



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Diseño e implementación de una tostadora automática de granos
mediante la caracterización y evaluación del comportamiento entre el
controlador moderno Fuzzy y el controlador clásico PID**

Taco Bonilla, Henry Salvador

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Maestría en Electrónica y Automatización mención Redes

Industriales

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magíster en Electrónica y Automatización
mención Redes Industriales

CÓDIGO: GDI.3.1.004

VERSIÓN: 1.0



PROBLEMA



Debido a la gran demanda de harinas que presenta la microempresa Bonilla – Camino ubicada en la ciudad de Guaranda; y a las pérdidas producidas en el proceso de tostado al realizar el proceso mediante el alquiler de tostadoras manuales las cuales no llevan un control de temperatura ni tiempo de tueste.; nace la necesidad de contar con una tostadora automática de granos (maíz, habas y trigo).

OBJETIVO

Diseñar e implementar una tostadora automática de granos para mejorar la productividad de harinas de la microempresa Bonilla -Camino mediante el análisis del comportamiento entre el controlador moderno Fuzzy y el controlador clásico PID.



Bonilla-Camino

Elaboración y Distribución de Harinas



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:



Investigar sobre las tostadoras automáticas de granos y su impacto en el mejoramiento de la producción de harinas.



Analizar el proceso de tueste que realiza la microempresa con los diferentes granos.



Diseñar y construir el sistema mecánico de la tostadora automática de granos en base al cilindro de tueste otorgado por la microempresa.



Implementar el sistema eléctrico y de control al sistema mecánico



Analizar y evaluar el comportamiento de los controladores Fuzzy y PID durante el proceso de tueste



HIPÓTESIS

La implementación de la tostadora automática de granos mejorará la producción de harinas en la microempresa Bonilla-Camino.



VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Variable Independiente:

Implementación de una tostadora automática de granos

Variable Dependiente:

Mejorará la producción de harinas



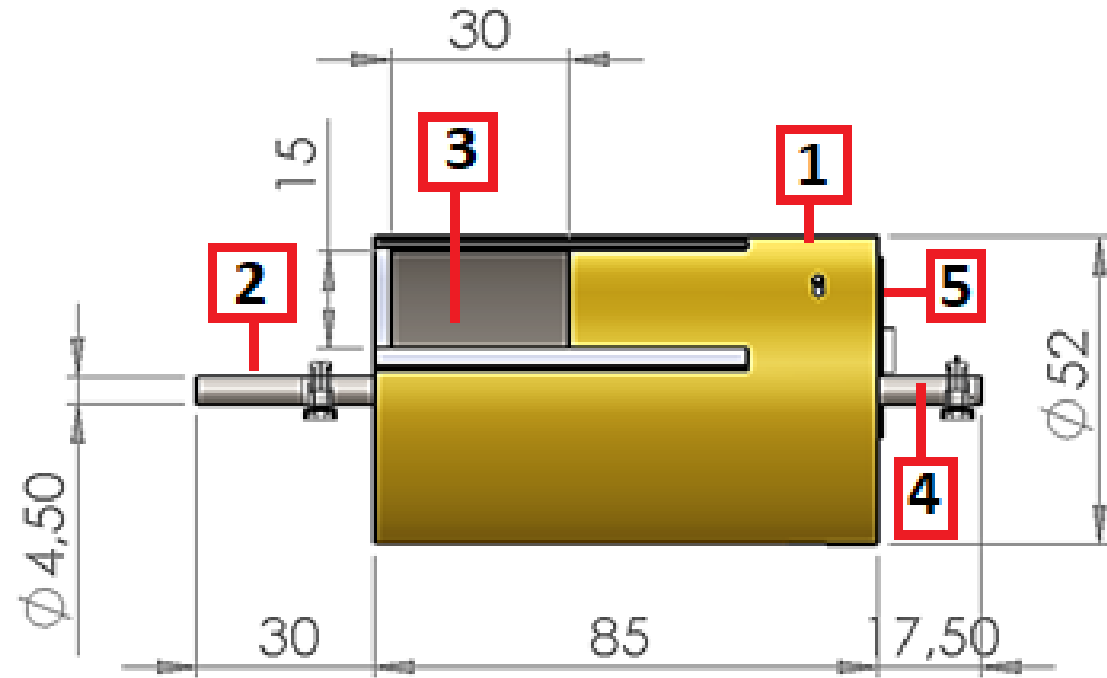
DISEÑO DE DETALLE

La Microempresa Bonilla Camino mediante su experticia de trabajo sugiere que el diseño de la tostadora automática de granos debe contar con los siguientes sistemas: sistema mecánico, sistema de tueste, sistema de transmisión de potencia y un sistema de control; es por ello que la microempresa ha otorgado los siguientes elementos: cilindro de tueste, motor monofásico y un PLC S7-1200, mismos elementos que se ha tomado como referencia para el diseño de los sistemas mencionados. Cabe señalar que la microempresa hace énfasis en la implementación de un modo manual y modo automático en el sistema de control.



Diseño Mecánico

Conformado por la estructura base y la tolva, dichos elementos son diseñados a partir de las dimensiones del cilindro de tueste: longitud y diámetro del cilindro, diámetro de los ejes, longitud de los ejes, medida de las compuertas de ingreso del grano y salida del grano,

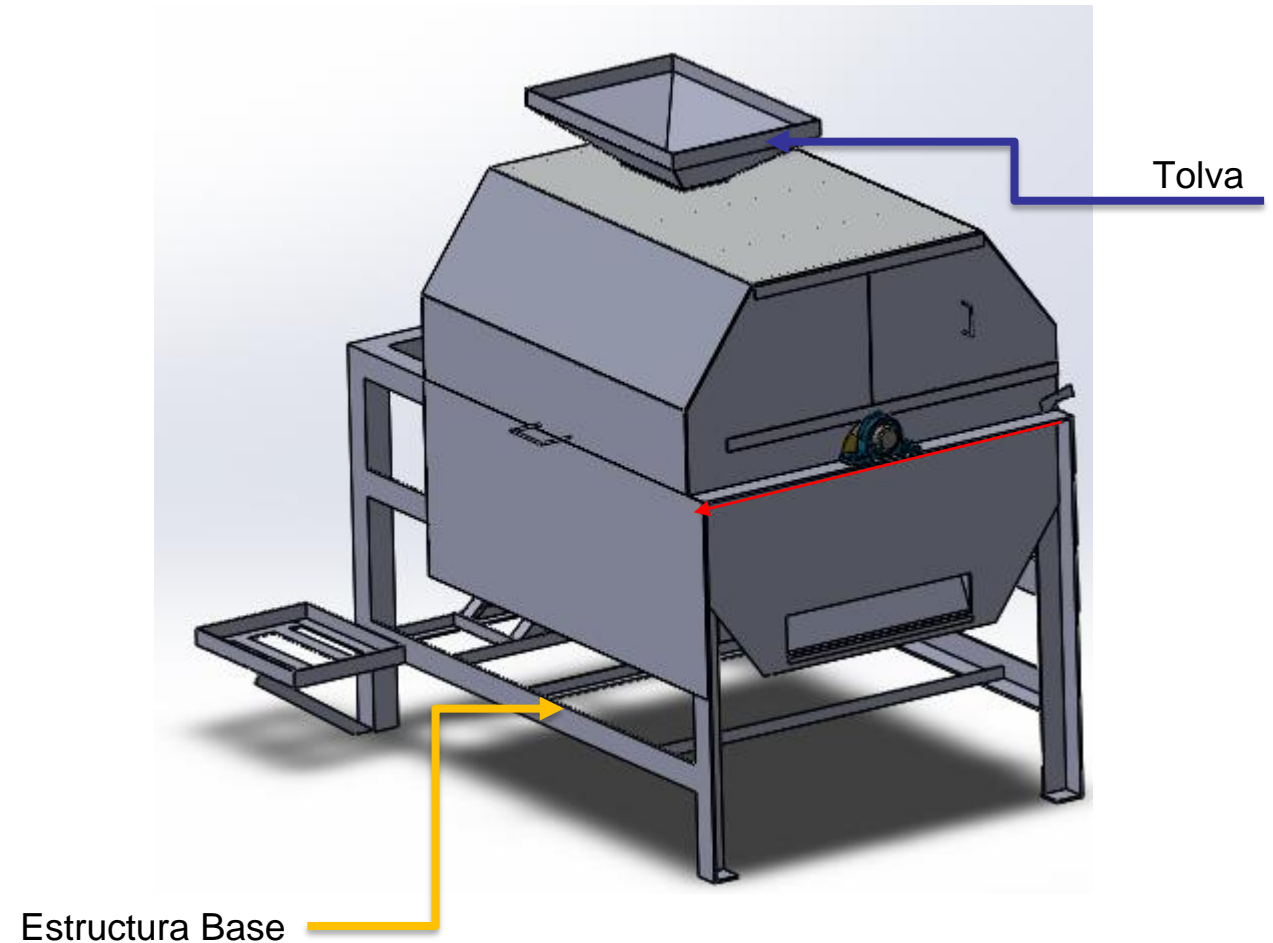


1. Cilindro, 2. Eje de trasmisión. 3. Compuerta de ingreso de grano, 4. Eje de apoyo, 5. Compuerta de salida de grano.

DISEÑO SISTEMA MECÁNICO

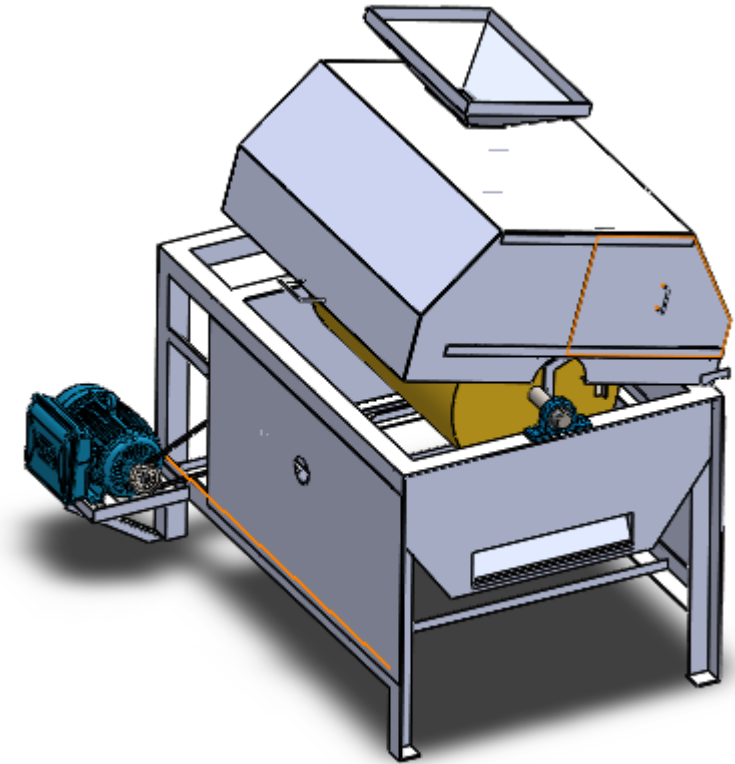
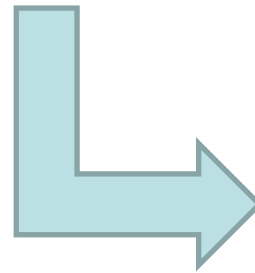
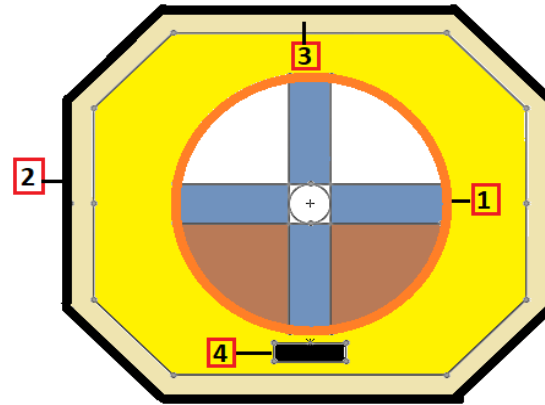
La estructura base y la tolva se diseñan partiendo del tercer criterio de diseño establecido por Robert Mott, el cual determina la forma y dimensiones de los componentes basándose en la carga y el material seleccionado.

- Acero ASTM A36
- 400 kg

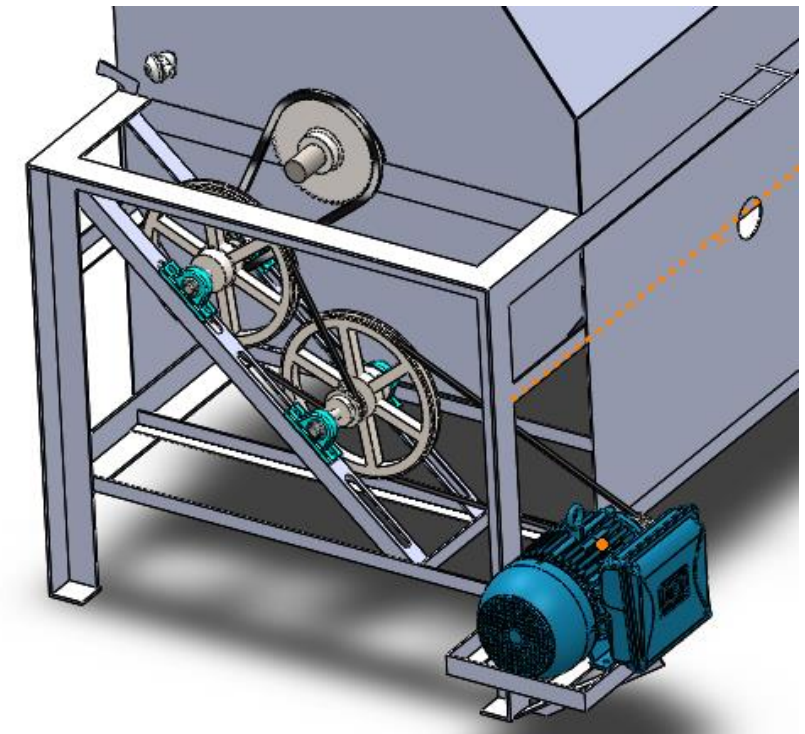
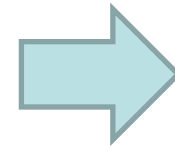
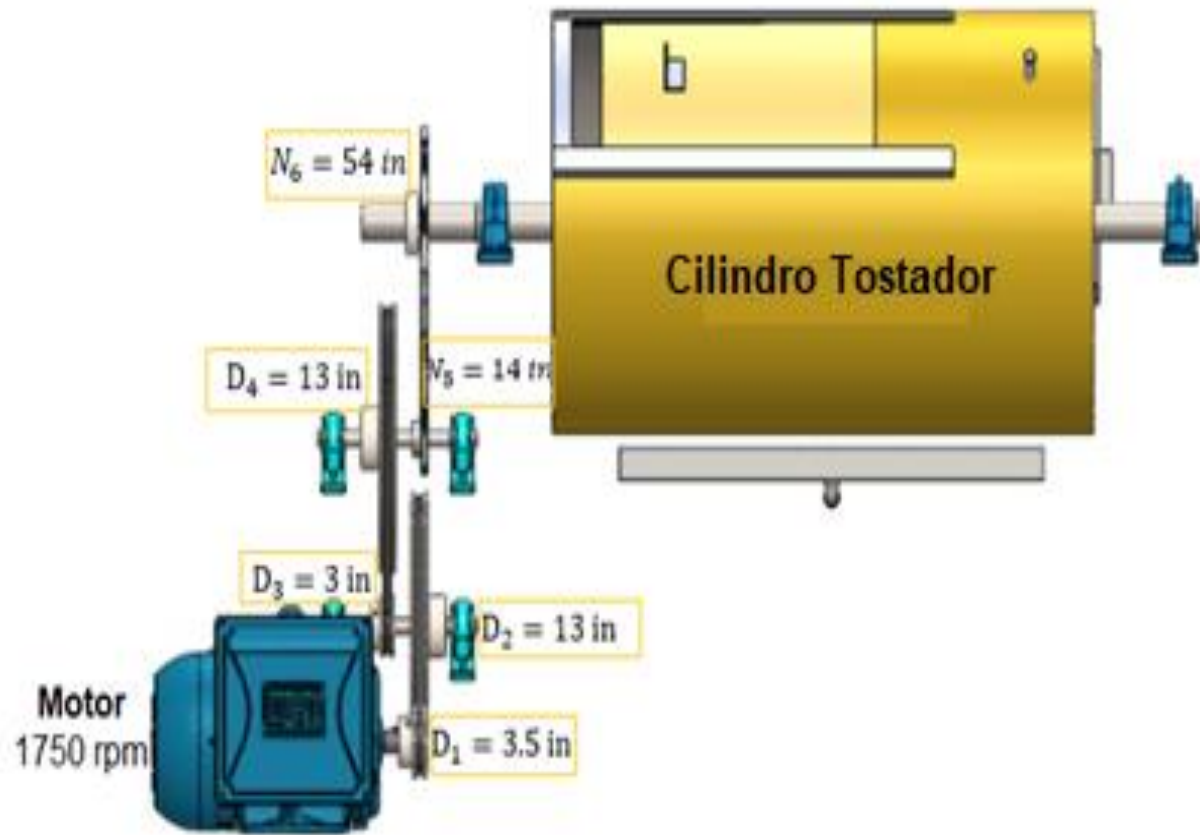


CÁMARA DE TUESTE

1. Cilindro de tueste
2. Cubierta de tueste
3. Aislante térmico
4. Quemador



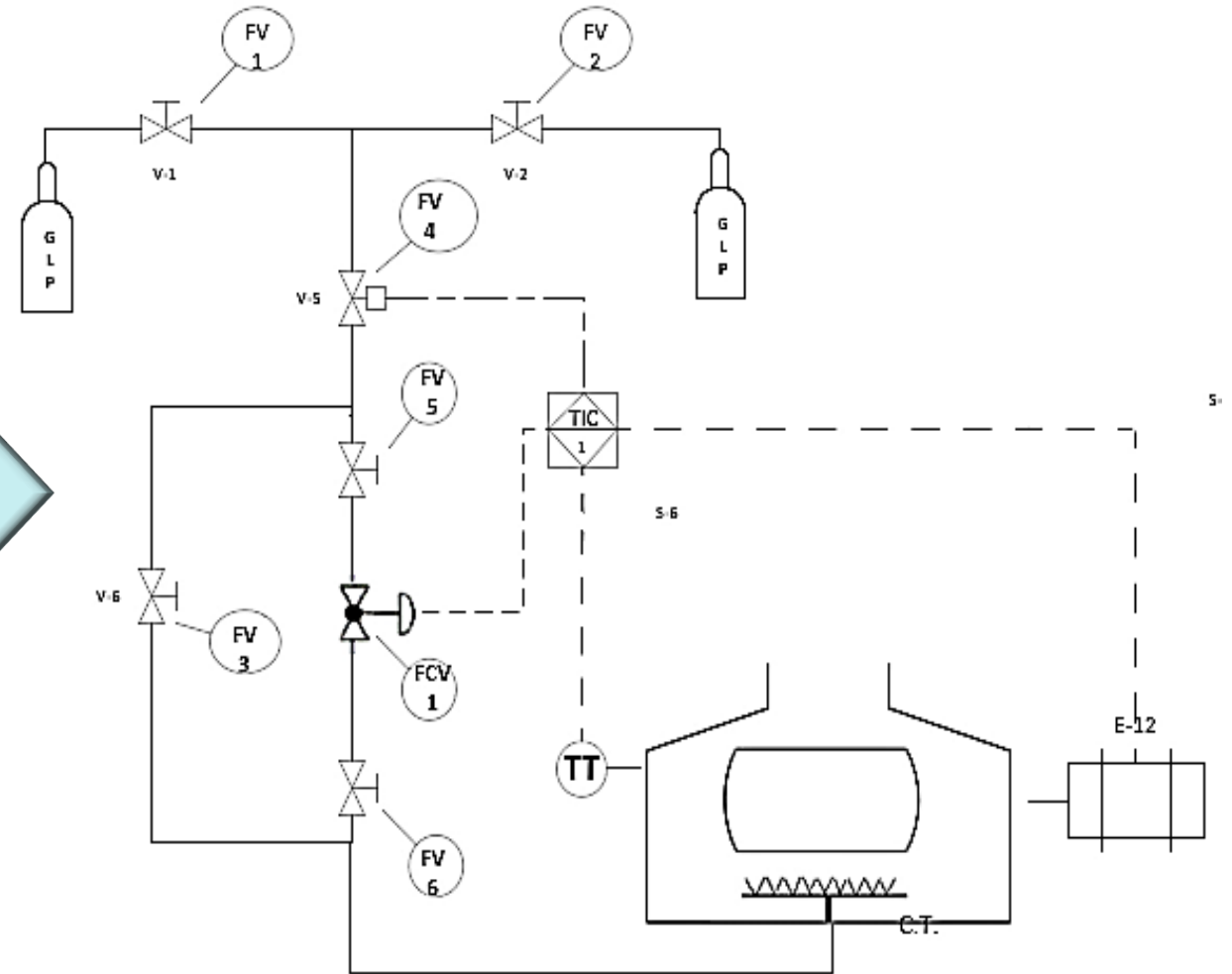
SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA



En base a los requerimientos de la microempresa Bonilla- Camino, se establece que la tostadora automática de granos debe contener dos controladores: control manual y automático, con la finalidad de precautelar la producción.

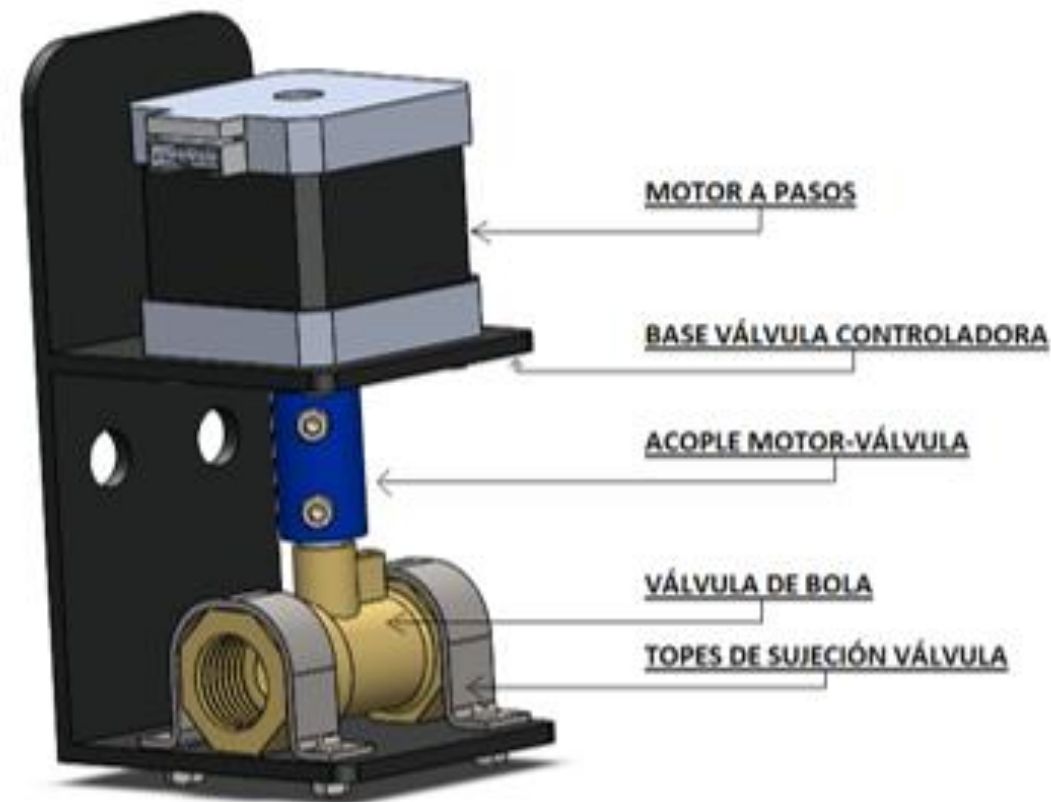
DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

En base al control: manual y automático se diseña el diagrama P&ID el cual se compone de los siguientes elementos: transmisor de temperatura (TT), válvula controladora de flujo (FCV), sistema bypass, electro válvula (FV- Electro válvula), motor eléctrico (M), controlador indicador de temperatura (TIC- PLC) y válvulas de flujo (FV).



Válvula de Control de Flujo

Por la escasez de válvulas controladoras en el mercado para tuberías con diámetro inferiores a las 5 pulgadas, se ha diseñado un prototipo de válvula controladora de flujo, la misma que está basado en el diámetro de la tubería, establecida en 3/8 de pulgada, para lo cual se obtiene una válvula de bola con mencionada especificación.



Selección del Sensor de Temperatura

Sensores de temperatura y sus características

Tipo	Termocupla	RTD	Termistor
Característica			
Rango de temperatura	-270 a 2980 °C	-180 a 630 °C	-55 a 180 °C
Linealidad	**	***	*
Precisión	*	***	*
Costo	*	**	*

TERMOCUPLAS METÁLICAS

Tipo	Combinación de metales	Sensibilidad	Rangos de temperatura
J	Hierro / Constantán	5.6 mV / 100°C	-40 a +750 °C
K	Cromo / Aluminio	3.6 mV / 100°C	-40 a +1200 °C
T	Cobre / Constantán	4.5 mV / 100°C	-50 a +400 °C
E	Cromo / Constantán	7.9 mV / 100°C	-40 a +900 °C

Termocuplas tipo k y sus características

Características				
	Termocupla Tipo K En Ojo, Diámetro 8mm	Sensor termocupla tipo k punta 50mm*5mm cable 5m 2 hilos	Termocupla tipo tornillo C106	Termocupla tipo cuello extendido C102A
Clase de protección	-	Depende del material	-	IP53
Tipo de conexión		Bayoneta	Rosca	Termo pozo
Tolerancia IEC	1	1	1 - 2	1
Rango Temperatura	0 - 400 °C	0 - 600°C	0 - 400 °C	0- 1200°C
Precio	\$ 10,00	\$20,00	\$ 5,00	\$ 45,00



Termocupla Tipo K (AC- C102a) Camsco

Está compuesta por dos alambres conductores de cromo y una aleación de níquel unidos en un extremo, el cual se expone al sistema sobre el que se desea medir la temperatura. Luego se genera un pequeño voltaje entre los alambres que es cuantificado para determinar la temperatura del sistema

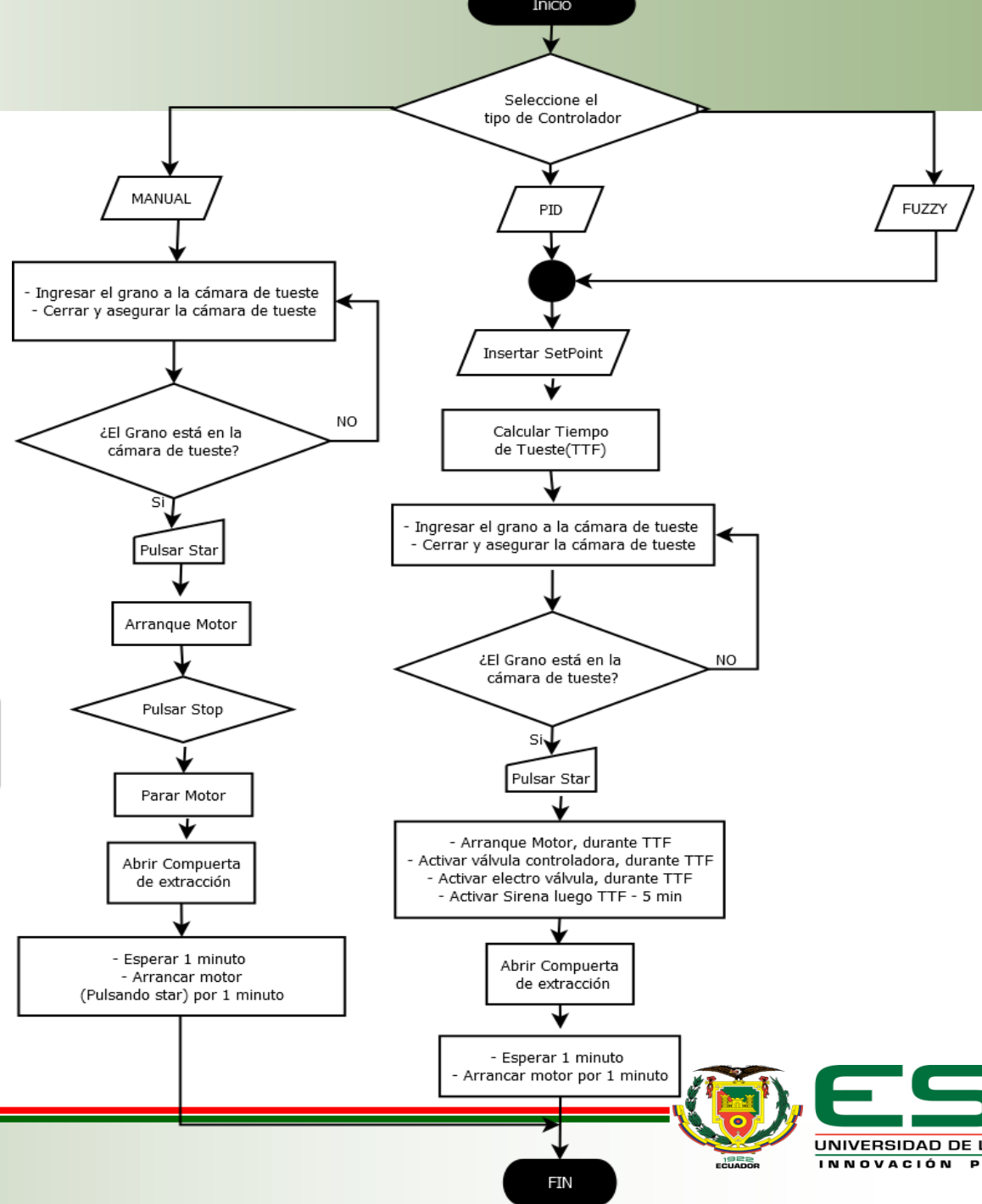
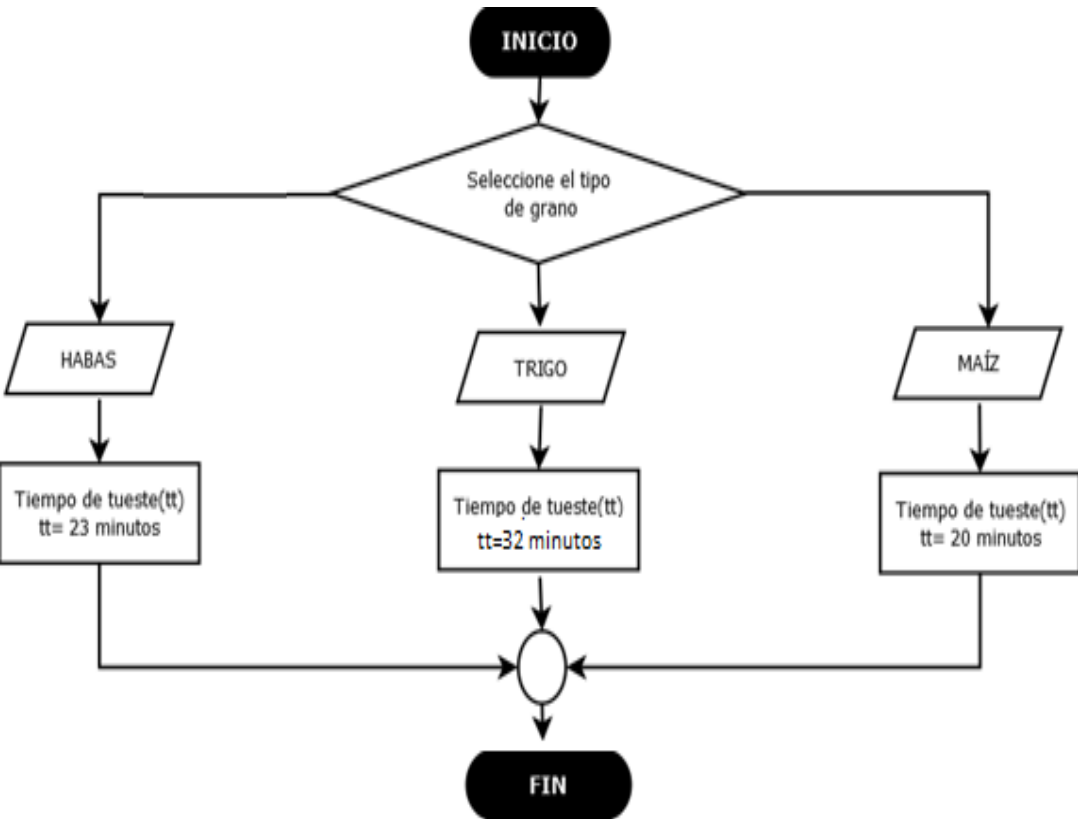


Transmisor de Temperatura

Transmisor de temperatura tipo K, 0 a 1100°C, 24V de CC, de marca Eoysncet, de 4 a 20 mA

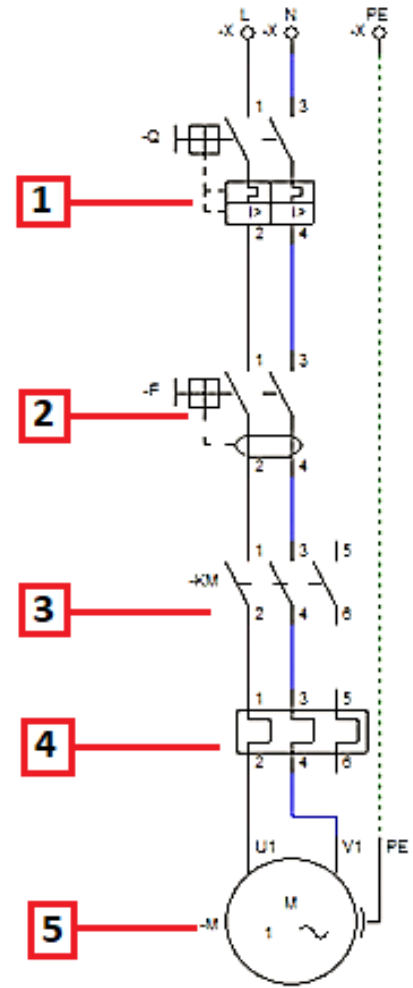
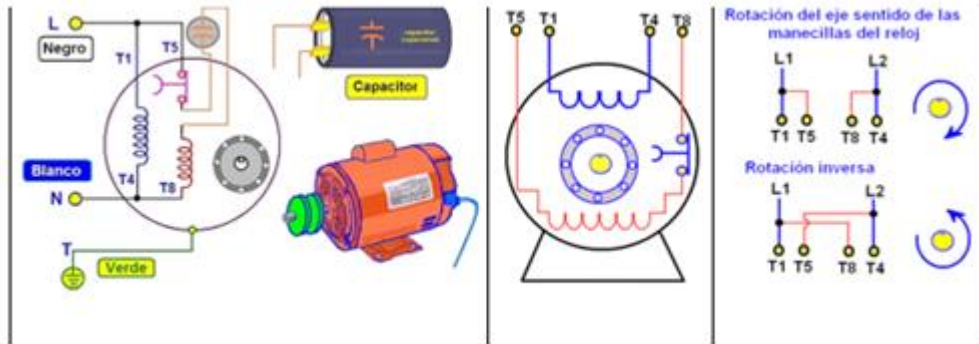


