

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**Diseño de un sistema de control de flujo de grano de café para la
prevención de daños en el motor de la trilladora Apolo 4**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

Cristhian Adrian Soria Rojas

ASESOR

Jorge Alberto Villanueva Zapata

<https://orcid.org/0000-0002-2529-1161>

Chiclayo, 2023

**Diseño de un sistema de control de flujo de grano de café para
la prevención de daños en el motor de la trilladora Apolo 4**

PRESENTADO POR

Cristhian Adrian Soria Rojas

A la facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
Para optar el título de

INGENIRO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Alexander Querevalu Morante

PRESIDENTE

Hernan Henry Santisteban Chapoñan

SECRETARIO

Jorge Alberto Villanueva Zapata

VOCAL

Dedicatoria

Este presente trabajo se lo dedico a Dios, a mis padres, abuelas y hermanos por haberme dado la motivación y el apoyo para poder culminar mi etapa de estudiante en una de las mejores universidades de la región.

Se lo dedico a mis abuelos Segundo Soria Flores y Fortunato Rojas Mino que hoy en día no se encuentran presentes en mi vida, pero sé que estarían muy orgullosos de que cumpla una de las metas que tanto platicábamos.

Se lo dedico a mis padres Jorge Soria Rivas y Lucy Rojas Muñoz, que siempre estuvieron apoyándome a lo largo de mi carrera universitaria, brindándome siempre la mano ante circunstancias adversas.

A mis abuelas Rosa Isabel Muñoz y María Rivas, a mi tía Marita Rojas; que me formaron con las virtudes y valores, para ser una persona de bien moral y llegar a ser un profesional respetado.

Agradecimiento

Agradezco a mi asesor Jorge Villanueva Zapata, que siempre estuvo pendiente durante el proceso de realizar la tesis, ayudándome y compartiendo sus conocimientos para poder culminar de forma satisfactoria esta tesis.

Agradezco a mis compañeros Eduardo Alva, Jhamyl Zulueta, Jorge Aquino que siempre estuvimos ayudándonos a lo largo de toda nuestra carrera universitaria, apoyándonos, dándonos consejos y formando así una gran amistad entre amigos y futuros colegas.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO SORIA ROJAS

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.arrow.com Fuente de Internet	3%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	1%
7	www.fluke.com Fuente de Internet	1%
8	www.ctmaceros.cl Fuente de Internet	1%
9	1library.co Fuente de Internet	1%

ÍNDICE

RESUMEN.....	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	11
1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA	11
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	11
1.4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.5. OBJETIVOS.....	12
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	12
1.5.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	12
II. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. ANTECEDENTES	13
2.2. BASES TEÓRICAS	14
2.2.1. SISTEMAS DE CONTROL.....	14
2.2.2. TOLVA PULMON	14
2.2.3. MAQUINA TRILLADORA	15
2.2.4. SENSOR DE CORRIENTE.....	16
2.2.5. MECANISMO.....	18
2.2.6. SISTEMAS DE TRANSMISIÓN.....	19
2.2.7. SERVOMOTOR.....	20
2.2.8. PLC	20
2.2.9. PLC S7-1200 SIEMENS.....	22
2.2.10. TIA PORTAL V15	23
III. METODOLOGÍA	24
3.1. METODOLOGÍA DE DISEÑO.....	24
3.2. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	25
IV. RESULTADOS.....	26
V. DISCUSIÓN	59
VI. CONCLUSIONES	60
VII. RECOMENDACIONES.....	61
V.III REFERENCIAS.....	61
VIII. ANEXOS	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Especificaciones Técnicas de la maquinaria Trilladora Apolo 4 [11]	15
Tabla 2: Especificaciones Técnicas de la Trilladora Apolo 4	33
Tabla 3: Espesores estándar de planchas según CTM aceros	39
Tabla 4: Tabla de las longitudes según el porcentaje de abertura de la compuerta.....	40
Tabla 5: Diámetros de cresta, roscas por pulgada y esfuerzos para rosca Acme.	42
Tabla 6: Lista de productos que conformaran el sistema de control	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de un sistema de control [2].....	14
Figura 2: Maquina Trilladora Apolo 4 [11].....	15
Figura 3: AutoCAD de la trilladora Apolo 4 [10].....	16
Figura 4:Sistemas de engranajes [13]	18
Figura 5: Sistema de transmisión [13]	19
Figura 6: Servomotores Industriales [14].....	20
Figura 7:diagrama generalizado de un PLC [14].....	21
Figura 8:PLC SIEMENS S7-1200.....	22
Figura 9: Logo de TIA PORTAL V15.....	23
Figura 10: Sobrecarga de un motor	26
Figura 11: Corriente sigma	27
Figura 12: Tensión en el eje del motor	28
Figura 13: Medición del voltaje	29
Figura 14: Medidas en milímetros de la tolva pulmón en AutoCAD.....	32
Figura 15: Distancia en milímetros desde el suelo hasta la boquilla de salida de la tolva en AutoCAD.....	32
Figura 16: Tolva Pulmón de la trilladora en SolidWorks.....	34
Figura 17: Vista superior de la Tolva	34
Figura 18: Propiedades Físicas de la Tolva.....	35
Figura 19: DCL de la compuerta como viga en SkyCiv	37
Figura 20: Diagrama de Fuerza Cortante en SkyCiv	37
Figura 21: Diagrama de Momento Máximo en SkyCiv	38
Figura 22: Compuerta de la tolva pulmón.....	40
Figura 23: DCL de fuerzas que interactúan en la el tornillo.....	41
Figura 24: Detalles del perfil de rosca Acme	41
Figura 25: Sensor de corriente de 300A.....	44
Figura 26: Controlador Lógico Programable (PLC)	45
Figura 27: PLC S7-1200 1214 DC/DC/DC.....	45
Figura 28: Servomotores 1FL6.....	46
Figura 29: Controlador-Driver-Servomotor	47
Figura 30: Diagrama de inicio-Recorrido-final	47
Figura 31: Variables a utilizar para la programación	54
Figura 32: Segmento 1 del Main para la programación	54
Figura 33: Segmento 2 del Main para la programación	55
Figura 34: Segmento 3 del Main para la programación	55
Figura 35: Segmento 4 del Main para la programación	56
Figura 36: Segmento 5 del Main para la programación	56
Figura 37: Parte del accionamiento completo del sistema de control	57
Figura 38: Impulsos y dirección del servomotor para poder desplazar la compuerta	57
Figura 39: Velocidad y aceleración del desplazamiento de la compuerta en el husillo	58
Figura 40: Velocidad y aceleración de parada de emergencia.....	58
Figura 41: Diagrama eléctrico de las conexiones PLC-DRIVER.....	63
Figura 42:Proceso de trilla de la maquina Apolo 4 desde el ingreso del producto hasta la salida del producto totalmente limpio.....	64
Figura 43: Tablero empleado para la alimentación del sistema de control.....	68

RESUMEN

La potencia de todo motor está en función del voltaje y la corriente, siendo la corriente una variable de suma importancia para nuestro sistema de control. Nuestra maquinaria funciona con un motor de 100 HP cuyo consumo máximo es de 142 amperios, pero este no presenta un control fino de carga de materia, pudiendo llevar a un sobre esfuerzo causando daños diferentes locaciones, en este caso nos vamos a centrar en la prevención de daños en el motor. Para esta problemática tenemos que diagnosticar el consumo de corriente de la trilladora, identificar las variables que intervienen, diseñar un sistema mecánico que actuara como compuerta para tener una mejor regulación de entrada de materia prima, implementando el PLC SIEMENS mediante TIA PORTAL V15. Teniendo como resultado una innovación para la maquina la cual permita evitar los daños, la pérdida de tiempo que llevaría la reparación del motor y la perdida de producción que generaría.

Palabras claves: PLC, TIA PORTAL, control de carga, prevención.

ABSTRACT

The power of any motor is a function of voltage and current, current being a very important variable for our control system. Our machinery works with a 100 HP motor whose maximum consumption is 142 amps, but this does not present a fine control of material load, which can lead to an overexertion causing damage to different locations, in this case we are going to focus on prevention engine damage. For this problem we have to diagnose the current consumption of the thresher, identify the variables that intervene, design a mechanical system that will act as a gate to have a better regulation of the input of raw material, implementing the SIEMENS PLC through TIA PORTAL V15. Resulting in an innovation for the machine which allows to avoid damages, the loss of time that the repair of the engine would take and the loss of production that it would generate.

Keywords: PLC, TIA PORTAL, load control, prevention.

I. INTRODUCCIÓN

Las empresas industriales cafetaleras, las cuales se basan en la selección de grano (verde) necesitan un proceso de limpieza eficaz y preciso, la cual brinde seguridad que no exista un impedimento (impureza) al momento de pasar a ser clasificados. El propósito primordial de la trilladora es obtener grano recuperado en buen estado, libre de cualquier impureza de plantas y con un mínimo de pérdida [1], ya que de ahí pasará a la clasificación, si no se descasaran bien, la clasificación no cumpliría su función eficientemente y se vería afectado el producto.

Hoy en día en las nuevas fábricas e instalaciones industriales, es de suma importancia disponer de sistemas de control o también de mando que les permitan mejorar y optimizar cantidades de procesos, en donde se dice que la presencia humana no es suficiente para gobernarlos. El control automático juega un papel muy importante en el avance de la ingeniería y la ciencia. Se dice también que el avance en la teoría y la práctica del control automático proporcionan a los medios para poder lograr un buen comportamiento óptimo de sistemas dinámicos, mejorar de aumentar y abaratar los costos de producción, liberar de la complejidad de muchas rutinas de trabajos manuales respectivas [2].

Ante esta problemática, está presente tesis tiene como objetivo diseñar un sistema de control para la prevención de daños en el motor, el cual va a permitir un paso gradual de materia prima en las salidas de la tolva pulmón mediante un sistema mecánico con motivo de evitar una sobrecarga de materia prima en las cámaras de trilla y retrilla de la maquinaria, siendo ordenado por un PLC SIEMENS, el cual también va a estar vinculado con el motor, el cual detectara el aumento de corriente mediante un sensor, este mandara una señal al sistema mecánico el cual actuara como compuerta. Logrando que el motor no sufra daños irreversibles lo cual ocasionaría paros en la producción, costos de reparación y perdidas de ganancias para la empresa; siendo este un sistema que no perjudica al medio ambiente ni afectará a los operarios en planta.

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Los motores de inducción de BT y MT son los equipos eléctricos de mayor aplicación en la industria, los cuales están sometidos a esfuerzos térmicos, eléctricos y mecánicos que degradan su integridad, por lo que se debe asegurar la operación continua de los mismos mediante una detección temprana de cualquier situación que provoque una falla [2]. Estas máquinas funcionan con un motor de 100 HP, el cual no presenta un control fino de carga de materia prima a la maquinaria lo que causa sobre carga del producto dentro de la cámara, de manera que existe un sobreesfuerzo del motor al intentar cumplir su funcionamiento. Un motor que opere con una corriente superior estará sometido a una sobrecarga (OC) e incrementará el calor de sus arrollamientos peligrosamente. Si dicho evento es sostenido en el tiempo, el motor se calentará por encima de su temperatura máxima permitida. Esto afectará la integridad sus arrollamientos de manera irreversible [3].

1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

¿Cómo reduciría la posibilidad de daño en el motor implementando un control de flujo de materia prima?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Social: Este diseño de control beneficiará a la empresa que opte por su instalación, favoreciendo en la producción ya que va prevenir fallas en el rotor del motor y por ende tiempos de paro en la máquina trilladora.

Económico: La adquisición de este sistema de control para la máquina trilladora, evitará los gastos que ocasionan las falla en el rotor y eje del motor, en el caso de una sobrecarga de flujo de materia prima, se va ahorrar gran porcentaje de dinero en reparaciones que ocasionaría una falla.

Ambiental: Este sistema de control durante su procedimiento no emitirá ningún tipo de contaminante, que cause daño a los operarios o al ambiente.

Tecnológico: El diseño del sistema de control de lazo cerrado permitirá utilizar tecnologías que maneja la ingeniería para realizar trabajos más eficientemente.

1.4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Dentro de las limitaciones de la investigación se tiene: la situación de emergencia sanitaria que vive el Perú debido al covid 19 no se ha podido ir a plantas para ver el funcionamiento de la máquina, realizar encuestas y pedir experiencias del personal por ello se ha hecho uso de internet.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un sistema de control de flujo de grano de café para la prevención de daño en el motor de la trilladora Apolo 4.

1.5.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Identificar las variables que causan la variación y el elevado consumo de corriente del motor.
- Calcular la demanda de corriente que consume el motor trifásico de la trilladora Apolo 4.
- Diseñar un sistema mecánico que actuará como compuerta para la regulación del flujo de materia prima.
- Seleccionar los componentes que conformarán el sistema de control y realizar su análisis económico, el cual evitará las sobrecargas en el motor.
- Implementar el sistema de control con PLC SIEMENS y simularlo en el TIA PORTAL.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

El avance del plan considera el diseño y el funcionamiento de un sistema automatizado por medio de una adaptación SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos), el propósito, por otro lado, es monitorear remotamente el flujo a través de la HMI (Human Machine Interface) desarrollada con el software LabView 2011, y los dispositivos de campo como sensores y actuadores se controlan de forma manual y automática desde la interfaz gráfica o desde el panel de control por programación. Ejecutar en PLC (Controlador Lógico Programable) S7-200 y, en conclusión, por medio de la importación de datos, facilita y abarca adecuadamente toda la averiguación proveniente de las variables del subproceso lo cual facilita el análisis del comportamiento; con todo ello se busca que el suministro de la materia prima sea constante para eliminar los tiempos de inproductividad y establecer la producción [4]

El presente trabajo de análisis de tesis de grado con el tema “Diseño e implementación de un sistema de control y supervisión HMI para maquina barnizadora de la empresa El Telégrafo”, se apoya en el desarrollo de un plan formado en un controlador lógico programable, el cual se basa en controlar y también en supervisar los distintos estados de la máquina [5].

En este documento, el controlador de base proporcional e integral está diseñado para controlar el voltaje de salida de la batería. Esta batería se utiliza para operar un vehículo derivado de motor eléctrico. Se ha representado que sin ningún mecanismo de control el voltaje de salida no se puede controlar y dará una gran desviación en el voltaje de salida en términos de señal de error y que disminuirá la corriente de salida de la batería como resultado la salida de energía de la batería se reducirá y, por lo tanto, el rendimiento del vehículo derivado del motor eléctrico disminuirá en términos de potencia y par para derivar el vehículo. Entonces, es obligatorio mantener el voltaje de salida de la batería y eso se puede lograr mediante un sistema de control de retroalimentación. Se diseña e implementa un controlador basado en PI para este vehículo derivado de motor eléctrico en el presente documento. Papel demuestra cómo mejoran los resultados en presencia de un circuito controlador para este vehículo derivado de motor eléctrico [6].

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. SISTEMAS DE CONTROL

Un sistema de control se define como un conjunto de elementos que se ensamblan de tal manera que pueden proporcionar un resultado o respuesta deseada. Los componentes básicos de un sistema operativo se pueden describir como:

- a) Objetivos de control
- b) Componentes del sistema de control
- c) Resultados o salida

La Figura 1 muestra la relación básica que existe entre estos tres componentes. Los objetivos de control se pueden definir como entradas o señales de entrada, y los resultados se consideran salidas o variables de control. En general, el propósito de un sistema de control es controlar la salida de manera ordenada utilizando elementos de control que actúan sobre las señales de entrada.

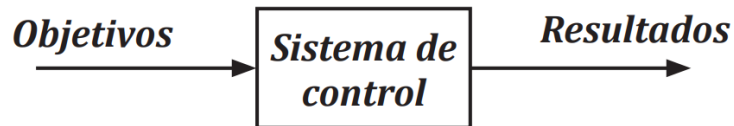


Figura 1: Esquema de un sistema de control [4]

El control automatizado de los procesos es una de las áreas, las cuales ha crecido a un ritmo alarmante y hoy en día las bases de lo que algunos autores denominan la Segunda Revolución Industrial. El uso intensivo de la tecnología de control de procesos automatizados se deriva del desarrollo y tecnificación de la tecnología de medición y control aplicable al sector industrial [7]

2.2.2. TOLVA PULMON

Utilizadas para alimentar la máquina en las secciones de trilla y retrilla, construidas en cuales hay y provistas de compuertas reguladoras del flujo de café a la máquina. Estas deben estar unidas a los silos de almacenamiento

El beneficiario suministra el silo, para unirlo con la tolva de entrada a la trilladora, con el propósito de mantener el peso suficiente para generar un flujo de café continuo a través del cuerpo trillador. El silo mantiene suficiente cantidad de café que permite tener la tolva llena. [5]

2.2.3. MAQUINA TRILLADORA

Una trilladora es una máquina que separa el grano de la paja, la descarga y limpia el grano a través de un tamiz. La trilladora Apolo 4 es la trilladora más utilizada y más eficiente en la línea de selección de granos, ya que cumple con los requerimientos necesarios y económicos de la empresa.

Tabla 1: Especificaciones Técnicas de la maquinaria Trilladora Apolo 4 [6]

MODELO No.	3	4
Capacidad para pergamino (KG/H) aproximadamente	2500-4000	6500-8900
Capacidad para almendra (KG/H) aproximadamente	2100-3500	5600-7700
Motor Principal (HP) mínimo	50-70	80-100
Peso neto (KGS) aproximadamente	1800	2800
Diámetro polea matriz (PULG)	40	40
Velocidad eje (RPM)	240/260	240/260
Diámetro eje (PULG)	2.5	3

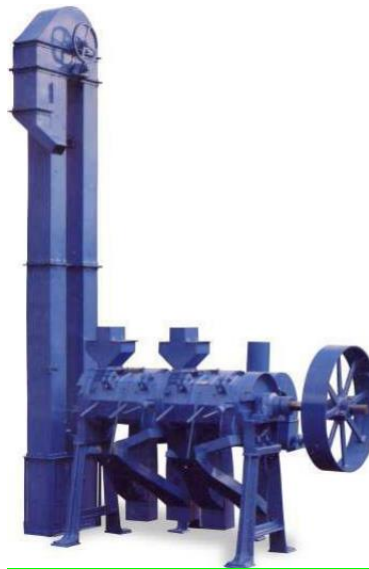


Figura 2: Maquina Trilladora Apolo 4 [6]

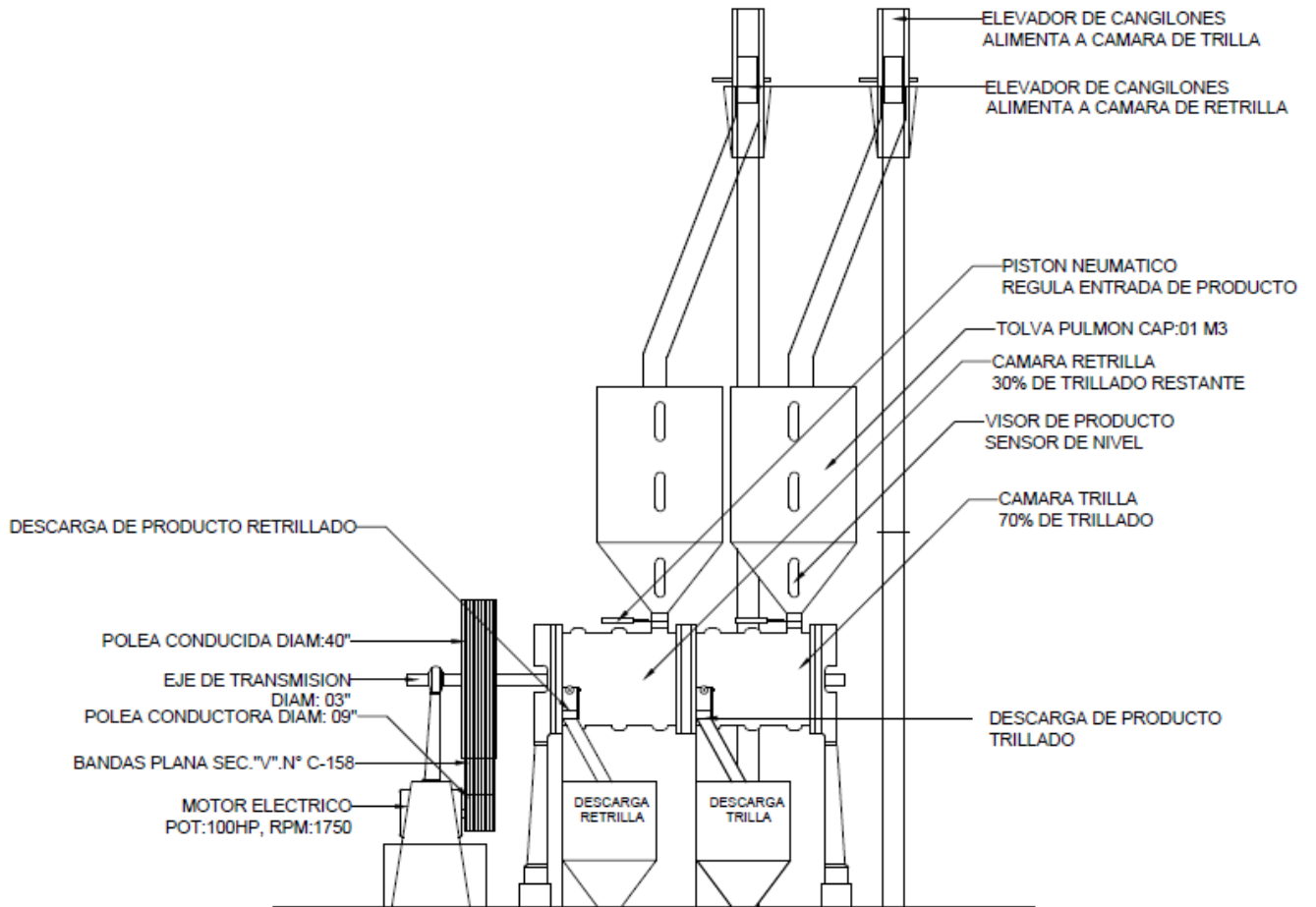


Figura 3: AutoCAD de la trilladora Apolo 4 [5]

2.2.4. SENSOR DE CORRIENTE

Un sensor de corriente es un dispositivo que se utiliza para medir la corriente en un circuito. También se denominan sensores de corriente o transformadores de sensores de corriente. Están disponibles en varias formas para la medición de CA y CC, que incluyen: efecto Hall, bobinas Rogowski y transformadores. Los sensores de corriente no tienen una conexión eléctrica directa con la corriente monitoreada y, por lo tanto, pueden aislarse galvánicamente del circuito de medición [8].

Los sensores de corriente operan en circuito abierto o cerrado. Los circuitos de sensor de circuito abierto son generalmente menos costosos que las alternativas de circuito cerrado, pero son menos precisos. Los sensores de lazo abierto usan el voltaje del sensor para derivar corriente directamente. Esto puede generar imprecisiones debido a la no linealidad del sensor, los efectos de saturación y

la deriva térmica. Los sensores de circuito cerrado usan el voltaje del sensor de la bobina primaria para obtener energía [8].

Lo contrario es el caso de los devanados secundarios enrollados en el mismo núcleo. La corriente está regulada por un circuito de retroalimentación y equilibra el flujo creado por la corriente en el circuito primario. Este balance elimina los efectos de la saturación y la deriva térmica y permite mediciones más precisas mediante el monitoreo de corriente secundaria. A mayor complejidad, mayor costo. Los detectores de circuito cerrado también se conocen como sensores de flujo cero o detectores cero [8].

Los sensores de efecto Hall detectan el flujo magnético inducido por la corriente en el cable, que se mide induciendo una corriente a través de una bobina de inducción. El dispositivo se inserta en un orificio en el núcleo de una bobina de inducción para producir un voltaje de Hall proporcional a la corriente de la bobina de acuerdo con la siguiente relación: [8]

$$VH = RH \left(\frac{I}{t} \times B \right)$$

Donde:

VH: es la tensión Hall en voltios

RH: es el coeficiente del efecto Hall

I: es el flujo de corriente a través del sensor en amperios

t: es el espesor del sensor en mm

B: es la densidad del flujo magnético en Teslas

La señal de salida de un sensor lineal (analógico) se toma directamente de la salida del amplificador operacional conectado al sensor. Los sistemas de bucle abierto utilizan la salida de voltaje de efecto Hall para medir la corriente directamente. El sistema de circuito cerrado convierte el voltaje de efecto Hall en una corriente que impulsa la bobina secundaria para crear un equilibrio de flujo como se describe anteriormente [8].

Una bobina de Rogovsky es una bobina helicoidal sin núcleo especial enrollada en un conductor recto que regresa desde el extremo de la bobina alrededor de un conductor que transporta corriente. La corriente se obtiene integrando el voltaje inducido al final del cable ensamblado. Estas son formas económicas de medir la corriente alterna. Debido a su baja inductancia, puede medir pulsos de corriente a alta velocidad. También puede medir corrientes altas porque no hay núcleo para saturar. Se proporciona un ADC dedicado en el integrador para medir este valor. Los sensores de bobina Rogowski se utilizan en aplicaciones tales como sistemas de soldadura de alto rendimiento, pruebas de cortocircuito y medición de alta corriente [8].

Se puede colocar una resistencia de derivación en serie con la fuente de alimentación para detectar la corriente. La corriente polarizada produce una diferencia de potencial proporcional al producto de la corriente y la resistencia en derivación. Puede explotarse y medirse con convertidores de analógico a la digital (ADC). Resistencias en derivación de baja impedancia (mOhm) de alta precisión dedicadas a esta función [8].

Los sensores de corriente del transformador (también llamados medidores de abrazadera de corriente) se utilizan para detectar y medir la CA. A menudo se utilizan en aplicaciones como equipos de prueba donde un anillo de ferrita o ferrita dividida rodea el conductor que transporta la corriente que se va a medir. Se envuelve un cable alrededor del núcleo para formar un transformador de corriente con cables individuales rodeándolo. Son adecuados para corrientes grandes, pero no muy adecuados para medir corrientes CA pequeñas [8].

2.2.5. MECANISMO

El término mecanismo se deriva del latín máquina, que se refiere al ensamblaje de las piezas de una máquina en una disposición adecuada. Además, incluye un diccionario de la Real Academia de España. Este concepto se refiere a la estructura de un objeto natural o hecho por el hombre y la combinación de sus componentes.[9]

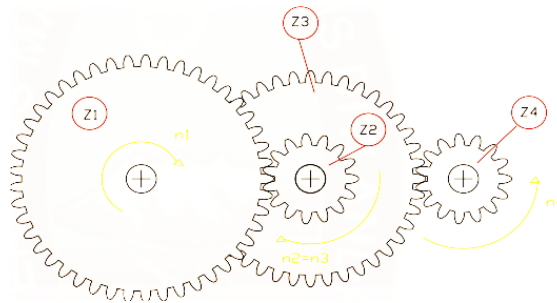


Figura 4: Sistemas de engranajes [9]

Los mecanismos, por otro lado, son dispositivos prácticos que se utilizan en varias etapas del arte y del proceso. En mecánica, el nombre mecanismo es un grupo de elementos rígidos que se mueven entre sí, conectados por varios tipos de conexiones llamadas pares cinemáticos, que son tornillos, juntas de contacto, etc. El propósito de estos mecanismos es transmitir movimiento y fuerza. Para operar este tipo de mecanismo, se debe crear un esqueleto vectorial y un sistema de ecuaciones basado en los principios del álgebra lineal y el álgebra física. Cabe señalar que los mecanismos no se consideran masas puntuales: dado que los elementos que componen un mecanismo presentan una combinación de movimientos relativos de rotación y traslación, también se

deben considerar conceptos como centro de gravedad, momentos de inercia y velocidades angulares. [9]

Los mecanismos más simples pueden reducirse a un plano y analizarse desde un enfoque bidimensional. Los casos más complejos requieren un análisis tridimensional. Los pasos para analizar un mecanismo deben comenzar con su posición, continuar con su velocidad, continuar con la aceleración, continuar con la dinámica y terminar con las fuerzas del mecanismo. [9]

Todas las máquinas incluyen mecanismos. El mecanismo es un sistema que convierte las entradas de movimiento y fuerza en otra potencia de salida. Hay dos tipos de movimientos; Por ejemplo, de rotación a rotación y de rotación a recta (o viceversa), un sistema de poleas cambia de rotación a rotación, porque a medida que gira la rueda motriz, transmite movimiento a la polea motriz y hace que gire, y un ejemplo de rotación en un sistema lineal es un sistema de cremallera y piñón, donde el engranaje y la cremallera convierten su rotación en movimiento lineal. [9]

2.2.6. SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

Se define como la transmisión mecánica por medio de mecanismos que transmiten energía mecánica desde una fuente, principalmente un motor, a piezas de máquinas que realizan funciones funcionales, en las que se produce un cambio de velocidad, fuerza o momento. La figura a muestra el sistema de tracción mediante engranajes y la figura b muestra el sistema de elevación de carrocería mediante poleas. [9]

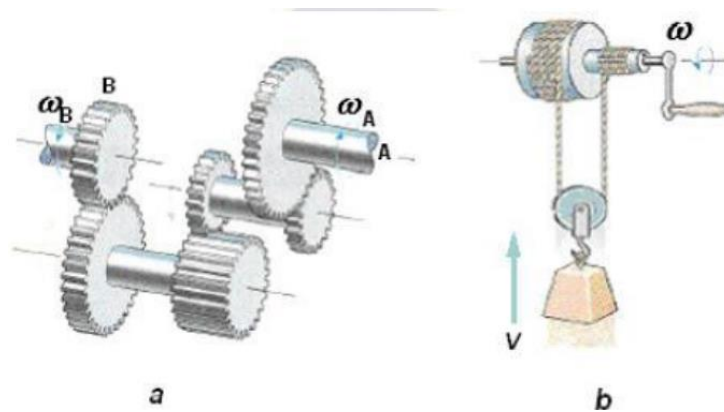


Figura 5: Sistema de transmisión [9]

2.2.7. SERVOMOTOR

El servomotor es un tipo especial de motor que le permite controlar la posición del eje en cualquier momento. Está diseñado para moverse un cierto número de grados y luego permanecer en su lugar.[7]

Un servomotor (o servo) es un tipo especial de motor con características especiales de control de posición. Cuando se habla de servomotor, se refiere a un sistema que consta de componentes electromecánicos y electrónicos. [7]

Hay muchos servomotores para diferentes propósitos, desde servos de juguete hasta industriales y robóticos. En este caso, utilizaremos el servomotor industrial como se muestra en la figura.



Figura 6: Servomotores Industriales [7]

2.2.8. PLC

Un Controlador Lógico Programable, mejor conocido por las siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), es una computadora utilizada en automatización o automatización industrial para automatizar procesos electromecánicos, como controlar equipos de fábrica en una línea de ensamblaje o miras mecánicas. Sin embargo, la definición más precisa de estos dispositivos la proporciona NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos), que establece que PLC es: [10]

“Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos”. [10]

Una de las ventajas de estos comandos es que pueden ejecutarse en tiempo real debido a tiempos de respuesta reducidos. Gracias a la flexibilidad de la planificación, también pueden adaptarse fácilmente a nuevas tareas, lo que ayuda a reducir los costos adicionales durante la preparación del proyecto. También brindan comunicación instantánea con otros tipos de controladores y

computadoras, incluso actividades de red. Como se mencionó anteriormente, tienen una construcción robusta ya que están diseñados para soportar condiciones extremas como vibración, temperatura, humedad y ruido. Se pueden programar fácilmente en lenguajes de programación. [10]

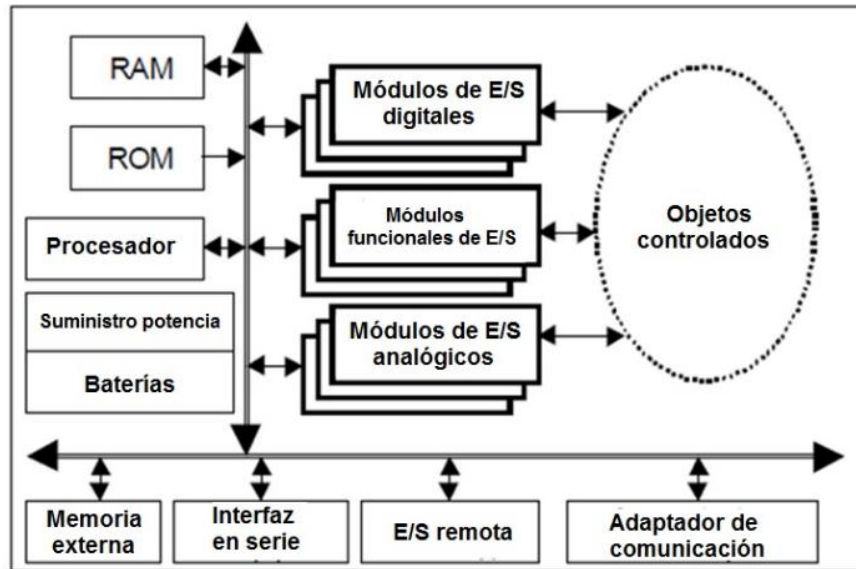


Figura 7:diagrama generalizado de un PLC [10]

2.2.9. PLC S7-1200 SIEMENS

El presente PLC ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar a gran velocidad diferentes dispositivos para distintas necesidades en la automatización. Gracias a su estructura resistente, su fácil configuración y amplio juego de manuales, el S7-1200 es ideal para controlar una gran variedad de dispositivos y aplicaciones. [11]

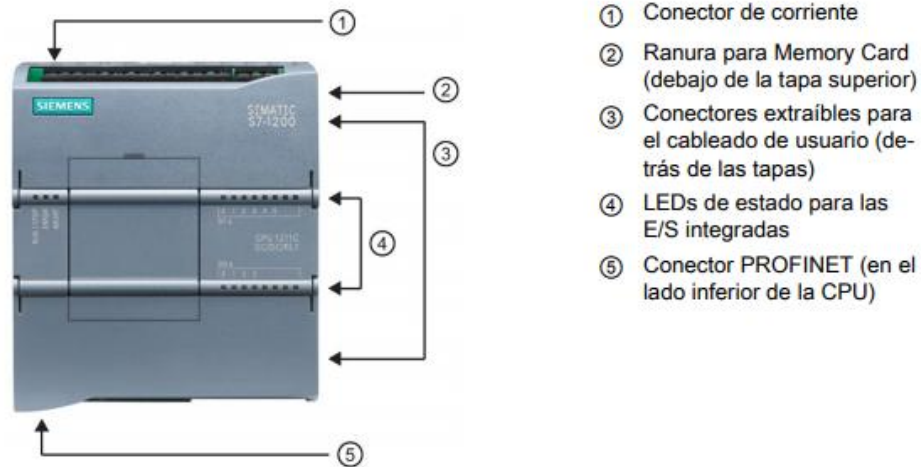


Figura 8: PLC SIEMENS S7-1200

2.2.10. TIA PORTAL V15

En el campo producción, la ingeniería ha cumplido un papel importante, la plataforma de programa TIA PORTAL es el acceso a la automatización. Para seguir siendo competitivas, las empresas u organizaciones deben mejorar significativamente sus procesos. Los productos cada vez más complicados tienen que cumplir las necesidades del mercado a intervalos de tiempo cada vez más cortos, y existe una demanda constante de productos personalizados. Esto quiere decir que las empresas necesitan procesos de producción flexibles y eficientes, con un enfoque al mejoramiento de todos los procesos en la cadena de costo. Este programa cumple un rol fundamental en el mundo de la automatización, por eso SIEMENS ha creado este software que posibilita a los consumidores favorecer digitalmente todos los procesos en la empresa. [12]



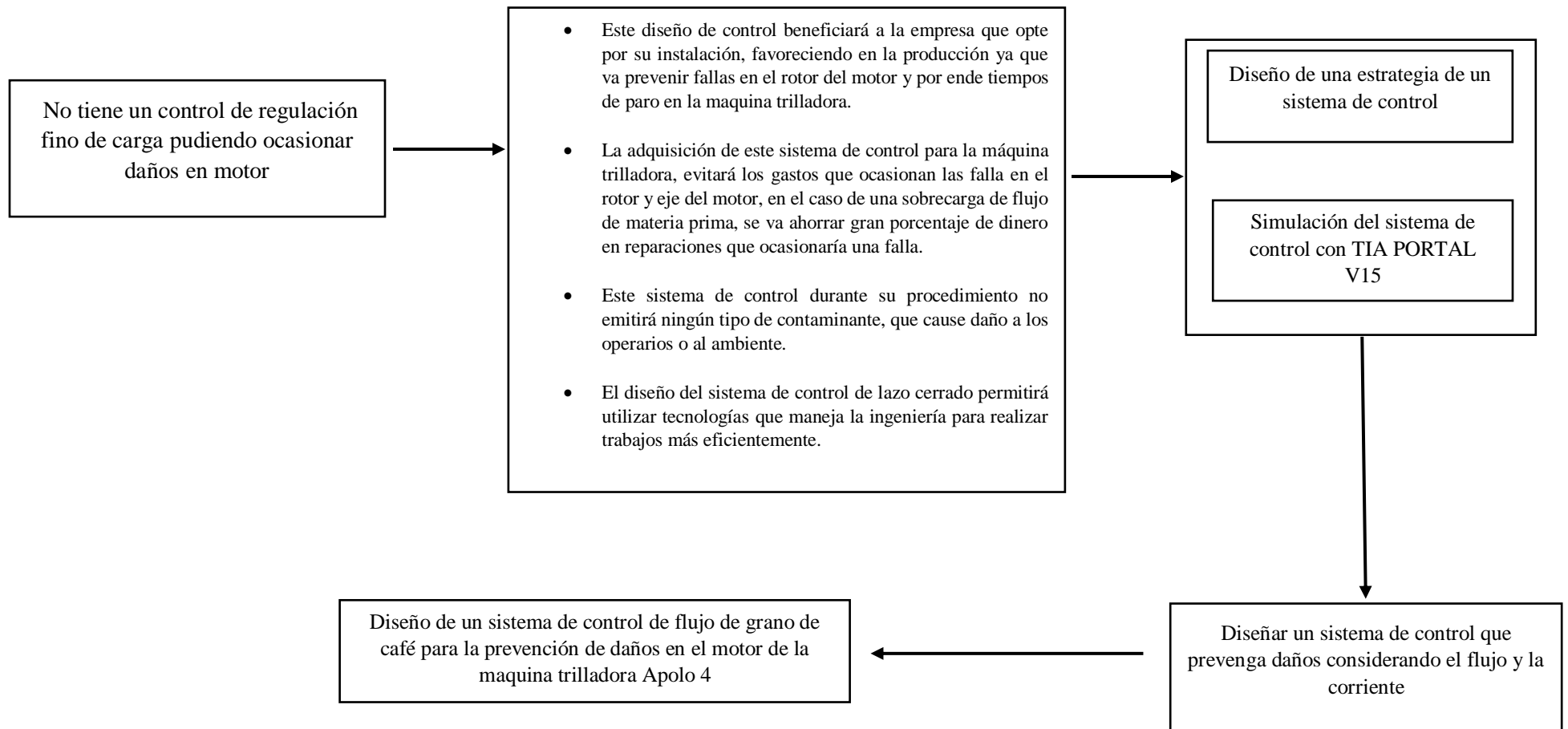
Figura 9: Logo de TIA PORTAL V15

III. METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DE DISEÑO

TEMA:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE FLUJO DE GRANO DE CAFÉ PARA LA PREVENCIÓN DE DAÑOS EN EL MOTOR DE LA TRILLADORA APOLO 4



3.2. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿Cómo reduciría la posibilidad de daño en el motor implementando un control de flujo de materia prima?	Diseñar un sistema de control de flujo de grano de café para la prevención de daño en el motor de la trilladora Apolo 4	Si se diseña un sistema de control de flujo de grano de café, entonces, se podrá prevenir daños en el motor	VARIABLE INDEPENDIENTE DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE FLUJO DE GRANO DE CAFÉ PARA LA PREVENCIÓN DE DAÑOS EN EL MOTOR DE LA TRILLADORA APOLO 4 Indicadores: Corriente (Ampere) Flujo de grano (Kg/h) VARIABLE DEPENDIENTE Prevención de daños en el motor Indicadores: Producción (-)	DISEÑO DE INVESTIGACION Tipo aplicada-correlacional con utilización del software TIA PORTAL V15. TÉCNICA DE RECCOLECIÓN DE DATOS En este proyecto de investigación se usará observación directa POBLACION Y MUESTRA Maquina trilladora Apolo 04
	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS		
	Identificar las variables que intervienen en la variación de consumo de corriente en el motor	Si se identifica las variables que intervienen en la variación de consumo de corriente en el motor, entonces, se determinaran las variables por las cuales se produce una sobre corriente		
	Calcular la demanda de corriente que consume el motor trifásico de la trilladora Apolo 4	Si se calcula la demanda de corriente del motor de la trilladora Apolo 4, entonces, se determinará la corriente que se va a utilizar como límite para nuestra programación		
	Diseñar un sistema mecánico que actúe como compuerta para la regulación de flujo de materia prima	Si se diseña un sistema mecánico que actúe como compuerta para la regulación de flujo de materia prima, entonces, se controlará con más eficiencia el flujo de materia prima que entra a la máquina.		
	Seleccionar los componentes que conformaran el sistema de control y realizar su análisis económico, el cual evitara las sobrecargas en el motor	Si se selecciona los componentes que conformaran el sistema de control y se realiza su análisis económico, el cual evitara las sobrecargas en el motor, entonces, se podrá tener una selección de componentes y un presupuesto para el sistema de control.		
	Implementar el sistema de control con PLC SIEMENES y simularlo en el TIA PORTAL	Si se implementa el sistema de control con PLC SIEMENS y se simula en el TIA PORTAL, entonces, se podrá tener una mejor visión del funcionamiento de nuestro sistema de control.		

IV. RESULTADOS

4.1. Identificar las variables que causan la variación y el elevado consumo de corriente del motor

- **Sobrecargas Operativas:**

La sobrecarga o sobrevoltaje del motor ocurre cuando el motor está sobrecargado. Las principales sospechas de sobrecarga son demasiada corriente, par o par insuficiente y sobrecalentamiento. El sobrecalentamiento del motor es la primera señal de problemas en el motor. Si el motor está sobrecargado, puede suceder que los componentes individuales, como las bobinas y los cojinetes, funcionen correctamente; de lo contrario, la condición del motor se deteriorará y aumentará el sobrecalentamiento. El 30% de las fallas del motor son el resultado de una sobrecarga, por lo que es extremadamente importante identificar y prevenir la sobrecarga del motor.

La principal consecuencia es que el motor y sus componentes mecánicos se desgastan prematuramente, provocando daños permanentes.

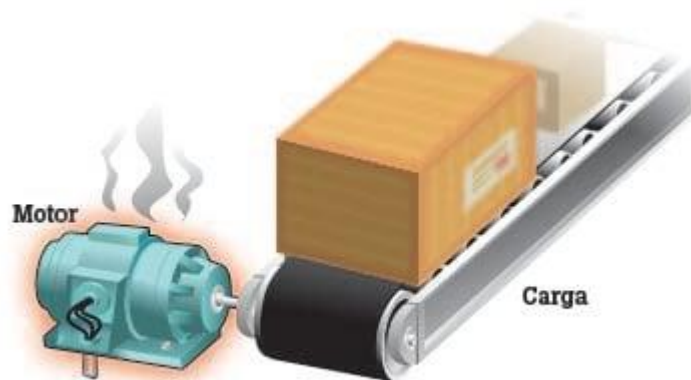


Figura 10: Sobrecarga de un motor

- **Corriente Sigma:**

Las corrientes Sigma son básicamente corrientes de fuga o corrientes de fuga que fluyen en el sistema, se generan debido a la frecuencia de la señal, nivel de voltaje, inductancia y capacitancia del conductor. Estas corrientes pueden fluir a través del sistema de puesta a tierra, provocando que la bobina se dispare o se sobrecaliente. Esta corriente se puede encontrar en el cableado del motor y es una corriente suplementaria de 3 etapas.

Como resultado, el circuito se apaga misteriosamente debido a la corriente a tierra.

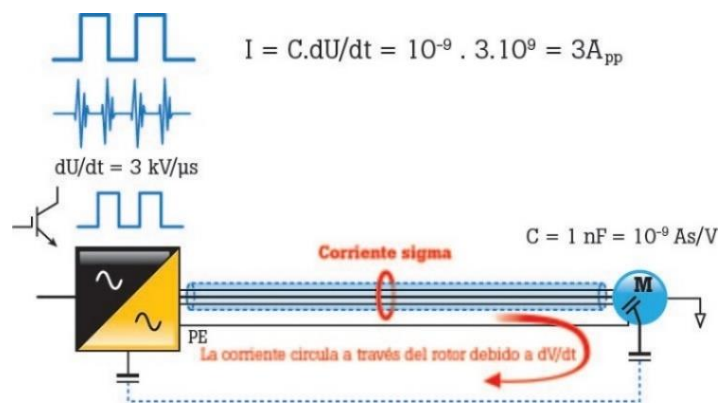


Figura 11: Corriente sigma

- **Tensión en el eje:**

Cuando el voltaje en el eje del motor excede la función de la grasa como aislante en el cojinete, se producirán corrientes de descarga hacia el cojinete exterior, lo que provocará picaduras y marcas en los anillos del cojinete. Los primeros signos de este problema son el sobrecalentamiento y el ruido, ya que los rodamientos comienzan a perder su forma original y algunas escamas de metal se combinan con el lubricante y aumentan la fricción existente. Esto puede conducir a la destrucción completa del rodamiento. La falla de los rodamientos es un inconveniente con un alto costo tanto para el motor como para el tiempo de inactividad, por lo que es extremadamente importante hacer todo lo posible para prevenir este tipo de fallas.

Como resultado, se forma un arco en la superficie del rodamiento, que crea hoyos y marcas, lo que provoca una oscilación excesiva y, finalmente, el desgaste del rodamiento.

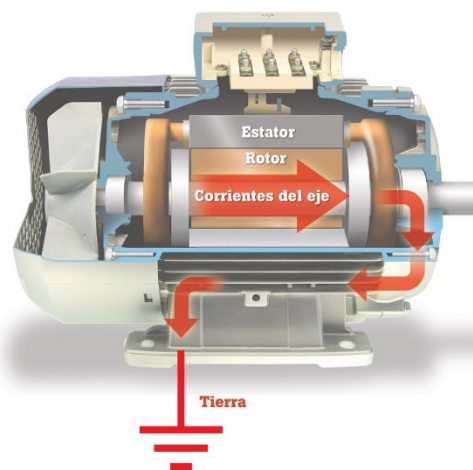


Figura 12: Tensión en el eje del motor

- **Desequilibrio de tensión:**

El sistema de distribución trifásico prevé cargas monofásicas, la inestabilidad de la impedancia puede ayudar a desequilibrar completamente el trifásico. Los posibles daños están en los cables que van al motor o en los mismos devanados. Esta inestabilidad puede provocar una sobretensión en todos los circuitos en cascada de un sistema trifásico. Es cierto que 3 grados de voltaje siempre deben tener la misma magnitud.

Como resultado, se produce asimetría, lo que provoca un exceso de corriente en una o más etapas, lo que aumenta la temperatura normal del circuito y provoca el debilitamiento del aislamiento del cable.

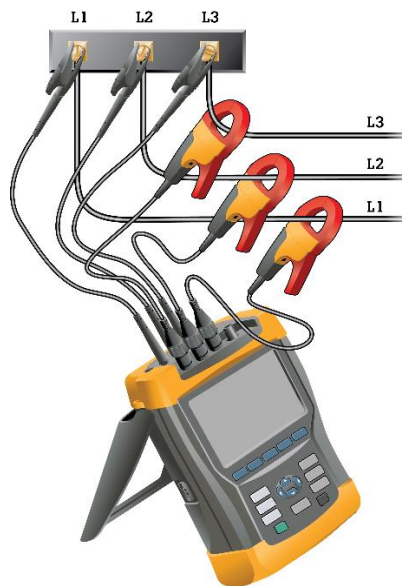


Figura 13: Medición del voltaje

4.2. Calcular la demanda de corriente que consume el motor trifásico de la trilladora Apolo 4

Para hallar la demanda de corriente que consume el motor de la maquina trilladora Apolo 4 se va a utilizar la fórmula de potencia trifásica, y obtener datos específicos del motor los cuales fueron brindados por un técnico que trabaja en una planta de clasificación de grano de café.

La cual nos permitirá seleccionar adecuadamente el sensor de corriente para nuestro sistema de control.

DATOS

$$V = 380$$

$$Fp = 0.85$$

$$\eta = 0.84$$

$$P = 100 \text{ HP}$$

$$IR = 142 \text{ A}$$

$$Rpm = 1775$$

$$\eta = \frac{P_{salida}}{P_{entrada}}$$

$$P_{entrada} = \frac{100}{0.84}$$

$$P_{entrada} = 119.047 \text{ HP}$$

CORRIENTE TEORICA CONSUMIDA

$$IT = \frac{P_{entrada}}{\sqrt{3} \times V \times Fp}$$

$$IT = \frac{119.047 \times 746}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.85}$$

$$IT = 160.632 \text{ A}$$

CORRIENTE LIMITE DE SOBRECARGA AL 15%

$$ILS = 160.632 + (160.632 \times 0.15)$$

$$ILS = 184.727 \text{ A}$$

CORRIENTE LIMITE SIN SOBRECARGA AL 15%

$$ILSS = 160.632 - (160.632 \times 0.15)$$

$$ILSS = 136.537 \text{ A}$$

CORRIENTE REAL CONSUMIDA

$$IR = 142 \text{ A}$$

4.3. Diseñar un sistema mecánico que actuara como compuerta para la regulación de flujo de materia prima

Medidas de la tolva Pulmón obtenidas gracias al manual de la empresa APOLO.

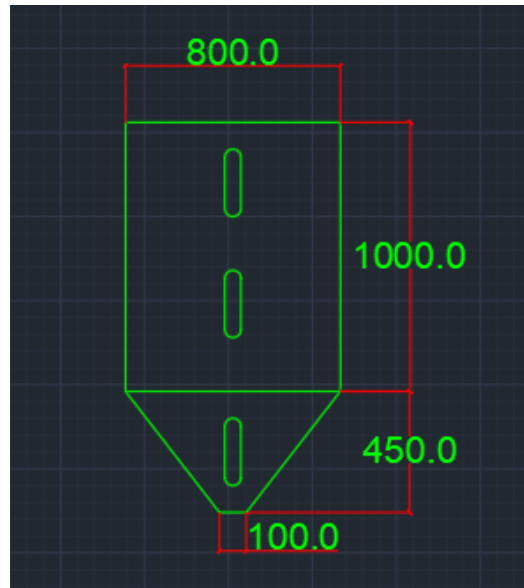


Figura 14: Medidas en milímetros de la tolva pulmón en AutoCAD.

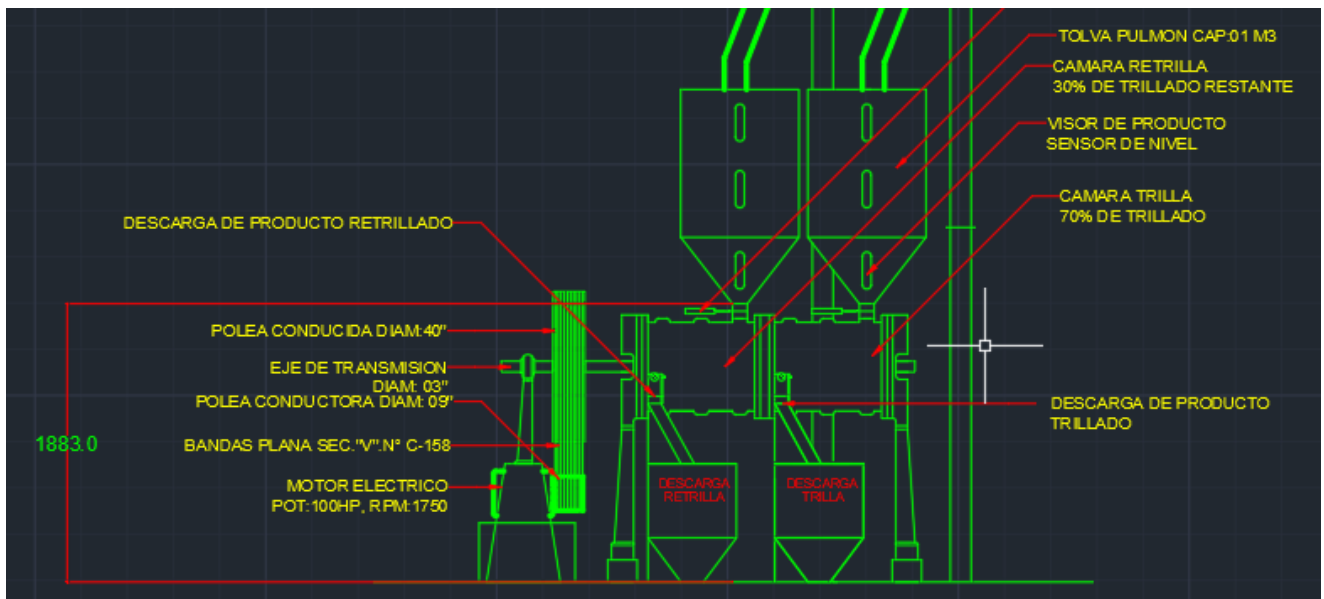


Figura 15: Distancia en milímetros desde el suelo hasta la boquilla de salida de la tolva en AutoCAD

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Tabla 2: Especificaciones Técnicas de la Trilladora Apolo 4

DESCRIPCION	TRILLADORA N°4
Capacidad para pergamino	
kg/h	6500-8900
@/h	1144-1566
q/h	143-196
Capacidad para almendra	
kg/h	5600-7700
@/h	986-1305
q/h	123-170

Las trilladoras APOLO, trabajan con un sistema eléctrico trifásico y el consumo de corriente durante su trabajo dependerá del motor y de las condiciones del café. Por lo tanto, será necesario para un buen control de las condiciones de trabajo un amperímetro y un voltímetro de pared, con el fin de poderlos ubicar en un sitio visible para el operario de la máquina, y así él pueda darse cuenta de la carga consumida.

Los motores que mueven una trilladora deben trabajar con el amperaje recomendado.

Lo ideal es trabajar el motor entre el 90% y 100% de su amperaje nominal. Si el amperaje aumenta por encima del nominal, la máquina estará forzada, por lo tanto, se debe regular la entrada hasta obtener el amperaje nominal. Si el amperaje está por debajo del nominal, indica que la trilla esta defectuosa o que la maquina no le está llegando suficiente café. El café húmedo aumenta el amperaje ya que este se concentra a la entrada del tambor.

Ante esto se propone este diseño de compuerta para poder controlar el flujo de materia prima en la salida de la tolva pulmón, para prevenir daños en el motor que como consecuencias provocan el paro inmediato de la máquina, costos elevados de reparación de los componentes del motor o en el peor de los casos la pérdida completa del motor volviéndolo obsoleto.

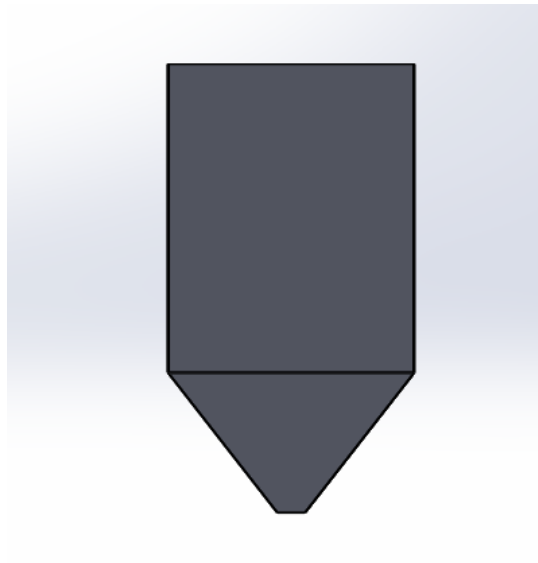


Figura 16: Tolva Pulmón de la trilladora en SolidWorks

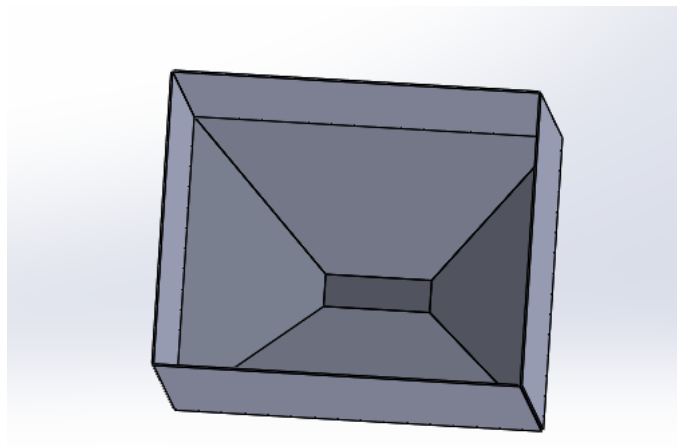


Figura 17: Vista superior de la Tolva

Gracias al SolidWorks se podrá encontrar el volumen de la tolva para poder así hallar la masa que puede soportar la tolva estando completamente llena.

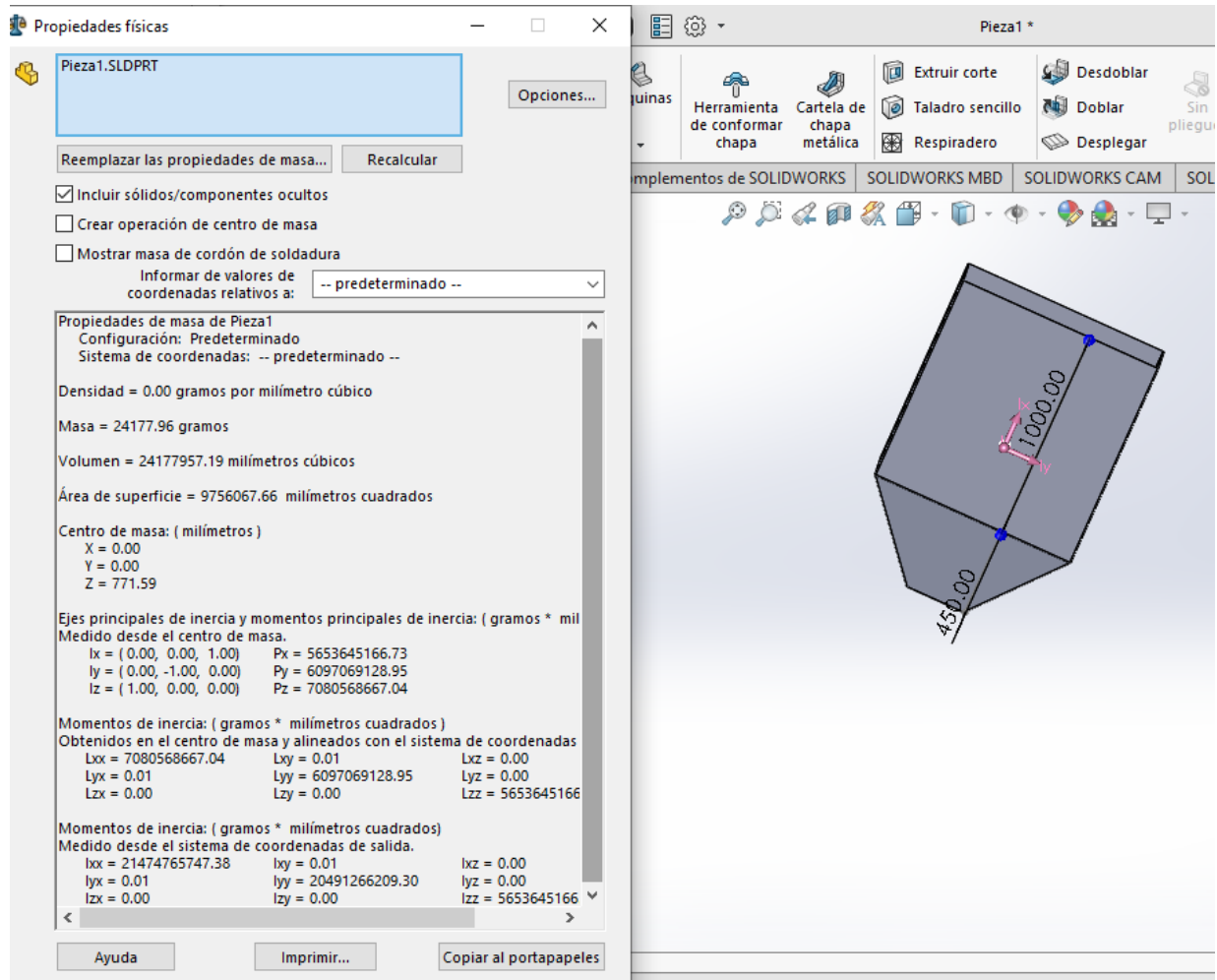


Figura 18: Propiedades Físicas de la Tolva

PROPIEDADES DE LOS GRANOS DE CAFÉ

El grano de café presenta una humedad de 12% de °H, un olor limpio y fresco, la densidad del grano es de 650 gramos/litro.

Cálculo de la masa que puede contener la tolva pulmón

$$V_{tolva} = 0.02417 \text{ m}^3$$

$$masa = V_{tolva} \times \rho_{cafe}$$

$$\rho_{cafe} = 650 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$masa = 0.02417 \text{ m}^3 \times 650 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$masa = 15.7105 \text{ Kg}$$

$$Peso = masa \times gravedad$$

$$Peso = 15.7105 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$Peso = 154.12 \text{ N}$$

Esfuerzo en la compuerta:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{154.12 \text{ N}}{0.03 \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 5137.33 \text{ kPa}$$

Analizaremos la compuerta como una viga para encontrar su momento máximo para eso utilizaremos SkyCiv

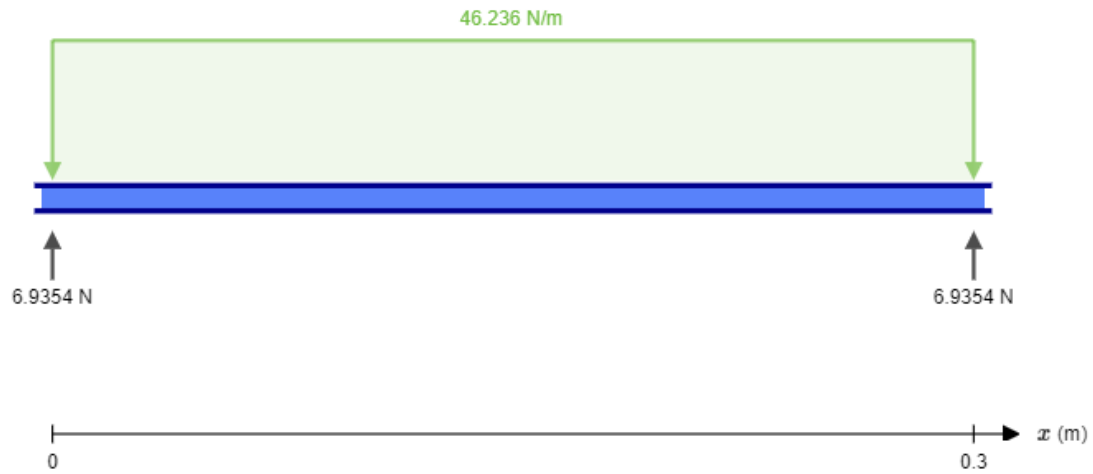


Figura 19: DCL de la compuerta como viga en Sky Civ

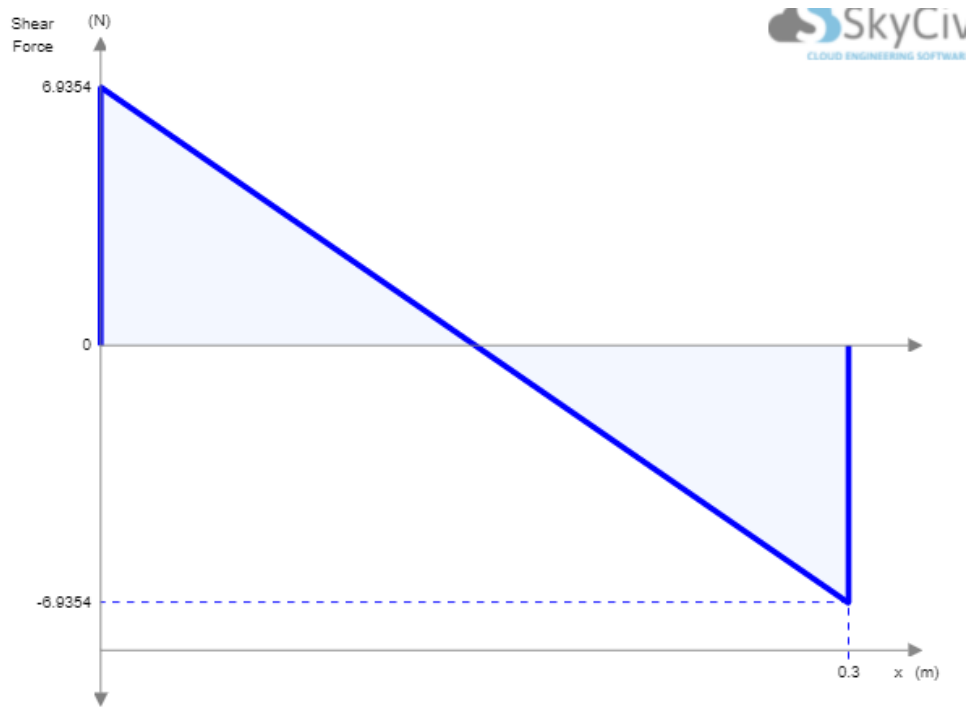


Figura 20: Diagrama de Fuerza Cortante en Sky Civ

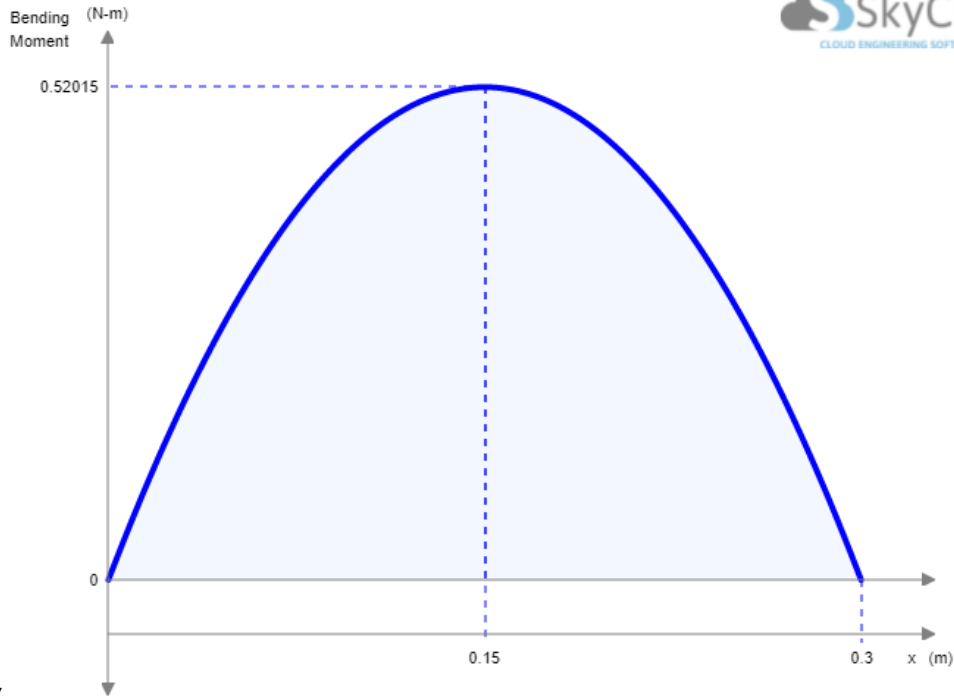


Figura 21: Diagrama de Momento Máximo en Sky Civ

Hallaremos el esfuerzo debido a la flexión producida

$$\sigma_F = \frac{M_{m\acute{a}x} x C}{I}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 0.52015 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Tablas de planchas estándar laminadas en caliente

Planchas de acero estándar son laminadas a altas temperaturas para obtener un mayor espesor. Esta característica permite cumplir con las mismas aplicaciones y usos expuestos, pero con la garantía de mayor seguridad, durabilidad y facilidad de soldadura.

Calidades

- ASTM A36, Decapadas SAE 10-08

Tabla 3: Espesores estándar de planchas según CTM aceros

Peso nominal Kg/Plancha				
		Largo mm		
Espesor nominal mm	Ancho mm	2000	2500	3000
2,0	1000	6,4	8,0	9,6
2,5	1000	8,0	10,0	12,0
3,0	1000	9,6	12,0	14,4
4,0	1000	12,8	16,0	19,2
5,0	1000	16,0	20,0	24,0

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{0.1 \times 0.002^3}{12} = 6.666 \times 10^{-11} m^4$$

$$C = \frac{e}{2} = \frac{0.002}{2} = 0.001 m$$

Esfuerzo Permisible

$$\sigma_p = \frac{0.52015 \times 0.001}{6.666 \times 10^{-11}} = 7.80 MPa$$

Propiedades del Acero A36

El acero A36 en barras, planchas y perfiles estructurales presenta espesores menores de 8 pulgadas, tiene un límite de fluencia de 250 MPa, y un límite de rotura mínimo de 400 MPa.

$$\sigma_p = 7.8 \times 10^6 + 5.137 \times 10^6 = 12.9373 MPa$$

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_p} = 19.323$$

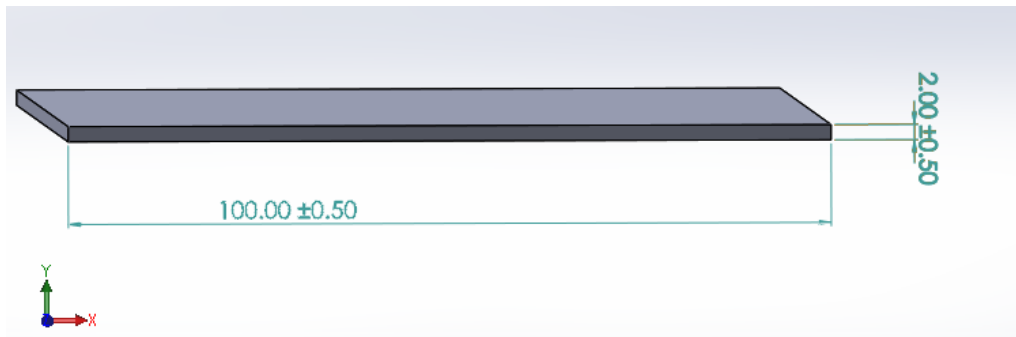


Figura 22: Compuerta de la tolva pulmón

Con el software SolidWorks analizaremos según el porcentaje de abertura de la compuerta para el paso de la materia prima

Tabla 4: Tabla de las longitudes según el porcentaje de abertura de la compuerta

Tabla de longitudes según el porcentaje de abertura de la compuerta		
Porcentaje	Longitud (cm)	Esfuerzo (MPa)
0%	30	52.6
5%	28.5	330.8
10%	27	323.5
15%	25.5	274.6
20%	24	260
25%	22.5	246.9
30%	21	225.2
35%	19.5	208.5
40%	18	190.9
45%	16.5	178.2
50%	15	161.2
55%	13.5	135.8
60%	12	125.8
65%	10.5	109.7
70%	9	92.17
75%	7.5	77
80%	6	60.9
85%	4.5	0.2885
90%	3	0.1887
95%	1.5	-
100%	0	0

Coefficiente de fricción entre Material del tornillo y de la tuerca

$$\mu = 0.25$$

Coefficiente de fricción entre aceros

$$\mu_e = 0.74 \text{ (estática)}$$

$$\mu_d = 0.56 \text{ (dinámica)}$$



Figura 23: DCL de fuerzas que interactúan en la el tornillo

Torque necesario para mover el sistema mecánico

$$T = \frac{F_{friccion} \times d_m}{2} \times \frac{p + \pi \mu d_m \sec \theta}{\pi d_m - \mu p \sec \theta}$$

En la situación de elecciones para rosca de tornillo de potencia se prefiere primordialmente la rosca ACME con ángulo de 29° por el buen ajuste que consigue esta clase de rosca.

Para el diseño de los tornillos de potencia se utiliza el perfil de rosca ACME el cual se detalla más extensamente en la siguiente figura:

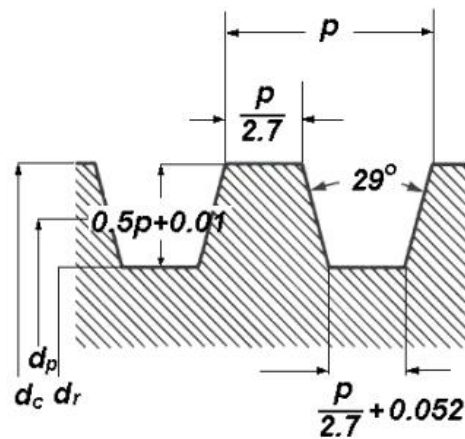


Figura 24: Detalles del perfil de rosca Acme

Tabla 5: Diámetros de cresta, roscas por pulgada y esfuerzos para rosca Acme.

Diámetro de Cresta Dc, pulgadas	Número de roscas por pulgadas, N	Área del esfuerzo de tensión, At, pul ²	Áreas de los esfuerzos cortantes As, pul ²
1/4	16	0.02632	0.3355
5/16	14	0.04438	0.4344
3/8	12	0.06589	0.5276
7/16	12	0.09720	0.6396
1/2	10	0.1225	0.7278
5/8	8	0.1955	0.9180
3/4	6	0.2732	1.084
7/8	6	0.4003	1.313
1	5	0.5175	1.493
1 1/8	5	0.6881	1.722
1 1/4	5	0.8831	1.952
1 3/8	4	1.030	2.110
1 1/2	4	1.266	2.341
1 3/4	4	1.811	2.803
2	4	2.454	3.262
2 1/4	3	2.982	3.610
2 1/2	3	3.802	4.075
2 3/4	3	4.711	4.538
3	2	5.181	4.757
3 1/2	2	7.330	5.700
4	2	9.985	6.640
4 1/2	2	12.972	7.577
5	2	16.351	8.511

Se eligió el diámetro exterior de 1/4"

- Paso o avance

$$P = \frac{1}{N} = \frac{1}{16} = 0.0625$$

N: Hilos por pulgada

- Profundidad del fileteado

$$h = 0.5(P) + 0.010$$

$$h = 0.5(0.0625) + 0.010$$

$$h = 0.04125$$

- Radio exterior del Tornillo

$$re = \frac{de}{2} = 1/8''$$

- Radio medio

$$rm = 1/8'' - 0.04125 = 0.08375$$

- Diámetro medio

$$dm = 2 \times rm = 0.1675''$$

$$\text{tang } \alpha = \frac{P}{\pi dm} = \frac{0.0625}{\pi 0.1675}$$

$$\alpha = 6.7734^\circ$$

$$\theta = 14.5^\circ \text{ para roscas ACME}$$

$$T = \frac{F_{friccion} \times d_m}{2} \times \frac{p + \pi \mu d_m \sec \theta}{\pi d_m - \mu p \sec \theta}$$

$$F_{friccion} = N \times \mu_d$$

$$F_{friccion} = 154.12 \times 0.56 = 86.3072 \text{ N}$$

$$86.3072 \text{ N} = 19.4026 \text{ lb}$$

$$T = \frac{19.4026 \times 0.1675}{2} \times \frac{0.0625 + \pi 0.25 \times 0.1675 \sec 14.5}{\pi 0.1675 - 0.25 \times 0.0625 \sec 14.5}$$

$$T = 2.01 \text{ lb. pul}$$

4.4. Seleccionar los componentes que conformaran el sistema de control y realizar su análisis económico, el cual evitara las sobrecargas en el motor.

Se busca la rigurosa selección de los componentes que conformaran el sistema de control, para que pueda cumplir eficientemente su función y se presenta la cotización del proyecto.

SENSOR DE CORRIENTE:

- Transductor de corriente CA / CC (± 300 A) Efecto Hall TRMS con salida de 4.20 mA SENECA T201DCH300-LP



Figura 25: Sensor de corriente de 300A

T201DCH300-LP es un transductor de corriente de Corriente Alterna a Corriente Continua. Este transductor cumple con el funcionamiento de medición de corriente hasta los 300 Adc / Aac y varias aplicaciones más.

CONTROLADOR (PLC):

- PLC SIEMENS S7-1200 1214 DC/DC/DC

El controlador SIMATIC S7-1200 involucra una nueva etapa en el planeta de la automatización. Con interfaz Ethernet / PROFINET incorporada, presenta una configuración más accesible, flexible y más rápida, la cual la convierte en la mejor solución para un sinnúmero de aplicaciones.

La siguiente representación muestra la estructura básica de hardware para una aplicación Motion Control con la CPU S7-1200.

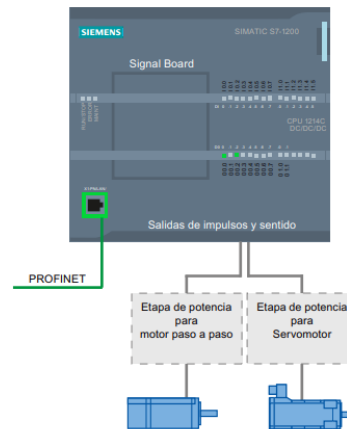


Figura 26: Controlador Lógico Programable (PLC)



Figura 27: PLC S7-1200 1214 DC/DC/DC

SERVOMOTOR 1FL6 SIEMENS:

Figura 28: Servomotores 1FL6

El servomotor SIMOTICS S-1FL6, emplea una tensión de 230 V, una potencia de 0.2 kW y un momento o trabajo de 0.64 Nm.; presenta una altura de eje de 30 mm, cuenta con un grado de protección de IP65 con junta anular que es compatible con el driver SINAMICS V90. El código de elección en el catálogo es 1FL6032-2AF21-1MH1.

DRIVER SINAMICS V90 SIEMENS

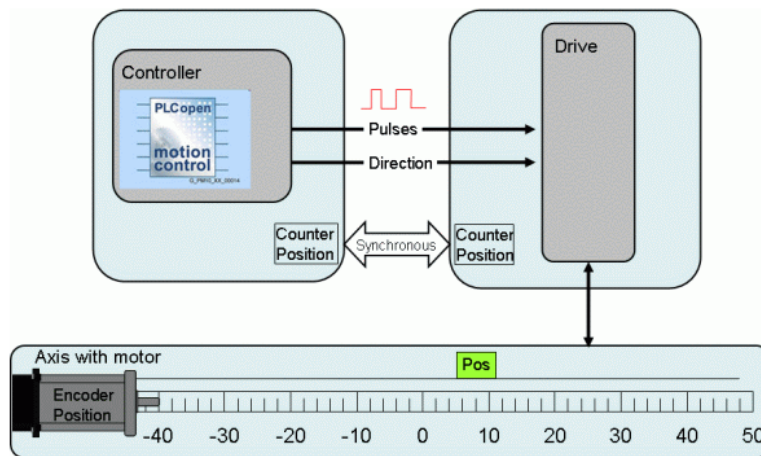


Figura 29: Controlador-Driver-Servomotor

Un servomotor se moverá utilizando un servodrive Sinamics V90 y con la ayuda de la interfaz puls de un S7-1200 CPU1214C. Tanto el servovariador como la CPU S7-1200 cuentan con un contador de pulsos interno cuyo recuento representa la posición actual. Antes de poder acercarse a una posición absoluta, el contador de la CPU S7-1200 debe estar sincronizado con la posición física del eje.

La tarea comprende una operación de posicionamiento absoluto, independientemente del inicio posición y la velocidad. Las funciones necesarias son proporcionadas por el objeto tecnológico S7-1200 "Axis" con el "PLCopen - Motion Control" asociado bloques de función.

Los valores almacenados para

- aceleración "a" y desaceleración "d" [mm / s^2]
- velocidad en "v" [mm / s]
- posición de destino "●" en [mm],

se toman como base para calcular la trayectoria de viaje "s" [mm] sobre la base de la corriente posición de inicio "◆", y para acercarse a la posición de destino "●".

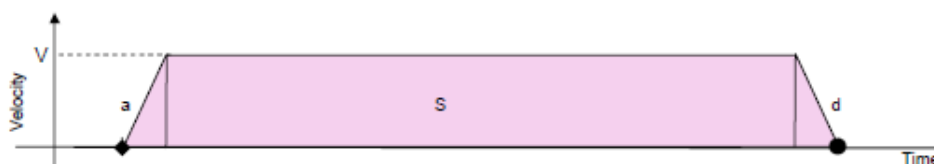


Figura 30: Diagrama de inicio-Recorrido-final

LISTA DE COMPONENTES PARTE ELÉCTRICA

Tabla 6: Lista de productos que conformaran el sistema de control

Ítem	Descripción del producto	Producto	Cantidad	Numero de orden
1	LP CONVERTIDOR DE CORRIENTE 0-300A AC/DC. SENECA		1	T201DCH300-LP
2	SIMATIC S7-1200 1214 DC/DC/DC		1	6AG1214-1AF40-5XB0
3	SINAMICS V90		1	6SL3210-5FE10-4UA0
4	SERVO MOTOR 1FL6		1	1FL6032-2AF21-1MH1
5	CABLE DE POTENCIA CONECTORIZADO		1	6FX3002-5CK01-1BA0
6	CABLE DE SEÑALES		1	6FX3002-2CT20-1AF0
7	SWITCH DE LIMITE		1	

LISTA DE COMPONENTES PARTE MECÁNICA

Ítem	Descripción del producto	Producto	Cantidad	Número de orden
1	PLANCHA DE ACERO A-36		1	
2	TUERCA ACME		1	
3	TORNILLO DE POTENCIA o HUSILLO		1	
4	VARILLAS DE SOLDADURA		4	
5	UNION DE HUSILLO		1	

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

ITEM	DESCRIPCIÓN	%	UNIDAD	P.U.	CANTIDAD	TOTAL (/S)
1,0	INTANGIBLES					
1,1	Estudio de ficha técnica			4,000.00		4,000.00
	SUB TOTAL S/.					4,000.00
2,0	INVERSIÓN EN ACTIVOS					
A	SUMINISTRO DE MATERIALES					
	Convertidor de corriente de 0-300 A AC/DC			491.00	1.00	491.00
	Simatic S7-1200 1214DC/DC/DC			1,530.00	1.00	1,530.00
	SINAMICS V90 (Driver)			1,324.00	1.00	1,324.00
	SINAMICS V90 soporte de cable de conexión			563.04	1.00	563.04
	Cable de alimentación para Servo 1FL6		m	1,200.00	1.00	1,200.00
	Servomotor 1FL6			2,336.80	1.00	2,336.80
	Switch de limite			103.92	2.00	207.84
	Cable de señal Prearmado para 1FL6		m	1,300.00	1.00	1,300.00
	Unión de husillo			20.00	1.00	20.00
	Tornillo de potencia (30 cm)			250.00	1.00	250.00
	Planchas metálicas Acero A36		m2	15.00	3.00	45.00
	Varillas de soldadura			15.00	4.00	60.00
B	COSTO DIRECTO (C.D.)			9,148.76		9,327.68
C	GASTOS GENERALES	10		914.88		932.77
D	UTILIDADES	5		457.44		466.38
E	SUB TOTAL SIN IGV					10,726.83
F	IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS IGV (18%)					1,930.83
G	SUB TOTAL S/.					12,657.66
	GASTOS OPERATIVOS					
	SUB TOTAL S/.					
	TOTAL GENERAL (CON IGV)					16,657.66

ITEM	BENEFICIOS DE PRODUCCIÓN	VALOR (/\$)
1	PRODUCCIÓN DURANTE PAROS	
	TOTAL	39,978.90

ITEM	COSTOS DE MANTENIMIENTO		VALOR (/\$)
1	COSTO DE INVERSIÓN		
		Porcentaje	31,206.34
2	MANTENIMIENTO		
		Porcentaje	12%
			3,744.76
3	COSTO DE ENERGÍA		
		Porcentaje	1,603.01
4	REPOSICIÓN (10 AÑOS)	80%	24,965.07
4	REVISIÓN TÉCNICA (2 VECES AL AÑO)	10%	3,120.63

AÑO	B (/S)	C (/S)	F.E (/S)	PAYBACK	
0	-	31,206.34	-31,206.34	-31,206.34	14.64
1	39979	8468.40	31510.50	-6192.60	2.96
2	39979	8468.40	31510.50	18927.38	-10.13
3	39979	8468.40	31510.50	41355.93	-24.78
4	39979	8468.40	31510.50	61381.42	-41.20
5	39979	8468.40	31510.50	79261.32	-59.58
6	39979	8468.40	31510.50	95225.52	-80.17
7	39979	8468.40	31510.50	109479.27	-103.23
8	39979	8468.40	31510.50	122205.83	-129.06
9	39979	8468.40	31510.50	133568.83	-760.55
10	39979	33433.47	6545.43	135676.29	-179.73
11	39979	8468.40	31510.50	144734.80	-214.74
12	39979	8468.40	31510.50	152822.76	-253.95
13	39979	8468.40	31510.50	160044.16	-297.86
14	39979	8468.40	31510.50	166491.83	-347.05
15	39979	8468.40	31510.50	172248.68	-402.13
16	39979	8468.40	31510.50	177388.72	-463.83
17	39979	8468.40	31510.50	181978.05	-532.93
18	39979	8468.40	31510.50	186075.66	-610.32
19	39979	8468.40	31510.50	189734.24	-697.00
20	39979	8468.40	31510.50	193000.83	12.00

INVERSIÓN	S/ 31,206.34		VAN	193,000.83	
TASA DE DESCUENTO	12%		TIR	92%	
VAN COSTOS	S/ 105,619.31		PAYBACK	2	Años
VAN BENEFICIOS	S/298,620.14		B/C	2.83	

BENEFICIOS DEL SISTEMA DE CONTROL PARA EL FLUJO DE MATERIA PRIMA

Las trilladoras APOLO, constan de un sistema trifásico el cual está conformado por un motor de 100 Hp, cuyo consumo de corriente dependerá de este mismo y de las condiciones del café. Este no presenta un buen control de flujo de materia prima, lo que afecta al consumo de corriente, ya que, si en el amperaje existe una variación considerable, la maquina estará sobre esforzada, por lo tanto, se debe regular la entrada hasta que se estabilice la corriente; y si el amperaje está por debajo del amperaje normal, está indicando que el proceso esta defectuoso o que la maquina no le está llegando suficiente materia prima. También tenemos que tener en cuenta que si el café llega húmedo aumenta el amperaje ya que este se concentra en la entrada del tambor.

Este Sistema de control permitirá prevenir sobreesfuerzos, identificar si existe una alta o baja de corriente, controlar la entrada de materia prima, optimizar la producción de la línea de selección de grano, evitar grandes costos de mantenimiento, aumentando los ingresos de la empresa que opte por su instalación, mejorar el proceso de trilla e inspeccionar las condiciones de trabajo; evitando grandes secuelas que afectan tanto a la maquina como a la empresa produciendo grandes gastos en la compra de repuestos o el cambio de motor por avería permanente.

4.5. Implementar el sistema de control con PLC SIEMENS y simularlo en el TIA PORTAL

Default tag table								
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
1	X EJE_DriveLISTO	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	FALLA DEL SERVO PRESENTE	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	SWITCH DE EMERGENCIA	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	AUTO/MAN SS (1=AUTO,0=MA...	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	ADELANTE PB	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	REVERSE PB	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	POSICION AUTOMATICA PB	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	SERVO PULSOS	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	SERVO DIRECTION	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	X EJE_DriveEnable	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	SERVO RESET FALLAS CMD	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	SERVO EMERGENCIA CMD	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	IR A LA POSICION 1	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	COLOCAR POSICION	Real	%MD2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	<Agregar>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 31: Variables a utilizar para la programación

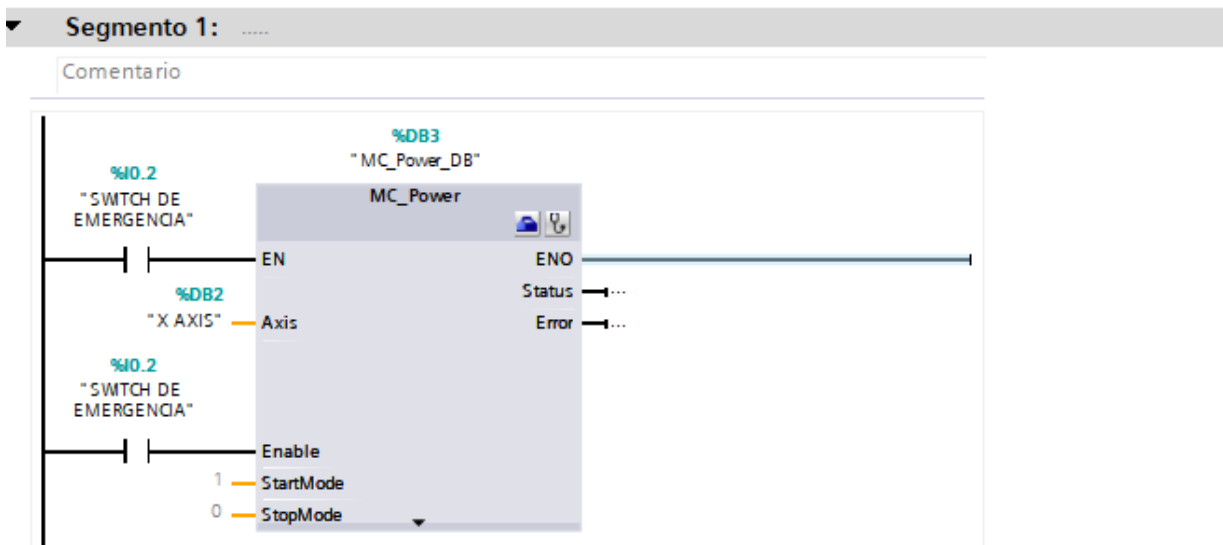


Figura 32: Segmento 1 del Main para la programación

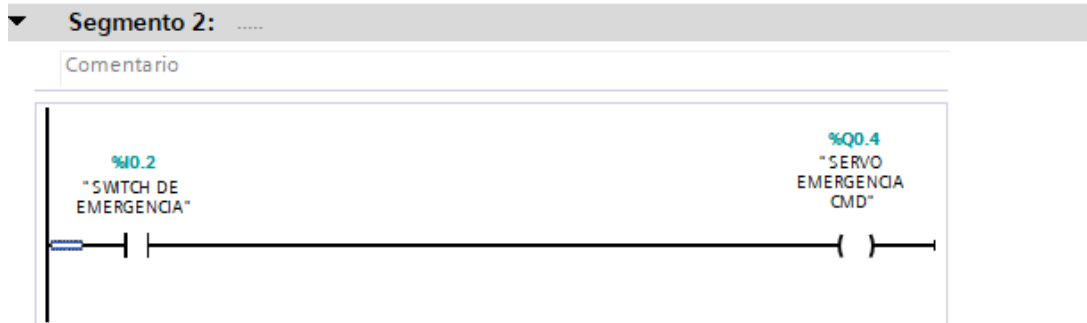


Figura 33: Segmento 2 del Main para la programación

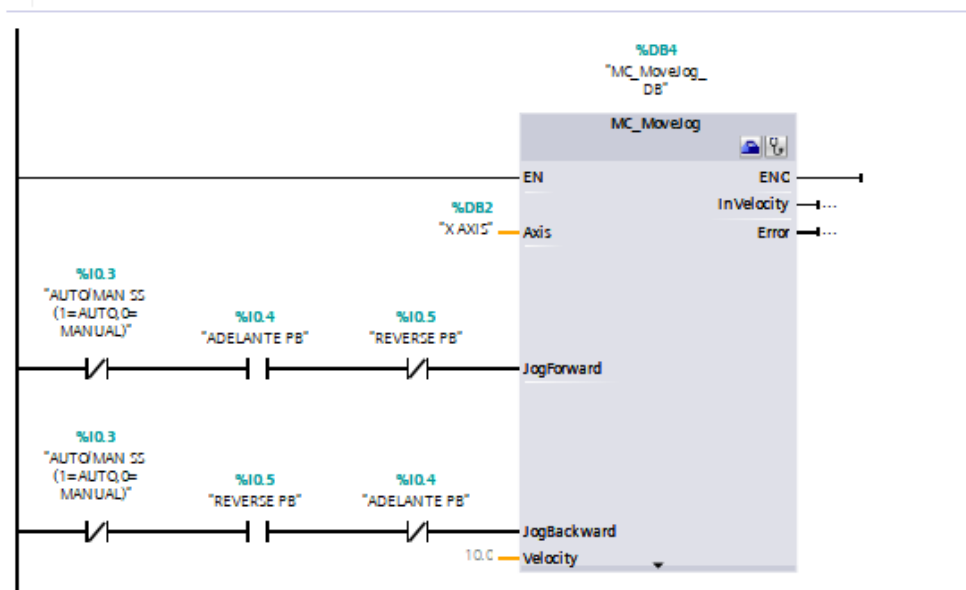


Figura 34: Segmento 3 del Main para la programación

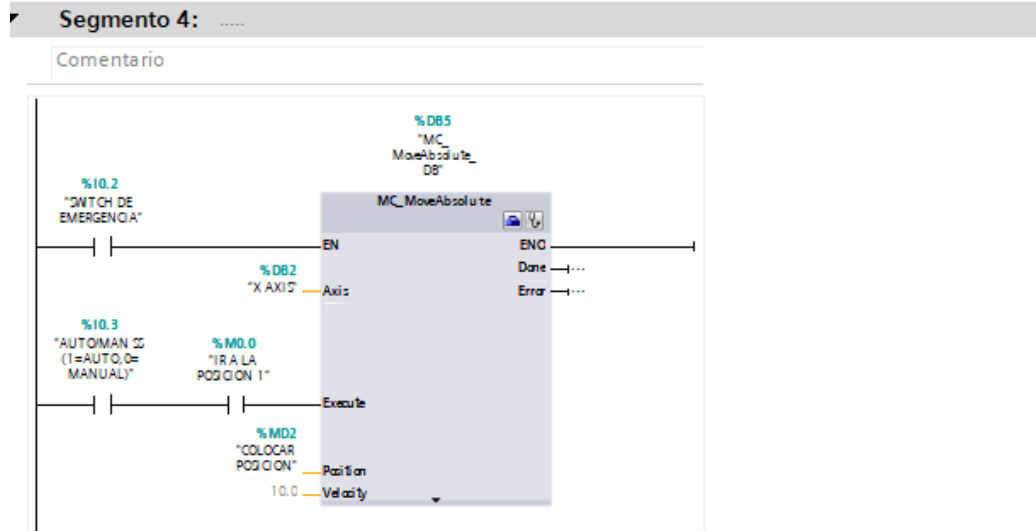


Figura 35: Segmento 4 del Main para la programación

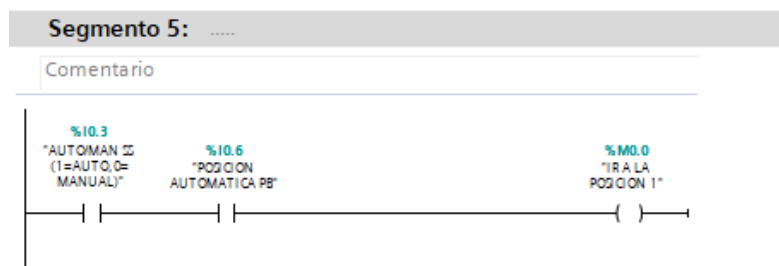


Figura 36: Segmento 5 del Main para la programación

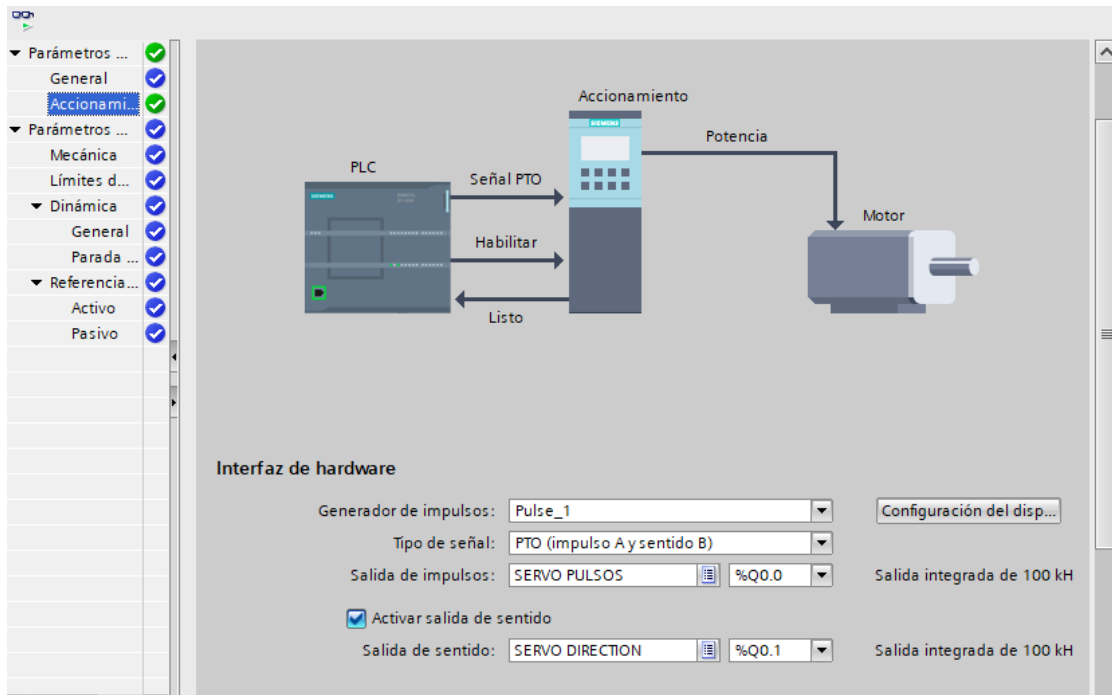


Figura 37: Parte del accionamiento completo del sistema de control

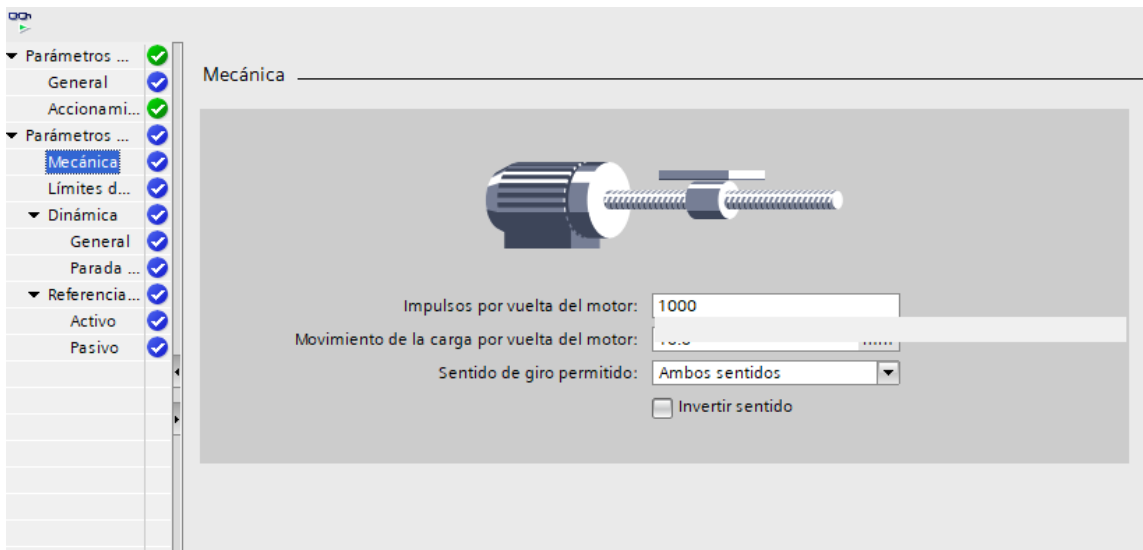


Figura 38: Impulsos y dirección del servomotor para poder desplazar la compuerta

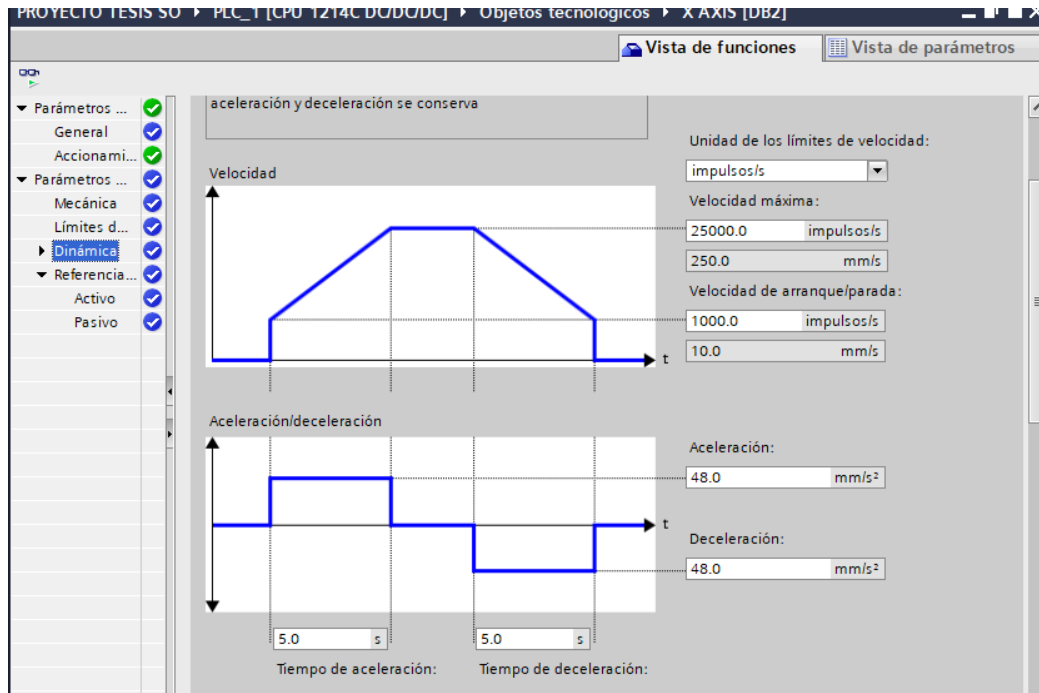


Figura 39: Velocidad y aceleración del desplazamiento de la compuerta en el husillo

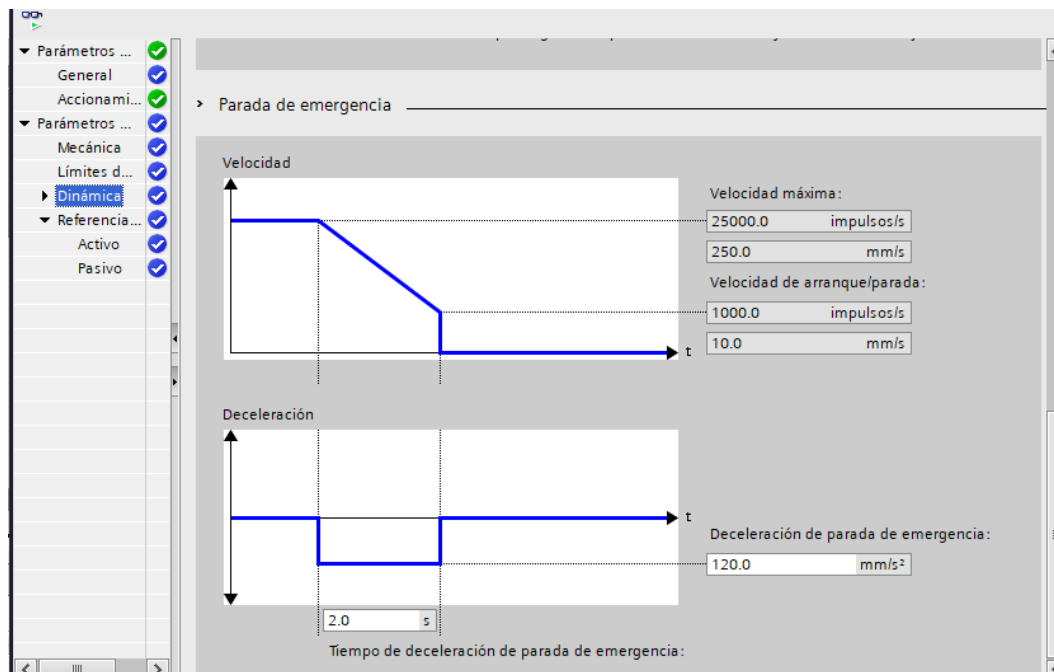


Figura 40: Velocidad y aceleración de parada de emergencia

V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos para la realización del diseño de un sistema de control de flujo de grano de café para la prevención de daños en el motor de la máquina trilladora Apolo 4.

El objetivo 1: Identificar las variables que causan la variación y el elevado consumo de corriente del motor, pudimos encontrar los factores que causan distintas alteraciones en el motor causando grandes consumos de corriente, como también, posibles fallas mecánicas pudiendo dejar al motor en estado obsoleto.

El objetivo 2: Calcular la demanda de corriente que consume el motor trifásico de la trilladora Apolo 4, se logró calcular la demanda de corrientes teóricas para así poder tener un intervalo de corriente, facilitando la elección de un sensor de corriente que emitirá señales en caso que el motor esté sobrepasando la corriente real de consumo de la máquina.

El objetivo 3: Diseñar un sistema mecánico que actuará como compuerta para la regulación de flujo de materia prima, se utilizó distintos software como el Sky Civ, con el cual se logra obtener el momento máximo de la compuerta la cual fue analizada como una viga para poder calcular su esfuerzo máximo permisible y su Factor de seguridad; el software SolidWork para poder realizar una tabla con los esfuerzos que se encuentran en las distintas longitudes de la compuerta clasificándolas por porcentajes. Lo más importante era encontrar el torque necesario para poder mover la compuerta y así seleccionar el servomotor.

El objetivo 4: Seleccionar los componentes que conformarán el sistema de control y determinar su costo el cual evitará las sobrecargas en el motor, para esto se requirió una rigurosa elección de los componentes necesarios para poder diseñar el sistema de control y cumpla eficientemente su función. Se realizó la evaluación económica del proyecto para verificar si es o no factible.

El objetivo 5: Implementar el sistema de control con PLC SIEMENS y simularlo en el TIA PORTAL, el cual se realizó el bloque de programación para poder darle dirección y sentido al husillo que moverá a la compuerta mediante el TIA PORTAL V15, logrando así tener una programación para su posible operación y pruebas reales mediante un PLC-DRIVER-SERVOMOTOR.

VI. CONCLUSIONES

1. Mediante la identificación de las variables o factores que producen el elevado consumo de corriente, se tiene presente las principales causas y consecuencias que puede llevarse a cabo si no existe un sistema de prevención de daños en un motor, en este caso la principal variable es la sobrecarga la cual produce daños internos y externos al motor, pudiendo así lograr paros de producción en la línea de selección de grano.
2. Mediante el cálculo la demanda de corriente que consume el motor trifásico de la trilladora APOLO, se determinó el valor de corriente que debe ser estable para el correcto funcionamiento del motor, y así luego poder seleccionar el sensor de corriente que formará parte del sistema de control que podrá prevenir y reducir daños. Teniendo como corriente estable el valor de 142 Amperes.
3. Se diseñó un sistema mecánico que actuara como compuerta para la regulación de flujo de materia prima, la compuerta que es la parte que resistirá el flujo de materia prima se analizó como una viga para así poder llegar a hallar el factor de seguridad cuyo valor es 19.323, lo que nos indica que el material elegido en este caso A-36 resiste los esfuerzos que surgen dentro de la tolva. También se realizó una tabla de los esfuerzos que se presentan en las distintas longitudes de la compuerta ya que esta se desplazará según lo requerido por el PLC para que así no exista una variación en la corriente del motor. Lo esencial era encontrar el torque necesario para que la compuerta pueda desplazarse sin inconvenientes, cuyo valor es de 0.5 Nm.
4. Se seleccionó los componentes necesarios que conformarán el sistema de control, mediante una rigurosa búsqueda para que estos puedan cumplir eficientemente su función, tomando las consideraciones tecnológicas actuales que nos brinda la empresa SIEMENS, logrando así presupuestar el precio de inversión que es de S/. 31,206.34 para poder cumplir con el proyecto, realizando así la evaluación económica dando como resultado el VAN: 193,000.83, TIR: 92%, PAYBACK: 2 años. En conclusión, el diseño de un sistema de control de flujo de grano de café para la prevención de daños en el motor de la trilladora apolo 4 nos permitirá evitar paros de producción, logrando así ahorrar S/.39,978.90 anuales.
5. Se logró implementar la programación en el Main en el software TIA PORTAL V 15 para controlar a los componentes seleccionados, esta programación nos permitirá tener una base para poder registrar y realizar, pruebas y ajustes necesarios en la parte real del funcionamiento.

VII. RECOMENDACIONES

Para poder mejorar esta tesis, se recomienda implementar el sistema de control realizada en el software TIA PORTAL V15 de SIEMENS a un PLC, DRIVER y SERVOMOTOR para poder hacer pruebas y ajustes reales de funcionamiento. Para poder hacer esto se requiere de un laboratorio de Automatización, realizando la parte técnica del proyecto, ya que en los objetivos se plantea la parte teórica.

V.III REFERENCIAS

- [1] R. E. León Guitérrez, Artist, "*DISEÑO, FABRICACIÓN Y EVALUACIÓN DE MÁQUINA TRILLADORA DE GRANOS DE QUINUA PARA LA REGIÓN SUR PERUANA*". [Art]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN, 2018.
- [2] G. S. Peralta Nuñez, Artist, "*DIAGNOSTICO DE FALLAS EN MOTORES DE INDUCCION*". [Art]. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO PERÚ, 2009.
- [3] E. E. B. D. MR, «EL BLOG DE MR ELECTROMECHANICA,» 09 agosto 2010. [En línea]. Available: <http://mrelectromecanica.blogspot.com/2010/08/por-que-se-danan-los-motores-de.html>. [Último acceso: 30 abril 2021].
- [4] M. A. Perez, A. Perez Hidalgo y E. Perez Berenguer, Artists, "*INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE CONTROL Y MODELO MATEMÁTICO PARA SISTEMAS LINEALES INVARIANTES EN EL TIEMPO*". [Art]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN, 2007.
- [5] A. A. LTDA, MANUAL DE ENSAMBLE, Colombia.
- [6] A. A. LTDA, «APOLO MAQUINARIA AGRICOLA,» [En línea]. Available: <http://www.agroindustrialapolo.com/trilladoradecafe.html>. [Último acceso: 10 Mayo 2021].
- [7] A. Garcia González , «PANAMAHITEK,» 2 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>. [Último acceso: 10 Mayo 2021].
- [8] A. E. INC, «ARROW,» [En línea]. Available: <https://www.arrow.com/es-mx/categories/sensors/current-sensors>. [Último acceso: 1 mayo 2021].
- [9] J. C. Flores Garcia, Artist, *SISTEMAS DE TRANSMISIÓN MECÁNICA*. [Art]. UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS.
- [10] E. y. d. c. D. Departamento de Ingeniería Eléctrica, «MASTER DEGREE: Ingeniería de Sistemas Industriales,» 2011. [En línea]. Available: http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf. [Último acceso: 28 Mayo 2021].

- [11] SIEMENS, SIMATIC S7 CONTROLADOR PROGRAMABLE S7-1200, 2012.
- [12] Revista ELECTRO INDUSTRIA Soluciones Tecnologicas para la Minería, Energía e Industria, «Revista ELECTRO INDUSTRIA Soluciones Tecnologicas para la Minería, Energía e Industria,» Septiembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2857&tip=7&xit=tia-portal-v14-de-siemens-la-puerta-de-entrada-a-la-automatizacion-de-la-empresa-digital>. [Último acceso: 28 Mayo 2021].
- [13] O. G. D. Margarita, Artist, "*SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL DE FLUJO DE TRIGO EN LAS TOLVAS DE LA EMPRESA MOLINOS MIRAFLORES S.A.*". [Art]. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2014.
- [14] P. Abarca, «Sistemas de Control Automatico,» *ABC de la Automatizacion*.
- [15] R. E. L. HUAMÁN, Artist, "*IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICO EN SILOS Y TOLVAS DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESAMIENTO DEALIMENTO BALANCEADO EN UNA PLANTA DELSECTOR AVÍCOLA*". [Art]. UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, 2018.
- [16] X. A. Rojas Segarra y G. A. Correa Anchundia, Artists, "*DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISION HMI PARA MAQUINA BARNIZADORA DE LA EMPRESA EL TELEGRAFO*". [Art]. UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA ECUADOR, 2015.
- [17] J. A. y F. G. Estern, «INTRODUCCION A MATLAB Y SIMULINK,» 2005/2006.
- [18] N. Kumar Saxena, S. Gebrehiwot y D. Mena, «"Controller Design for Electric Motor Derived Vehicle",» *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEI)*, vol. 6, nº 2, pp. 125-131, 2018.
- [19] Ernest, J. A. y F. Gomez, «INTRODUCCION A MATLAB Y SIMULINK,» 2005/2006.

VIII. ANEXOS

DIAGRAMA DE CONEXIÓN PLC-DRIVER

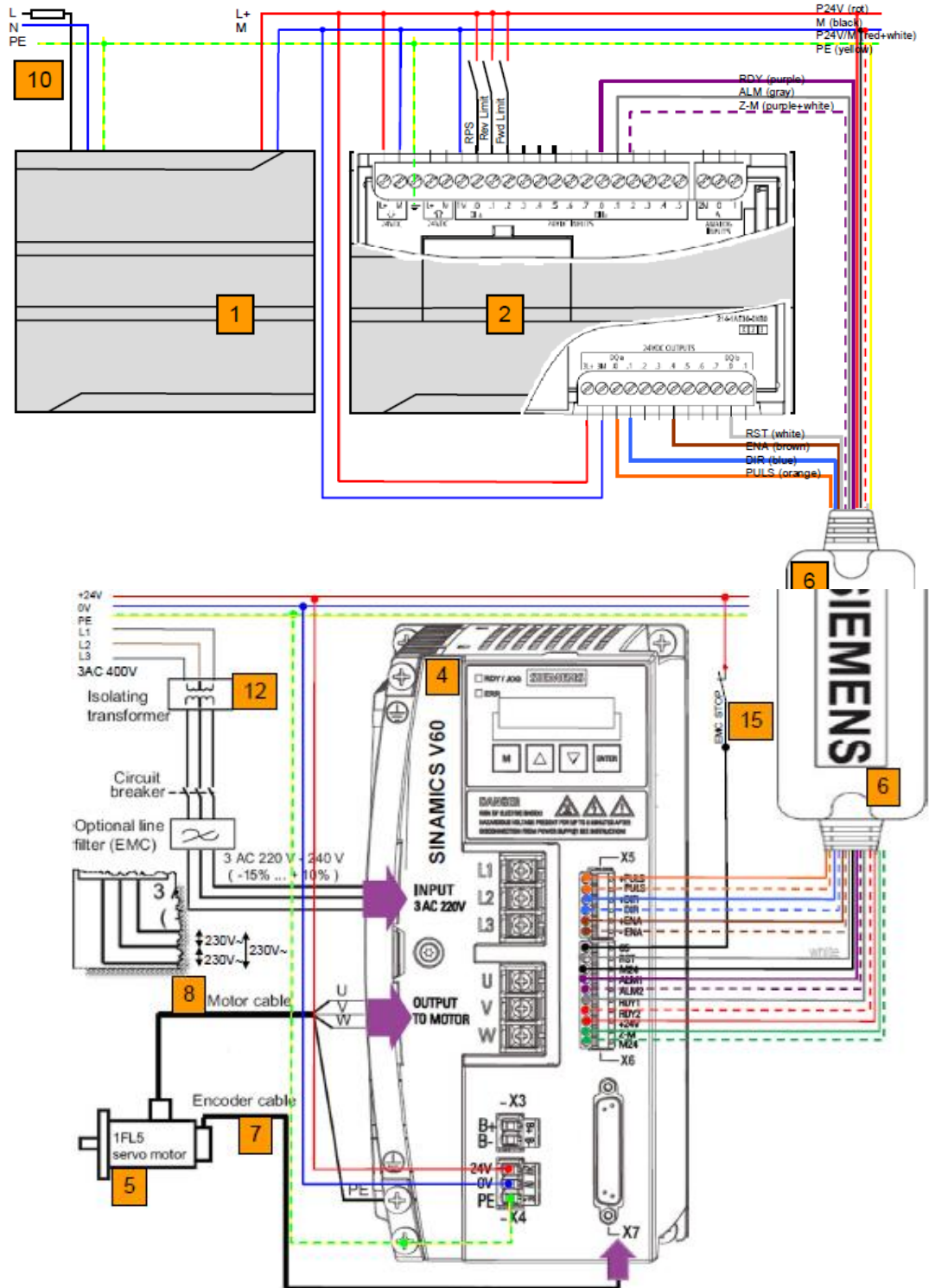


Figura 41: Diagrama eléctrico de las conexiones PLC-DRIVER

DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA TRILLADORA

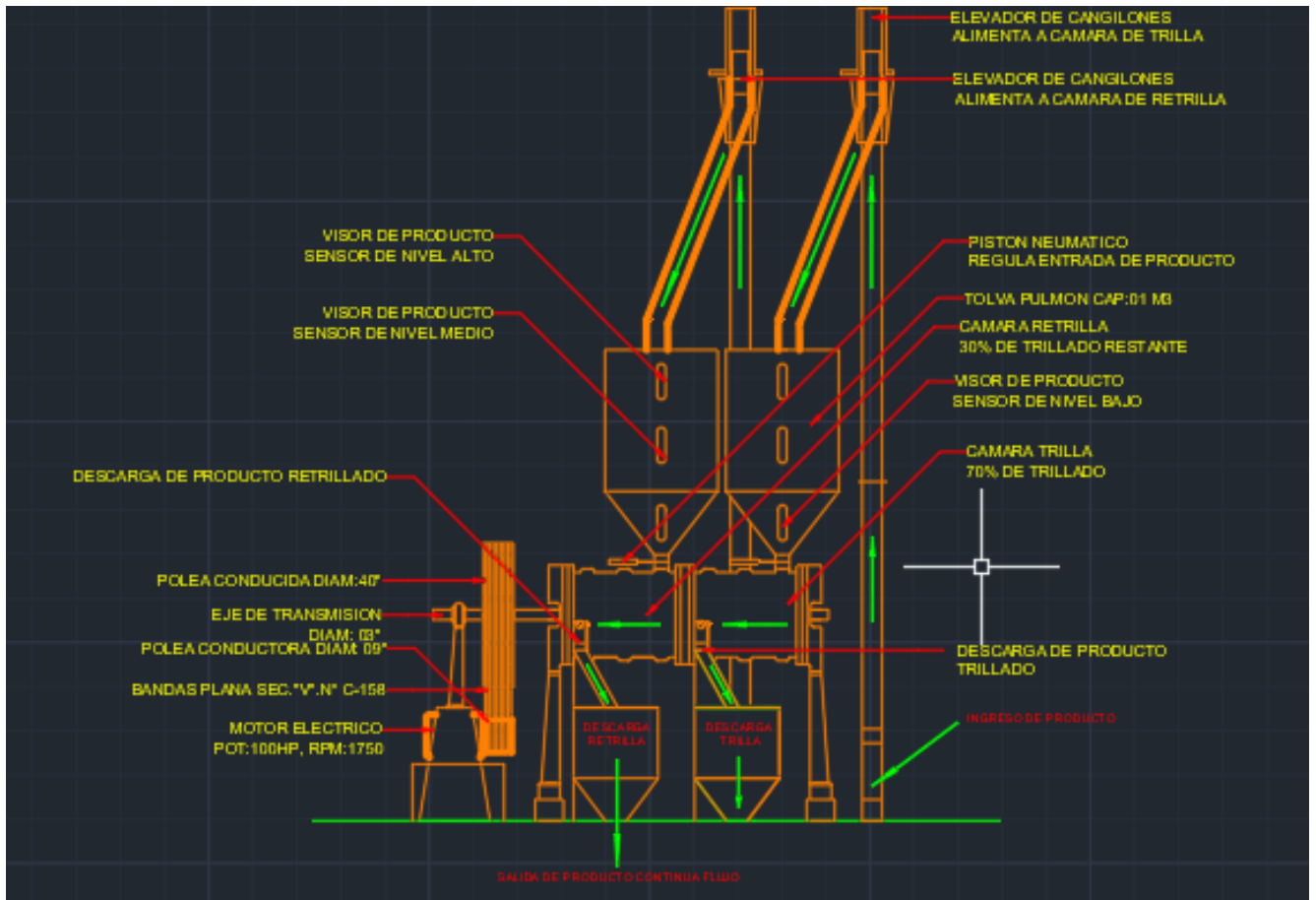
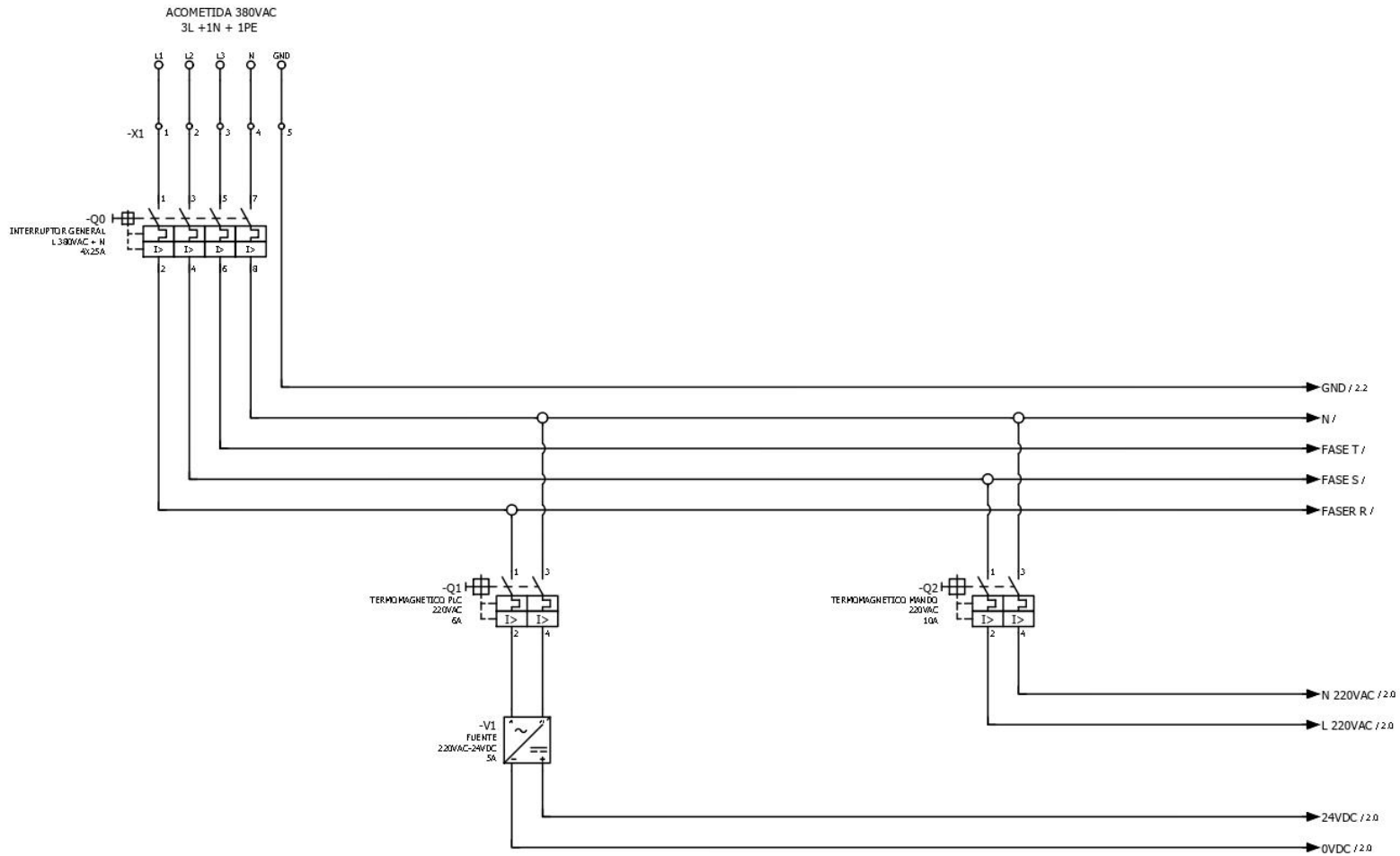
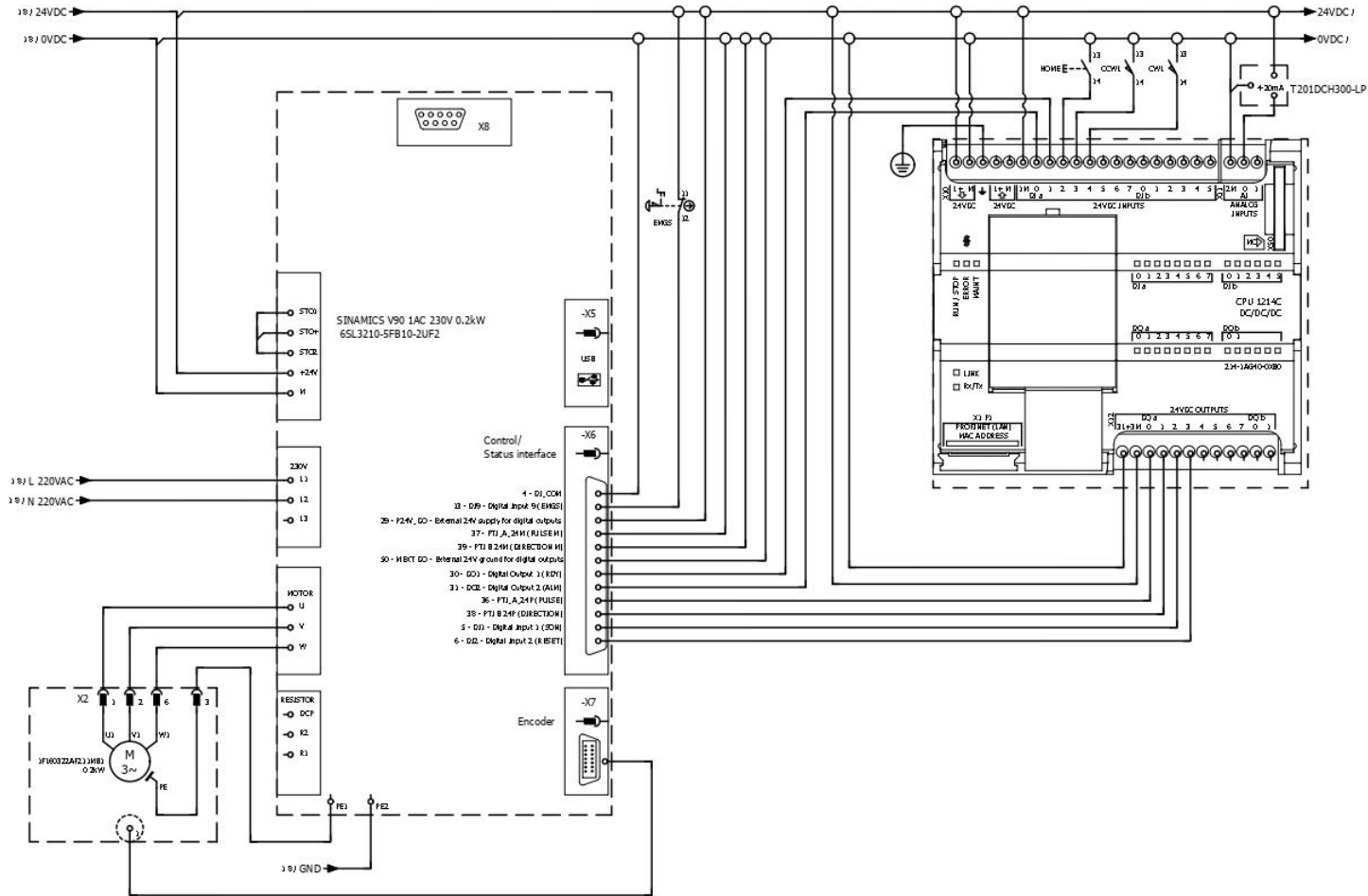


Figura 42: Proceso de trilla de la máquina Apolo 4 desde el ingreso del producto hasta la salida del producto totalmente limpio



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO		
FACULTAD DE INGENIERÍA		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE FLUJO DE GRANO DE CAFÉ PARA LA PREVENCIÓN DE DAÑOS EN EL MOTOR DE LA TRILLADORA APOLO 4		
 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo	DIAGRAMA ELÉCTRICO DE ALIMENTACIÓN GENERAL	Fecha: 09/11/2021
	Dibujado por: Cristhian Adrián Soria Rojas	Hoja 1 de 3
	Aprobado por: Jorge Alberto Villanueva Zapata	A4



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE FLUJO DE GRANO DE CAFÉ PARA LA PREVENCIÓN DE DAÑOS EN EL MOTOR DE LA TRILLADORA APOLO 4



DIAGRAMA ELÉCTRICO DE MANDO PLC

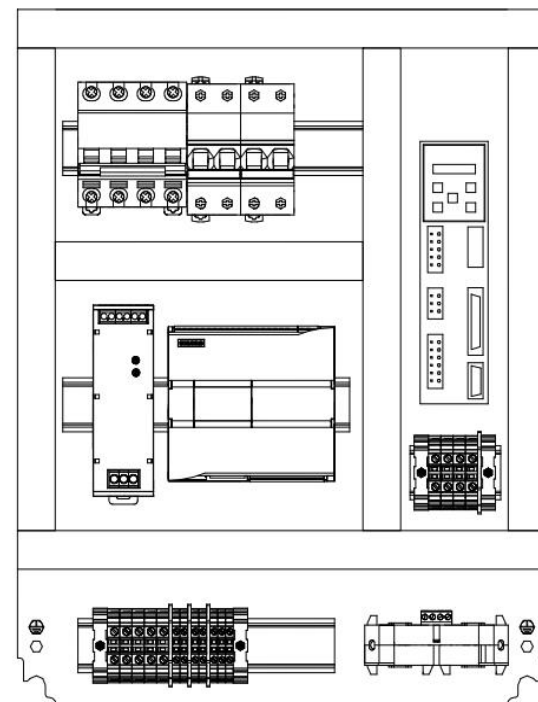
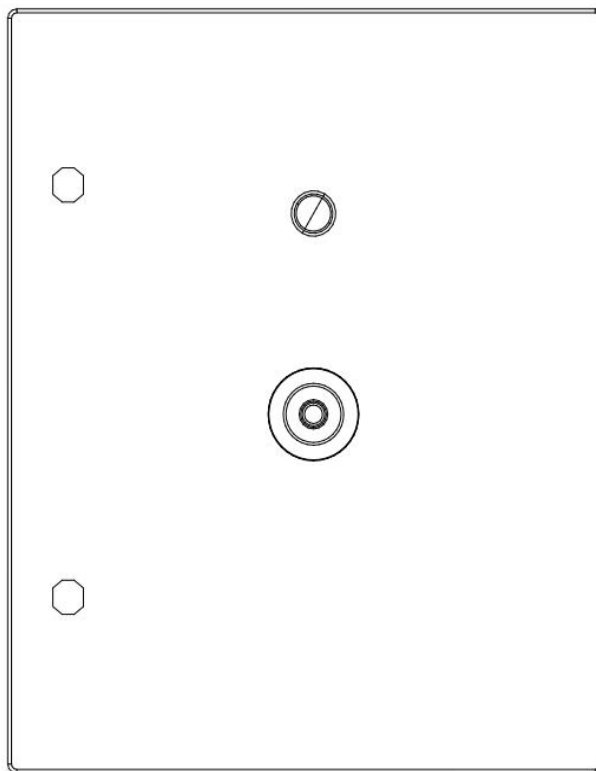
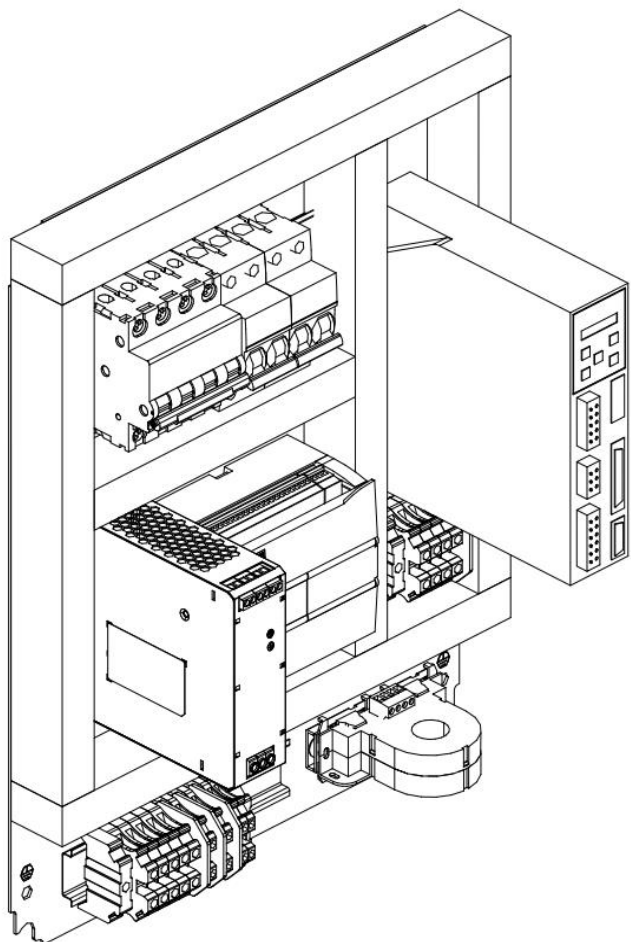
Fecha: 09/11/2021

Dibujado por: Cristhian Adrián Soria Rojas

Hoja 2 de 3

Aprobado por: Jorge Alberto Villanueva Zapata

A4



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE FLUJO DE GRANO DE CAFÉ PARA LA PREVENCIÓN DE DAÑOS EN EL MOTOR DE LA TRILLADORA APOLO 4



DIAGRAMA ELÉCTROMECAÁNICO DE TABLERO DE CONTROL

Fecha: 09/11/2021

Dibujado por: Cristhian Adrián Soria Rojas

Hoja 3 de 3

Aprobado por: Jorge Alberto Villanueva Zapata

A4

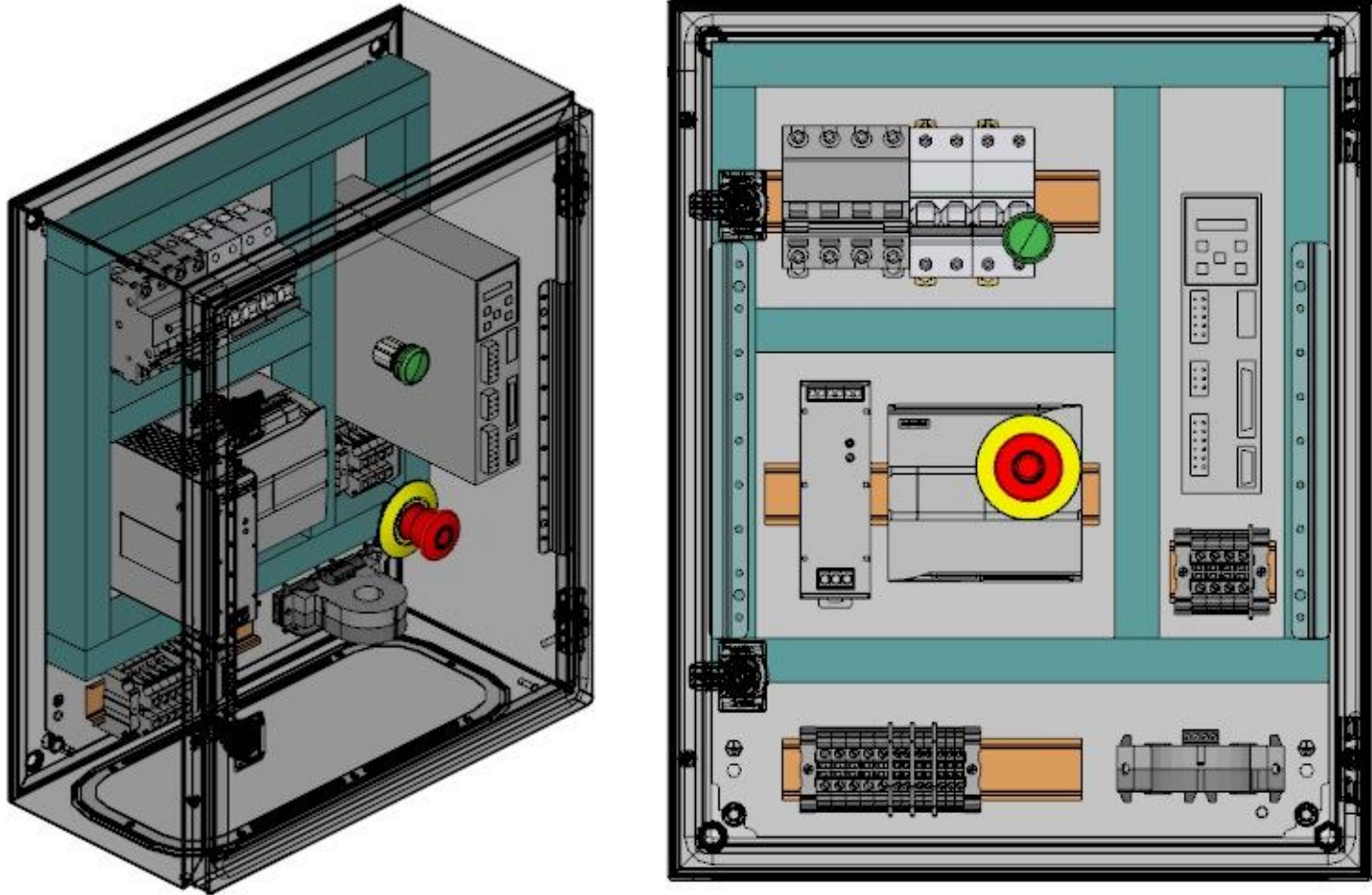
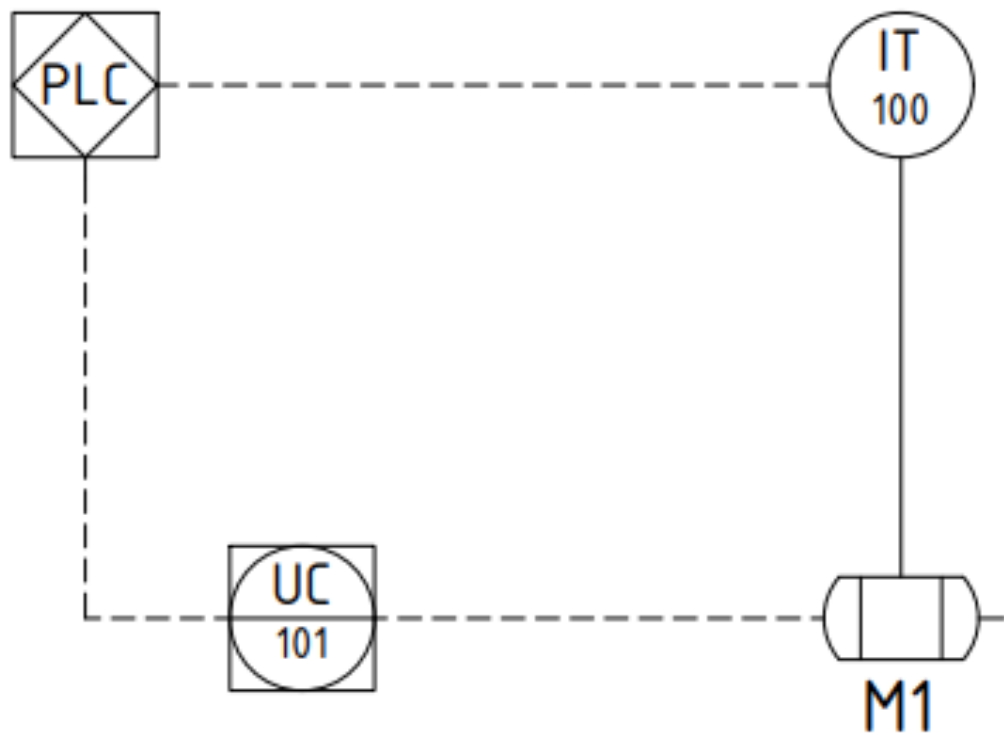


Figura 43: Tablero empleado para la alimentación del sistema de control



Simbolo	Descripción
	Controlador logico programable
	Transmisor de corriente
	Controlador de servomotor
	Servomotor

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO		
FACULTAD DE INGENIERÍA		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE FLUJO DE GRANO DE CAFÉ PARA LA PREVENCIÓN DE DAÑOS EN EL MOTOR DE LA TRILLADORA APOLO 4		
 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo	DIAGRAMA DE CONTROL DE SISTEMA	Fecha: 23/06/2023
	Dibujado por: Cristhian Adrián Soria Rojas	Hoja 3 de 3
	Aprobado por: Jorge Alberto Villanueva Zapata	A4