

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA EL MEZCLADO DE FERTILIZANTES MEDIANTE EL CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS QUE PERMITA LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPO Y REDUCCIÓN DEL ESFUERZO DEL PERSONAL DE LA EMPRESA AGRÍCOLA “TIAGRO” DE LA CIUDAD DE MACHACHI .”

AUTORES: PÉREZ VILLEGAS, SAMUEL ALEJANDRO

QUINALUISA CAJAS, LAYDI MANUELA

DIRECTORA: ING. CONSTANTE PROCEL, PATRICIA NATALY

Latacunga, 2022





CONTENIDO

- 1.- Descripción del proyecto
- 2.- Necesidades del sistema de mezclado
- 3.-Diseño mecánico, eléctrico y de programación.
- 4.-Construcción
- 5.-Pruebas y resultados
- 6.-Conclusiones y recomendaciones

Planteamiento del problema

En Ecuador una de las principales fuentes de ingreso económico es la agricultura por lo que el uso de fertilizantes se ha vuelto indispensable debido a la baja fertilidad de la mayoría de los suelos para los altos rendimientos y la buena calidad que se esperan en los cultivos.

Para esto la empresa Tiagro realiza su propio fertilizante el cual ayuda a mejorar los suelos en la ciudad de Machachi, pero al ser un proceso de mezclado manual tiene varios inconvenientes que pueden llegar a menorar la calidad del producto. Los problemas del mezclado manual son:

- El tiempo que este lleva en realizarlo.
- El esfuerzo físico que las personas deben realizar .
- El pesaje incorrecto de los sacos.
- La calidad del producto final



La OIT (Organización Internacional del Trabajo) afirma que la manipulación manual es una de las causas más frecuentes de accidentes laborales con un 20-25% del total de los producidos, por lo que la importancia de los sistemas de mezclado ha ido creciendo, puesto que con la implementación de estas máquinas se logra optimizar los tiempos y velocidades de mezclado de los productos, garantizando un alto estándar de calidad en los productos terminados.



Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema mecatrónico para el mezclado de fertilizantes mediante el control y automatización de procesos en la empresa agrícola “Tiagro” de la ciudad de Machachi, para la optimización de tiempo y reducir el esfuerzo del personal.

Objetivos específicos

- Investigar los diferentes sistemas de mezclado de fertilizante mediante el uso de fuentes bibliográficas para seleccionar el más óptimo
- Diseñar el sistema de mezclado mediante el uso softwares de diseño CAD y eléctrico para su simulación y selección de materiales adecuados
- Construir la estructura del sistema de mezclado de fertilizantes mediante el ensamblado de los componentes y herramientas necesarios, para el funcionamiento adecuado del mismo.
- Desarrollar un control y HMI amigable con el usuario mediante la programación adecuada para la selección de los componentes de la mezcla de acuerdo a fórmulas establecidas por el usuario
- Realizar las pruebas necesarias del sistema ingresando las diferentes fórmulas para verificar que las mezclas sean las correctas de acuerdo a lo seleccionado por el usuario



Justificación

La empresa Tiagro ha realizado por más de dos años la mezcla de fertilizantes de forma manual con sus propias fórmulas, las mismas que han ayudado al mejoramiento del suelo para el cultivo en la ciudad de Machachi, este proceso consiste en movilizar quintales de diferentes compuestos a un lugar para pesarlos de acuerdo con la fórmula que se vaya a implementar, luego mezclarlos mediante palas en el suelo y finalmente ensacarlos.

Los problemas del mezclado manual son que al tener que realizar varios procesos y al contar solo con dos empleados este lleva mucho tiempo y demasiado esfuerzo físico por parte de los mismos ya que el marco normativo establece los pesos máximos permisibles para el manejo de cargas con los cuales se ha demostrado que si se los sobrepasan pueden ocasionar un accidente laboral o una enfermedad profesional; el código del trabajo de Ecuador establece en el artículo 417 que “el límite máximo del transporte manual.- Queda prohibido el transporte manual, en los puertos, muelles, fábricas, talleres y, en general, en todo lugar de trabajo, de sacos, fardos o bultos de cualquier naturaleza cuyo peso de carga sea superior a 175 libras (59 kg) y de manera muy repetitiva;

Se entenderá por transporte manual, todo transporte en que el peso de la carga es totalmente soportada por un trabajador incluidos el levantamiento y la colocación de la carga”



Área de trabajo



Tolvas de almacenamiento



Dosificación



Pesaje

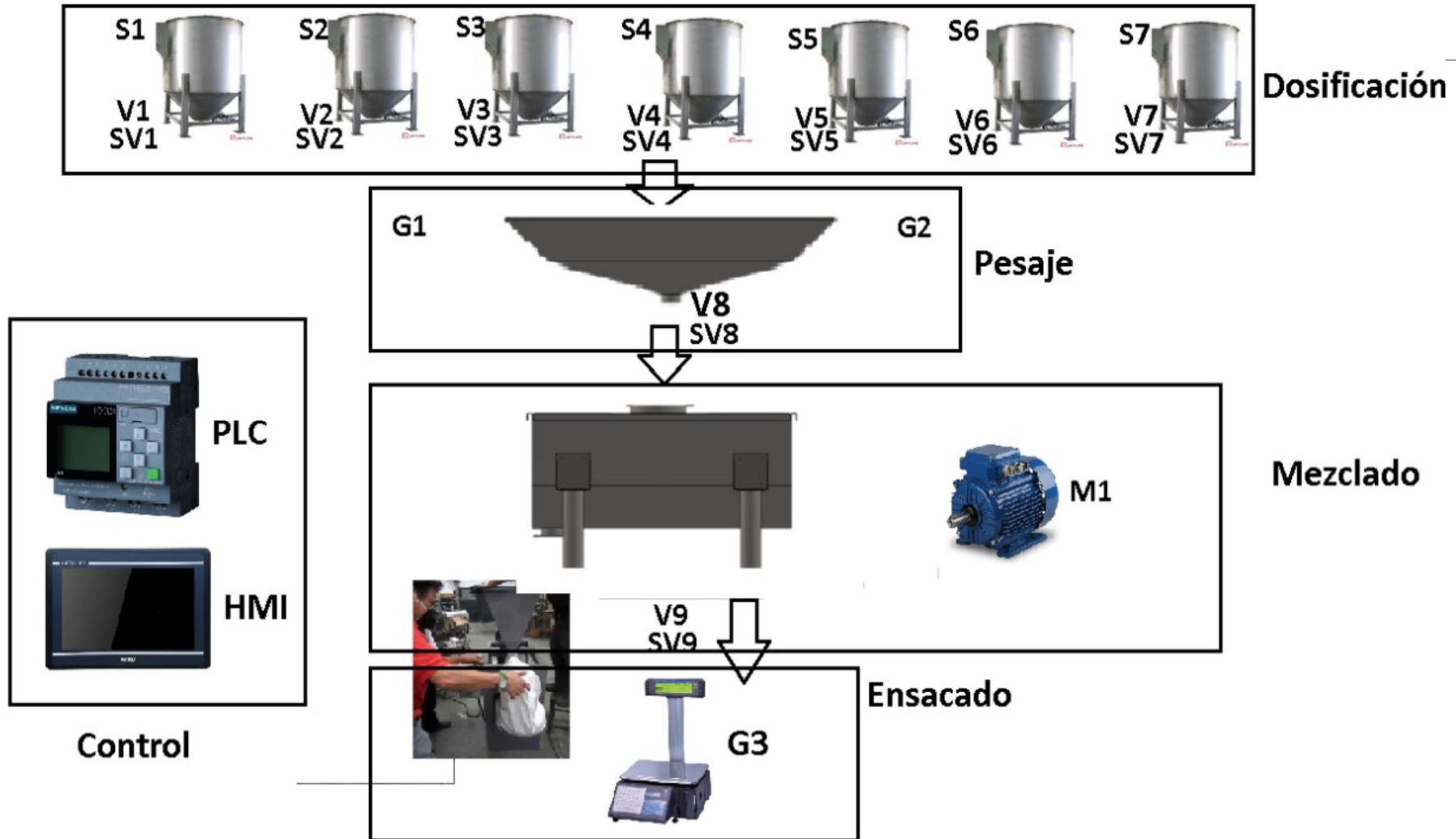


Mezclado



Ensamado

Boceto de máquina mezcladora



Selección del material para la tolva

Debido a que los materiales utilizados para realizar las mezclas son corrosivos se necesita un acero el cual sea anticorrosivo y de buenas propiedades de mecanizado para dar la forma necesitada de la tolva.

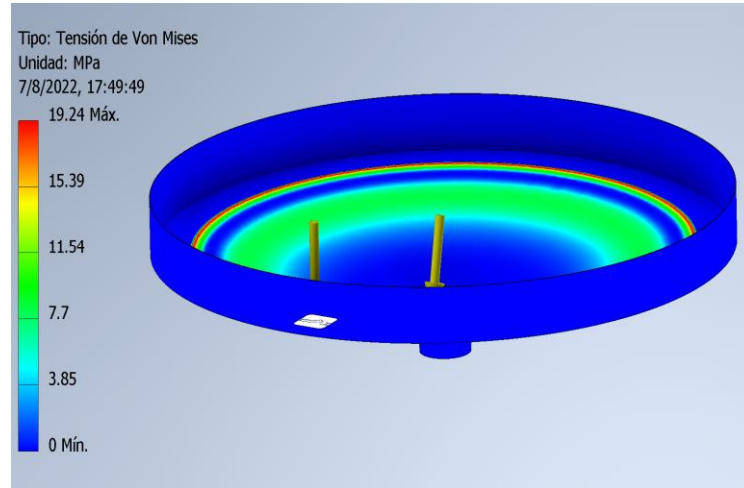
Dentro de la variedad de aceros inoxidables el más común en el mercado es el AISI 304 el mismo que posee las siguientes características:

- Alta resistencia mecánica.
- Apariencias higiénicas
- Bajo coste de mantenimiento.
- Reciclable.
- Buenas propiedades de mecanizado, doblado y plegado.
- Resistente a la temperatura.
- Gran capacidad de soldabilidad.

Por las cuales se ha elegido este acero para la construcción de las tolvas y porque es el mas fácil de encontrar en el mercado.

Tolvas de almacenamiento

Para las tolvas de almacenamiento se decidió utilizar tanques de polietileno plastigama, debido a la naturaleza abrasiva de los materiales y adaptarles un embudo de acero inoxidable 304 en la parte inferior



se observa el embudo de tanques grandes cuyo esfuerzo máximo de Von Mises es de 19.24 MPa



Tolva de pesaje

Para la tolva de pesaje se tomó en cuenta un volumen de 3 quintales es decir 150Kg y se procedió a calcular el volumen necesario para este producto.

Datos:

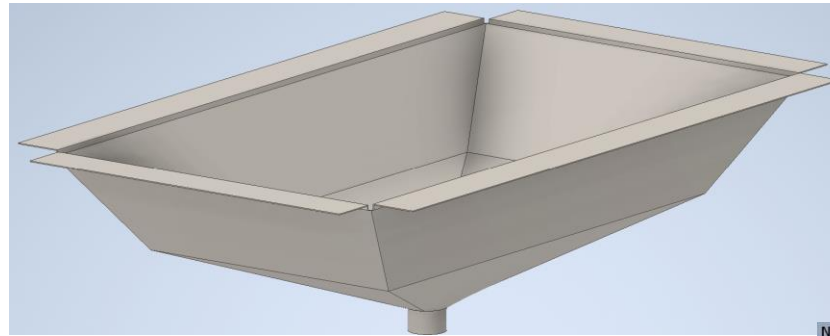
$$m = 150 \text{ kg}$$

$$d = 1091 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

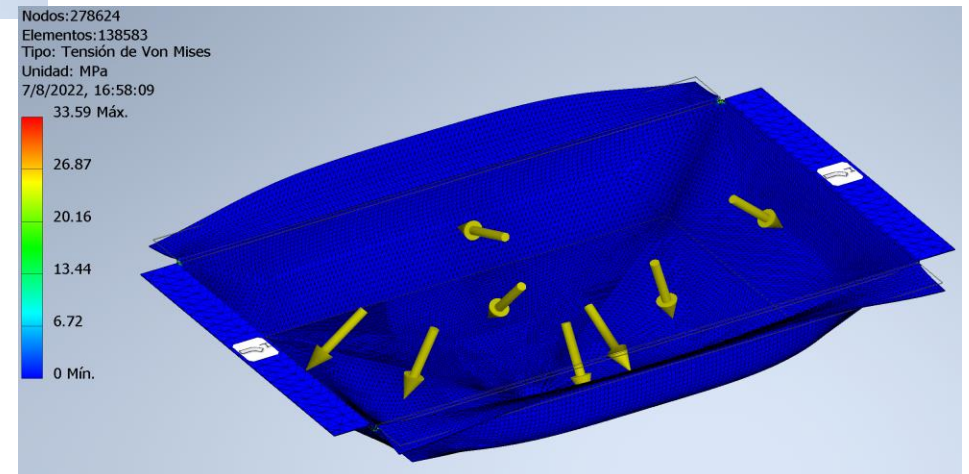
$$V = \frac{m}{d}$$

$$V = \frac{150 \text{ kg}}{1091 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

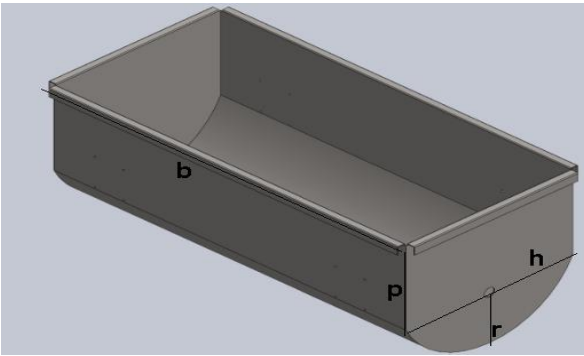
$$V = 0.14 \text{ m}^3$$



El máximo esfuerzo de Von Mises es de 35.59 MPa es decir es menos al límite elástico que es de 206 MPa



Tolva mezcladora

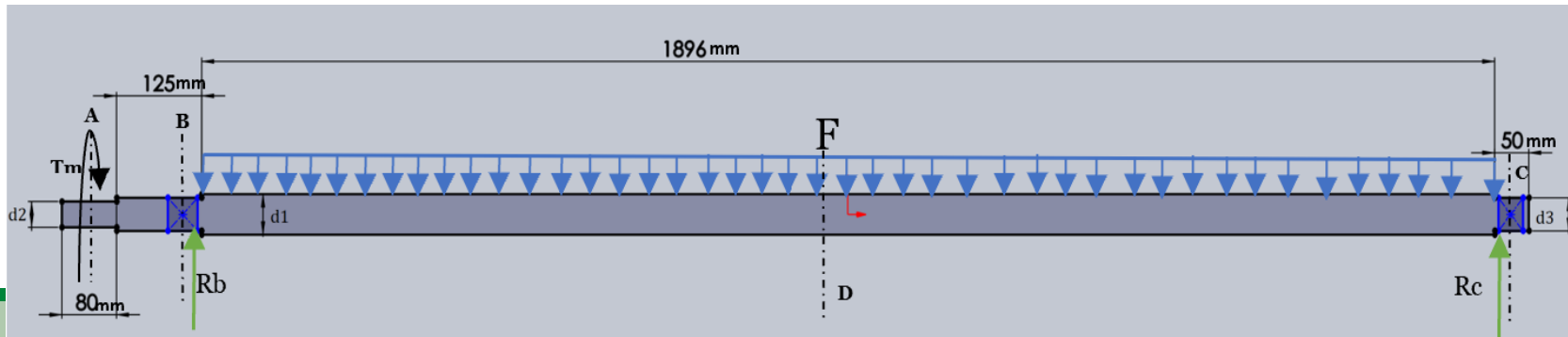
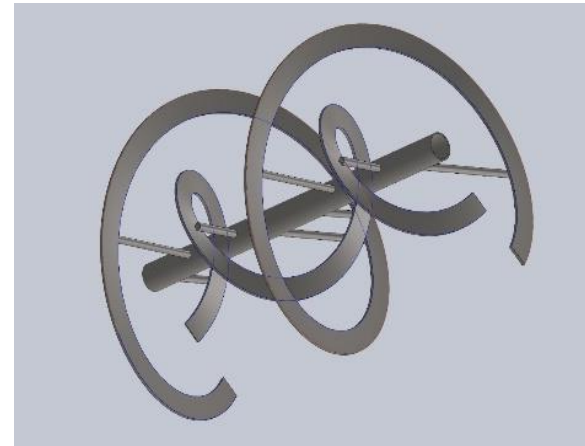
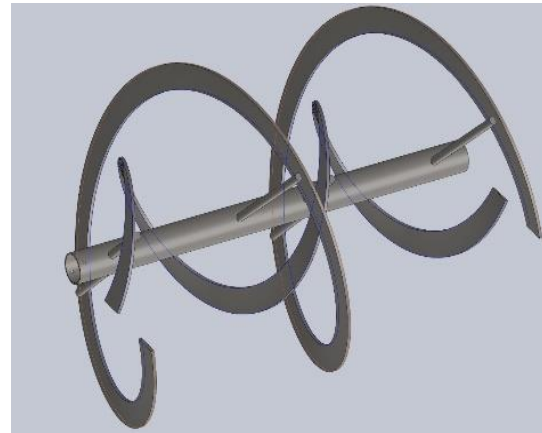
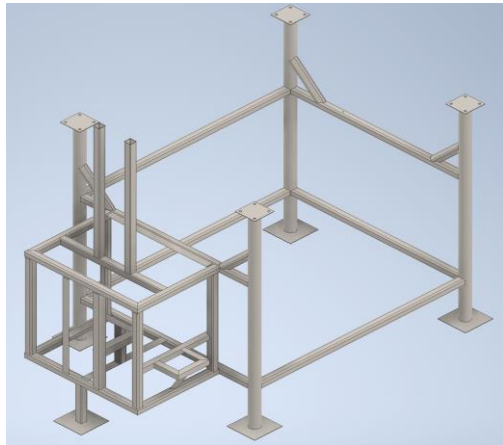
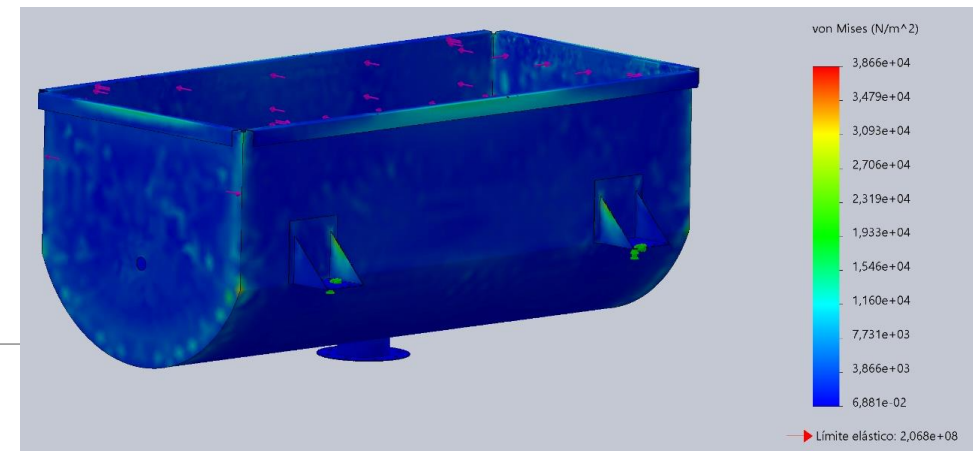


$$V = \frac{500kg}{1091 \frac{kg}{m^3}}$$

$$V = 0.46 m^3$$

$$Vt = 0.855 m^3 + 0.71 m^3$$

$$Vt = 1.565 m^3$$



En el acero inoxidable 304 el S_y es igual a 276 MPa y el S_{ut} es igual a 568MPa

$$FS = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{276MPa}{65.04MPa} = 4.24$$

Diseño mecánico- elección del motor

Basado en la potencia de consumo de un agitador de cintas helicoidales suponiendo que el material se comporta como un fluido no newtoniano

$$P = K_l * n^2 * D_a^3 * \mu_{aparente}$$

K_l = coeficiente para procesos de agitación

n = velocidad de giro

D_a = diametro de tolva (h)

$\mu_{aparente}$ = viscosidad aparente

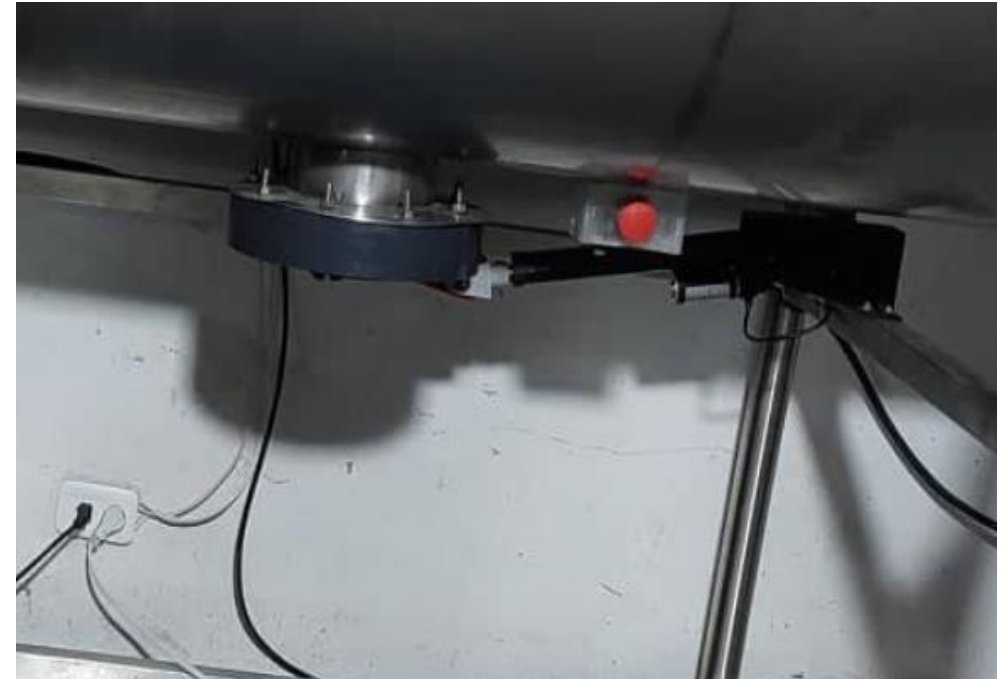
$$P = 3,68 \text{ HP}$$

Potência nominal		Carcaça	Conjugado Nominal (kgfm)	Corrente com Rotor Bloqueado I _p /In	Conjugado de Partida C _p /C _n	Conjugado Máximo C _{máx} /C _n	Momento de Inércia J (kgm ²)	Tempo máximo com rotor bloqueado (s)	Massa (kg)	Nível médio de pressão sonora dB(A)	RPM	% de carga							
cv	kW											Rendimento			Fator de Potência			Corrente Nominal In (A)	
												50	75	100	50	75	100	220 V	440 V

II polos

0,16	0,12	83	0,034	5,9	2,0	2,9	0,0002	6	10,0	50	3490	35,8	44,4	49,9	0,52	0,60	0,68	1,61	0,804
0,25	0,18	83	0,050	6,1	2,2	2,8	0,0003	6	10,7	50	3490	42,3	50,8	55,8	0,51	0,61	0,69	2,12	1,06
0,33	0,25	83	0,070	5,5	2,9	3,2	0,0002	6	10,7	50	3490	42,5	51,6	57,2	0,44	0,54	0,62	3,20	1,60
0,5	0,37	71	0,102	7,2	2	3,1	0,0005	7	13,0	60	3520	51,7	59,9	64,2	0,53	0,64	0,72	3,64	1,82
0,75	0,55	80	0,152	7,7	2,1	3	0,0008	10	16,5	65	3525	58,8	67,9	72,8	0,77	0,85	0,91	3,78	1,89
1	0,75	80	0,208	7,0	2,3	2,7	0,0009	9	17,5	65	3520	58,0	66,0	71,0	0,75	0,83	0,88	5,46	2,73
1,5	1,1	90S	0,303	9,1	2,1	2,9	0,0020	9	24,0	69	3535	70,8	77,2	79,8	0,79	0,87	0,91	6,88	3,44
2	1,5	90L	0,415	8,4	2,1	2,7	0,0022	8	25,0	69	3520	68,4	74,9	77,7	0,83	0,89	0,92	9,54	4,77
3	2,2	100L	0,608	8,7	2,3	3	0,0064	9	37,0	72	3525	72,7	79,2	81,8	0,97	0,98	0,98	12,5	6,24
4	3	112M	0,830	8,0	2,6	2,5	0,0081	6	45,0	72	3520	77,4	81,6	82,1	0,96	0,97	0,98	16,9	8,47
5	3,7	112M	1,02	8,0	2,6	2,5	0,0091	8	47,0	72	3525	81,0	82,3	83,4	0,93	0,96	0,97	20,8	10,4

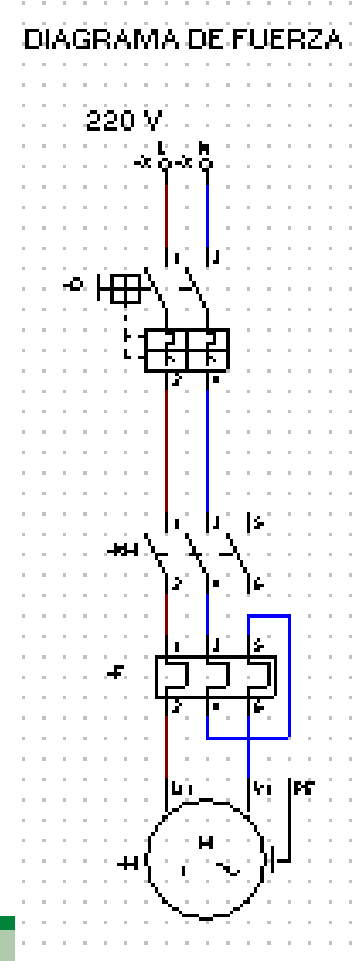
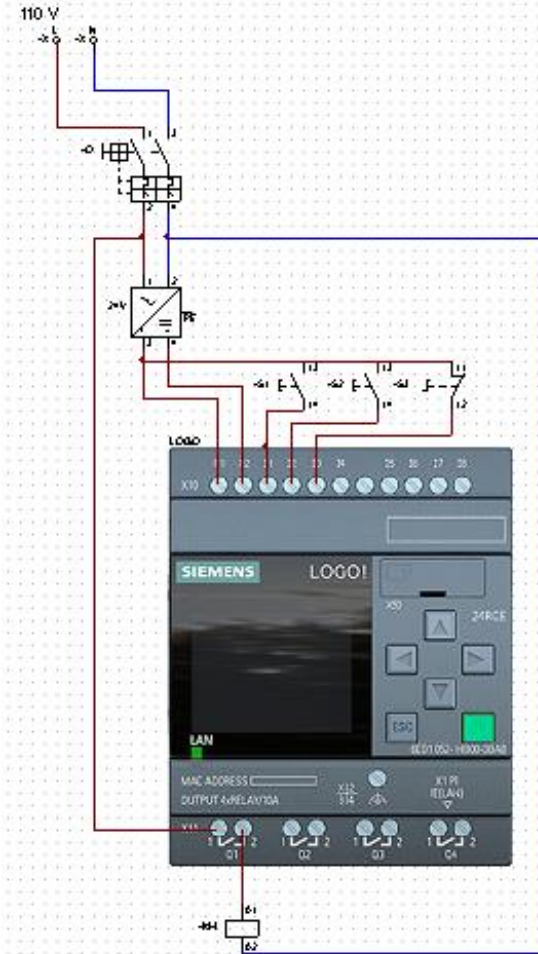
Diseño mecánico – dosificación



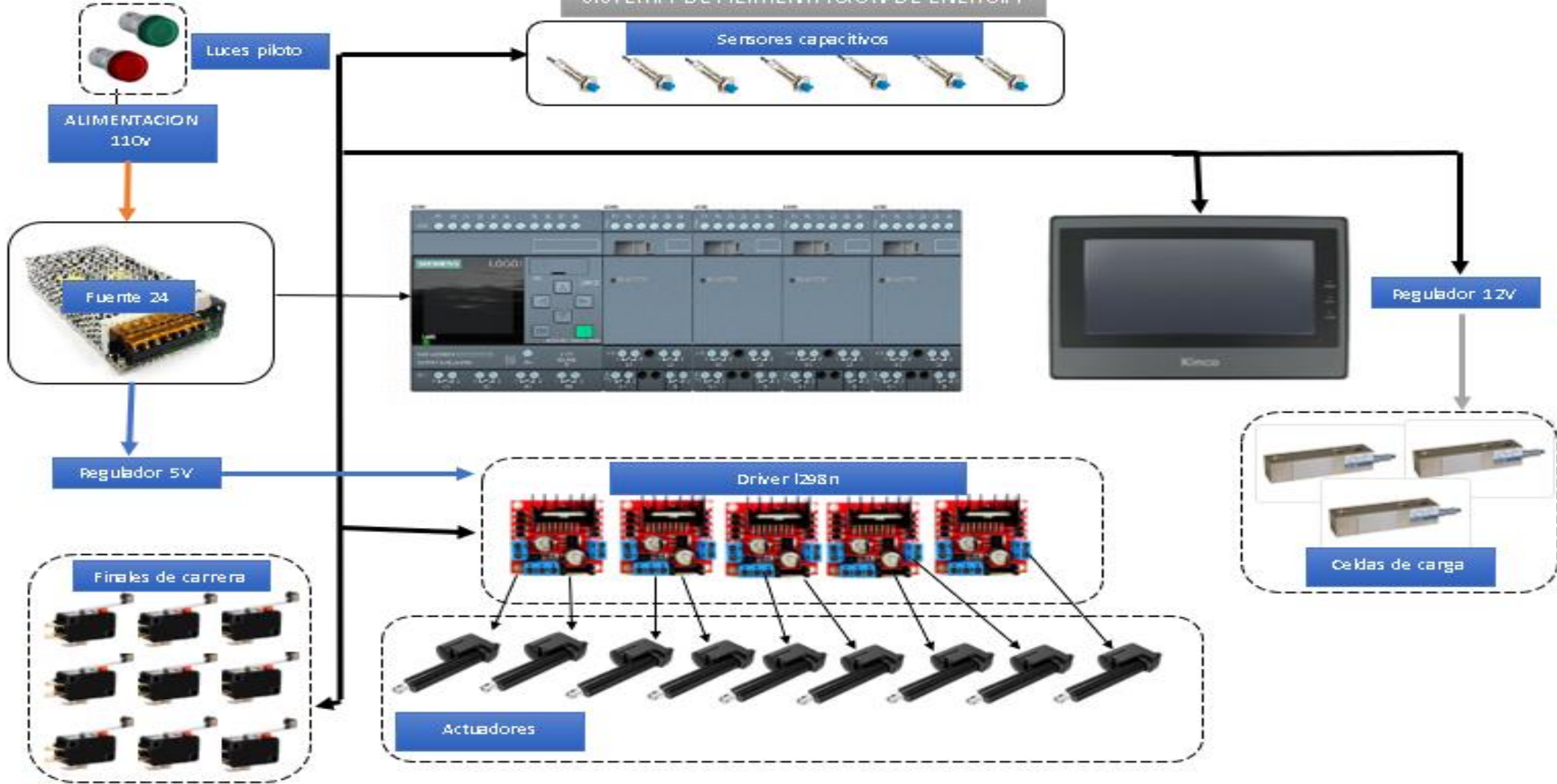
Diseño electrónico – circuito de potencia

$$I_{\text{interruptor}} = 125\% * 22 A$$

$$I_{\text{interruptor}} = 27.5 A$$

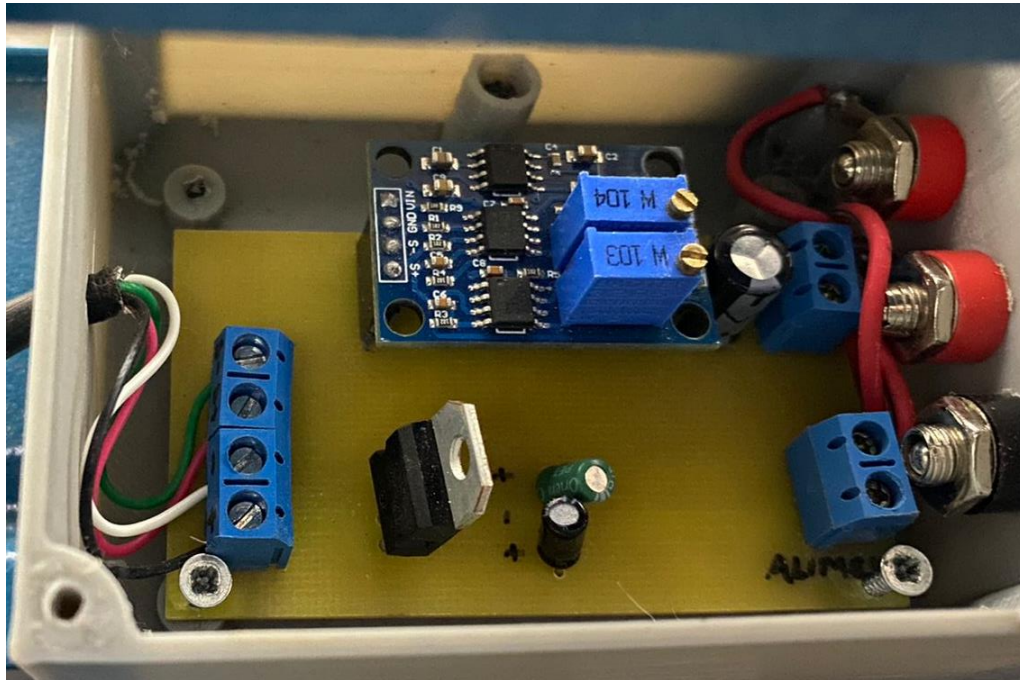


Diseño electrónico – circuito de control

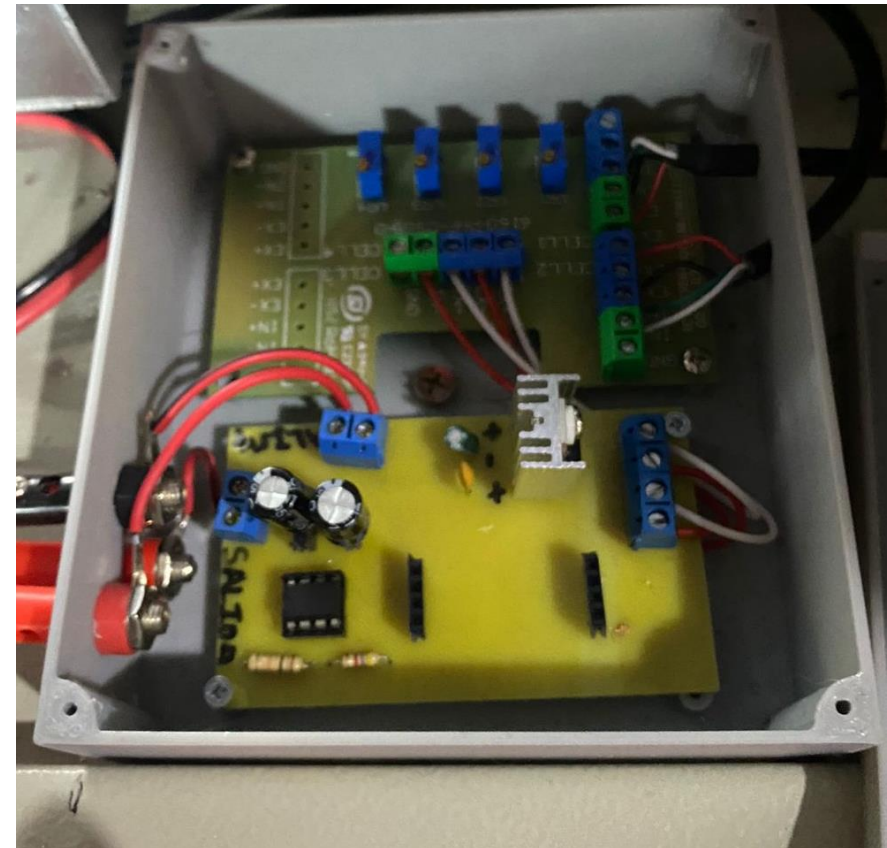


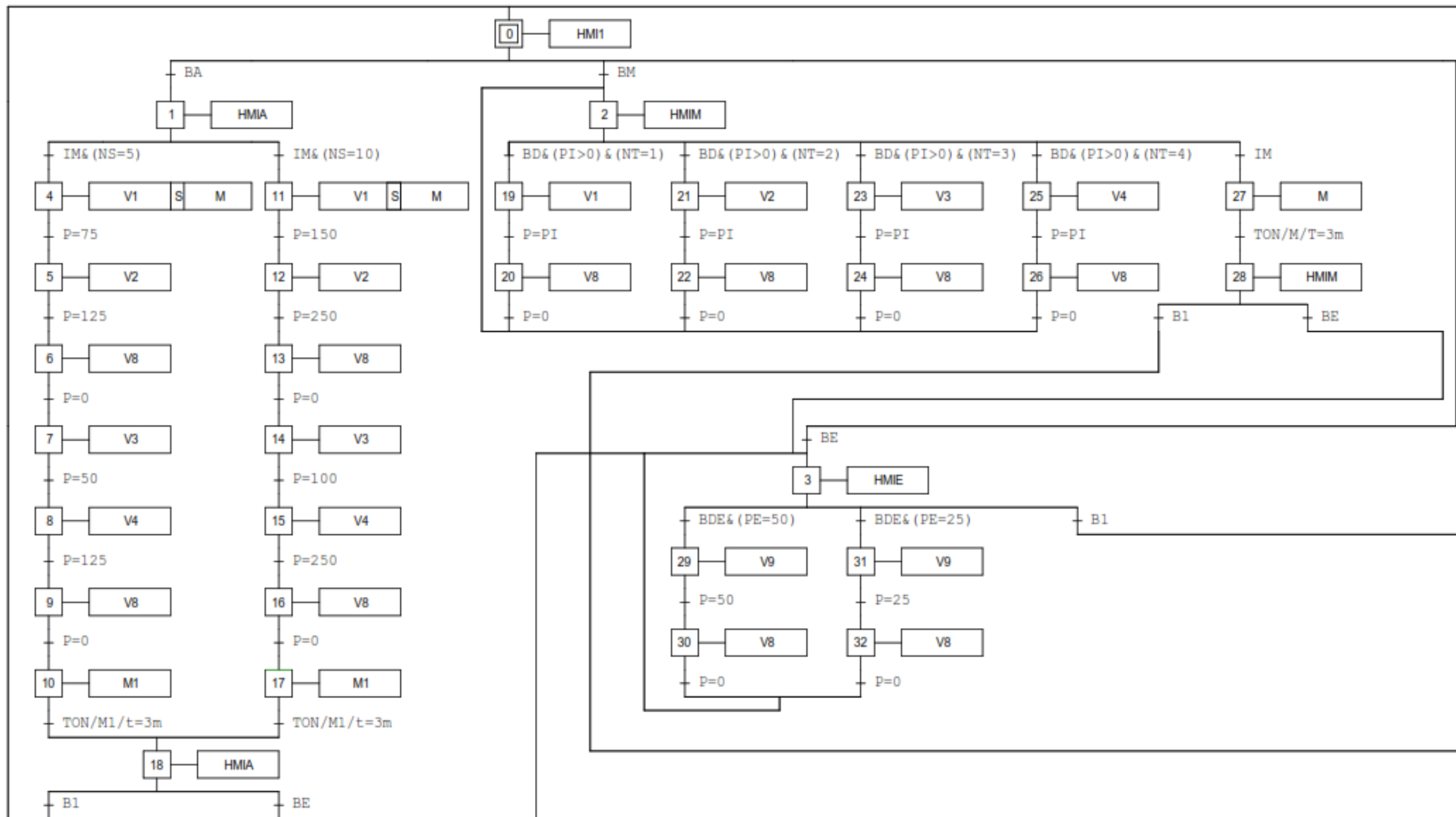
Diseño electrónico – circuito de pesaje

Tolva de pesaje



Pesaje de dosificación







MEZCLADORA DE FERTILIZANTES

MENÚ

- MEZCLA APORQUE
- MEZCLA SIEMBRA
- MEZCLA MANUAL
- ENSACADO
-

INDICADORES

Motor

Válvula de pesaje

Tolva de pesaje
###.# Kg

Válvulas de dosificación

T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7

Paro de emergencia **Paro de emergencia**

Encasado Panel

MEZCLA MANUAL

TOLVA 1 TOLVA 2 TOLVA 3 TOLVA 4 TOLVA 5 TOLVA 6 TOLVA 7

Seleccione tolva

Selección Tolva 1

Seleccione tolva

Ingrese los kilos que desea

###.#Kg

Dispensar selección Iniciar mezcla Encerar tolva

Selección

Tolva##

Peso ingresado ###.# Kg

Pesaje de tolva ###.# Kg

Dosificando

Mezclando

Mezcla terminada

MEZCLA PARA SIEMBRA

TOLVA 1 TOLVA 2 TOLVA 3 TOLVA 4

Seleccione el numero de sacos a mezclar

Numero de sacos

Numero de sacos

5 Sacos

10 Sacos

Iniciar mezcla

Pesaje de tolva ###.# Kg

Mezcla Activa

Dosificando

Mezclando

Mezcla terminada

ENSACADO

Seleccione el peso a ensacar

Peso ensacado

Peso ensacado

1 Arroba

25 Kilos

50 Kilos

Encerar pesaje

Dosificar

Encender motor

Detener motor

Peso del saco ## Kg

Valvula de dosificación

Motor

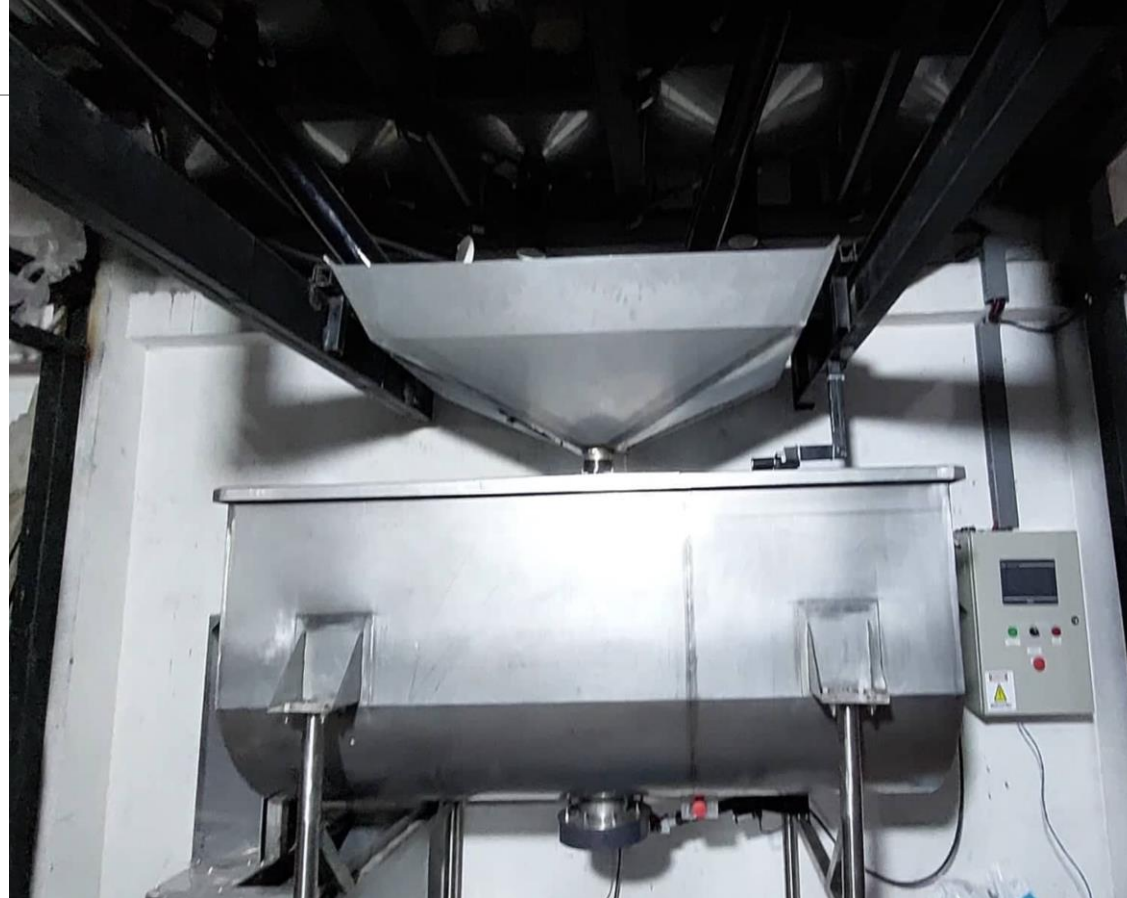
Paro de emergencia

Tablero de control



Construcción





Pruebas y resultados

Para evaluar el correcto funcionamiento de la máquina mezcladora se ha planteado las siguientes pruebas:

- Tiempo de apertura y cierre de las válvulas de dosificación.
- Tiempo que demora en caer el material desde cada tolva de almacenamiento
- Tiempo que demora en caer el material desde la tolva de pesaje
- Pruebas de pesaje de la tolva pesadora.
- Tiempo de mezclado para la homogenización del material.
- Pruebas de pesaje de ensacado.

Tiempo de apertura y cierre de las válvulas de dosificación

Válvulas	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
V1	4.89s	5s	4.8s	4.8s	4.8s
V2	5.05s	5s	4.7s	5.07s	5s
V3	4.93s	4.8s	4.9s	4.9s	4.99s
V4	5.07s	4.9s	5s	5.03s	5.02s
V5	4.91s	5s	4.9s	5.02s	4.9s
V6	5.02s	5s	5s	5s	5.07s
V7	4.97s	4.9s	5s	5.12s	4.9s
V8	5s	4.8s	5s	5s	5s
V9	9.89s	10.09s	9.94s	10.04s	10.1s

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n * = \frac{(X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

$$\bar{X} = \frac{4.8 + 5 + 4.99 + 5.02 + 4.9 + 5.07 + 4.9 + 5}{8}$$

$$\bar{X} = 4.96$$

$$\sigma = 0,081$$

Se llega a la conclusión de que al ser todos los actuadores del mismo modelo y con la misma estructura desde la válvula 1 hasta la válvula 8 sus tiempos son los mismos

Tiempo que demora en caer el material desde cada tolva de almacenamiento

Número de tolva	Peso máximo en mezcla (Kg)
Tolva 1	250
Tolva 2	250
Tolva 3	100
Tolva 4	50
Tolva 5	50
Tolva 6	25
Tolva 7	25

Válvulas	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
V1	295.2 s	304.45 s	290.5 s	293.12 s	298.57 s
V2	224.65 s	218.92 s	215.89 s	228.63 s	222.19 s
V3	72.19 s	78.79 s	77.26 s	77.82 s	79.12 s
V4	44.05 s	47.12 s	49.38 s	42.27 s	45.93 s
V5	54.92 s	59.12 s	57.56 s	53.93 s	55.08 s
V6	24.35 s	25.14 s	24.46 s	26.36 s	31.74 s
V7	21.97 s	24.09 s	27.89 s	28.95 s	24.33 s

$$Td_{aporque} = 304.45 + 79.12 + 49.38 + 59.12 + 31.74 + 28.95$$

$$Td_{aporque} = 552.76 \text{ s}$$

$$Td_{siembra} = 228.45 + 79.12 + 49.38 + 59.12 + 31.74 + 28.95$$

$$Td_{siembra} = 476.76 \text{ s}$$

Después de realizar las pruebas de los tiempos para una mezcla de 10 sacos que es la máxima que se puede mezclar se ha tomado los tiempos máximos para cada mezcla.

Tiempo que demora en caer el material desde la tolva de pesaje

Prueba	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tiempo(s)	75.12	78.52	72.90	74.38	80.26	73.84	79.23	75.56	77.32	72.12

$$Td_{\text{pesaje}} = \frac{75.12 + 78.52 + 72.90 + 74.38 + 80.26 + 73.84 + 79.23 + 75.56 + 77.31 + 72.12}{10}$$

$$Td_{\text{pesaje}} = 75.92 \text{ s}$$

Como en una mezcla de 10 quintales la válvula de pesaje se va a abrir 5 veces el tiempo máximo que se demora en dosificar será 5 veces Td_{pesaje} .

$$Tmax_{\text{aporque}} = 15.53 \text{ minutos}$$

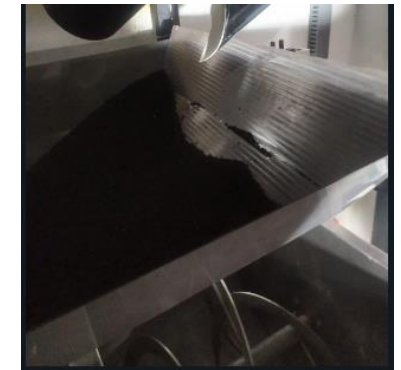
$$Tmax_{\text{siembra}} = 14.27 \text{ minutos}$$

Pruebas de pesaje de la tolva pesadora

Pesos (Kg)	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4		Prueba 5	
	Sc	Sa	Sc	Sa	Sc	Sa	Sc	Sa	Sc	Sa
25	23.6	24.9	26.9	25.3	25.5	25.3	30.2	24.6	26.3	24.9
50	47.3	49.6	48.9	50.3	54.3	49.9	52.3	50.3	50.6	49.9
75	78.9	74.6	73.2	75.6	71.1	74.9	74.3	74.6	76.9	74.9
100	92.6	99.6	89.1	99.9	98.9	100.6	97.3	99.3	98.3	99.3



Pesos (Kg)	%Error 1		%Error 2		%Error 3		%Error 4		%Error 5	
	Sc	Sa	Sc	Sa	Sc	Sa	Sc	Sa	Sc	Sa
25	5.6	0.4	7.6	1.2	2	1.2	20.8	1.6	5.2	0.4
50	5.4	0.8	2.2	0.6	8.6	0.2	4.6	0.6	1.2	0.2
75	5.2	0.5	2.4	0.8	5.2	0.13	74.3	0.53	0.93	0.13
100	7.4	0.4	10.9	0.1	1.1	0.6	2.7	0.7	1.7	0.7



Luego de determinar los porcentajes de error de los diferentes pesajes realizados se determina que la

máquina tendrá un error de pesaje del 1% lo cual no afecta en nada a la mezcla final del producto.

Tiempo de mezclado para la homogenización del material.

Las tres pruebas que se realizaron fueron monitoreadas por el ingeniero a cargo de la empresa quien conoce cuando la mezcla está homogénea

Mezcla	10 quintales	5 quintales	5 quintales
Tiempo (segundos)	260.54	175.97	180.85



$$T_{totalmezclasiembra} = T_{mezclado} + T_{maxsiembra}$$

$$T_{totalmezclasiembra} = 18.62 \text{ minutos}$$

$$T_{totalmezclaaporque} = T_{mezclado} + T_{maxaporque}$$

$$T_{totalmezclaaporque} = 19.88 \text{ minutos}$$

Como se puede observar el tiempo total máximo de una mezcla hasta el ensacado es de 19.88 minutos

Pruebas de pesaje ensacado

Ensacado	Tiempo de ensacado(s)	Valor en pantalla (Kg)	Valor real (Kg)	%Error
Ensacado 1	19.72 s	49	49.70	1.40
Ensacado 2	21.87 s	50	50.2	0.39
Ensacado 3	22.32 s	50	49.85	0.3
Ensacado 4	20.74 s	49	49.6	0.7
Ensacado 5	26.97 s	50	50.10	1.2
Ensacado 6	20.32 s	50	50.05	0.09
Ensacado 7	22.14 s	49	49.60	1.2
Ensacado 8	21.36 s	48	49.20	2.43
Ensacado 9	23.15 s	49	48.95	0.1
Ensacado 10	28.73 s	50	49.90	0.2
Ensacado 11	18.39 s	51	51.3	0.5
Ensacado 12	20.37 s	52	52.55	1.04
Ensacado 13	21.12 s	50	50.10	0.19
Ensacado 14	22.81 s	51	50.45	1.09
Ensacado 15	24.93 s	48	48.80	1.63

$$T_{total} = 1192.9 s + (21 s * 10)$$

$$T_{total} = 23.38 \text{ minutos}$$



El tiempo que demora en ensacar es el promedio de todos los tiempos obtenidos dando un resultado de 21 segundos

Validación de hipótesis

¿El diseño e implementación de un sistema mecatrónico para el mezclado de fertilizantes mediante el control y automatización de procesos permitirá la optimización de tiempo y reducción del esfuerzo del personal en la empresa agrícola “Tiagro” de la ciudad de Machachi?

H₀: El diseño e implementación de un sistema mecatrónico para el mezclado de fertilizantes mediante el control y automatización de procesos no permitirá la optimización de tiempo y reducción del esfuerzo del personal en la empresa agrícola “Tiagro” de la ciudad de Machachi

H₁: El diseño e implementación de un sistema mecatrónico para el mezclado de fertilizantes mediante el control y automatización de procesos sí permitirá la optimización de tiempo y reducción del esfuerzo del personal en la empresa agrícola “Tiagro” de la ciudad de Machachi

Para validar esta hipótesis se ha planteado realizar un diagrama de operaciones de procesos para el mezclado manual de fertilizantes

Diagrama de Operaciones de Proceso

Hoja N° 1 De: 1 Diagrama N°:1		Operar.	Mater.	Maqui.						
Proceso: Mezclado de 10 quintales de fertilizantes manualmente		RESUMEN								
Fecha: 06/08/2022	SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.					
El estudio Inicia: Elección de la mezcla a realizarse	●	Operación	147							
Método: Actual: __X__ Propuesto: __	→	Transporte	20							
Producto:	■	Inspección	1							
Nombre del operario:	D	Espera	0							
Elaborado por:	▼	Almacenaje	10							
Tamaño del Lote:	Total de Actividades realizadas		178							
	Distancia total en metros		40							
	Tiempo min/hombre		198							
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
					●	→	■	D	▼	
1	Selección de los componentes de la mezcla	1		120,0	●					
2	Transportar los componentes al lugar donde se va a mezclar	10	20,0	1200,0		→				
3	Abrir los quintales que serán usados en la mezcla	10		600,0	●					
4	Volterar los costales de uno en uno para la mezcla	10		600,0	●					
5	Mezclar los componentes	5		3600,0	●					
6	Verificar que la mezcla este correcta	1		60,0				D		
7	Colocar con palas el material mezclado en los costales	100		1800,0	●					
8	Pesar los costales para tener un peso correcto	10		1800,0	●					
9	Coser los costales	10		600,0	●					
10	Llevar los quintales mezclados a su lugar	10	20,0	1200,0		→				
11	Limpieza del area	1		300,000	●					
Tiempo Minutos: 198,0		m	40,0	11.880,0	s					



Podemos determinar que el tiempo de mezclado debe ser menor a 198 min y las actividades realizadas menores a 178 para poder aceptar la hipótesis alternativa.

Después de realizar el diagrama de operaciones de procesos podemos determinar que el tiempo de mezclado debe ser menor a 198 min y las actividades realizadas menores a 178 para poder aceptar la hipótesis alternativa.

$$H1 \text{ si } \begin{cases} \text{tiempo de la mezcladora} < 198 \text{ min} \\ \text{número de actividades} < 179 \end{cases}$$

$$H0 \text{ si } \begin{cases} \text{tiempo de la mezcladora} > 198 \text{ min} \\ \text{número de actividades} > 179 \end{cases}$$

Diagrama de operaciones de proceso para el mezclado mediante el sistema de mezclado automatizado

Diagrama de Operaciones de Proceso									
Hoja N° 1 De: 1 Diagrama N°:1		Operar. <input checked="" type="checkbox"/> Mater. <input type="checkbox"/> Maqui. <input type="checkbox"/>							
Proceso: Mezclado de 10 quintales de fertilizantes mediante el sistema de mezclado automatizado		RESUMEN							
Fecha: 06/08/2022		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.			
El estudio Inicia: Elección de la mezcla a realizarse		●	Operación	21					
Método: Actual: <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto: <input type="checkbox"/>		→	Transporte	17					
Producto:		■	Inspección	10					
Nombre del operario:		◐	Espera	1					
Elaborado por:		▼	Almacenaje	10					
Tamaño del Lote:		Total de Actividades realizadas		59					
		Distancia total en metros		34					
		Tiempo min/hombre		58					
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS				
					●	→	■	◐	▼
1	Colocar los componentes en sus tolvas respectivas	7	14,0	600,0					
2	Seleccionar la mezcla que desea	1		5,0					
3	Esperar el tiempo de mezclado	1		1193,0					
4	Ensacar los quintales	10		210,0					
5	Movilizar los quintales para se cocidos	10	10,0	300,0					
6	Coser los costales	10		600,0					
7	Apilar los sacos en su lugar	10	10,0	600,0					
Tiempo Minutos: 58,5		m	34,0	3.508,0	s				

El sistema de mezclado reduce el tiempo a 58min comparada con las 3 hora y media de mezcla manual, es decir, hay una reducción de casi el 70% del tiempo. Además, que las actividades para el personal se reducen a 59 en comparación a las 149 de la mezcla manual, existiendo una reducción de casi 60%

De acuerdo a los diagramas de operaciones de procesos el tiempo del proceso para una mezcla de 10 quintales utilizando el sistema de mezclado es de 58 min y el número de actividades es de 59 siendo estas menores al tiempo de 198 y 178 actividades por lo tanto se concluye que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, confirmando la validez del proyecto.

H1: El diseño e implementación de un sistema mecatrónico para el mezclado de fertilizantes mediante el control y automatización de procesos sí permitirá la optimización de tiempo y reducción del esfuerzo del personal en la empresa agrícola “Tiagro” de la ciudad de Machachi

Existen varios tipos como las mezcladoras horizontales, mezcladores cónica, mezcladoras verticales, entre otras y de acuerdo al tipo de materiales que se pretende mezclar se decidió que la mejor opción es la mezcladora horizontal con cintas doble helicoidales ya que, estas cintas no rompían el material y lograban una mezcla homogénea.

La mezcladora de fertilizantes logra cumplir la reducción del tiempo de mezclado ya que el tiempo que se demora en realizar todo el proceso de dosificación, mezclado y ensacado es de aproximadamente 58 min, comparado con el tiempo que una persona se demora mezclando de forma manual, todo el proceso se suele llevar a cabo en aproximadamente 3 horas, es decir se reduce casi un 70% el tiempo

El acoplar las válvulas de dosificación con los actuadores para lograr automatizar la mezcladora, logró reducir los costos ya que su costo es 10 veces menor, y su funcionamiento es adecuado para el proceso que se requiere

El acondicionamiento de las celdas mediante el uso de amplificadores operacionales permite realizar el mismo funcionamiento que los acondicionadores de señal existentes

La automatización realizada mediante el PLC Siemens Logo V8.3 con el software LogoSoft permitió un óptimo control de los sensores y actuadores encargados de dosificar la tolva de mezclado

Tras realizar las diferentes pruebas de dosificación, pesaje y medición de tiempos se llega a la conclusión de que las mezclas programadas cumplen con las fórmulas establecidas por la empresa



Para una correcta medición de las celdas de carga en la tolva de pesaje se recomienda realizar una estructura firme y sólida

En cuanto a las válvulas de dosificación si se requiere mejorar más los tiempos del sistema de mezclado se recomienda usar válvulas que ya tengan actuadores incorporados que se encuentran en el mercado, aunque a un precio elevado.

Se puede adaptar las celdas de carga a la tolva de mezclado para que los componentes caigan con mayor rapidez y se optimice aún más los tiempos de mezclado

En cuanto al ensacado de los fertilizantes se puede adaptar en trabajos futuros una banda transportadora para ayudar más en la reducción de esfuerzos de los trabajadores.

Para mejorar el sistema de mezclado realizado en el futuro se puede cambiar la tolva de pesaje para que sea de mayor capacidad y pueda lograr mejorar los tiempos

En cuanto al pesaje se puede mejorar el error de la tolva de ensacado para 25 y 1 arroba para que el usuario tenga más opciones al momento de ensacar

GRACIAS