Funcionamiento

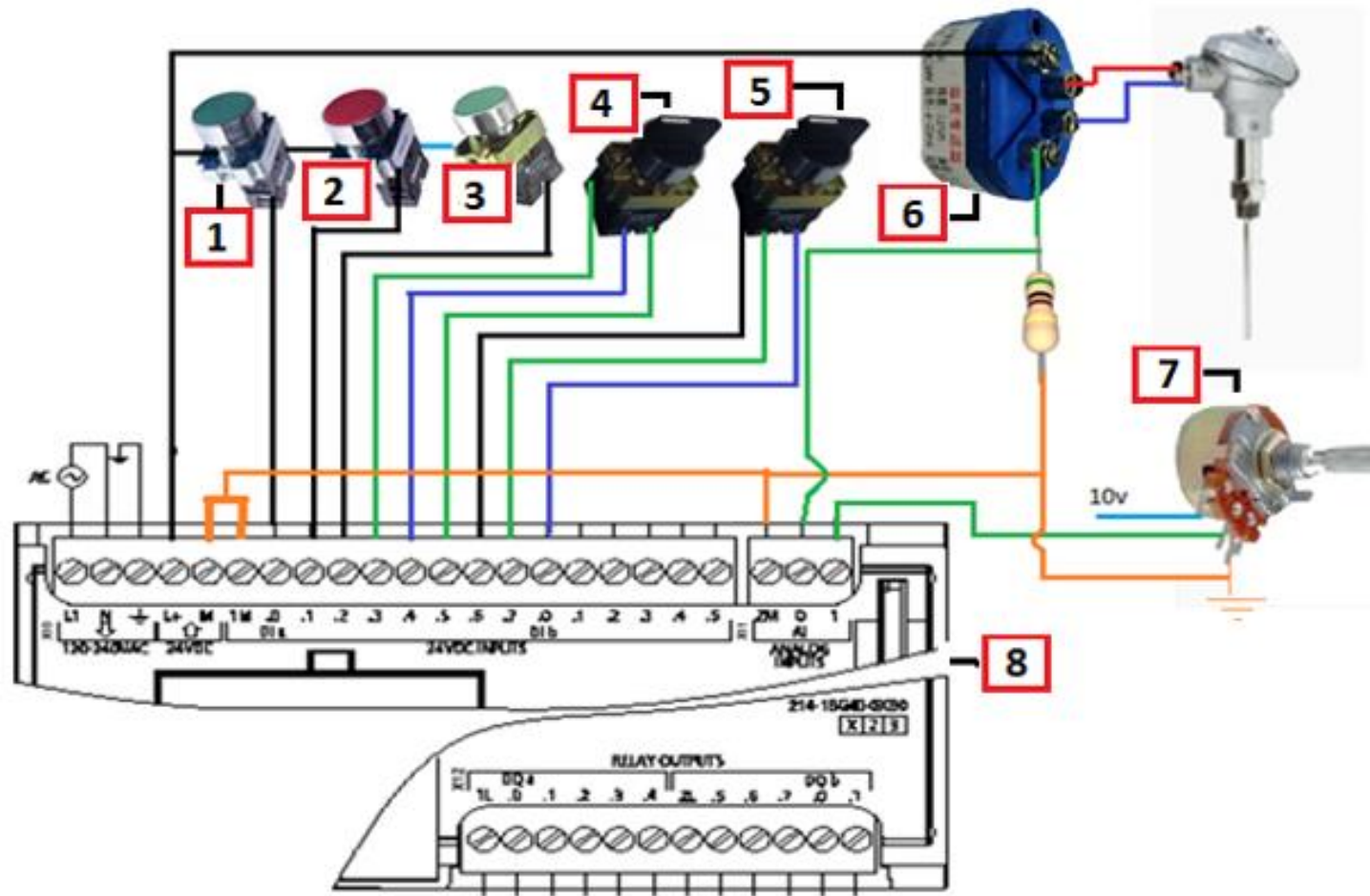


Circuito de Potencia

Basados en el motor otorgado por la microempresa, los elementos eléctricos a utilizar para su protección son: 1. Interruptor Termomagnético, 2. Interruptor diferencial, 3. Contactor, 4. Relé térmico, 5. Motor Monofásico



Esquema de Entradas al PLC S7-1200

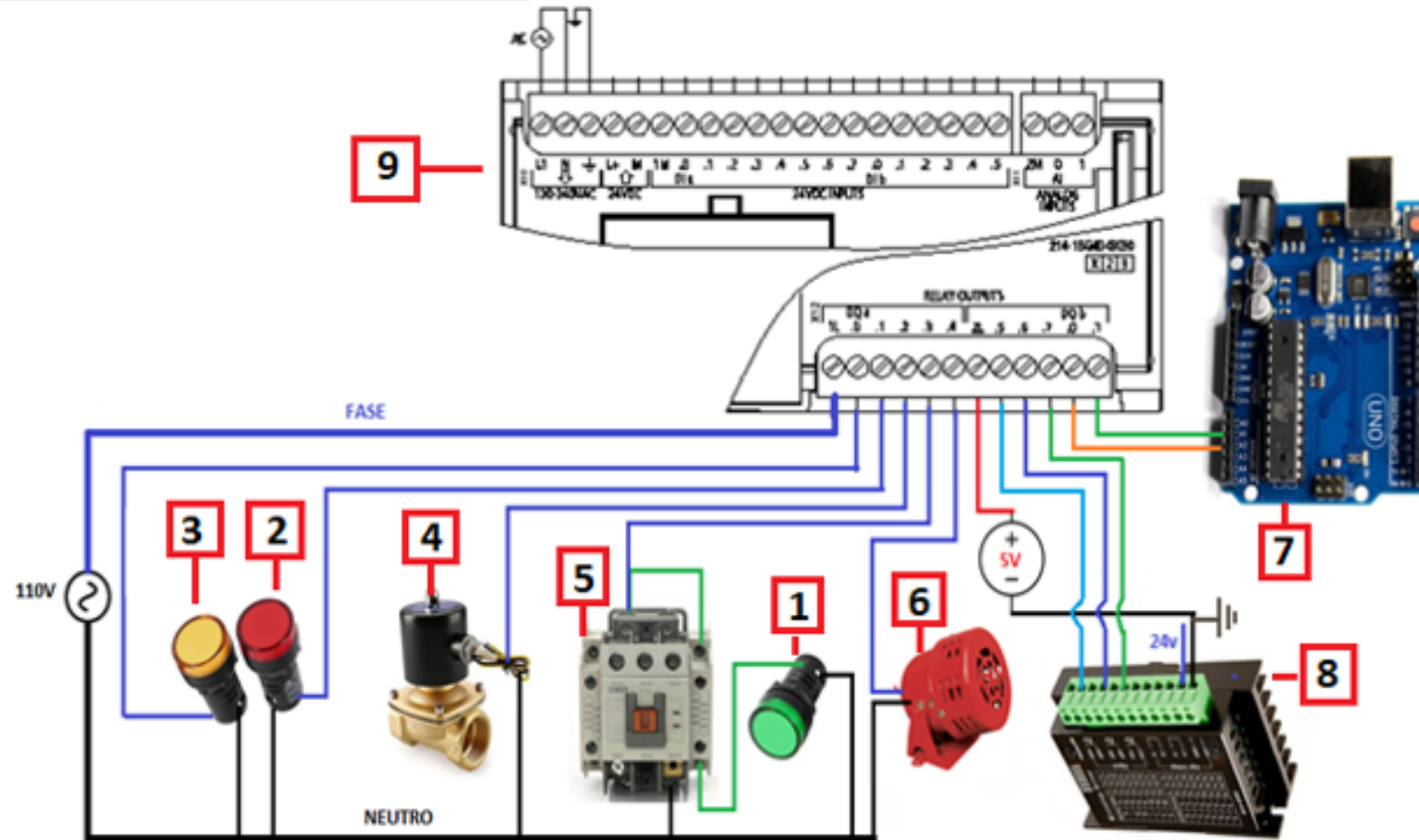


Nota. 1. Botón Arranque, 2. Botón Stop, 3. Botón Pulsos , 4. Selector de Grano, 5. Selector de Control, 6. Transmisor de temperatura, 7. Potenciómetro SetPoint, 8. PLC- s71200



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Esquema de Salidas del PLC S7-1200



Nota. 1. Indicador Arranque, 2. Indicador Stop, 3. Indicador Pulsos, 4. Electro válvula, 5. Contactor Magnético, 6. Sirena, 7. Tarjeta arduino uno, 8. Driver motor a pasos, 9. PLC S7-1200.



CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

EL sistema mecánico inicia con la construcción de la estructura base, el mismo que abarca al sistema de transmisión de potencia, sistema de tueste y parte del sistema de control como: tubería de GLP, sistema Bypass y termocupla.



Para la ejecución de los diversos procesos que requiere la construcción de la estructura base, tolva y la cubierta de tueste, es necesario contar con máquinas eficientes, herramientas en buen estado y materia prima de excelente calidad como se detalla en la Tabla 8

Materia prima	Herramientas	Procesos
Planchas de acero galvanizado espesor 7mm y 9mm. Ángulo Estructural ASTM A36 Ángulo en L 65X6 Ángulo en L 40X4 Ángulo en L 30X4 Platina 30X4 Eje de transmisión	Instrumento de Medición	Flexómetro
		Corte de material
		Regla metálica
		Esmerilado
		Calibrador
	Herramienta	Escuadra
		Doblado
		Taladrado
		Brocas
		Torneado
Limas		
Machuelado		
Machuelos		
Fresado		
Esmeril		
Máquina Herramienta	Prensas	
	Sierra de arco	
	Taladro	
	Amoladora	
	Torno	
	Fresadora	
	Esmeril	
	Equipo de Suelta	

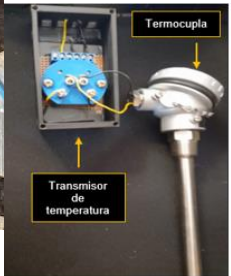


CONSTRUCCIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

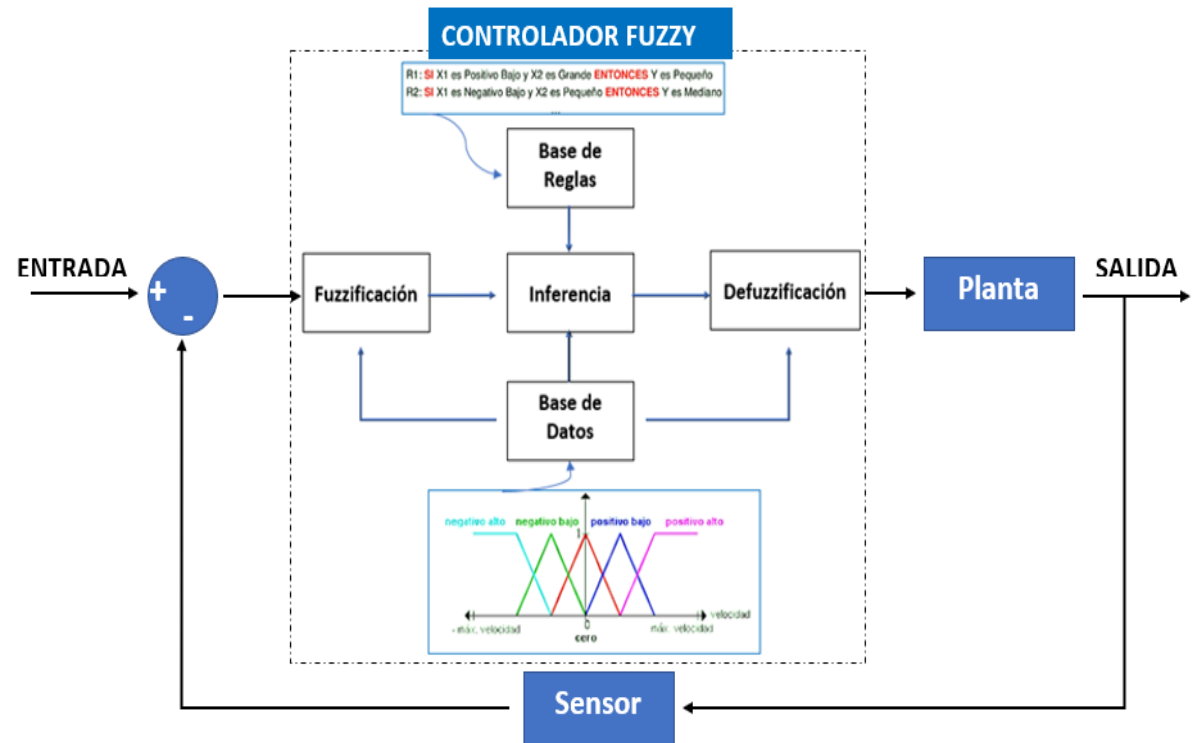
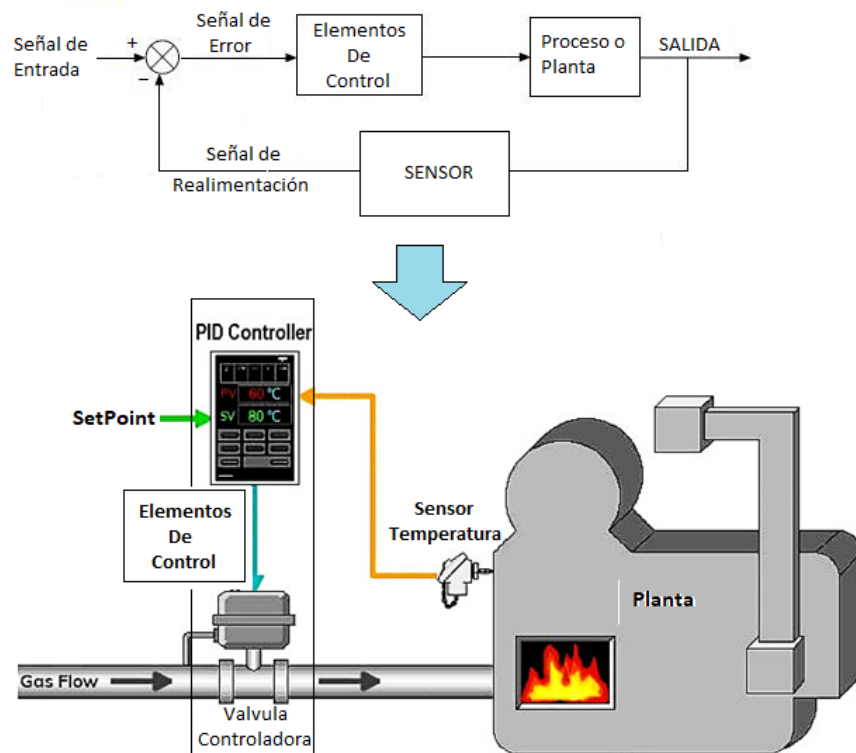
IMPLEMENTACIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

