



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTROMECÁNICA.**

EJECUTORES DEL PROYECTO:

**FABIÁN ABELARDO GUAMANGALLO LEMA.
FRANKLIN XAVIER IZA TOAQUIZA.**

**TEMA: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE VACIADO DE BARBOTINA PARA LA EMPRESA
CERÁMICA NOVEL.”**

LATACUNGA, NOVIEMBRE 2015



AGENDA



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS



INTRODUCCIÓN



PARÁMETROS DE DISEÑO



ENSAMBLE E IMPLEMENTACIÓN TOTAL DEL PROYECTO



ANÁLISIS FINANCIERO



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES





PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Empresa Cerámica NOVEL, que tiene como objeto la fabricación de piezas cerámicas, en la cual toda su producción es netamente manual está dividida en tres fases el moldeado, decorado y horneado.

En la etapa de modelado en la cual estamos inmersos se realiza el vaciado de los moldes de cerámica que se lo realiza manualmente por parte de un operario quien es la única persona calificada que puede realizar este proceso.

Por tal motivo la preocupación del gerente es depender de un solo operario de la producción total de la empresa.





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVO GENERAL:

REALIZAR EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE VACIADO DE BARBOTINA PARA LA EMPRESA CERÁMICA NOVEL.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Diseñar el sistema mecánico, eléctrico para el vaciado de barbotina capaz de posicionarse en las bases de los moldes de yeso.
2. Construir el sistema mecánico, eléctrico que facilite los procesos de vaciado de barbotina en la Empresa Cerámica Novel.
3. Automatizar el sistema para el proceso de vaciado de barbotina, mediante la programación de un controlador lógico programable (PLC).

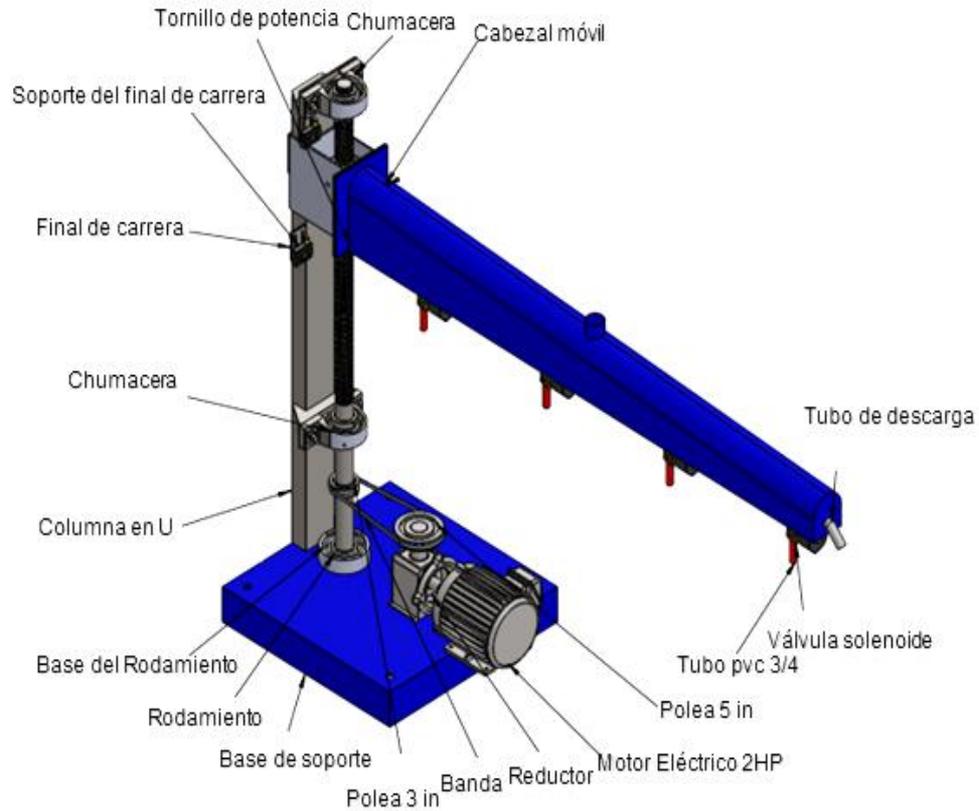


INTRODUCCIÓN

El vaciado de barbotina es uno de los procesos más utilizados en la fabricación de la cerámica, los cuales son fabricados en yeso cerámico, ya que el yeso tiene la particularidad de absorber la humedad que se encuentra en el medio ambiente, especialmente cuando se trata de algún líquido como la barbotina, al tener contacto con la superficie del molde de yeso comienza a absorber, y el nivel de la barbotina empieza a bajar rápidamente, por esta razón se recomienda siempre estar alerta de que el nivel no baje mucho ya que puede ocasionar que la base sea muy delgada y quebradiza en la pieza.



DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA DE VACIADO DE BARBOTINA



PARÁMETROS DE DISEÑO

Para realizar el diseño de la máquina a ser construida se toma como referencia las dimensiones de la mesa donde se encuentran ubicadas los moldes de yeso.

Dimensiones:

$$L=2,2 \text{ [m]}$$

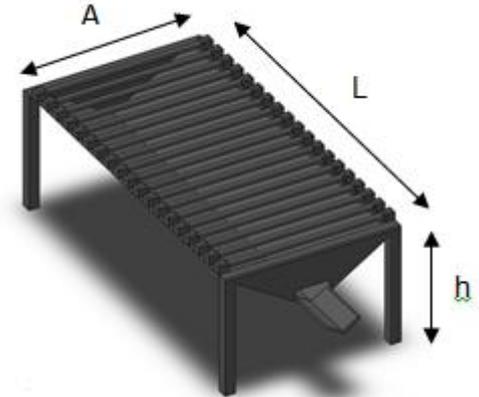
$$A=1,06 \text{ [m]}$$

$$h=1 \text{ [m]}$$

$$\text{Volumen} = 0,015 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\text{Tiempo: } 10,57 \text{ [s]}$$

Capacidad=4 moldes para la elaboración de dispensadores de agua



Caudal en cada molde:

Donde:

$$Q=\text{Caudal [m}^3\text{/s]}$$

$$V=\text{Volumen [m}^3\text{]}$$

$$t= \text{Tiempo [s]}$$

$$Q = \frac{V}{t}$$

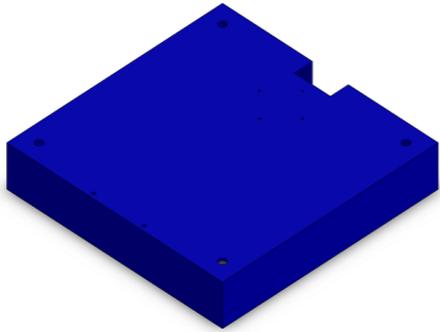
$$Q = \frac{0,015 \text{ m}^3}{10,57 \text{ s}}$$

$$Q = 1,41 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

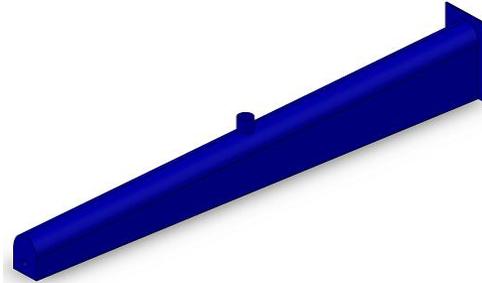
$$Q = 1,41 \times 10^{-3} \text{ [m}^3\text{/s]}$$



MASA DE LOS COMPONENTES DE LA MAQUINA DE VACIADO DE BARBOTINA



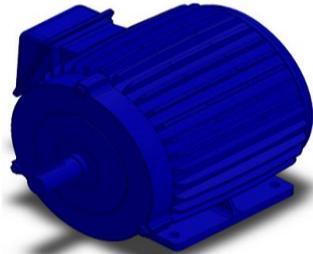
$Masa_{placa} = 16,95 \text{ [kg]}$



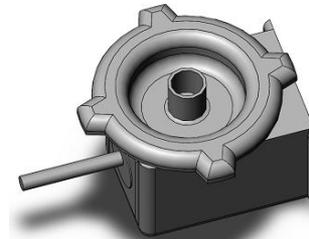
$Masa_{cabezal} = 98,95 \text{ [kg]}$



$Masa_{tornillo} = 15,87 \text{ [kg]}$



$Masa_{motor} = 27 \text{ [kg]}$



$Masa_{reductor} = 3 \text{ [kg]}$



ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE LA BASE DE SOPORTE EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN

Material = Acero ASTM A 36

$$\sigma' < \sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

σ_d = Esfuerzo de diseño [Mpa]

S_y = Resistencia a la flexión =400 [MPa]

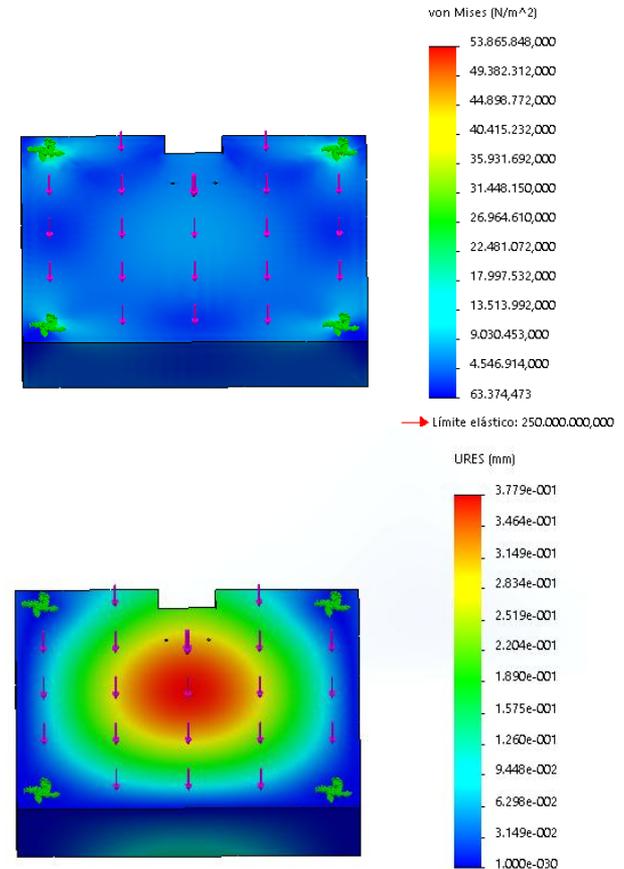
N = Factor de seguridad= 3

$$\sigma_d = \frac{400 \text{ MPa}}{3}$$

$$\sigma_d = 133,33 \text{ Mpa}$$

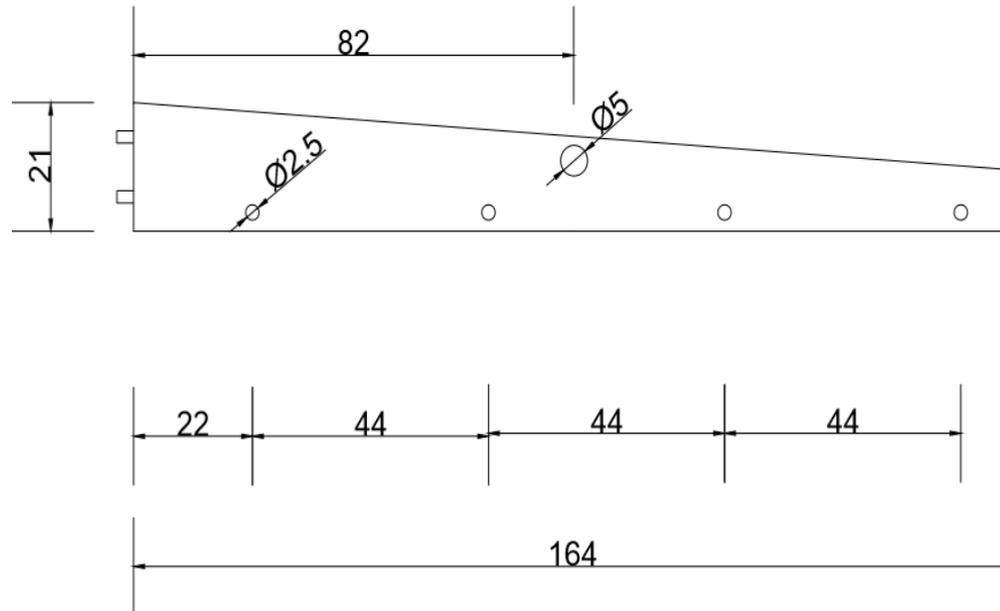
$$\sigma' < \sigma_d$$

$$53 < 133,33$$



DISEÑO DEL CABEZAL MÓVIL

El cabezal móvil es la estructura en la cual va a contener todos los accesorios necesarios para la dosificación de la barbotina. Las dimensiones de la estructura dependen de la bandeja para dosificar en los moldes de yeso como se muestra en la figura.



ANÁLISIS DE ESFUERZOS DEL CABEZAL MÓVIL

Material = Aluminio

Masa total = 98,85 [Kg]

$$\sigma' < \sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

σ_d = Esfuerzo de diseño

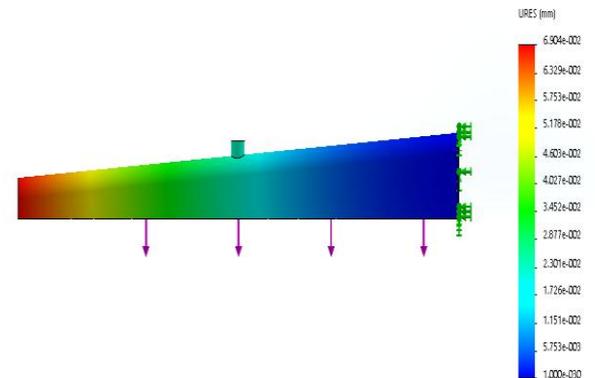
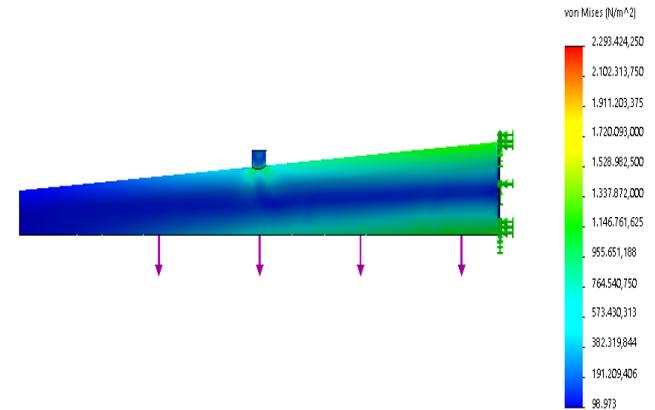
S_y = Resistencia a la flexión = 460 [MPa]

N = Factor de seguridad= 3

$$\sigma_d = \frac{460 \text{ MPa}}{3}$$

$$\sigma_d = 153,3 \text{ [MPa]}$$

$$2 \text{ MPa} < 153,3 \text{ MPa}$$



ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE LA COLUMNA EN U

Material = Acero ASTM A 36

$$\sigma' < \sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

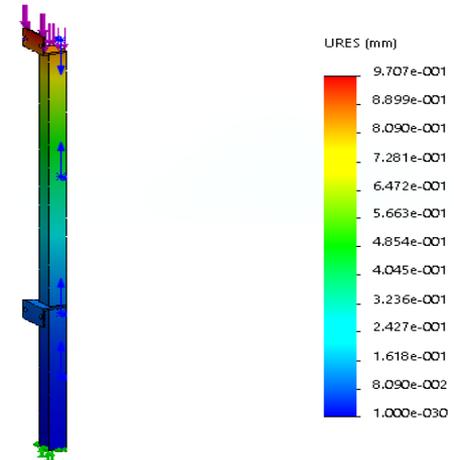
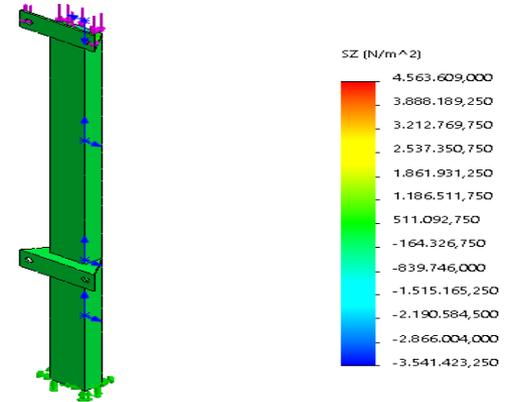
σ_d = Esfuerzo de diseño

S_y = Resistencia a la flexión = 400 [MPa]

N = Factor de seguridad = 3

$$\sigma_d = \frac{400 \text{ MPa}}{3}$$

$$\sigma_d = 133,33 \text{ [MPa]}$$



DISEÑO DE LOS PERNOS DE ANCLAJE

Para el soporte de las placas se utilizarán cuatro pernos de sujeción debido a las cargas que se aplican.

CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE RIGIDEZ

$$C = \frac{k_b}{k_m + k_b}$$

$$k_b = \frac{AE}{l}$$

$$K_b = 204,73 \times 10^3 \left[\frac{N}{m} \right]$$

$$n = \frac{S_p A_t - F_i}{CQ}$$



CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE RIGIDEZ

$$k = \frac{0,5774\pi Ed}{\ln\left(\frac{(1,155t+D-d)(D+d)}{(1,155t+D+d)(D-d)}\right)}$$

Capa (1):

$$k_1 = 4,31 \times 10^6 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}} \right]$$

Capa (2):

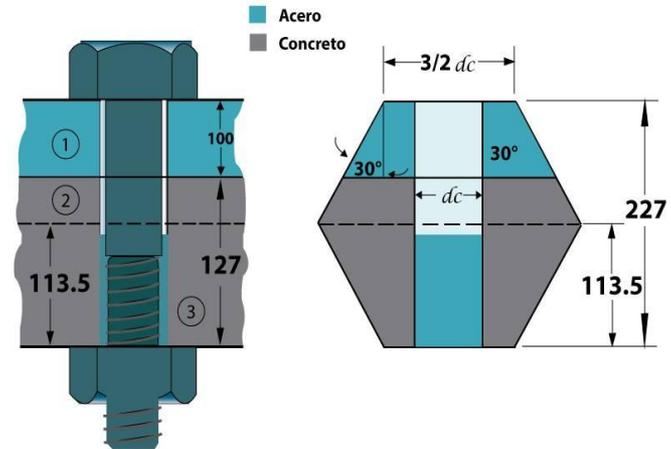
$$k_2 = 28,78 \times 10^6 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}} \right]$$

Capa (3):

$$k_3 = 472,93 \times 10^3 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}} \right]$$

$$K_m = 419,94 \times 10^3 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}} \right]$$

$$C = 0,32$$



$$n = \frac{S_p A_t - F_i}{CQ}$$

$$n = \frac{(586054,36 \times 10^3 \text{ Pa})(165,16 \times 10^{-6} \text{ m}^2) - (87,11 \times 10^3 \text{ N})}{(0,32) * (1589,22 \text{ N})}$$

$$n = 19$$

CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DEL MOTOR

$$T_u = \frac{FD_p}{2} \left[\frac{(\cos\alpha \tan\lambda + f)}{(\cos\alpha - f \tan\lambda)} \right]$$

$$T_u = 4,26 \text{ [Nm]}$$

$$T_d = \frac{FD_p}{2} \left[\frac{(f - \cos\alpha \tan\lambda)}{(\cos\alpha + f \tan\lambda)} \right]$$

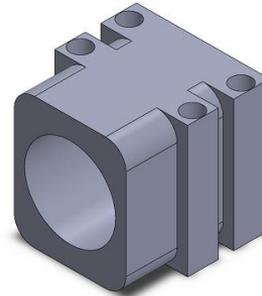
$$T_d = 2,90 \text{ [Nm]}$$

$$e = \frac{F_z * L}{2 * \pi * T_u}$$

$$e = 54\%$$

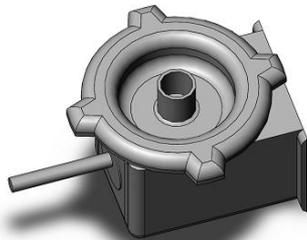
$$P = \frac{T_u * n}{63000}$$

$$P = 0,18 \text{ [Hp]}$$



SELECCIÓN DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD

La velocidad requerida en el tornillo del eje Z es de 275 rpm y el motor proporciona 1730 rpm, por lo tanto es necesario reducirla, tomando en consideración que la empresa dispone de un reductor de marca TRANSTECNO de (1,5 KW = 2HP), el cual al implementarse en el mecanismo se determinó que no cumplía con la velocidad requerida.



Datos técnicos

P_1 [hp]	n_2 [rpm]	M_2 [lb-in]	sf	AGMA	i		
2 hp							
1.5 kW (1750 rpm)	479	253	3.5	III	3.66	CMG022	56C-140TC
	395	307	2.9	III	4.43		56C-140TC
	321	377	2.3	III	5.45		56C-140TC
	237	511	2.1	III	7.39		56C-140TC
	199	607	1.8	II	8.78		56C-140TC
	176	687	1.5	II	9.93		56C-140TC
	159	761	2.3	III	11.01		56C-140TC
	145	833	2.1	III	12.05		56C-140TC
	132	914	1.9	II	13.21		56C-140TC
	118	1024	1.7	II	14.81		56C-140TC
	102	1182	1.2	I	17.10		56C-140TC
	95.9	1262	1.1	I	18.26		56C-140TC
	87.1	1388	1.3	I	20.08		56C-140TC
	73.4	1649	1.1	I	23.85		56C-140TC



SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE Z

Para seleccionar rodamientos se toma en cuenta las cargas a las cuales va a estar sometido el tornillo de potencia.

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{1492 \text{ [Nm/s]}}{181,16 \text{ [rad/s]}}$$

$$T = 8,23 \text{ [Nm]}$$

$$F_r = \frac{T}{r}$$

$$F_r = 374,35 \text{ [N]}$$

$$F_a = M_1 + M_2 + M_3$$

$$F_a = 115,08 \text{ [Kg]}$$

$$F_e = X_i V F_r + Y_i F_a$$

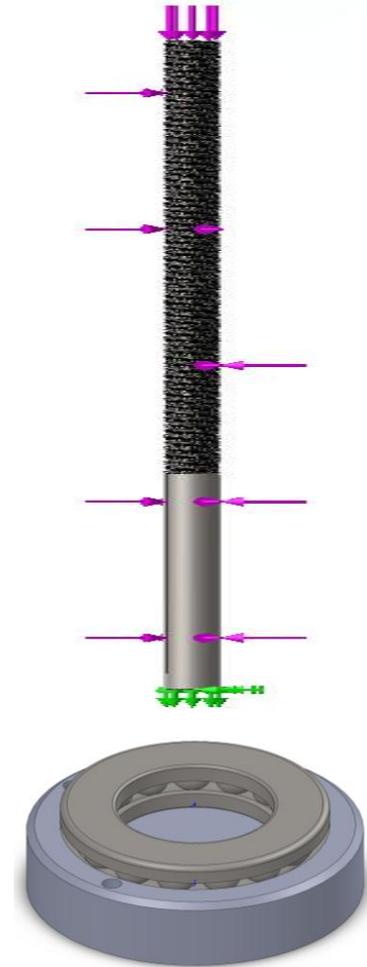
$$F_e = 1957,5 \text{ [N]}$$

$$C_o = \frac{F_a}{0,084} = \frac{1127,7 \text{ [N]}}{0,084}$$

$$C_o = 13,4 \text{ [KN]}$$

$$C = F_D * \left(\frac{L_D}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}$$

$$C = 15,7 \text{ [KN]}$$

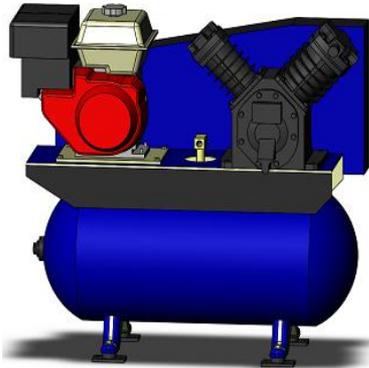


SELECCIÓN DEL COMPRESOR

Caudal total = Q_{bomba}



Caudal total = 90 [gpm] \approx 340,68 [lt/min]



- Pérdidas de presión por acoples y filtros, se considera un 3%.

$$P_{\text{paf}} = 340,68 * 0,03 = 10,22 \text{ [lt/min]}$$

- Pérdidas de presión por fugas, se considera una pérdida del 10 %.

$$P_{\text{pf}} = 340,68 * 0,1 = 34,06 \text{ [lt/min]}$$

- Coeficiente de simultaneidad para construcciones varias es: 25%.

$$C_s = 340,68 * 0,25 = 85,17 \text{ [lt/min]}$$

- Incremento de seguridad recomendado es de 10%.

$$I_s = 340,68 * 0,1 = 34,06 \text{ [lt/min]}$$

$$Q_{\text{trequerido}} = 10,22 + 34,06 + 85,17 + 34,06 = 163,51 \text{ [l t/m in]}$$

SELECCIÓN DEL COMPRESOR

Es decir que el compresor requerido debe cubrir los 163,51 [l ts/m in], a una presión de 8 bar.

CARACTERÍSTICAS DEL COMPRESOR SELECCIONADO

Velocidad del cabezal	3500 RPM
Caudal	283 lt/min
Presión Máxima	10 Bar
Capacidad Tanque	80 Galones
Voltaje de Funcionamiento	3~220V-60 HZ
Motor	5 HP



SELECCIÓN DE LA BOMBA

Un factor importante para la selección de la bomba es el volumen que tendrá el tanque de recirculación, el volumen del tanque se lo determina con la ecuación de un prisma rectangular

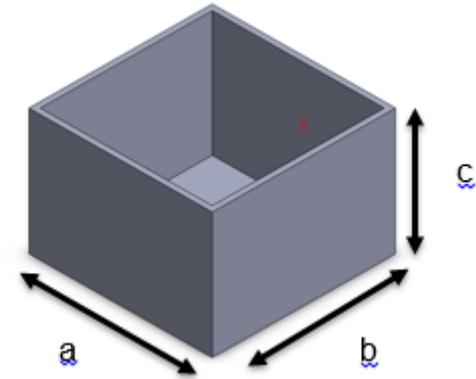
$$v = a * b * c$$

Donde:

a= ancho [m]

b=profundidad [m]

c= altura [m]



$$v = a * b * c$$

$$v = 0,7 * 0,9 * 0,9$$

$$v = 0,56 \text{ [m}^3\text{]} \approx 147 \text{ galones}$$



SELECCIÓN DE LA BOMBA

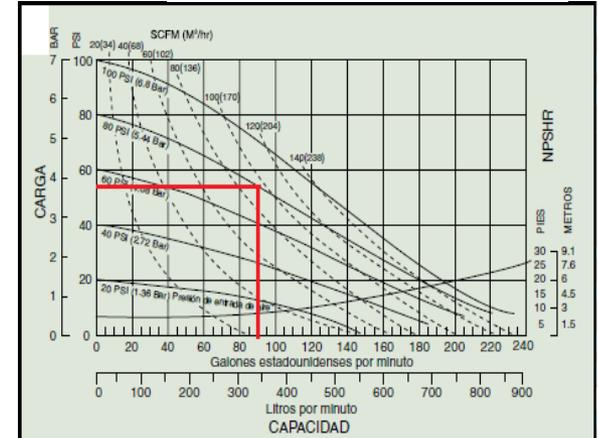
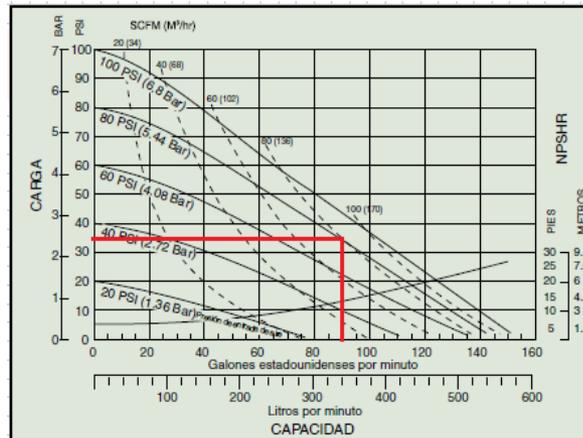
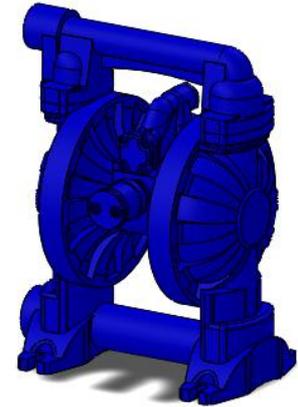
Para seleccionar las bombas neumáticas de doble diafragma, se debe comparar varios modelos de bombas en un punto de operación similar, normalmente al mismo CPM (ciclos por minuto) para encontrar la de mayor eficiencia y menor desgaste.

Datos:

Q= 147 [GPM] (Caudal)

P= 90 [PSI] (Presión)

Material : Barbotina



DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Cargas que actúan en el sistema eléctrico

MOTOR	POTENCIA (HP)	CORRIENTE (A)
Motor-batidora	½	1,9
Motor tornillo de potencia	2	6,04

Se utiliza conductores de calibre # 3x18 AWG THHN FLEXIBLE para la conexión de los motores que actúan en el sistema eléctrico.

Entonces para la alimentación de la corriente eléctrica, electroválvulas, lámparas indicadoras de la máquina de vaciado de barbotina.

se utiliza conductores de calibre 3x12 AWG THHN FLEXIBLE

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A	18 AWG	10 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A		
6 AWG	55 A	65 A	75 A	16 AWG	13 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A	14 AWG	18 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A	12 AWG	25 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A	18 AWG	10 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A		
6 AWG	55 A	65 A	75 A	16 AWG	13 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A	14 AWG	18 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A	12 AWG	25 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		



SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Protección para el alimentador

$$I = I_{\text{motor mayor}} + \sum I_{\text{motores}} + \sum I_{\text{otras cargas}}$$

$$I = 6,04 + 7,95 + 2,5$$

$$I = 16,5 \text{ [A]}$$

Se utiliza un Breaker termo magnético de 16Amp marca LS.

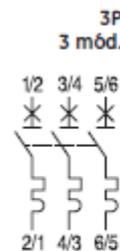
Type	BKN	
	BKN	BKN-c
Protección	Sobrecarga y cortocircuito	
Corriente nominal	1, 2, 3, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63A	
Características	Curva B, C, D	
Número de polos	1p, 1p+N, 2p, 3p, 3p+N, 4p	
Poder de corte	1 polo	2-4 polo
	1A	
	2A	
	3A	
	4A	
	6A	
	10A	
	16A	
	20A	
	6kA a 230/400VCA	6kA a 400VCA

Protección para las derivaciones

$$I_{\text{prot}} = I_{\text{icp}}$$

$$I_{\text{prot}} = 1,9 \text{ [A]}$$

Se utiliza un Breaker termo magnético de 5 amperios marca General Electric (ANEXO C-4).



3	EB63 ICP03	674239	4
5	EB63 ICP05	674240	4
7,5	EB63 ICP07,5	674241	4
10	EB63 ICP10	674242	4
15	EB63 ICP15	674243	4
20	EB63 ICP20	674244	4
25	EB63 ICP25	674245	4
30	EB63 ICP30	674246	4
35	EB63 ICP35	674247	4
40	EB63 ICP40	674248	4
45	EB63 ICP45	674249	4
50	EB63 ICP50	674250	4
63	EB63 ICP63	674251	4



SELECCIÓN DEL RELÉ TÉRMICO

Por recomendación técnica de los fabricantes de estos elementos eléctricos es necesario realizar un ajuste del 125 % de la corriente nominal del motor, por lo tanto para los motores principales de la batidora y del tornillo de potencia se obtienen los siguientes valores:

$$I_{\text{motor batidora}} = 1,25 * I_n$$

$$I_{\text{motor batidora}} = 1,25 * 1,9 = 2,38 \text{ [A]}$$

$$I_{\text{motor tornillo}} = 1,25 * I_n$$

$$I_{\text{motor tornillo}} = 1,25 * 6,04 = 7,55 \text{ [A]}$$



SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE MANDO

Luz piloto



Pulsadores



Selectores



Paro de emergencia



SELECCIÓN DE SENSORES

Finales de carrera



Sensores de nivel



SELECCIÓN DE ELECTROVÁLVULAS

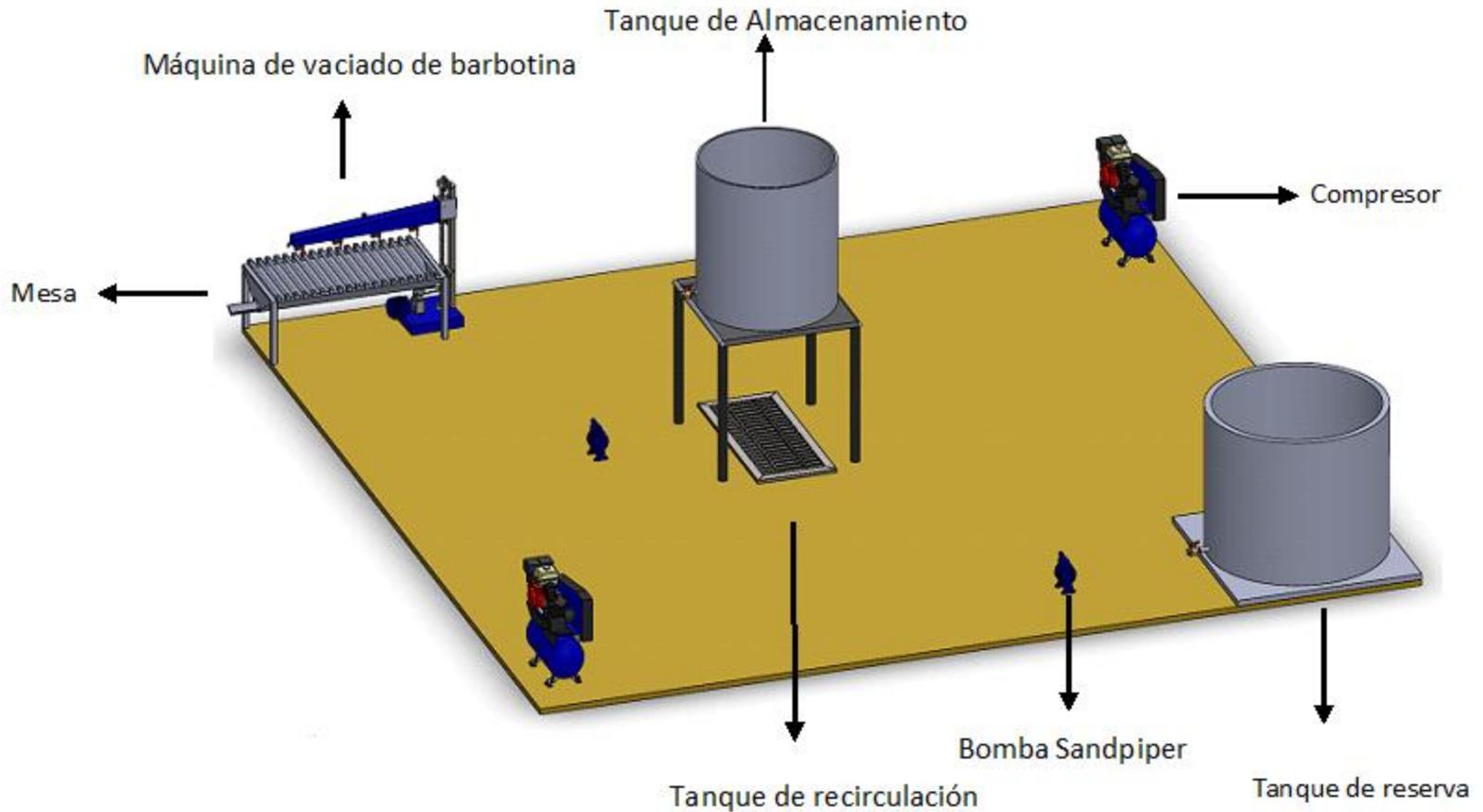
Válvulas solenoides



Electroválvulas



ENSAMBLE E IMPLEMENTACIÓN TOTAL DEL PROYECTO



PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

$$TMAR = 20,1\%$$

$$VPN = -k_o + \sum_{i=1}^n \frac{fCi}{(1+D)^i} = \$12029,35$$

$$TIR = 54,96\%$$

$$PR = 1 \text{ año}, 9 \text{ meses y } 21 \text{ dias.}$$

$$R \frac{C}{B} = 3,18$$

TÉCNICA DE EVALUACIÓN	RANGO
VPN,\$	12029,35>0
TIR,%	54,96%>20,1%
PRI, Años	1 año< 5años
RBC	3,18>1

CONCLUSIONES

- Mediante la implementación de la interfaz hombre máquina se diseñó y construyó el sistema de vaciado de barbotina para el crecimiento y desarrollo de cada uno de los productos de la Empresa Cerámica NOVEL.
- La adquisición de los materiales eléctricos, mecánicos y neumáticos implementados para la automatización de la máquina de vaciado de barbotina favoreció en gran parte al operario ya que proporciona un proceso de manera confiable y productiva.
- Mediante el análisis financiero que se lo realizó durante la elaboración, construcción y aplicación del proyecto fue de \$ 5500 de inversión para lo cual se estima la recuperación del monto invertido en un periodo de 1 año, 9 meses y 21 días dándonos como resultado un proyecto factible y rentable.

CONCLUSIONES

- Con la selección de las bombas de diafragma de 2 hp se logró facilitar el sistema de retorno del fluido (barbotina) que va desde el tanque de recirculación hasta el tanque de almacenamiento, el mismo proceso se lo realiza desde el tanque de reserva hacia el tanque de almacenamiento logrando así un sistema cerrado y a la vez eficaz.
- Con la elaboración del circuito de potencia y control se logró un correcto funcionamiento de la máquina de vaciado de barbotina para lo cual se tomó como referencia el tiempo tradicional de 3 horas con 40 minutos que realizaba el operario durante el proceso diario, teniendo como resultado que gracias a la implementación del sistema eléctrico se logró un tiempo actual de 2 horas con 18 minutos para el mejoramiento del proceso.

RECOMENDACIONES

- Parametrizar adecuadamente las posiciones del eje Z, con los finales de carrera para evitar las colisiones que puedan afectar a los elementos de transmisión.
- Se recomienda seleccionar de manera adecuada el tiempo de las válvulas solenoides para la correcta dosificación de los moldes.
- Al término de la jornada de trabajo se debe realizar paulatinamente la limpieza de todo el sistema de vaciado de barbotina evitando así que el material se solidifique en las válvulas solenoide y bombas evitando su deterioro.
- En el proceso de operación de la máquina se debe cumplir con todas las normas de seguridad tanto para el operador como para la máquina.

RECOMENDACIONES

- Realizar una evaluación integral del expediente de crédito, verificando que la información proporcionada por el socio sea verdadera y que se encuentre acorde con el informe proporcionado por el asesor de crédito al momento que realizó la inspección física del negocio.
- Establecer nuevas alianzas y convenios estratégicos con entidades públicas y privadas que forman parte de los organismos de apoyo al Sector Financiero Popular Solidario.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA