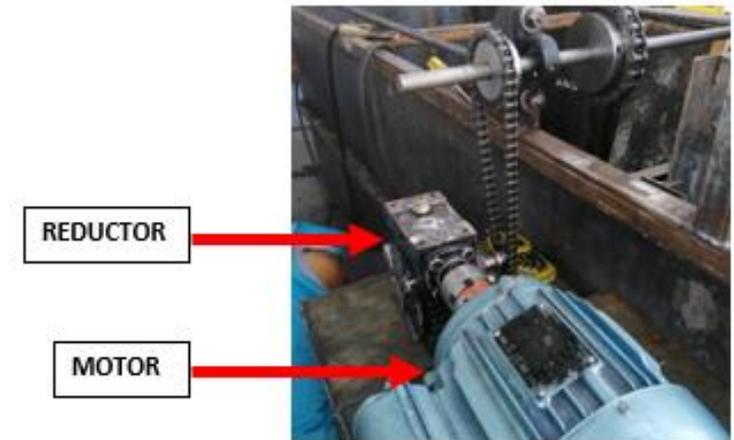
## Selección del paso de cadena

Factores para calcular el margen compensatorio de seguridad			
Clase de la fuente de potencia			
Tipo de carga	Motor de combustión interna con convertidor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con embrague o caja mecánica
Uniforme	1.0	1.0	1.2
Fluctuante	1.2	1.3	1.4
Muy fluctuante	1.4	1.5	1.7

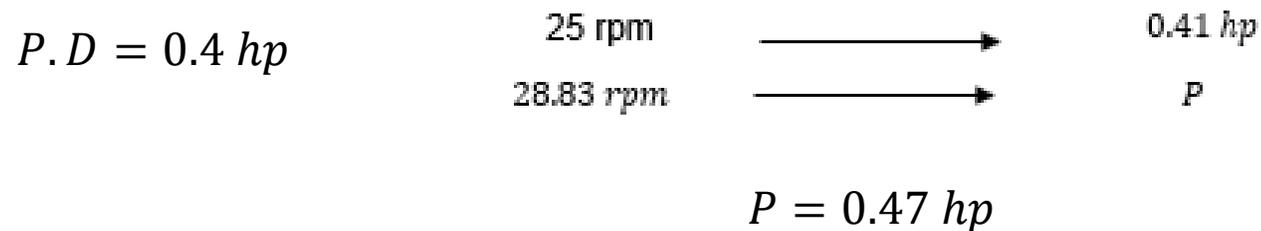
NO. 60 PASO 3/4"								
No. de dientes piñón conductor	10	25	50	100	150	200	300	400
9	0.15	0.33	0.62	0.16	1.67	2.16	3.12	4.04
10	0.16	0.37	0.70	1.30	1.87	2.43	3.49	4.53
11	0.18	0.41	0.77	1.44	2.07	2.60	3.87	5.02
12	0.20	0.45	0.85	1.58	2.28	2.95	4.25	5.51
13	0.22	0.50	0.92	1.73	2.49	3.22	4.64	6.01
14	0.24	0.54	1.00	1.87	2.69	3.49	5.02	6.51
15	0.25	0.58	1.08	2.01	2.90	3.76	5.41	7.01
16	0.27	0.62	1.18	2.18	3.11	4.03	5.80	7.52
17	0.29	0.66	1.24	2.31	3.32	4.30	6.20	8.03

$$N_2 = \frac{\omega_1}{\omega_2} * N_1$$

$$N_2 = 21.12$$



Tomado de (INTERMEC, n.d.)



## Forma correcta del ajuste de cadena

En su estudio Patiño Duque et al. (2017) concluye que para un montaje horizontal

con un ángulo  $\alpha = 0^\circ$  se utiliza la siguiente ecuación:

$$Y = 0.02 * A \rightarrow \text{para } \alpha < 45^\circ$$

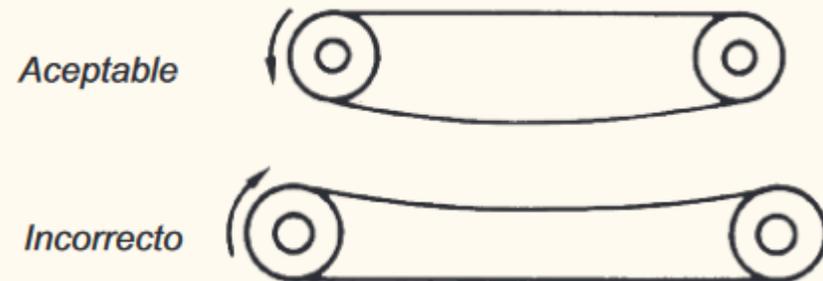
$$Y = 0.02 * 200 \text{ cm}$$

$$Y = 4 \text{ cm}$$

$$A_{\text{corregido}} = A - 0.5 * Y$$

$$A_{\text{corregido}} = 200 \text{ cm} - 0.5 * 4 \text{ cm}$$

$$A_{\text{corregido}} = 198 \text{ cm}$$



# Diseño de los componentes eléctricos del motor

### Datos de placa

$P_m = 1.5 \text{ kW}$   
 $\mu = 82 \% \text{ de eficiencia de motor}$   
 $I_n = 6.08 \text{ A}$

$I_s = 6.08 \text{ A} * 1.15$   
 $I_s = 6.99 \text{ A}$



$$P_e = \frac{P_m}{\mu}$$

$$P_e = \frac{1.5 \text{ kW}}{0.82}$$

$$P_e = 1.83 \text{ kW} * \frac{1 \text{ hp}}{745.7 \text{ W}} = 2.45 \text{ hp}$$



### Guardamotor (5.5 a 8.0) A



Contadores AC-3 para motores tipo jaula de ardilla. Arranque y apagado.

	Tipo	Bobina	Tamaño	Intensidad (A)		Potencia del Motor (HP)		Contactos Auxiliares Inteligentes	
				AC1	AC3	220 VAC	440 VAC		
100176180	3RT2015-1AF01	120 VAC	500	18	7	2.0	4.0	1NA	28,49
100176182	3RT2015-1AP01	220 VAC		18	7	2.0	4.0	1NA	28,49
100176184	3RT2016-1AF01	120 VAC		22	9	3.0	6.0	1NA	31,10
100176186	3RT2016-1AP01	220 VAC		22	9	3.0	6.0	1NA	31,10
100216970	3RT2017-1AF01	120 VAC		22	12	4.0	9.0	1NA	34,28
100283910	3RT2017-1AP01	220 VAC		22	12	4.0	9.0	1NA	34,28
100216919	3RT2018-1AF01	120 VAC		22	16	6.0	12.0	1NA	43,44
100354328	3RT2018-1AP01	220 VAC		22	16	6.0	12.0	1NA	43,44

## Diseño de los componentes eléctricos del motor

### Diseño eléctrico del motor

#### CABLES DE FUERZA - CONTROL 600V - 105°C

Conductor



CONDUCTOR												
CALIBRE	SECCION APROX.	CONSTRUCCION		DIAMETRO	PESO Cu TOTAL APROX.	ESPESOR DEL NUCLEO	DIAMETRO DEL NUCLEO	ESPESOR DE CHAQUETA	DIAMETRO EXTERIOR APROX.	PESO TOTAL APROX.	CAPACIDAD CONDUC.	
		CLASE J										
		f	DIAMETRO									
AWG o MCM	mm <sup>2</sup>	ISO	mm	mm	Kg/Km	mm	mm	mm	mm	Kg/Km	Amp	
<b>TRIPOLARES</b>												
3 x 18	0.82	10	0.32	1.22	22.93	0.76	5.90	1.14	8.18	89.91	9	
3 x 16	1.31	16	0.32	1.52	37.27	0.76	6.55	1.14	8.83	113.01	12	
3 x 14	2.08	26	0.32	1.98	58.77	1.14	9.18	1.14	11.46	186.3	14	
3 x 12	3.31	41	0.32	2.57	93.19	1.14	10.45	1.14	12.73	243.65	18	
3 x 10	5.26	65	0.32	3.20	149.09	1.14	11.81	1.52	15.85	382.04	24	

Breaker



5SL3 3 Polos

No. de Depósito	Descripción				Precio Unitario (\$)	
	Tipo	Corriente Térmica In (A)	Capacidad de ruptura simétrica (kA)			Empaque (Unidades)
			440 V AC	120/240 V AC		
	»Para aplicaciones en AC y DC (60 VDC por polo, hasta 180 VDC)					
	»Curva Característica Tipo C					
	»Acorde a IEC 60898-1					
	<b>1 Polo</b>					
	<b>3 Polos</b>					
100400223	5SL4305-7RC	0.5	10	20	4	39,02
100395952	5SL4302-7RC	2	10	20	4	39,02
100395953	5SL4304-7RC	4	10	10	4	30,55
100395954	5SL4306-7RC	6	10	20	4	26,81
100395955	5SL4310-7RC	10	10	10	4	26,81
100395956	5SL4316-7RC	16	10	20	4	26,81
100395957	5SL4320-7RC	20	10	10	4	26,81
100395958	5SL4325-7RC	25	10	20	4	26,81

# Diseño de los componentes eléctricos de la bomba

## Datos

Monofásica 220V

$$I_n = 8 A$$

$$P = 1.5 hp$$



3RU2116-1FB0



3RT2046-1AN20

## Relé

Tipo		Tamaño	Regulación (A)	Para contactores serie SIRIUS	
<b>Relés de sobrecarga Bimetálicos SIRIUS Innovations</b>					
100176277	3RU2116-0JBO	500	0.7 - 1.0	3RT201	52,35
100176279	3RU2116-1ABO		1.1 - 1.6	3RT201	52,35
100176281	3RU2116-1BBO		1.4 - 2.0	3RT201	52,35
100176283	3RU2116-1CBO		1.8 - 2.5	3RT201	52,35
100176285	3RU2116-1DBO		2.2 - 3.2	3RT201	52,35
100176287	3RU2116-1EBO		2.8 - 4.0	3RT201	52,35
100176289	3RU2116-1FBO		3.5 - 5.0	3RT201	52,35
100176291	3RU2116-1GBO		4.5 - 6.3	3RT201	52,35
100176293	3RU2116-1HBO		5.5 - 8.0	3RT201	52,35
100176295	3RU2116-1JBO		7.0 - 10.0	3RT201	52,35
100176297	3RU2126-1CBO		1.8 - 2.5	3RT202	57,89

## Contactor

Tipo	Bobina	Tamaño	Intensidad (A)		Potencia del Motor (HP)		Contactos Auxiliares Inteligentes		
			AC1	AC3	220 VAC	440 VAC			
100176180	3RT2015-1AF01	120 VAC	500	18	7	2.0	4.0	1NA	28,49
100176182	3RT2015-1AP01	220 VAC		18	7	2.0	4.0	1NA	28,49
100176184	3RT2016-1AF01	120 VAC		22	9	3.0	6.0	1NA	31,10
100176186	3RT2016-1AP01	220 VAC		22	9	3.0	6.0	1NA	31,10
100216970	3RT2017-1AF01	120 VAC		22	12	4.0	9.0	1NA	34,28
100283910	3RT2017-1AP01	220 VAC		22	12	4.0	9.0	1NA	34,28

## Diseño de los componentes eléctricos de la bomba

**Conductor**



### CABLES DE FUERZA - CONTROL 600V -105°C

CONDUCTOR				DIAMETRO	PESO Cu TOTAL APROX.	ESPESOR DEL NUCLEO	DIAMETRO DEL NUCLEO	ESPESOR DE CHAQUETA	DIAMETRO EXTERIOR APROX.	PESO TOTAL APROX.	CAPACIDAD CONDUCC.
CALIBRE	SECCION APROX.	CONSTRUCCION									
		CLASE J	DIAMETRO								
AWG o MCM	mm <sup>2</sup>	HILDS	mm	mm	Kg/Km	mm	mm	mm	mm	Kg/Km	Amp
<b>TRIPOLARES</b>											
2 x 18	0.82	10	0.32	1.22	15.29	0.76	5.48	1.14	7.76	90.09	10
2 x 16	1.31	16	0.32	1.52	24.84	0.76	6.08	1.14	8.36	98.77	13
2 x 14	2.08	26	0.32	1.98	39.18	1.14	8.52	1.14	10.80	163.63	16
2 x 12	3.31	41	0.32	2.57	62.13	1.14	9.70	1.14	11.98	211.13	20
2 x 10	5.26	65	0.32	3.20	99.40	1.14	10.96	1.52	15.00	330.15	27

**Breaker**



**Contactor**

Tipo	Bobina	Tamaño	Intensidad (A)		Potencia del Motor (HP)		Contactos Auxiliares Inteligentes	
			AC1	AC3	220 VAC	440 VAC		
100176180	3RT2015-1AF01	120 VAC	18	7	2.0	4.0	1NA	28,49
100176182	3RT2015-1AP01	220 VAC	18	7	2.0	4.0	1NA	28,49
100176184	3RT2016-1AF01	120 VAC	22	9	3.0	6.0	1NA	31,10
100176186	3RT2016-1AP01	220 VAC	22	9	3.0	6.0	1NA	31,10
100216970	3RT2017-1AF01	120 VAC	22	12	4.0	9.0	1NA	34,28
100283910	3RT2017-1AP01	220 VAC	22	12	4.0	9.0	1NA	34,28

## Diseño del conductor y breaker principal

Como especifica el Código Eléctrico Nacional en su norma la capacidad del conductor contra sobrecorriente debe ser la suma de la intensidad de la carga no continua más la intensidad de la carga continúa multiplicada por el 125%.

$$I_T = 6.99 + 8 * 1.25$$

$$I_T = 16.99 A$$

### Conductor principal

#### CABLES DE FUERZA - CONTROL 600V - 105°C

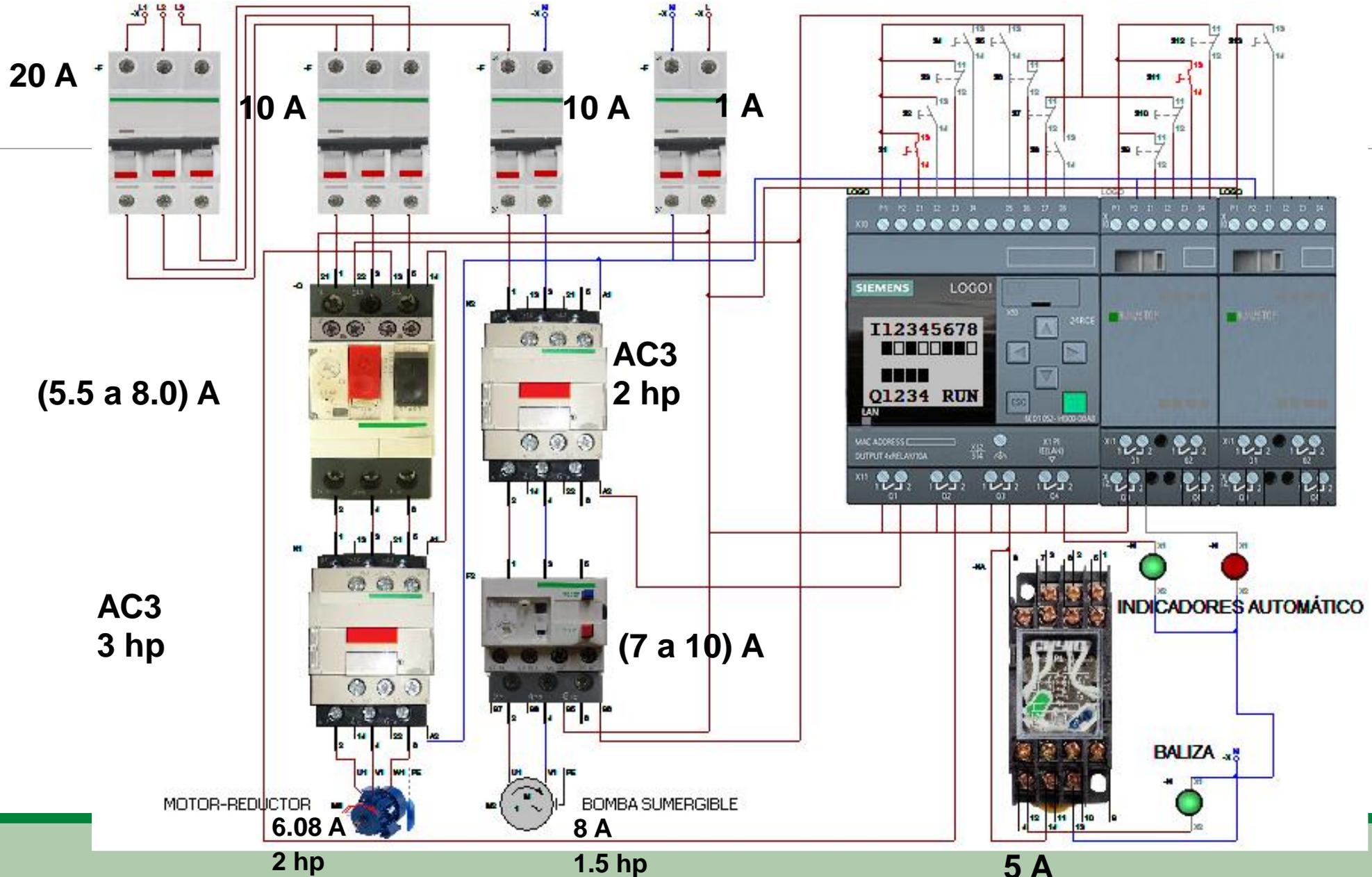
C O N D U C T O R											
CALIBRE	SECCION APROX.	CONSTRUCCION		DIAMETRO	PESO Cu TOTAL APROX.	ESPESOR DEL NUCLEO	DIAMETRO DEL NUCLEO	ESPESOR DE CHAQUETA	DIAMETRO EXTERIOR APROX.	PESO TOTAL APROX.	CAPACIDAD CONDUCC.
		CLASE J									
		#	DIAMETRO								
AWG o MCM	mm <sup>2</sup>	160µm	mm	mm	Kg/100m	mm	mm	mm	mm	Kg/Kms	Amp
<b>TRIPOLARES</b>											
3 x 18	0.82	10	0.32	1.22	22.93	0.76	5.90	1.14	8.18	89.91	9
3 x 16	1.31	16	0.32	1.52	37.27	0.76	6.55	1.14	8.83	113.01	12
3 x 14	2.08	26	0.32	1.98	58.77	1.14	9.18	1.14	11.46	186.3	14
3 x 12	3.31	41	0.32	2.57	93.19	1.14	10.45	1.14	12.73	243.65	18
3 x 10	5.26	65	0.32	3.20	149.09	1.14	11.81	1.52	15.85	382.04	24

### Breaker principal

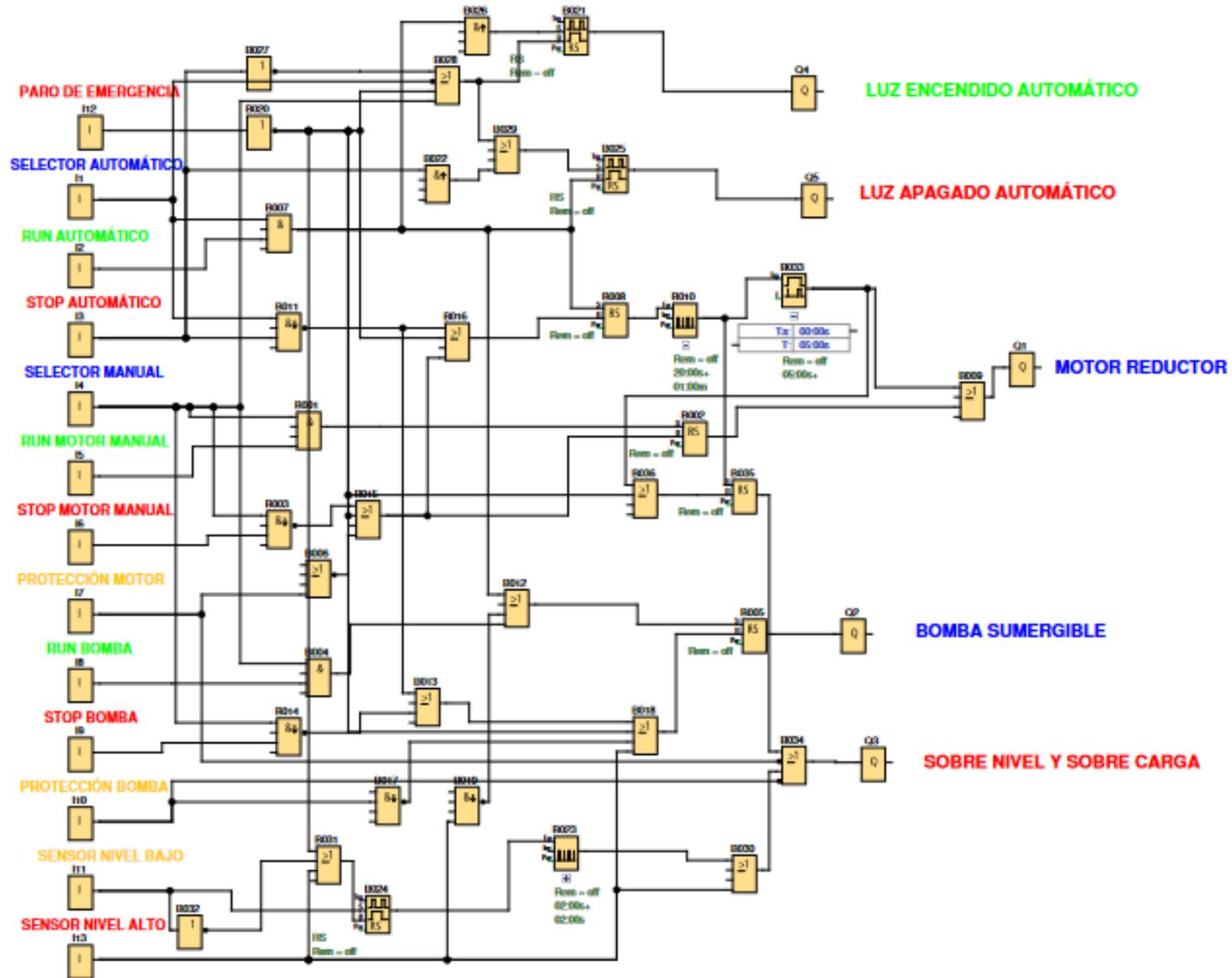
No. de Depósito	Descripción				Precio Unitario (\$)
	Tipo	Corriente Térmica In (A)	Capacidad de ruptura simétrica (kA) 440 V AC	Empaque (Unidades)	
	»Para aplicaciones en AC y DC (60 VDC por polo, hasta 180 VDC)				
	»Curva Característica Tipo C				
	»Acorde a IEC 60898-1				
	<b>3 Polos</b>				
100382452	5SL3302-7MB	2	6	4	48,11
100382453	5SL3304-7MB	4	6	4	45,76
100382454	5SL3306-7MB	6	6	4	32,11
100382455	5SL3310-7MB	10	6	4	27,15
100382456	5SL3316-7MB	16	6	4	27,15
100382457	5SL3320-7MB	20	6	4	27,15
100382458	5SL3325-7MB	25	6	4	27,15
100382459	5SL3332-7MB	32	6	4	27,15
100382460	5SL3340-7MB	40	6	4	30,13
100382461	5SL3350-7MB	50	6	4	38,56

# Diagrama eléctrico de potencia y control

220 V trifásico



# Diagrama de funciones FUP en el Software LOGO V8.3



# Construcción, pruebas y resultados

## Construcción Cámara de Flotación



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



## Construcción, pruebas y resultados



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

### Construcción Cámara de Flotación



### Construcción del Tablero de Control



## Construcción, pruebas y resultados



### Implementación Cámara de Flotación



### Implementación de Tablero de Control



### Implementación Señalética de Seguridad



## Construcción, pruebas y resultados

Cantidad adecuada de coagulante y floculante para su correcta dosificación y parámetros que debe cumplir el agua, con el fin de garantizar la separación y eliminación de sólidos de pintura.

Dosificación	Cantidad (gr)	Cantidad de agua para diluir (L)
Coagulante	150	4
Floculante	150	100



pH	Alcalinidad	Conductividad	Turbidez
8.5 – 9.5	> 300 ppm	< 5000 <sup>o</sup> $\frac{\mu s}{cm}$	FAU
8.84	378.57	1502.57	50.43



## Ingreso de aire a los difusores

Apertura de válvula (%)	Apariencia de flóculos	Permanecia de partículas de pintura en la cámara
100	No	No
50	No	No
40	No	No
30	Regular	Regular
20	Medio	Medio
10	Si	Si



## Pruebas realizadas con el caudal

Dia de Prueba N.º	Tiempo operativo (h)	Caudal ( $\frac{m^3}{h}$ )	Sólidos recogidos por la cámara (kg)	Sólidos recogidos en la fosa (kg)	Total (kg)
1	8	2.4	7.68	17.92	25.6
2	8	4.5	8.32	12.48	20.8
3	8	13	13.02	5.58	18.6
4	8	15	16.97	5.33	22.3
5	8	15	18.92	6.18	25.1
6	8	15	18.3	5.9	24.2
7	8	15	19.68	7.02	26.7

### Validación de hipótesis

Con un valor promedio de 24.56 *kg* de sólidos de pintura que normalmente recogen en un día en sus 8 horas de jornada laborable, 18.47 *kg*, es decir, el 75.20% se genera en la cámara de flotación para posteriormente retirar por medio del mecanismo barredera de forma automática

Caudal ( $\frac{m^3}{h}$ )	Sólidos recogidos por la cámara ( <i>kg</i> )	Sólidos recogidos en la fosa ( <i>kg</i> )	Total ( <i>kg</i> )
15	16.97	5.33	22.3
15	18.92	6.18	25.1
15	18.3	5.9	24.2
15	19.68	7.02	26.7
<b>Promedio</b>	<b>18.47</b>	<b>6.10</b>	<b>24.56</b>

## Validación de hipótesis

### ***Aspectos comparativos de la efectividad del sistema***

El nivel del agua de la fosa de la cabina de pintura nueva no es constante, causando que la bomba sumergible no succione la mayor cantidad de partículas de pintura y afectando directamente a la máquina para que no trabaje al 100%.

Con el sistema			Sin el sistema		
Tiempo (min)	Personal técnico	cantidad (kg)	Tiempo (min)	Personal técnico	Cantidad (kg)
5 min	ninguno	18.47	30 min	1	24.56

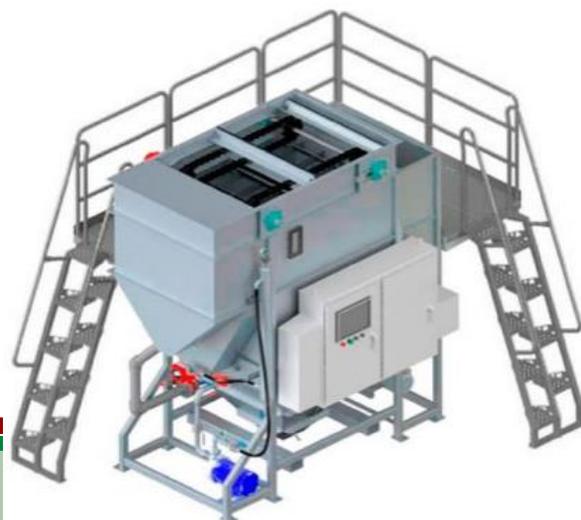
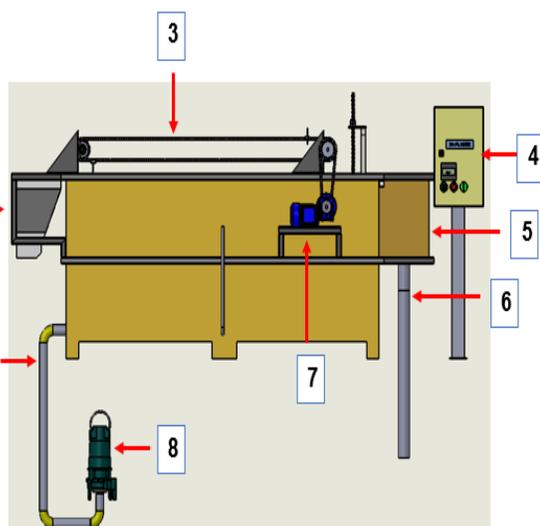
## Análisis y Comparación de Costos

### Presupuesto Total para la Cámara de Flotación

Detalle	Descripción	Costo \$
Costos Directos	Material	4.070,40
Costos Indirectos	Mano de obra	18.515,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 22.585,40</b>

### Comparación entre Cámaras de recolección de residuos sólidos

Características técnicas	Cámara de Flotación para la recolección de residuos sólidos de pintura CIAUTO	Sistema de Flotación por aire disuelto SYNERTECH Modelo DAF 2.7 LPS
Dosificador coagulante	SI	SI
Dosificador Floculante	SI	SI
Líneas de tubería de Aire	SI	SI
Tolva de fangos sedimentados	NO	SI
Tolva de fangos flotados	SI	SI
Bomba de Microburbujas	NO	SI
Sistema de Cadena de Arrastre	SI	SI
Sistema de Decantación	NO	SI
Compuerta separadora de residuos	SI	NO
Compuerta de caudal regulable	SI	NO
Cuadro Eléctrico	SI	SI
Dimensiones	1000 * 2500 * h1000 (mm)	1500 * 1800 * h2000 (mm)
Consumo eléctrico medio	3355.65 W	7457 W
País de Procedencia	ECUADOR	COLOMBIA
<b>Costo</b>	<b>\$22 585,40</b>	<b>\$83 000,00</b>



### Conclusiones

---

- Se diseñó, construyó y se implementó de una cámara de flotación automática en la nueva cabina de pintura para separar y remover sólidos de pintura automotriz en suspensión mediante el control de un mecanismo barredera en la empresa Ciudad del Auto CIAUTO Cía. Ltda. En la Provincia de Tungurahua.
- Mediante el análisis estructural desarrollado por software CAD/CAE, se analizó que el límite elástico del acero negro ASTM A36 250MPa es mayor que el valor máximo de Von Mises de la estructura arrojado por el software 249.8 MPa con lo cual se puede concluir, que las paredes de la cámara de flotación no sufrirán fallo elástico.
- Con las siguientes variables: 10% de abertura de la válvula para el ingreso de aire, capacidad para el tratamiento químico de  $2.5 m^3$  y un caudal de recirculación de  $15 \frac{m^3}{h}$ , se logró obtener la mayor cantidad de sólidos de pintura en la cámara de flotación.

### Conclusiones

---

- De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que de un valor promedio de 24.56 *kg* formados en un día en sus 8 horas de jornada laborable, 18.47 *kg*, es decir, el 75.20% se genera en la cámara de flotación para posteriormente retirar por medio del mecanismo barredera de forma automática.
- Se concluye que la cámara de flotación automática de la nueva cabina de pintura para separar y remover sólidos de pintura automotriz en suspensión está diseñado y construido con materiales accesibles dentro del país, por lo cual se cumple con las necesidades y requerimientos de la empresa CIAUTO Cía. Ltda.
- De acuerdo con las pruebas obtenidas cuando el equipo está en funcionamiento y cuando se forman los sólidos de pintura se concluye que el sistema transmisión con velocidad de 15 rpm necesita de 5 minutos para su recolección de forma automática y esta función lo va a realizar cada 2 horas.

### Recomendaciones

---

- Como principal recomendación que la bomba sumergible tenga un caudal de  $15 \frac{m^3}{h}$  y necesariamente debe estar lo más cercano a las partículas de pintura con el fin de garantizar que succione la mayor cantidad de partículas a la cámara de flotación.
- La cantidad adecuada de coagulante – floculante y los parámetros que debe cumplir el agua son importantes para la separación y eliminación de sólidos de pintura por lo que se recomienda hacer un control diario para el tratamiento químico.
- Se recomienda lubricar el sistema de transmisión para que no exista demasiada fricción entre el piñón y la cadena con el fin de prolongar su vida útil.
- Debido a que las partículas de pintura están siempre en la parte superior del nivel del agua, se recomienda implementar a la bomba sumergible un ducto de metal que ira a nivel del agua con el fin de tener una mayor área de succión.



# VIDEO



---

**GRACIAS**