SISTEMA DE CONTROL

En esta sesión se implementa los controladores PID y Fuzzy de temperatura a la tostadora automática de granos. Para obtener una buena sintonización de los controladores, se procede al modelamiento de planta, el mismo que servirá de análisis en el comportamiento de los controladores con el sistema.

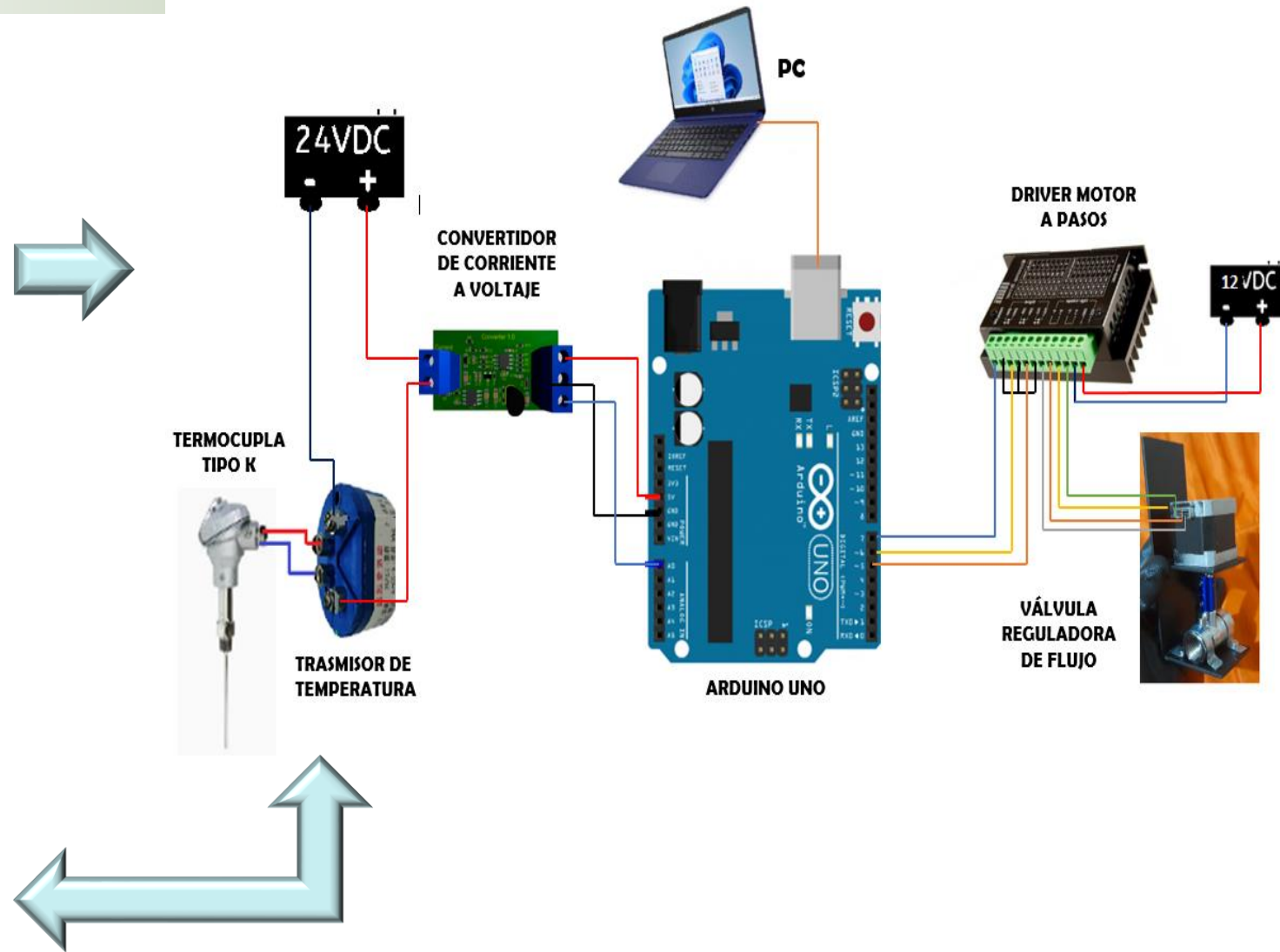


Función de Transferencia

El modelado según identificación del sistema trata del método experimental, que permite obtener el modelo del sistema a partir de datos reales de entrada y salida (E/S) de la planta. Al ser un método experimental se tiene que implementar un circuito para la toma de datos

From input "u1" to output "y1":
 $0.05474 s + 5.103e-05$

 $s^2 + 0.5611 s + 0.0002109$



PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO (MANUAL)

- Ingreso y Salida del Grano
- RPM cilindro de tueste
- DB general de la tostado de granos
- Creación de la flama
- Corriente y voltaje

Device Name:	Tostadora de Garanos
Device Description:	Giro del cilindro de tueste a plena carga 100lb en grano
Device RPM:	24
Check Date:	11-may-2023 3:43 p. m.



PRUEBAS MODO AUTOMÁTICO

Se centra en el comportamiento de los controladores PID y Fuzzy en el control de temperatura de la tostadora automática de granos.

El Set Point utilizado para las pruebas de los controladores en el entorno real es de 450°C

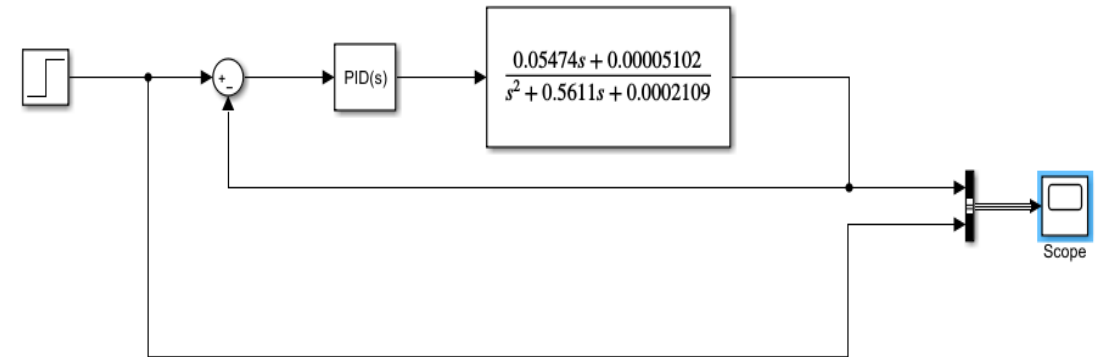
EL grano utilizado para esta pruebas es el haba



PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Modo Automático PID entorno simulado

Una vez implementado el circuito de bloques del proceso en lazo cerrado, se sintoniza el controlador y se analiza la gráfica de salida del proceso en respecto al tiempo. Parte de las pruebas del controlador es someter al sistema una perturbación para analizar el comportamiento de la misma. La sintonización del controlador PID de temperatura se lo realiza por medio del método estocástico.



Controller: PID Form: Parallel

Time domain:

- Continuous-time
 Discrete-time

Main PID Advanced Data Types State Attributes

Controller parameters

Source: internal
Proportional (P): 1
Integral (I): 1.3
Derivative (D): 0.00025

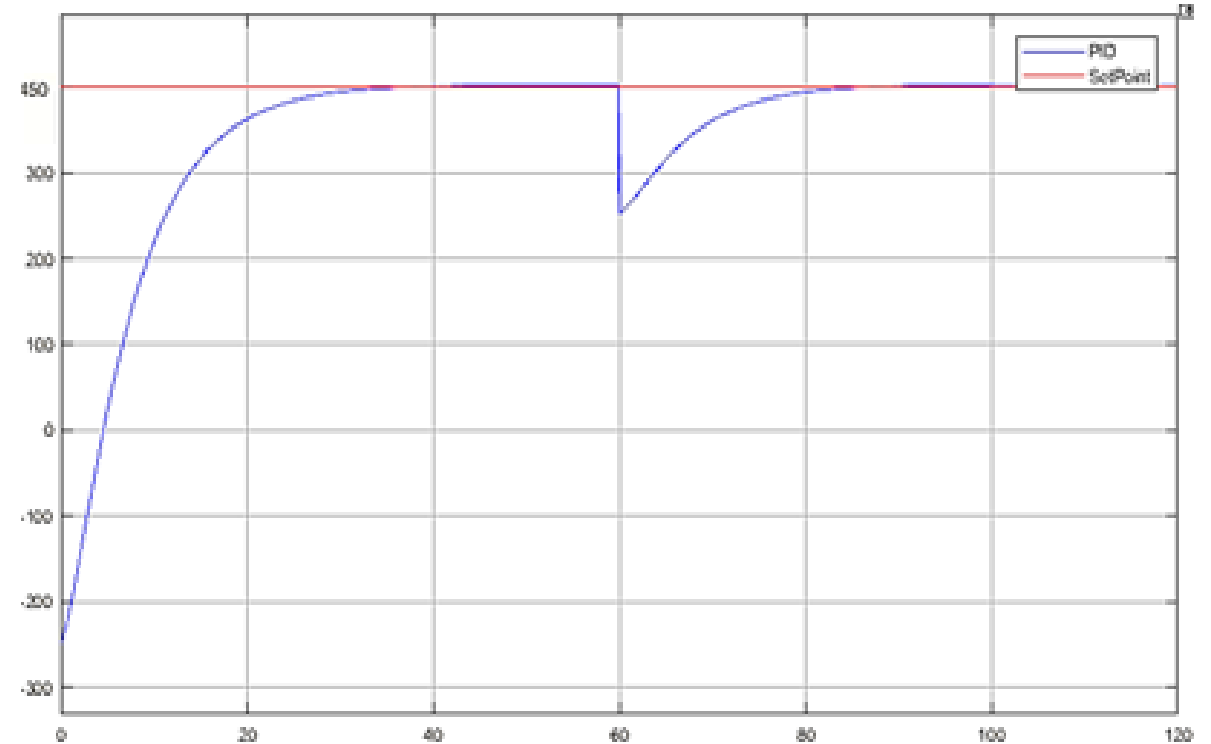


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Modo Automático PID entorno simulado

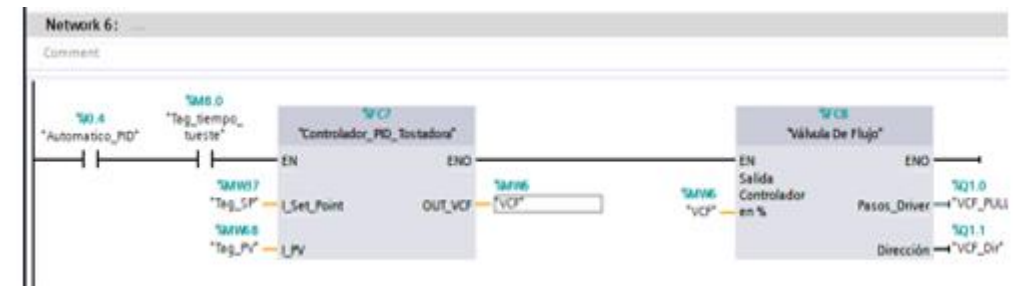
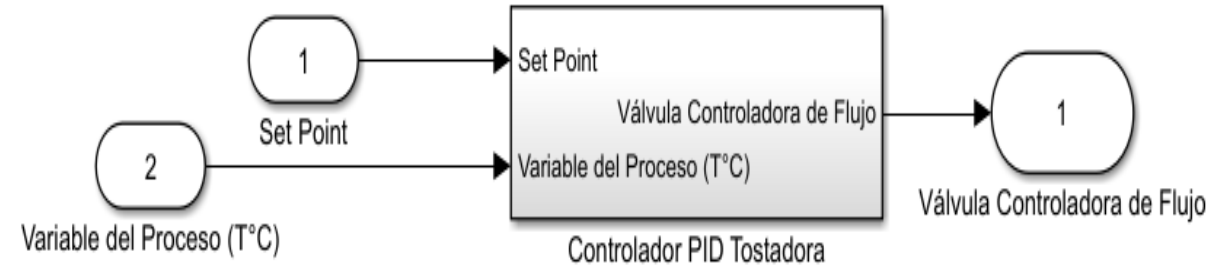
- El tiempo de establecimiento con un criterio del 98,2% es de 30 segundos y cumple con los objetivos de control (error de estado estacionario nulo, no sobre impulsos y mínimo tiempo de establecimiento) ya que no presenta oscilaciones.
- Al introducir una perturbación y recaer la variable de proceso a 250°C el controlador responde de manera adecuada y logra estabilizarse a los 25 segundos de registrar la perturbación, no presenta sobre impulso ni tampoco se apreció error en el estado estacionario.



PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Modo Automático PID entorno Real

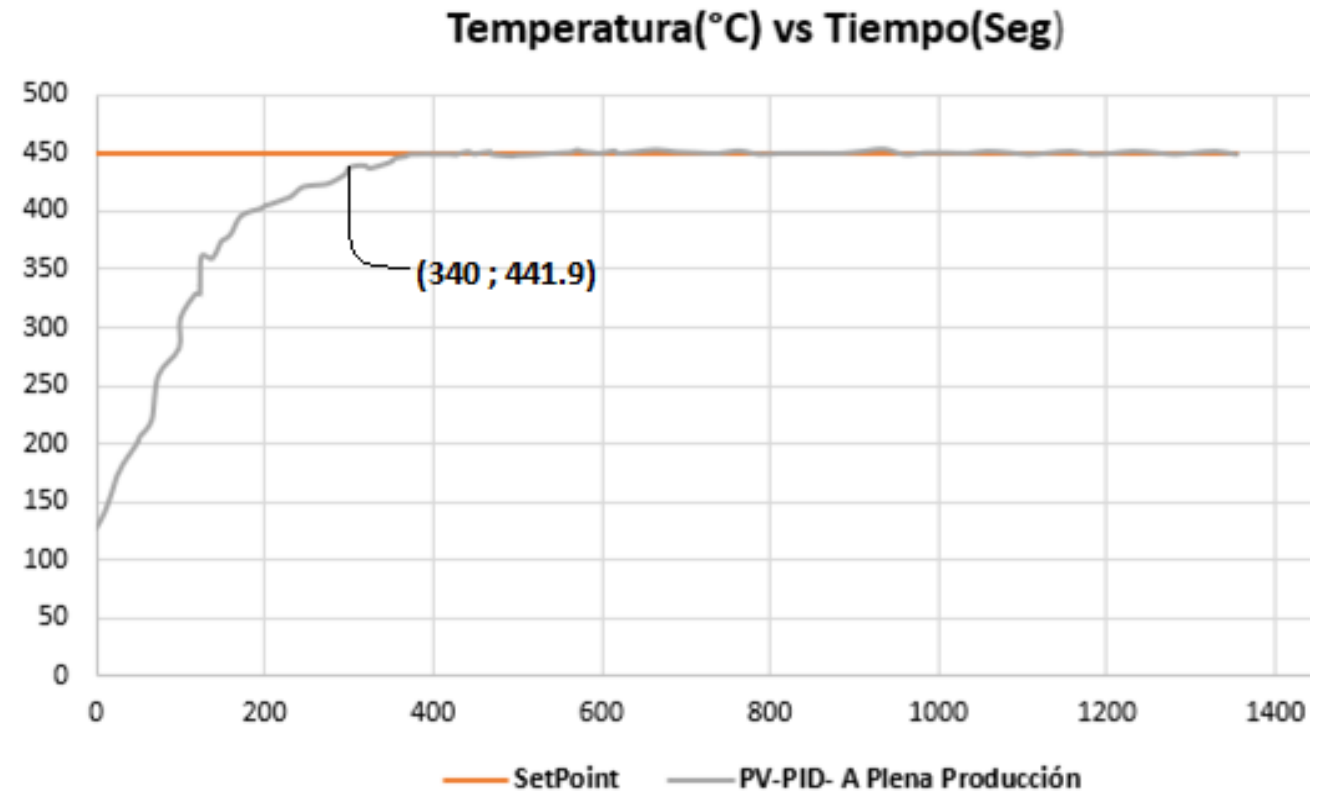
- Utilizando la herramienta de PLC CODE se traspasa en texto estructurado la codificación del PID realizado en Matlab a PLC S7 1200.
- Para la obtención de la gráfica Temperatura (°C) vs Tiempo (Segundos), en el entorno real, se lo realiza en dos etapas del proceso, la primera al iniciar el proceso con la máquina descansada con una temperatura inicial igual a la temperatura ambiente que comprende entre 9°C a 12°C.
- Y la segunda etapa cuando la máquina lleva tiempo trabajando con una temperatura inicial de 100°C a “150°C”



PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Modo Automático PID entorno Real

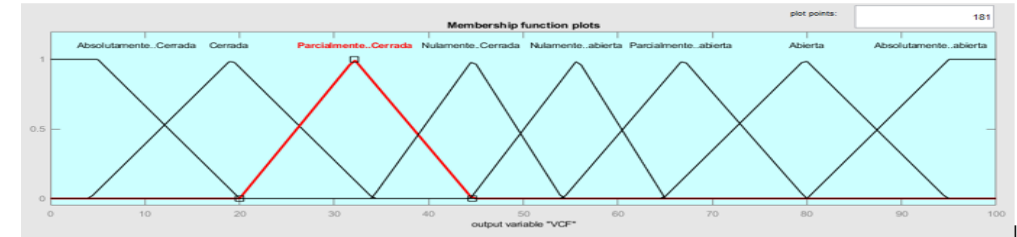
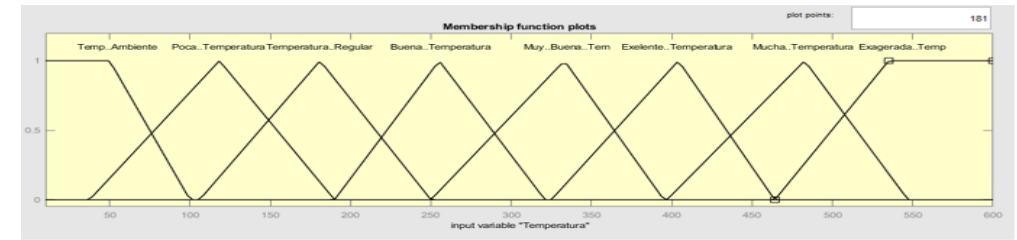
- La gráfica Temperatura vs Tiempo utilizando el controlado PID, a plena producción nos arroja los siguientes resultados: el tiempo de establecimiento con un criterio del 98,2% es de 340 segundos es decir 5.6 minutos, además no presenta sobre impulso y el error en estado estacionario se encuentra dentro de la tolerancia de 0,02%.



PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Modo Automático Fuzzy simulado

- La herramienta a utilizar en la simulación del controlador de temperatura Fuzzy es el Fuzzy Logic de Matlab, el cual, utiliza una configuración de tipo Mamdani una vez diseñado el controlador se analiza la gráfica de salida del proceso en respecto al tiempo.
- Las funciones de membresías diseñadas con sus respectivos rangos son la base para establecer las reglas, las mismas que se encuentran relacionadas de forma proporcional entre las entradas y salidas del controlador



The screenshot shows the Rule Editor and Rule Viewer interfaces. The Rule Editor window displays a list of rules:

1. If (Temperatura is Poca_Temperatura) then (VCF is Abierta) (1)
2. If (Temperatura is Temperatura_Regular) then (VCF is Parcialmente_abierta) (1)
3. If (Temperatura is Buena_Temperatura) then (VCF is Nulamente_abierta) (1)
4. If (Temperatura is Muy_Buena_Tem) then (VCF is Nulamente_Cerrada) (1)
5. If (Temperatura is Excelente_Temperatura) then (VCF is Parcialmente_Cerrada) (1)
6. If (Temperatura is Mucha_Temperatura) then (VCF is Cerrada) (1)
7. If (Temperatura is Temp_Ambiente) then (VCF is Absolutamente_abierta) (1)
8. If (Temperatura is Exagerada_Temp) then (VCF is Absolutamente_Cerrada) (1)

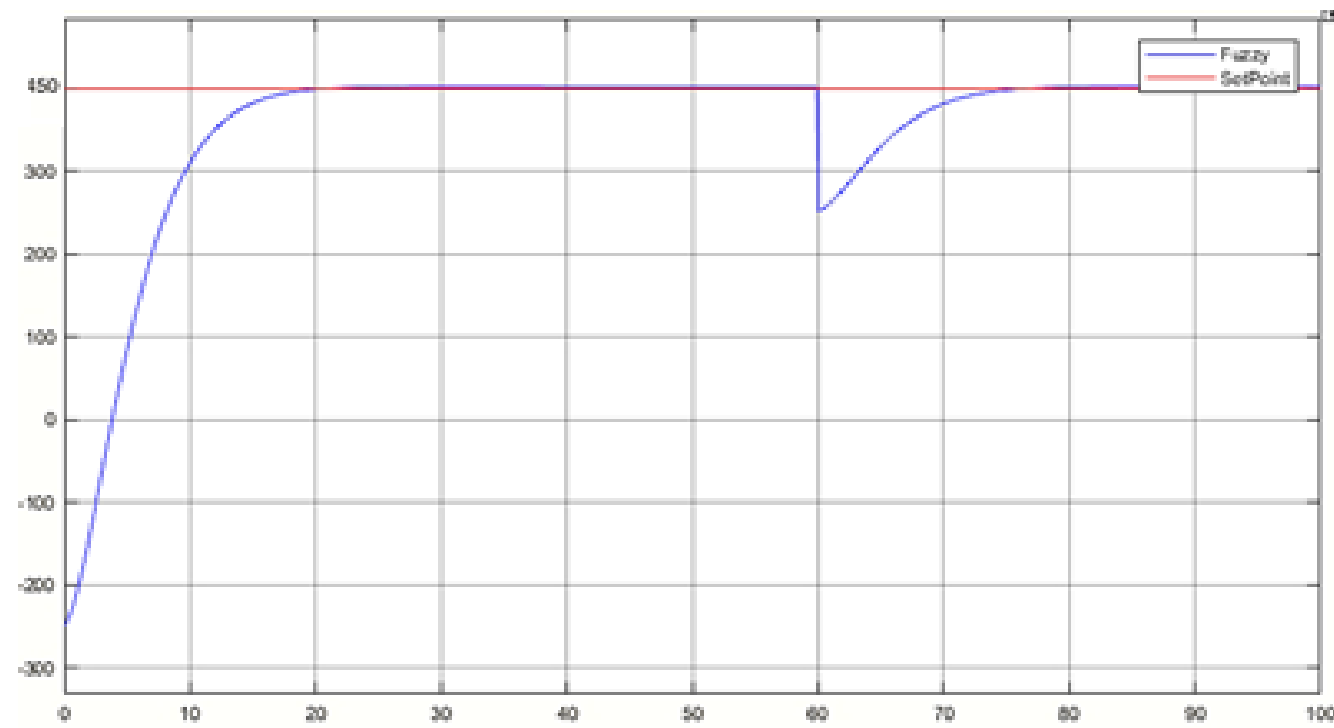
The Rule Viewer window shows the results of the simulation for an input temperature of 305. The output variable VCF is 47.5. The viewer displays the membership functions for the input and the resulting fuzzy output for each rule.



PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Modo Automático Fuzzy simulado

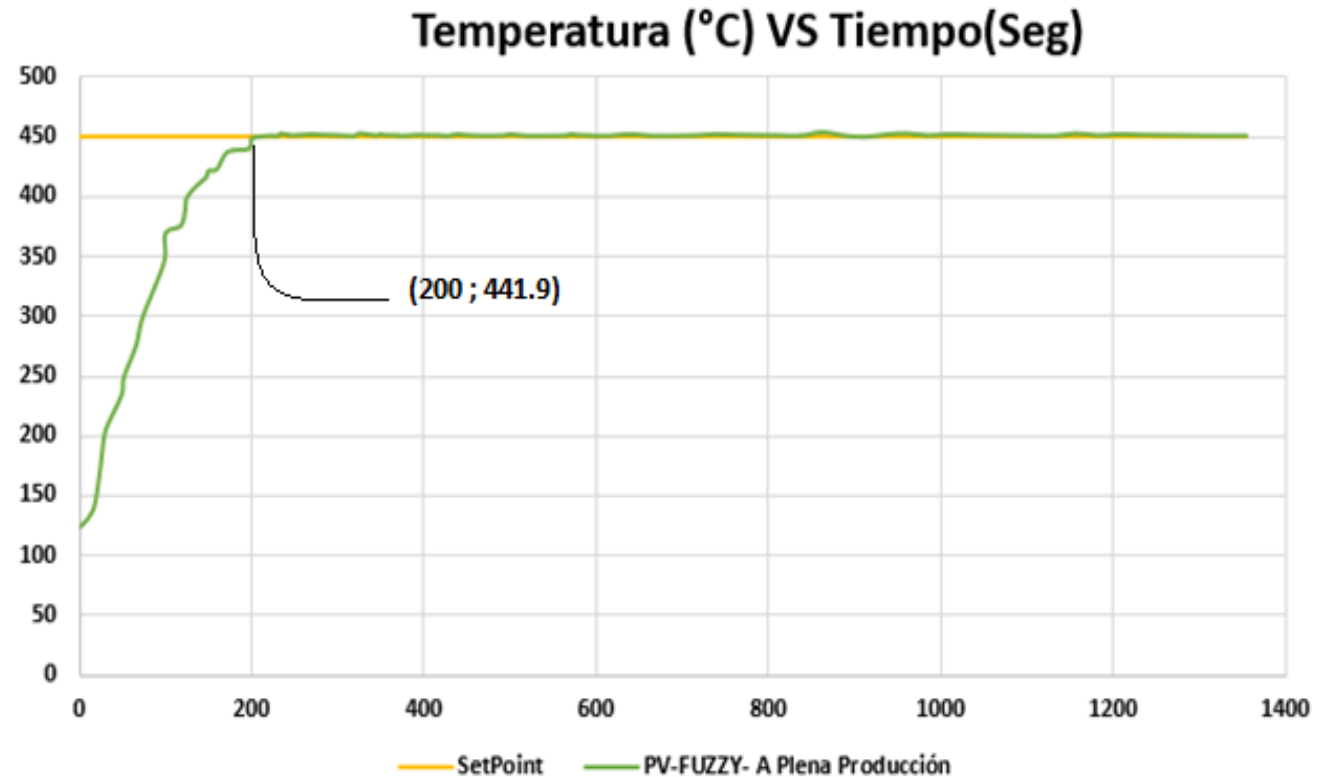
- El tiempo de establecimiento utilizando el criterio del 98,2% es de aproximadamente 17 segundos y cumple con los objetivos de control (error de estado estacionario nulo, no sobre impulsos y mínimo tiempo de establecimiento) ya que no presenta oscilaciones.
- Al introducir una perturbación y recaer la temperatura a 250°C el controlador responde de manera adecuada y se logra estabilizar a los 13 segundos de registrar la perturbación, no presenta sobre impulso ni tampoco se aprecia el error en estado estacionario. Lo que conlleva a validar el funcionamiento del controlador.



PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Modo Automático Fuzzy Real

- El tiempo de establecimiento al utilizar el criterio del 98,2% es de 200 segundos es decir 3.3 minutos, además no presenta sobre impulso y el error en estado estacionario es casi despreciable, con una tolerancia permitida del 0,02%.



PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Análisis entre Controladores

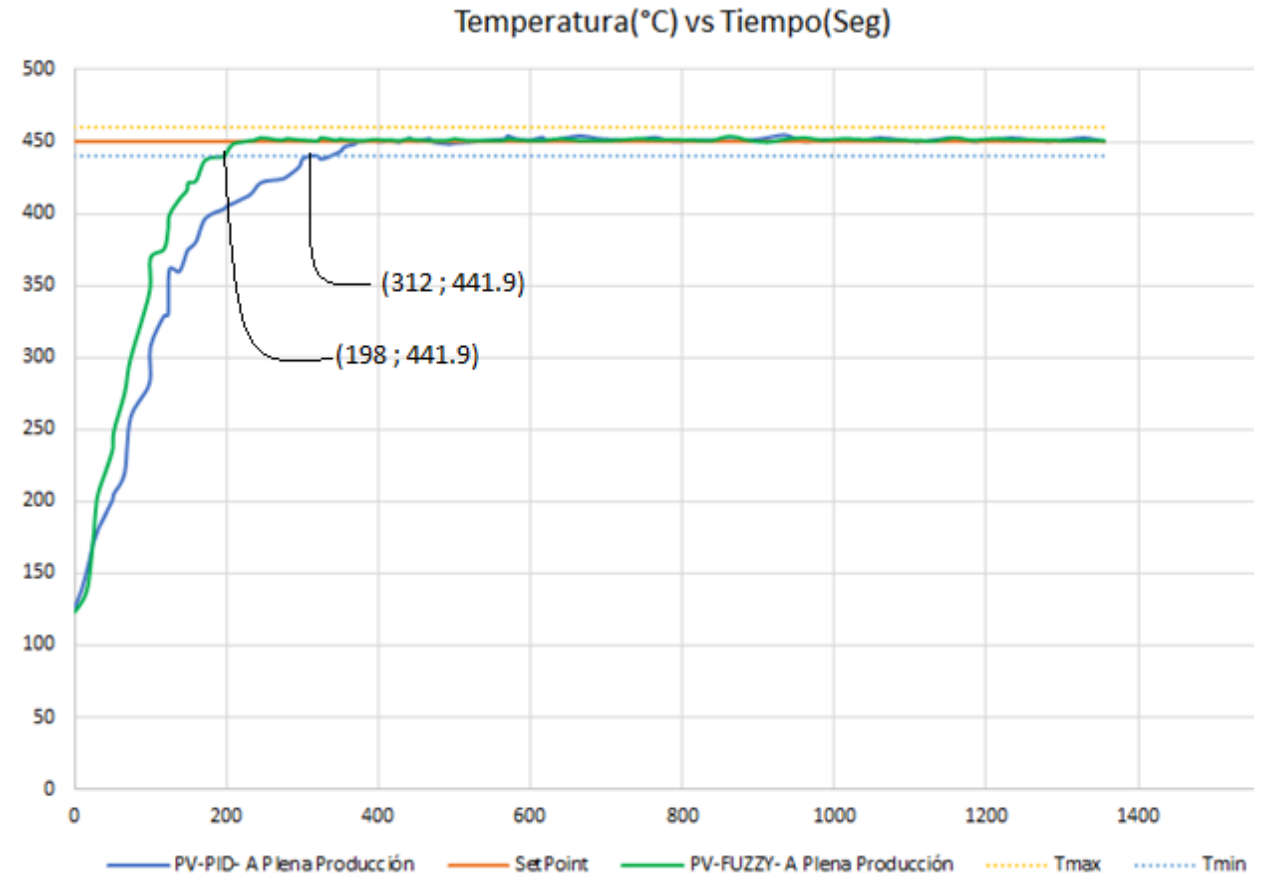


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Análisis entre Controladores - Real

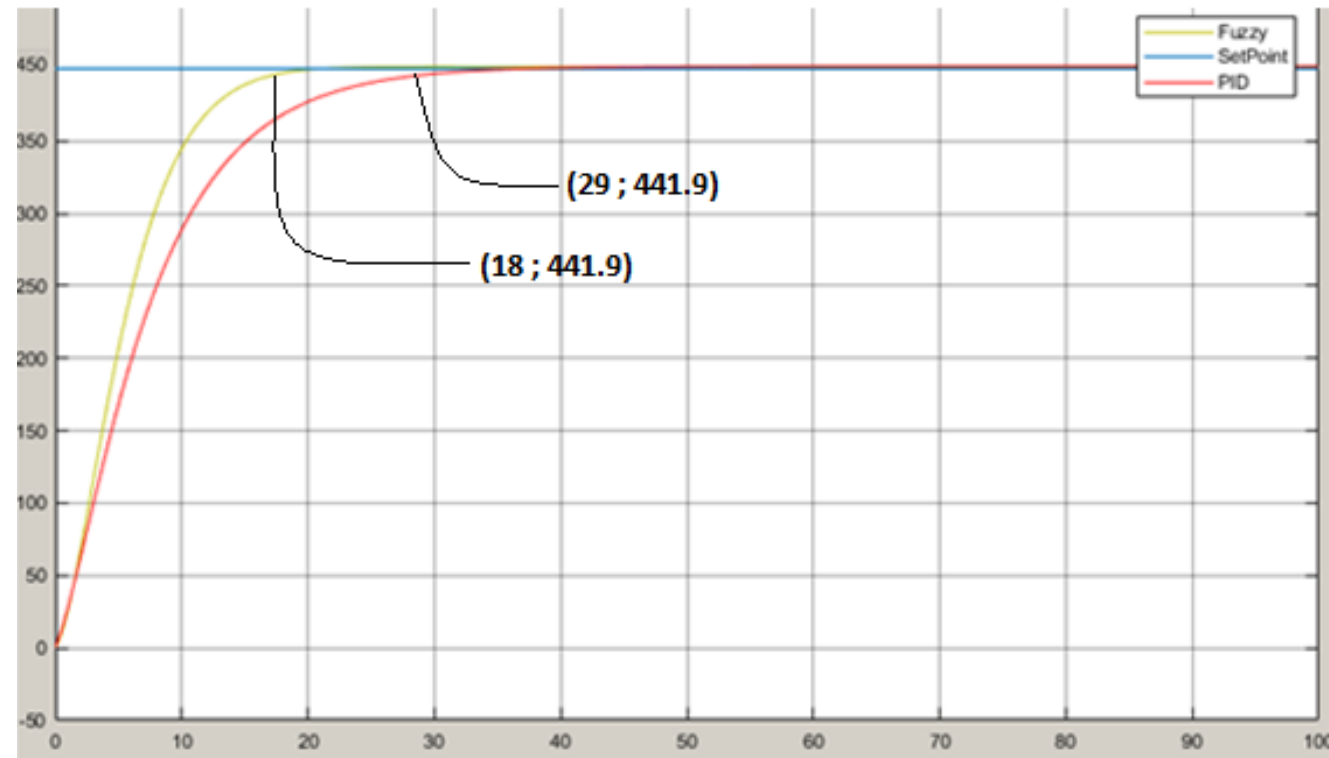
El tiempo de establecimiento(t_s) utilizando un criterio del 98,2% arroja que el controlador PID tiene un $t_s = 312$ segundos mientras que el controlador Fuzzy tiene un $t_s = 198$ segundos. La diferencia en t_s de los controladores es de 114 segundos es decir 1.9 minutos y en variación porcentual es de 36,53% siendo el tiempo de establecimiento del controlador PID mayor con respecto al controlador Fuzzy, adicionalmente no poseen sobre impulso. Al ser un sistema real una vez cursado el tiempo de establecimiento se evidencia la presencia pequeñas oscilaciones, las mismas que se encuentran dentro del rango de tolerancia ($\pm 10^\circ\text{C}$) permitidas en el proceso de tueste.



PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Análisis entre Controladores - Simulado

El tiempo de establecimiento (t_s) utilizando un criterio del 98,2% arroja que el controlador PID tiene un $t_s = 29$ segundos mientras que el controlador Fuzzy tiene un $t_s = 18$ segundos, dando una variación porcentual de 37,93% representando mayor tiempo de establecimiento entre el controlador PID con respecto al controlador Fuzzy, adicionalmente no poseen sobre impulso ni tampoco error en estado estacionario.



Producción de quintales tostados

Producción de quintales tostados

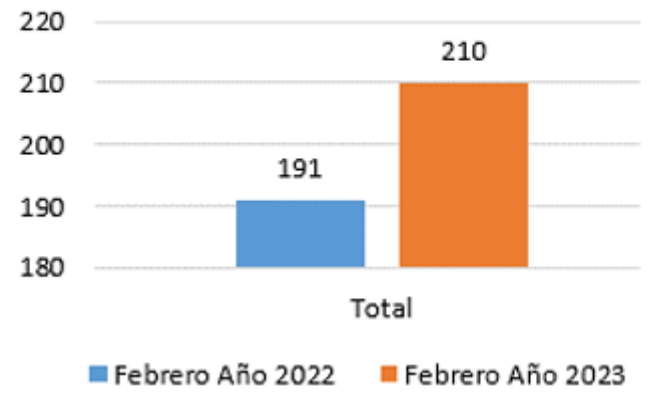
Tipo de Grano	Febrero Año 2022	Febrero Año 2023
Maíz	72	80
Haba	45	50
Cebada y Trigo	74	80
Total	191	210

Se realiza el análisis de producción de harinas antes (2022) y después (2023) de la implementación de la tostadora automática de granos haciendo énfasis en la producción de harinas en el mes de febrero del año 2022 y de febrero del año 2023, en el cual se analizará la producción por quintal tostado.



Figura 103

Cantidad de quintales tostados



Se ha evidenciado que la Microempresa Bonilla - Camino ha mejorado la producción de quintales de granos tostados en febrero del 2023, superando en 19 quintales (9,95%) de granos a la producción de febrero del 2022.



Pérdida en la producción de tostado

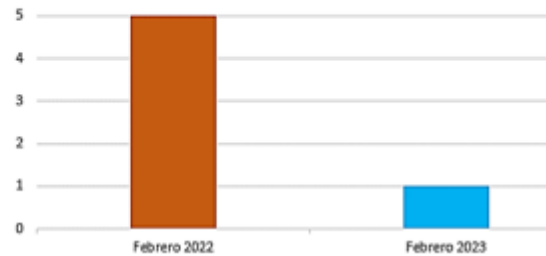
Tabla 11

Pérdida de producción

Tipo de Grano	Febrero 2022 Cantidad	Febrero 2023 Cantidad
Maíz	1	0
Haba	2	1
Cebada y Trigo	2	0
Total	5	1

Figura 104

Pérdidas de quintales



Las pérdidas de producción son ocasionadas principalmente por el error humano. En febrero del 2022 al momento de utilizar la máquina manual de alquiler el operario no contaba con la opción de controlar el tiempo ni la temperatura de tueste de los granos, principales factores para la generación de pérdidas en el proceso. La Tabla 11 muestra las pérdidas de producción en cantidad de grano del mes de febrero 2022 - 2023.

En el año 2022 se obtiene un total de cinco quintales de pérdida, mientras que en el año 2023 se tiene un solo quintal. La baja en las pérdidas de producción en febrero del 2023 se debe a la utilización de la tostadora automática de granos. Pero al ser una máquina operada por el ser humano, las pérdidas de producción no serán descartadas.



Costo de Producción Por Quintal

Se analiza los costos de producción de febrero 2022 / 2023. El costo de la materia prima que corresponde a los granos más utilizados por la microempresa es determinado por el promedio entre el valor de los tres granos obteniendo un valor de \$26.60, el resto de los costos de productos y servicios se detalla en la Tabla 12.



Tabla 12

Costo producción por quintal

Producto / Servicio	Febrero 2022	Febrero 2023
Materia Prima (maíz, trigo y haba)	\$ 26.60	\$ 26.60
Máquina de alquiler	\$ 1.25	-
GPL	\$ 0.10	\$ 0.10
Consumo eléctrico	-	\$ 0.05
Transporte	\$ 0.28	\$ 0.12
Mano de Obra	\$ 2.02	\$ 2.02
Total	\$ 30.25	\$ 28.89

Figura 105

Costos de producción



El costo de producción de febrero 2022 de \$30.25, mientras que en febrero del 2023 se obtiene un valor de \$28.89, obteniendo un ahorro de \$ 1.36 por quintal tostado, todo esto gracias a la utilización de la tostadora automática de granos

Tomando como referencia los 210 quintales tostado de febrero del 2023, al multiplicar con el valor de la diferencia de ahorro de producción por quintal equivalente a \$ 1,36; se determina que existe un ahorro de 285,60 dólares.



Al mejorar la productividad en el proceso de tueste en un 9,95%; se mejora la producción de harinas de la Microempresa Bonilla-Camino y al disminuir las pérdidas de producción, se valida la hipótesis planteada.



CONCLUSIONES

• Se ha realizado un análisis previo en cooperación con la microempresa Bonilla – Camino sobre el proceso de tostado realizada diariamente. En el cual se determinó el tiempo de tueste del maíz, trigo y habas, que corresponde a 20, 32 y 23 minutos respectivamente. A su vez; se obtuvo el rango de temperatura permitido para llevar a cabo el proceso de tueste de: 440°C a 460°C.

• Se debe indicar que para el diseño e implementación de la tostadora automática se debe tomar en cuenta las dimensiones y características del cilindro de tueste entregado por la microempresa, así como los requerimientos expuestos por la experticia del operario. Con estos parámetros se aplicó las normas de diseño pertinentes y finalmente cumplir con todos los parámetros de funcionalidad para obtener un grano tostado de buena calidad.

• El tiempo de establecimiento del controlador Fuzzy es menor en comparación al tiempo de establecimiento del controlador PID, la diferencia mostrada entre los dos controladores es de aproximadamente 1.9 minutos. Razón por la cual el controlador automático Fuzzy es el más utilizado por la Microempresa Bonilla Camino.



CONCLUSIONES

- Las gráficas de temperatura vs tiempo de los dos controladores en el entorno real reflejan que no existe presencia de sobre impulso y el error en estado estacionario se encuentra dentro de la tolerancia permitida. Al ser un proceso continuo y no presentar sobre impulso la vida útil estimada del actuador no presentara varianza.

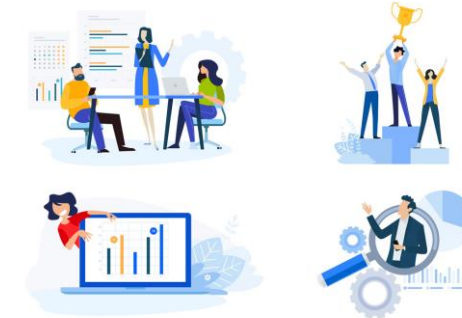
- La productividad de la microempresa Bonilla- Camino, ha incrementado en un 9,95% de quintales de harina (53,2 quintales) en febrero del 2023, en relación a febrero del 2022. Adicionalmente durante el mismo período los costos de producción en el proceso de tueste han disminuido en un 35% que corresponde a un valor económico de 285,60 dólares americanos. Es importante mencionar que las pérdidas de producción han disminuido en un 80% (\$115 dólares).

- El costo total de la tostadora automática de granos es de 1350 dólares americanos, valor accesible para los pequeños y medianos productores de harina, el monto invertido de la tostadora automática de granos se recuperó aproximadamente en cinco meses.



RECOMENDACIONES

Antes de iniciar con la producción de tostado es recomendable considerar la capacidad del cilindro de tueste; puesto que no debe exceder la cantidad máxima establecida de 120 libras de grano, ya que, baja la calidad de tostado y se reflejará en la uniformidad del grano resultante.

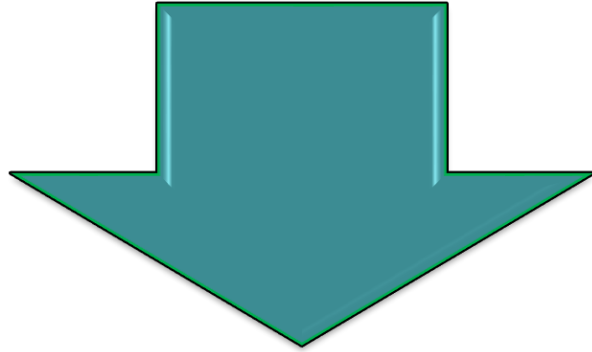


Para evitar en un futuro posibles paros de producción por problemas con la válvula controladora de flujo prototipada; se recomienda buscar una válvula controladora de flujo que cumpla con: el diámetro de tubería establecido y con los estándares internacionales de seguridad, ya que, al no encontrar una válvula controladora de flujo en el mercado ecuatoriano durante la construcción de la tostadora automática de granos, se procedió a la elaboración de una válvula prototipada.

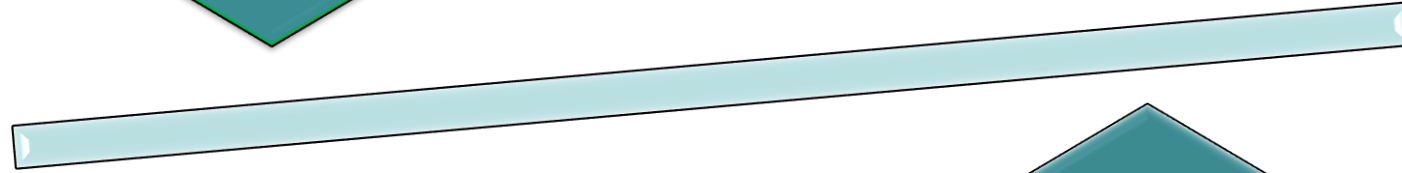
Por cuestiones del presupuesto otorgado por la microempresa; para el ingreso de los parámetros de tueste: SetPoint, tipo de Grano y tipo de controlador se utilizó un sistema electrónico: potenciómetros, LCD, selectores, pulsadores e indicadores. Por lo que se recomienda sustituir mencionado sistema por una pantalla HMI; ya que ayudará a monitorizar los datos introducidos en el sistema, a su vez llevará un seguimiento de la información resultante y los datos de ingreso serán de forma exacta y precisa.



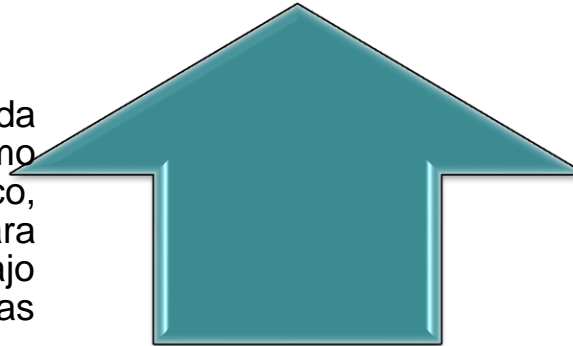
PROYECTOS FUTUROS



Para garantizar la calidad del producto resultante, se recomienda como proyecto a futuro implementar un sistema de visión artificial al proceso de control de calidad de los granos tostados ya que actualmente el control de calidad se lo realiza por experticia del operario.



Con la finalidad de aprovechar la energía calorífica generada por la tostadora automática de granos, se recomienda como proyecto a futuro la implementación de un sistema hidráulico, para el calentamiento del agua, misma que será utilizada para calentamiento de los cilindros de GLP, ya que con el trabajo continuo estos tienden a enfriarse perdiendo sus características gaseosas.



Gracias



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA