



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE**  
**POTENCIA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA TRITURADORA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SU PRODUCTIVIDAD EN LA PARROQUIA LAS PAMPAS DEL CANTÓN SIGCHOS, PROVINCIA DE COTOPAXI, DURANTE EL PERIODO 2021**

Propuesta Tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en  
Sistemas Eléctricos de Potencia.

**Autores:**

Arias Atiaja Fernando Rafael

Granda Vega José Luis

**Tutor Académico:**

MSc. Salazar Achig Edgar Roberto Ing.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2021**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **ARIAS ATIAJA FERNANDO RAFAEL** y **GRANDA VEGA JOSÉ LUIS**, declaramos ser los autores del presente Proyecto de Investigación: “**AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA TRITURADORA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SU PRODUCTIVIDAD EN LA PARROQUIA LAS PAMPAS DEL CANTÓN SIGCHOS, PROVINCIA DE COTOPAXI, DURANTE EL PERIODO 2021**”, siendo el **ING. SALAZAR ACHIG EDGAR ROBERTO MSC.**, Tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente propuesta tecnológica, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....  
ARIAS ATIAJA FERNANDO RAFAEL

C.I.:050255625-1

.....  
GRANDA VEGA JOSÉ LUIS

C.I.: 050256127-7

## **AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Título

**“AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA TRITURADORA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SU PRODUCTIVIDAD EN LA PARROQUIA LAS PAMPAS DEL CANTÓN SIGCHOS, PROVINCIA DE COTOPAXI, DURANTE EL PERIODO 2021”**, de los señores **ARIAS ATIAJA FERNANDO RAFAEL** y **GRANDA VEGA JOSÉ LUIS**, de la carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de la Propuesta que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto del 2021

.....  
Ing. Salazar Achig Edgar Roberto MSc

C.I.: 050284761-9

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**; por cuanto, los postulantes: **ARIAS ATIAJA FERNANDO RAFAEL** y **GRANDA VEGA JOSÉ LUIS**, con el Título de Proyecto de Titulación: **“AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA TRITURADORA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SU PRODUCTIVIDAD EN LA PARROQUIA LAS PAMPAS DEL CANTÓN SIGCHOS, PROVINCIA DE COTOPAXI, DURANTE EL PERIODO 2021”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto del 2021

Para constancia firman:

.....  
Lector 1 (Presidente)  
MSc. Rommel Suárez Ing.  
180416535-3

.....  
Lector 2  
MSc. Franklin Vásquez Ing.  
171043449-7

.....  
Lector 3  
MSc. Manuel Ángel León Segovia Ing.  
050204135-3

## AVAL DE ENTREGA DE MATERIALES

Latacunga, agosto del 2021

Señor

Presidente  
Junta Parroquial de Las Pampas  
Presente. –

Quien suscribe, en calidad de Presidente de la Junta Parroquial de Las Pampas del cantón Sigchos de la provincia de Cotopaxi, **CERTIFICO** que los postulantes **ARIAS ATIAJA FERNANDO RAFAEL** con CC: 050255625-1 y **GRANDA VEGA JOSÉ LUIS** con CC: 050256127-7, estudiantes de décimo ciclo de la **CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**, entregaron los materiales necesarios para la implementación de la propuesta tecnológica titulada: **“AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA TRITURADORA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SU PRODUCCIÓN EN LA PARROQUIA LAS PAMPAS DEL CANTÓN SIGCHOS, PROVINCIA DE COTOPAXI, DURANTE EL PERIODO 2021”** . Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los interesados dar uso a este documento como estimen conveniente.

Atentamente;

.....  
ARIAS ATIAJA FERNANDO RAFAEL  
C.I.:155006498-2

.....  
GRANDA VEGA JOSÉ LUIS  
C.I.: 050256127-7

.....  
Sr.  
C.I.: 050236581-0

## **AGRADECIMIENTO**

*La siguiente propuesta tecnológica fue realizada bajo la supervisión del Ing. Edgar Roberto Salazar a quien me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento por haberme guiado, compartiendo conocimientos y experiencias y por ayudar en la realización de nuestra tesis.*

*A mis padres y hermanos que han sido el motor fundamental en todo este proceso, a mi esposa Mariana Maiguashca por darme su apoyo constante e incondicional ocupándose de nuestros hijos y de las tareas del hogar para que yo pueda continuar con los objetivos sin desmayar.*

*Mi más sincero reconocimiento y gratitud a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirnos las puertas de la Institución sobre todo a mi gloriosa y grande carrera la Ingeniería Eléctrica.*

*A mis maestros que durante toda la carrera universitaria quienes compartieron conmigo sus conocimientos para convertirse en un profesional, por su tiempo, dedicación y por su pasión por la docencia.*

**ARIAS ATIAJA FERNANDO RAFAEL**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, quiero agradecer a Dios, a la Virgencita de Baños y al Príncipe San Miguel por darme esta oportunidad de vida para seguir alcanzando mis sueños.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme abierto sus puertas y formarme como profesional en la carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia, a todos los docentes quienes me brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante.*

*Al ingeniero Roberto Salazar por su colaboración en la dirección para el desarrollo de este proyecto de titulación.*

*A los ingenieros del tribunal Rommel Suarez, Franklin Vázquez y Ángel León por sus consejos y paciencia en este proceso de titulación.*

*A mis padres, hermanos, mis bellos reyes y mi esposa por toda la confianza depositada en mí y su paciencia en este largo camino que hoy estamos culminando con éxito.*

**GRANDA VEGA JOSÉ LUIS**

## DEDICATORIA

*Quiero dedicar este trabajo de titulación: primero a Dios por darme la vida y estar siempre guiándome en mi camino, en segundo lugar con todo mi cariño para mi familia, de manera especial a mi querida esposa Marianita quien puso toda su confianza en mí durante toda la carrera universitaria, sin ella no habría sido posible hacer realidad este sueño, a mis queridos hijos Joel y Leonel quienes son mi mayor fuente de inspiración, que después de largas horas de trabajo y unas arduas madrugadas y desvelos han servido para demostrarles que todo lo que se propone se puede cumplir, lógicamente con decisión, disciplina, constancia, perseverancia y fe en Dios, ellos también podrán hacer realidad todos sus sueños.*

*A mis queridos padres Antonio y Mariana por guiarme en mi camino y mostrarme con su ejemplo de trabajo, honradez, sacrificio y valores para moldear mi carácter, haciendo de mí una gran persona. A mis hermanos Diego y Ángel ustedes que fueron mis maestros y me enseñaron el camino a seguir, a mis hermanas Norma y Carmita quienes estuvieron siempre pendientes de mis aciertos y mis errores, a mis sobrinos Nicol, Helen, Cooper, Kevin, Dilan, Daenerys, Adrián y Elian para ustedes con todo mi cariño.*

ARIAS ATIAJA FERNANDO RAFAEL

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo de titulación se lo dedico de todo corazón a los amores de vida Justin y Dominic, que son mi motor y me dan la fuerza necesaria para alcanzar todas las metas que me proponga.*

*A mis queridos padres Genaro y Marina, por su sacrificio, esfuerzo, consejos, paciencia y valores para formarse, primero como persona y ahora un profesional.*

*A mis hermanos Washington y Darwin, por la paciencia y todo el sacrificio que me entregaron para culminar con esta etapa de mi vida, mi hermano mayor solo quiero decirte lo logramos tu eres un pilar fundamental para haber llegado a alcanzar esta meta.*

*A Fernando, Nancy y Fernanda por siempre estar ahí conmigo espiritual y presencialmente dándome su voz de aliento y creyendo en mí.*

*A mi esposa Mariana que me ha brindado todo su amor, apoyo incondicional, por creer en mí y hacerme sentir capaz de lograr este gran sueño.*

**GRANDA VEGA JOSÉ LUIS**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**TÍTULO:** “Automatización de la máquina trituradora de bagazo de caña de azúcar para mejorar su productividad en la parroquia Las Pampas del Cantón Sigchos, Provincia de Cotopaxi, durante el periodo 2021”.

**Autores:** ARIAS ATIAJA FERNANDO RAFAEL  
GRANDA VEGA JOSÉ LUIS

**RESUMEN**

La presente propuesta tecnológica trata sobre la “Automatización de la máquina trituradora de bagazo de caña de azúcar para mejorar su productividad en la parroquia Las Pampas del cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi, durante el período 2021”, en donde se analiza los diferentes criterios que se tiene al momento de automatizar una máquina, se comienza desde la investigación de los esquemas lógicos existentes utilizados en el control eléctrico detallando sus aspectos relevantes del control y la automatización, con lo cual se procede a la implementación de la automatización de la máquina.

Finalmente, una vez descrita sus características básicas y todo lo relevante a su operación se procederá al desarrollo del manual de operación, con la implementación se puede hablar del impacto que tienen en las personas que trabajan en el medio, las que no son afines al proyecto y con lo cual ayudan al desarrollo en el aumento de la productividad de la comunidad para la alimentación del ganado.

Se pretende que no sea una máquina ensamblada sino una combinación de elementos seleccionados para esta máquina cumpliendo las características técnicas para el objetivo general planteado

**Palabras claves:** Automatización, control eléctrico, máquina trituradora, implementación.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES SCHOOL**

**THEME:** “Automation of the sugarcane bagasse crushing machine to improve its productivity in The Pampas parish of Sigchos Canton, Cotopaxi Province, during the period 2021”

**Authors:** ARIAS ATIAJA FERNANDO RAFAEL  
GRANDA VEGA JOSÉ LUIS

**ABSTRACT**

This technological proposal is about the " Automation of the sugarcane bagasse crushing machine to improve its productivity in The Pampas parish of Sigchos Canton, Cotopaxi Province, during the period 2021", where the different criteria that exist at the time of automating a machine are analyzed, starting from the investigation of the existing logic schemes used in electrical control detailing its relevant aspects of control and automation, with which implementation of machine automation is done.

Finally, once its basic characteristics and everything relevant to its operation have been described, the operation manual will be developed, with the implementation we can talk about the impact they have on the people who work in the environment, those who are not related to the project and with which they help development in increasing the productivity of the community for livestock feeding.

It is intended that it is not an assembled machine but a combination of elements selected for this machine, fulfilling with the technical characteristics for the general objective set.

**Keywords:** Automation, electrical control, crushing machine, implementation.



## AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA TRITURADORA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SU PRODUCTIVIDAD EN LA PARROQUIA LAS PAMPAS DEL CANTÓN SIGCHOS, PROVINCIA DE COTOPAXI, DURANTE EL PERIODO 2021”** presentado por: **Arias Atiaja Fernando Rafael y Granda Vega José Luis**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería Eléctrica en Sistemas de Potencia**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Julio del 2021

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink that reads 'Erika Cecilia Borja Salazar'.

**Erika Cecilia Borja Salazar**

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**CI: 0502161094**



Firmado electrónicamente por:

**MARCO PAUL  
BELTRAN  
SEMBLANTES**



**CENTRO  
DE IDIOMAS**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE ENTREGA DE MATERIALES .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xviii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xxi
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	3
2.1. FUNDAMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
2.2. EL PROBLEMA.....	4
2.2.1. Situación problemática .....	5
2.3. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN .....	5
2.3.1. Objeto de estudio.....	5
2.3.2. Campo de acción .....	6
2.3.3. Tipo de propuesta alcance .....	6
2.4. BENEFICIARIOS.....	6
2.5. JUSTIFICACIÓN .....	6
2.6. HIPÓTESIS.....	7
2.7. OBJETIVOS .....	7
2.7.1. General.....	7
2.7.2. Específicos.....	7
2.8. SISTEMA DE TAREAS.....	7

3.	FUNDAMENTACIÓN Teórica .....	8
3.1.	ANTECEDENTES .....	8
3.2.	PARROQUIA LAS PAMPAS.....	9
3.3.	ESTRUCTURA PRODUCTIVA LAS PAMPAS .....	10
3.4.	CAÑA DE AZÚCAR .....	10
3.4.1.	Forraje con caña de azúcar .....	10
3.4.2.	Composición física del bagazo de caña.....	11
3.5.	PRODUCTIVIDAD.....	11
3.5.1.	Eficiencia General de Equipos (OEE).....	12
3.5.2.	Eficiencia en máquinas agrícolas .....	12
3.5.3.	Factores que afectan la eficiencia.....	13
3.6.	MÁQUINAS AGRÍCOLAS .....	13
3.6.1.	Trituradoras de caña de azúcar .....	13
3.6.2.	Motores agroindustriales .....	13
3.6.3.	Motor eléctrico de corriente alterna (AC) .....	14
3.6.4.	Motor trifásico .....	15
3.6.5.	Motor asíncrono.....	15
3.7.	AUTOMATIZACIÓN .....	15
3.7.1.	Partes del sistema automatizado .....	16
3.7.2.	Normativa AWG.....	16
3.7.3.	Accionadores .....	16
3.8.	AUTOMATIZACIÓN Y SUS ELEMENTOS .....	17
3.8.1.	Motor trifásico de inducción.....	18
3.8.2.	PLC logo Siemens .....	20
3.8.3.	Variador de frecuencia.....	20
3.8.4.	Contactores .....	21
3.8.5.	Interruptor térmico.....	22

3.8.6.	Interruptor bipolar.....	22
3.8.7.	Relés auxiliares de 8 pines.....	23
3.9.	ELEMENTOS DE CONTROL.....	23
3.9.1.	Pulsadores.....	23
3.9.2.	Relés de protección.....	24
3.9.3.	Curva de disparo del relé de protecciones .....	25
3.9.4.	Contacto auxiliar.....	26
3.9.5.	Luz piloto de señalización .....	27
3.9.6.	Sensor de corriente .....	27
3.9.7.	Final de carrera .....	28
3.10.	CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL CONDUCTOR .....	28
3.11.	TABLEROS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES .....	29
3.11.1.	Tablero eléctrico .....	29
3.11.2.	Tableros de automatización .....	30
3.11.3.	Protección de un tablero de automatización. ....	31
3.11.4.	Accesorios de montaje .....	31
3.12.	CÓDIGO DE COLORES (NEMA / ANSI).....	32
3.12.1.	Conductor de tierra .....	32
3.12.2.	Conductor neutro .....	32
3.12.3.	Conductor fase .....	33
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
4.1.	ETAPAS DEL PROYECTO.....	34
4.2.	TRITURADORA DE CAÑA DE AZÚCAR .....	35
4.2.1.	Partes de la trituradora.....	36
4.2.2.	Motor trifásico inducción 1.5 Hp .....	37
4.3.	CÁLCULOS DE CORRIENTE.....	38
4.3.1.	Corriente del contactor .....	38

4.3.2.	Corriente del relé térmico .....	38
4.3.3.	Corriente del disyuntor del circuito de potencia.....	38
4.3.4.	Corriente del disyuntor del circuito de mando. ....	38
4.4.	SELECCIÓN DEL CONTROLADOR.....	38
4.5.	ELEMENTOS DE MANDO Y PROTECCIÓN .....	40
4.5.1.	Selección del contactor .....	40
4.5.2.	Contactos auxiliares.....	41
4.5.3.	Selección del relé térmico.....	42
4.5.4.	Interruptor termomagnético Schneider.....	43
4.5.5.	Disyuntor monopolar EBS6BN .....	44
4.6.	SELECCIÓN DEL VARIADOR.....	45
4.7.	SELECCIÓN DEL CABLE.....	48
4.7.1.	Cable de control.....	48
4.7.2.	Cable de potencia.....	48
4.8.	ELEMENTO DE MEDICIÓN.....	49
4.9.	DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO .....	51
4.10.	TABLERO DE CONTROL .....	53
4.11.	PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR KEWO AD 100.....	54
4.12.	PROGRAMACIÓN DEL LOGO SIEMENS R230.....	55
4.13.	DIAGRAMA UNIFILAR .....	56
4.14.	MONTAJE DEL TABLERO .....	59
4.15.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....	61
4.16.	PRUEBAS DE TRITURADO .....	63
4.16.1.	Pesaje de la caña de azúcar .....	63
4.16.2.	Alimentación de la trituradora .....	64
4.16.3.	Recolección de bagazo.....	64
4.16.4.	Pesaje del bagazo .....	65

4.16.5.	Medición de tiempo .....	66
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	67
5.1.	ANÁLISIS TIEMPO VS CARGA .....	67
5.1.1.	Tiempo – Carga Trituradora a Gasolina .....	67
5.1.2.	Análisis Trituradora Automatizada .....	68
5.1.2.1	Tiempo-Carga Trituradora Automatizada a 60 Hz .....	68
5.1.2.2	Tiempo-Carga Trituradora Automatizada a 40 Hz .....	70
5.1.2.3	Tiempo-Carga Trituradora Automatizada a 20 Hz .....	72
5.2.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO ECONÓMICO .....	74
5.2.1.	Presupuesto .....	74
5.2.2.	Análisis económico de operación .....	76
5.2.3.	Costos de producción.....	79
5.2.4.	Cálculo del VAN y TIR.....	80
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	85
6.1.	CONCLUSIONES .....	85
6.2.	RECOMENDACIONES.....	85
7.	BIBLIOGRAFÍA .....	86
8.	ANEXOS .....	90
	<b>Anexo A:</b> Construcción de la trituradora de caña de azúcar.....	90
	<b>Anexo B:</b> Montaje tablero de control.....	91
	<b>Anexo C:</b> Instructivo de operación de la automatización de la máquina trituradora de bagazo de caña de azúcar en la parroquia las pampas.....	93
	<b>Anexo D:</b> Programación del variador .....	98
	<b>Anexo E:</b> Programación del PLC logo.....	99
	<b>Anexo F:</b> Simulación del tablero de automatización en el programa cadesimu.....	100
	<b>Anexo G:</b> Diseño del tablero de control .....	101
	<b>Anexo H:</b> Anexo diseño de la máquina trituradora de bagazo de caña.....	102
	<b>Anexo I:</b> Máquina terminada .....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Árbol de Problemas.....	4
<b>Figura 3.1</b> Tipos de motores utilizados en la máquina trituradora. ....	13
<b>Figura 3.2</b> Máquina trituradora con motor por combustión a Gasolina .....	14
<b>Figura 3.3</b> Tipos de motores eléctricos CA.....	14
<b>Figura 3.4</b> Sistema de automatización [2]. ....	15
<b>Figura 3.5</b> Diagrama de automatización.....	17
<b>Figura 3.6</b> Motor trifásico de inducción [6]. ....	18
<b>Figura 3.7</b> Esquemas de motor trifásico de inducción [6].....	18
<b>Figura 3.8</b> Arranque directo [7].....	19
<b>Figura 3.9</b> PLC Logo Siemens [11].....	20
<b>Figura 3.10</b> Variador de frecuencia [12]. ....	20
<b>Figura 3.11</b> Contactor [13]. ....	21
<b>Figura 3.12</b> Interruptor automático magnético térmico [14]. ....	22
<b>Figura 3.13</b> Interruptor automático bipolar [15].....	23
<b>Figura 3.14</b> Relés auxiliares [16].....	23
<b>Figura 3.15</b> Relé térmico [16] .....	25
<b>Figura 3.16</b> Curva de disparo del relé térmico [17].....	26
<b>Figura 3.17</b> Contacto auxiliar [13]. ....	26
<b>Figura 3.18</b> Luz piloto marca Camsco [18].....	27
<b>Figura 3.19</b> Medidor digital multifuncional [19]. ....	27
<b>Figura 3.20</b> Final de carrera [20].....	28
<b>Figura 3.21</b> Diagrama de interconexión [18]. ....	30
<b>Figura 3.22</b> Tablero eléctrico [21].....	31
<b>Figura 3.23</b> Protección en los tableros eléctricos [21]. ....	31
<b>Figura 3.24</b> Accesorios de montaje [21].....	32
<b>Figura 3.25</b> Código de colores [9].....	33
<b>Figura 4.1</b> Diagrama de flujo de las etapas del proyecto. ....	35
<b>Figura 4.2.</b> Trituradora de caña de azúcar. ....	36
<b>Figura 4.3</b> Partes de la trituradora de caña de azúcar. ....	36
<b>Figura 4.4</b> Motor trifásico de inducción 1.5Hp. ....	37
<b>Figura 4.5</b> PLC logo Siemens 230 RC .....	39

<b>Figura 4.6</b> Contactor CJX2-D.....	40
<b>Figura 4.7</b> Contacto Auxiliar LA1-DN. ....	41
<b>Figura 4.8</b> CNC Relé térmico [24]. ....	42
<b>Figura 4.9</b> Interruptor termomagnético EASY9 [24]. ....	43
<b>Figura 4.10</b> Interruptor termomagnético EBS6BN. ....	45
<b>Figura 4.11</b> Variador de frecuencia KEWO .....	45
<b>Figura 4.12</b> Características de cables AWG 18. [9] .....	48
<b>Figura 4.13</b> Características de cables AWG 10. [9] .....	49
<b>Figura 4.14</b> Medidor de energía PZEM-022 AC.....	49
<b>Figura 4.15</b> Diagrama de flujo del funcionamiento de la máquina. ....	52
<b>Figura 4.16</b> Tablero industrial 40 x 60 cm. ....	53
<b>Figura 4.17</b> Disposición de los elementos del tablero de control.....	53
<b>Figura 4.18</b> Programación del variador.....	55
<b>Figura 4.19</b> Programación del logo. ....	56
<b>Figura 4.20</b> Diagrama de flujo de accionamientos que debe cumplir el tablero de control. ...	57
<b>Figura 4.21</b> Diagrama unifilar circuito de fuerza. ....	58
<b>Figura 4.22</b> Diagrama unifilar circuito del variador.....	58
<b>Figura 4.23.</b> Diagrama unifilar programación de Logo.....	59
<b>Figura 4.24</b> Montaje de una Riel DIN. ....	60
<b>Figura 4.25</b> Conexiones del tablero de control.....	60
<b>Figura 4.26</b> Verificación de conexiones.....	61
<b>Figura 4.27</b> Multímetro para medición de continuidad.....	62
<b>Figura 4.28</b> Tablero de control energizado.....	62
<b>Figura 4.29</b> Trituradora de caña de azúcar automatizada.....	63
<b>Figura 4.30</b> Carga de caña de azúcar fresca 8,5Kg. ....	63
<b>Figura 4.31</b> Alimentación de la trituradora de caña. ....	64
<b>Figura 4.32</b> Recolección de bagazo de caña de azúcar. ....	64
<b>Figura 4.33</b> Pesaje de bagazo de caña triturada a 60 Hz. ....	65
<b>Figura 4.34</b> Pesaje de bagazo de caña triturada a 40 Hz. ....	65
<b>Figura 4.35</b> Pesaje de bagazo de caña triturada a 20 Hz. ....	66
<b>Figura 4.36</b> Tiempo de triturada del bagazo de caña.....	66
<b>Figura 5.1</b> Trituradora de caña de azúcar a gasolina. ....	67
<b>Figura 5.2</b> Funcionamiento de la trituradora a gasolina. ....	68

<b>Figura 5.3</b> Funcionamiento de la trituradora automatizada a 60 Hz. ....	69
<b>Figura 5.4</b> Comparativa de la máquina Gasolina o Eléctrica automatizada.....	70
<b>Figura 5.5</b> Funcionamiento de la trituradora automatizada a 40 Hz. ....	71
<b>Figura 5.6</b> Funcionamiento de la trituradora automatizada a 40 Hz vs a gasolina.....	72
<b>Figura 5.7</b> Funcionamiento de la trituradora automatizada a 20 Hz. ....	73
<b>Figura 5.8</b> Funcionamiento de la trituradora automatizada a 20 Hz vs motor a gasolina. ....	74
<b>Figura 5.9</b> Rendimiento de máquina con motor eléctrico y motor a gasolina.....	81
<b>Figura 5.10</b> Producción en kilogramos de una hora de trabajo. ....	82
<b>Figura 5.11</b> Costo de producción anual.....	83
<b>Figura 5.12</b> Resumen del VAN, TIR y Flujos descontados. ....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b> Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados. ....	7
<b>Tabla 3.1</b> Actores que intervienen en las actividades tanto agrícolas y ganaderas [1]. ....	10
<b>Tabla 3.2</b> Propiedades físicas del bagazo de caña. ....	11
<b>Tabla 3.3</b> Pulsadores y Botoneras. ....	24
<b>Tabla 3.4</b> Tabla de tiempo de disparo [17]. ....	25
<b>Tabla 3.5</b> Tipo de accesorios adicionales. ....	32
<b>Tabla 4.1</b> Variable independiente y dependiente. ....	34
<b>Tabla 4.2</b> Datos de placa del motor 1,5 HP. ....	37
<b>Tabla 4.3</b> Datos técnicos PLC logo Siemens 230 RC. ....	39
<b>Tabla 4.4</b> Datos técnicos del CJX2-D. ....	40
<b>Tabla 4.5</b> Contactos comerciales y sus características. ....	41
<b>Tabla 4.6</b> Características del relé térmico. ....	42
<b>Tabla 4.7</b> Datos técnicos del interruptor EASY9. ....	43
<b>Tabla 4.8</b> Datos técnicos Variador de frecuencia KEWO. ....	46
<b>Tabla 4.9</b> Datos técnicos del medidor de energía PZEM 022 AC. ....	50
<b>Tabla 4.10</b> Rangos de potencia. ....	50
<b>Tabla 4.11</b> Rangos de Energía. ....	50
<b>Tabla 4.12</b> Rangos de voltaje. ....	51
<b>Tabla 4.13</b> Rangos de corriente. ....	51
<b>Tabla 4.14</b> Rango de frecuencia. ....	51
<b>Tabla 4.15</b> Rango de Factor de potencia. ....	51
<b>Tabla 4.16</b> Parámetros de programación del variador. ....	54
<b>Tabla 4.17</b> Parámetros de programación del variador. ....	55
<b>Tabla 5.1</b> Datos obtenidos de la trituradora a gasolina. ....	67
<b>Tabla 5.2</b> Datos obtenidos de la trituradora automatizada a 60 Hz. ....	68
<b>Tabla 5.3</b> Datos obtenidos de la trituradora automatizada a 60 Hz. ....	69
<b>Tabla 5.4</b> Datos obtenidos de la trituradora automatizada a 40 Hz. ....	70
<b>Tabla 5.5</b> Datos obtenidos de la trituradora automatizada a 40 Hz. ....	71
<b>Tabla 5.6</b> Datos obtenidos de la trituradora automatizada a 20 Hz. ....	72
<b>Tabla 5.7</b> Datos obtenidos de la trituradora automatizada a 20 Hz. ....	73
<b>Tabla 5.8</b> Costos directos del proyecto. ....	75

<b>Tabla 5.9</b> Costos indirectos del proyecto.....	76
<b>Tabla 5.10</b> Costo total del proyecto.....	76
<b>Tabla 5.11</b> Consumo de energía del motor trifásico con varias frecuencias. ....	77
<b>Tabla 5.12</b> Valores de potencia del motor trifásico en diferentes tiempos.....	77
<b>Tabla 5.13</b> Cargos tarifarios únicos.....	78
<b>Tabla 5.14</b> Consumo energético de la trituradora.....	78
<b>Tabla 5.15</b> Planilla de consumo en 30 días, 8 horas y 1 hora.....	79
<b>Tabla 5.16</b> Costos de producción para la trituradora eléctrica. ....	79
<b>Tabla 5.17</b> Costos de producción para la trituradora a gasolina.....	80
<b>Tabla 5.18</b> Costos de operación de la máquina trituradora en 1 hora.....	81
<b>Tabla 5.19</b> Kilogramos producidos por hora.....	81
<b>Tabla 5.20</b> Kilogramos producidos en un año.....	82
<b>Tabla 5. 21</b> Flujos descontados en 10 años.....	83
<b>Tabla 5.22</b> Resumen del VAN, TIR y flujo descontado.....	84

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del proyecto:**

“AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA TRITURADORA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SU PRODUCTIVIDAD EN LA PARROQUIA LAS PAMPAS DEL CANTÓN SIGCHOS, PROVINCIA DE COTOPAXI, DURANTE EL PERIODO 2021”.

**Fecha de inicio:** lunes 26 de abril del 2021

**Fecha de finalización:** viernes 13 de agosto del 2021

**Lugar de ejecución:** Parroquia Las Pampas, cantón Sigchos, provincia Cotopaxi

**Facultad que auspicia:** Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia

**Proyecto de investigación vinculado:** Sin proyecto asociado

**Equipo de trabajo:**

**Tutor:** MSc. EDGAR ROBERTO SALAZAR ACHIG Ing.

**Estudiantes:** ARIAS ATIAJA FERNANDO RAFAEL  
GRANDA VEGA JOSÉ LUIS

**Tutor de titulación:**

**Nombres y Apellidos:** MSc. Edgar Roberto Salazar Achig Ing.

**Nacionalidad:** ecuatoriana

**Cedula de ciudadanía:** 050284761-9

**Teléfono:** 0999035220

**Email:** [edgar.salazar7619@utc.edu.ec](mailto:edgar.salazar7619@utc.edu.ec)

**Nivel Superior:** Escuela Politécnica del Ejército

**Datos personales (Postulante 1):**

**Nombres y Apellidos:** Fernando Rafael Arias Atiaja

**Fecha de Nacimiento:** 02 de septiembre de 1980  
**Estado Civil:** Casado  
**Nacionalidad:** ecuatoriana  
**Cedula de ciudadanía:** 050255625-1  
**Dirección:** Salcedo, Barrio San Francisco, Calle García Moreno y Anillo Vial  
**Teléfono:** 0987374242  
**Email:** [fernando.arias6251@utc.edu.ec](mailto:fernando.arias6251@utc.edu.ec)  
**Nivel primario:** Escuela “19 de septiembre”  
**Nivel secundario:** Colegio Particular “República de Argentina”  
**Nivel superior:** ITS “Ramón Barba Naranjo”

**Datos personales (Postulantes 2):**

**Nombres y Apellidos:** Granda Vega José Luis  
**Fecha de Nacimiento:** 5 de junio de 1981  
**Estado Civil:** Casado  
**Nacionalidad:** ecuatoriana  
**Cedula de ciudadanía:** 0502561277  
**Dirección:** Salcedo, Barrio Norte, Calles Quito y González Suarez  
**Teléfono:** 0995933398  
**Email:** [jose.granda1277@utc.edu.ec](mailto:jose.granda1277@utc.edu.ec)  
**Nivel primario:** Escuela Federico González Suárez  
**Nivel secundario:** Bachiller Técnico Industrial “Ramón Barba Naranjo”

**Área de Conocimiento:** De acuerdo con la normativa vigente UNESCO sobre las áreas y sub áreas de conocimiento, la siguiente propuesta tecnológica se encuentra en el área:

- 07 de Ingeniería, Industria y Construcción

La siguiente sub área:

- 071 Ingeniería y Profesiones Afines

Y la sub área específica del conocimiento

- 0713 Electricidad y Energía

**Línea de investigación:**

Instrumentación, eficiencia energética y protección ambiental.

**Sub líneas de investigación de la carrera:**

Control y optimización en el uso de la energía del sector Industrial, comercial y residencial.

**Tipo de propuesta tecnológica**

En la Parroquia Las Pampas se cuenta con una máquina trituradora de bagazo de caña para las labores diarias del procesamiento de esta en la dotación de alimento para el ganado vacuno del sector, la misma que no cuentan con tecnología actualizada.

La propuesta para realizar esta investigación será la implementación de la automatización de la máquina trituradora del bagazo de caña con un tablero que cuente con elementos de mando, maniobra, control, elementos de protección y guías prácticas que permitan a los usuarios hacer uso de esta de una forma segura y eficiente.

## **2. INTRODUCCIÓN**

En la agroindustria ecuatoriana el sector panelero ocupa un espacio considerable y a nivel mundial compite directamente con países como Colombia y la India como uno de los productores más grandes de panela. Sin embargo, el proceso en su mayoría es netamente artesanal e ineficiente, además que genera demasiado desperdicio que se convierte en contaminantes de ríos y bosques. El bagazo de caña de azúcar sirve como biomasa o puede ser paletizado, para ser utilizado como fuentes de combustible, el almacenamiento de caña genera dificultades porque propicia la aparición de insectos o roedores y es por este motivo que se ha visto la necesidad de utilizar este desecho para otros procesos industriales. [1]

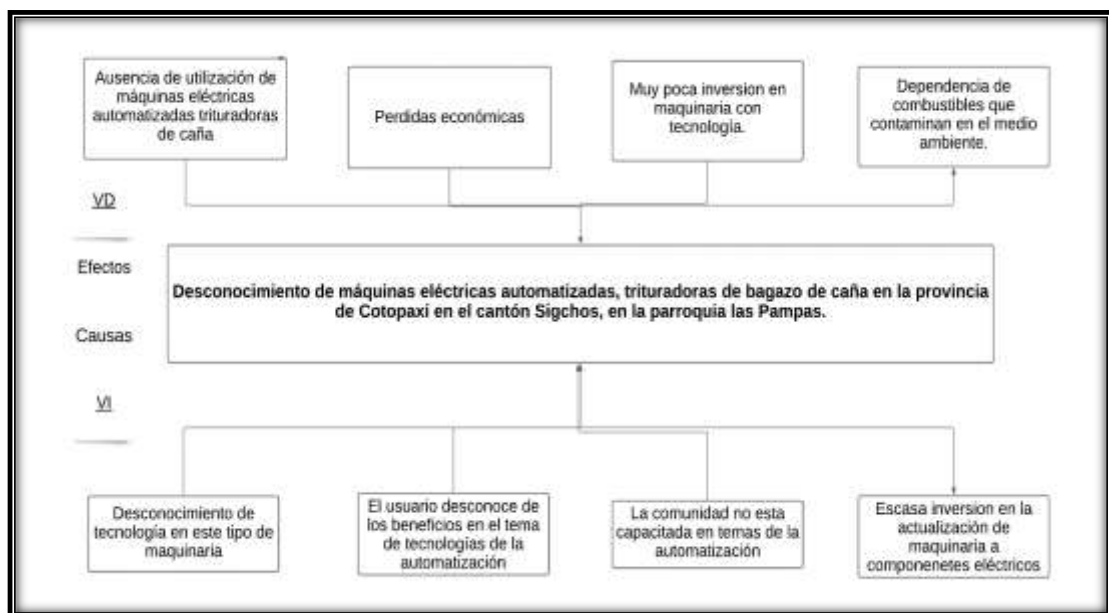
La automatización de procesos o máquinas está relacionada a los conceptos de productos, programas, así como también a la planificación de plantas. Se debe considerar que existen diferentes tipos de industrias y varios problemas de control dentro de un proceso industrial.

Un tablero de control es un dispositivo que permite tener la seguridad de que una herramienta o máquina funcionará y cumplirá adecuadamente con su propósito. Estos tableros deben cumplir con ciertos parámetros como son:

- Apariencia: La visualización es uno de los factores más importantes de un tablero de control ya que permite manipular una herramienta de forma precisa, analizar los datos de los sensores e interpretar las gráficas generadas en un proceso industrial.
- Integral: Todos los elementos como botones, selectores, luces y pantallas deben ser distribuidos para que los operarios puedan manipular sin complicaciones.

Hoy en día los sistemas de control no solamente se enfocan en la operación de procesos o máquinas, sino que son fácilmente integrables con los sistemas administrativos y de esta manera monitorear en tiempo real el comportamiento de toda la planta industrial. [2]

## 2.1. FUNDAMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.



**Figura 2.1.** Árbol de Problemas.

## 2.2. EL PROBLEMA

En el cantón Sigchos parroquia Las Pampas de la provincia de Cotopaxi se ha visto la necesidad de contar con una maquinaria para el proceso de trituración de caña de azúcar y reducción del bagazo. La fuente de ingresos de los hogares que se encuentran establecidos en esta zona depende hasta en un 100% de la producción de caña y el procesamiento de la misma para producir panela, dulces, miel, etc.

La mayoría de las personas que se dedican a la producción de panela y otros derivados de la caña de azúcar como es el bagazo realizan el proceso de forma artesanal llegando a producir un máximo de 20Kg/hora, lo cual genera un retraso de al menos 3 días para poder obtener una cantidad aproximada de 150 Kg y poder alimentar al ganado con el bagazo de la caña con lo cual la comunidad debe recurrir a comprar alfalfa produciendo un gasto innecesario y pérdidas económicas.

El molino actual con el que cuenta esta zona es de muy baja calidad y su funcionamiento es a través de un motor de gasolina, esto genera contaminación al medio ambiente, así como también mucho ruido, pérdida de tiempo en el arranque del motor y una ineficiencia en la molienda de la caña. Por este motivo el presente estudio se plantea, la automatización de una máquina trituradora de bagazo de caña de azúcar, que permitirá mejorar la productividad y el ahorro de recurso humano por ende el recurso económico en la producción de este derivado.

### **2.2.1. Situación problemática**

La actual globalización obliga a automatizar la maquinaria y hacerla competitiva realizando un diseño económico con componentes estándar y con alto nivel tecnológico la utilización de instrumentos de control en la industria le significa un ahorro económico debido a la rentabilidad de estos.

Por el fácil montaje y programación hay un ahorro de tiempo además por el tamaño de estos componentes hay un ahorro de espacio en tableros de mando; estos instrumentos han liberado al operario de algunas funciones y le han permitido solamente una supervisión del proceso, desde las pantallas de los módulos lógicos, también han permitido al operario realizar procesos que le eran difícil realizar.

Debido a que actualmente en este lugar no cuenta con tecnología a la vanguardia y la manipulación de las máquinas para el proceso de elaboración de derivados es manual [4], se siente la necesidad de crear un sistema de Control Automatizado, el cual podrá ser de fácil conocimiento y manejo para los miembros de la comunidad.

## **2.3. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN**

### **2.3.1. Objeto de estudio**

Automatización industrial de la maquinaria.

### **2.3.2. Campo de acción**

330000 Ciencias Tecnológicas / 3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas / 3306.02 Aplicaciones eléctricas.

### **2.3.3. Tipo de propuesta alcance**

- a) Multipropósito.

El propósito del proyecto es implementar la automatización de la máquina trituradora de bagazo de caña de azúcar que permita a los usuarios mejorar su productividad, de tal manera que beneficie no solo al sector objeto de estudio sino a otros sectores de similares características.

- b) Desarrollo.

El desarrollo del proyecto está destinado a la realización de un tablero que contenga elementos de mando, maniobra, controladores y actuadores; que permitan automatizar la máquina trituradora de bagazo de caña dando a los usuarios mayores beneficios en su productividad.

## **2.4. BENEFICIARIOS**

Los beneficiarios directos de este proyecto serán los agricultores de Las Pampas del Cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi, especialmente las personas que se dedican a trabajar con el bagazo de caña de azúcar, ya que tendrán una máquina eléctrica automatizada para triturar caña de azúcar. Además, este proyecto permitirá industrializar el proceso artesanal de molienda en la zona de las Pampas para mejorar su productividad.

## **2.5. JUSTIFICACIÓN**

Uno de los sectores que requieren mejorar sus sistemas y herramientas de producción es el sector agropecuario en donde las labores que se realizan necesitan de mano de obra directa, por lo cual se hace primordial introducir la tecnología de automatización a este sector rural.

Para la implementación de la automatización se aprovechará elementos industriales de mando, maniobra y control, los mismos que serán adaptados para la máquina trituradora de bagazo de caña, esta estará basada en tecnologías actuales, con la finalidad de realizar el proceso productivo con mayor eficiencia.

En la propuesta se utilizan conocimientos y recursos de ingeniería eléctrica, control y automatización, con lo cual el usuario mejorará su producción, obteniendo como resultado un mejor producto y un valor agregado a su diario vivir.

## 2.6. HIPÓTESIS

La automatización de la máquina trituradora de bagazo de caña permitirá aumentar la productividad en la parroquia Las Pampas del cantón Sigchos de la provincia de Cotopaxi.

## 2.7. OBJETIVOS

### 2.7.1. General

Automatizar la máquina trituradora de bagazo de caña de azúcar para mejorar su productividad en la parroquia Las Pampas del cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi, durante el periodo 2021.

### 2.7.2. Específicos

- Revisar el estado del arte referente a la automatización del proceso de triturado de bagazo de caña.
- Seleccionar los elementos de mando control y potencia para la automatización del proceso de triturado de bagazo de caña.
- Implementar el sistema automático del proceso de triturado de bagazo de caña.
- Evaluar económicamente la automatización del proceso de triturado de bagazo de caña.

## 2.8. SISTEMA DE TAREAS

**Tabla 2.1** Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Revisar el estado del arte referente a la automatización del proceso de triturado de bagazo de caña	Investigación bibliográfica de trabajos referentes a la Automatización en la Industria. Recopilación de información técnica de los equipos. Identificar el tipo de	Identifica los fundamentos teóricos y técnicos para el desarrollo del proyecto.	Investigación bibliográfica: Libros Tesis Paper Revistas

	maquinaria existente en el lugar de estudio. Identificar el tipo de materia prima que es procesada en el molino.		tecnológicas Observación directa Ficha técnica
Seleccionar los elementos de mando control y potencia para la automatización del proceso de triturado de bagazo de caña.	Estudio de equipos e instrumentos de medición para la automatización tales como logos, plc. Listado de los elementos para la automatización del molino.	Identifica los sensores y actuadores necesarios para la automatización de la máquina.	Normativas Informes Técnicos Manuales. Catálogos
Implementar el control en la automatización de la máquina para mejorar la productividad.	Adquisición e instalación de equipos para el proceso de automatización. Procesamiento de los datos de los sensores de comunicación industrial que viven en torno a la comunicación. Diagrama de flujo de control. Diagrama unifilar	Implementación del tablero de control Instalación del sistema y el correcto funcionamiento	Logo, Variador, contactor y dispositivos eléctricos.
Evaluar técnica y económicamente la automatización del proceso de triturado de bagazo de caña.	Verificar el correcto funcionamiento de los dispositivos	Presupuesto preliminar del costo de los materiales y equipos.	Análisis del sistema con el TIR y el VAN

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1. ANTECEDENTES

En el desarrollo de las nuevas tecnologías a la presente década, las investigaciones han entregado un impulso al desarrollo de nuevos ítems en el acercamiento de estas tecnología industriales hacia el sector agrícola ganadero, haciendo de esto que obtengan productos con eficiencia, pasen ya a la eficacia y obtengan como resultado final la efectividad lo cual poco tiempo atrás no pasaban de ser experimentos sin mucha relevancia hacia este sector, al observar este panorama, mediante esta propuesta tecnológica el grupo investigador encontró en el sector Las Pampas máquinas trituradoras de bagazo de caña de azúcar que funcionan con

motores a Gasolina y sin tecnología a la vanguardia. Se realizó una investigación de proyectos relacionados al tema de tesis a nivel nacional y se encontraron los siguientes documentos:

En este proyecto según los autores Almachi Paneluisa H. A. y León Jácome B., publicado en el año 2016 que consiste en el diseño e implementación de una máquina automatizada donde permite incrementar la productividad y mejorar sustancialmente los procesos productivos volviéndose competitivos. El proyecto cuenta con un tablero de control para el funcionamiento del molino de trituración. [3]

Otro antecedente de investigación es el realizado por el autor Alvear Ching, Edgar Daniel, en el año 2018, donde indica que la automatización de la máquina permitió mejorar la productividad y optimizar recursos, aumentando la eficiencia en los procesos productivos. [4]

Un proyecto de tesis realizado por el autor John Maxiel Abanto Alarcón en el año 2020 titulado “Diseño de una máquina trituradora de eje horizontal de 15 Tn/día para aumentar la producción de alimentos en la industria ganadera en la zona rural de Cayalti” el cual analiza los cultivos de caña de azúcar y la generación de residuos que produce esta industria, así como el potencial del ganado en las diferentes etapas de crecimiento o de producción lo cual tiene un gran aporte en la economía peruana. El enfoque principal de este proyecto consiste en el proceso de trituración y molienda; para luego diseñar una máquina acorde a la demanda de producción, reduciendo tiempo de producción, manipulación de la máquina, etc. [3]

### **3.2. PARROQUIA LAS PAMPAS**

La parroquia Las Pampas se encuentra ubicada al costado norte del cantón Sigchos, que pertenece a la provincia de Cotopaxi. Es una de las parroquias rurales de este cantón, los primeros asentamientos en el sector fueron llegando del cantón Sigchos, posterior a ello llegaron de otros lugares cercanos, donde los habitantes encontraron tierras deshabitadas y con difícil acceso, porque su relieve muestra un suelo muy desigual ya que se encuentra en la cordillera de los Andes.

Según [1] “La actividad económica principal se basa en la producción de panela, sin ser suficiente para cubrir las necesidades básicas de sus habitantes, por esta razón los moradores recurren a la caza, tala de árboles, cultivan plátano, camote, yuca y papa china dentro de sus propias tierras y esto sirve para consumo familiar”.

En la presente temporada los moradores se dedican también a la ganadería, pero esta acción solo puede desplegar las personas de superiores condiciones financieras o recurriendo a préstamos de bancos o cooperativas.

### 3.3. ESTRUCTURA PRODUCTIVA LAS PAMPAS

La productividad en la Parroquia se basa en la económica fundamentalmente a actividades agrarias y pecuarias como lo podemos ver a continuación:

En la agricultura especialmente de caña de azúcar y tratando de impulsar la naranjilla; y, en la actividad pecuaria se dedican a la crianza de bovinos con el fin de comercializarlos. Por lo que esta genera opciones de trabajo para la mayoría de la población ocupada. La panela es el producto destacado derivado de la caña de azúcar en la parroquia Las Pampas por lo tanto el producto dinamiza la actividad económica parroquial. Con respecto a la actividad pecuaria es básicamente la crianza de ganado vacuno para su comercialización y la parroquia carece de espacios físicos e infraestructura idónea para tratamiento y comercialización [1].

**Tabla 3.1** Actores que intervienen en las actividades tanto agrícolas y ganaderas [1].

Asociación Marianita de Jesús	Incentiva las actividades agrícolas y ganaderas.
Asociación de Ganaderos Las Pampas	Incentivar las actividades ganaderas.
Asociación Flor de Caña	Incentivar cultivo de caña de azúcar

### 3.4. CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) es principalmente un cultivo agrícola en varios climas tropicales, produce más biomasa por componente de área y con mayor eficacia en cuanto a la toma de energía del sol con respecto a cualquier otra planta, es adaptable en cualquier suelo, no produce erosión [3].

#### 3.4.1. Forraje con caña de azúcar

La caña de azúcar presenta el mayor potencial, en razón de su elevada y significativa capacidad de producción de materia verde y seca, la relativa alta cantidad de energía contenida por unidad de área en un único corte por año, su reconocida capacidad de mantener

inalterable su potencial energético durante períodos secos prolongados (verano), y posee una alta y comprobada digestibilidad y aceptación por los rumiantes y otras especies. [3].

Las ventajas del uso de la caña en la utilización de alimento del ganado tienen algunas limitantes como es su bajo contenido de proteína bruta en su componente, que también exige a complementar su alimento con suministros proteínicos encargados de la deficiencia, la adición de Urea preferencialmente asociada con una fuente a base de azufre.

### 3.4.2. Composición física del bagazo de caña

Su composición está constituida generalmente por agua en un 70% y materia seca en un 30%

Una parte fibra y los sólidos totales en agua, desde la observación física se puede ver dos cosas muy importantes

Las características más importantes que se puede evidenciar en el bagazo de la caña son dos, una es el alto contenido de humedad y la otra es la gran variedad de tamaño de partículas de diferente ambiente física.

Por lo mencionado se necesita una adecuada preparación y manejo adecuado y eficiente en las diferentes aplicaciones como materia prima en la utilización de la industria o para el empleo de recurso energético en general.

**Tabla 3.2** Propiedades físicas del bagazo de caña.

Propiedades físicas del bagazo de caña	
Humedad	4.0
Tamaño de partícula (mm)	0.5-0.1
Densidad (g/cc)	0.12
Volátil (%)	68-70
Cenizas (%)	1.26
Carbón fijo (%)	28.7-30.7
C (%)	48.58
H (%)	5.97
O (%)	38.94
N (%)	0.2

### 3.5. PRODUCTIVIDAD

La productividad ha sido definida por los autores Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008) como la medición del desempeño de las industrias, empresas y procesos. Este valor de productividad puede ser calculado mediante una división del valor de productos o servicios

entre el valor de los recursos o materia prima suministrada al proceso, por ejemplo: Costos de materia prima utilizada para desarrollar un producto terminado.

Otros autores como Carro y Gonzales (2012) definen a la productividad como un concepto que engloba todo lo referente al proceso de productividad, es decir, la productividad quiere decir la relación que existe entre la cantidad de bienes o servicios producidos considerando la cantidad de recursos utilizados; por lo tanto, la productividad es un índice que refleja de una forma precisa la cantidad de producción de un proceso y los recursos utilizados en dicho proceso. [4]

### 3.5.1. Eficiencia General de Equipos (OEE)

Existen varios indicadores de productividad como el de Eficiencia General de Equipos (OEE por sus siglas en inglés) propuesto en el Mantenimiento Productivo Total (TPM por sus siglas en inglés) por el autor Nakajima (1991), con el objetivo de saber a ciencia cierta todos los recursos utilizados en un proceso de producción. La fórmula de eficiencia OEE se calcula utilizando los parámetros de disponibilidad, rendimiento y calidad. [4]

### 3.5.2. Eficiencia en máquinas agrícolas

El rendimiento de la maquinaria agrícola es un factor muy importante para los agricultores debido a que pueden aumentar el área de producción y disminuir la utilización de mano en el campo, además que se aprovecha cada uno de los recursos disponibles. La eficiencia de las máquinas dentro de la agricultura tiene una vital importancia a la hora de seleccionar las más adecuadas para un determinado trabajo. La fórmula utilizada para máquinas agrícolas de trabajo en el campo como: tractores, segadoras, trilladoras, etc.; se calcula de la siguiente manera. [5].

$$E = \left( \frac{CEC}{CTC} \right) * 100 \quad (3.1)$$

Dónde:

E= Eficiencia en el campo.

CEC= Capacidad efectiva en el campo: Es la cantidad de trabajo realizado.

CTC= Capacidad teórica en el campo: Cantidad de trabajo realizado.

### 3.5.3. Factores que afectan la eficiencia

En lo que se refiere a maquinaria agrícola de campo existen varios factores que afectan su buen funcionamiento como la topografía del terreno, dimensiones y forma del terreno donde se implementa la maquinaria, mantenimiento de la misma, calibración del equipo y tiempo de comida entre otros factores.

## 3.6. MÁQUINAS AGRÍCOLAS

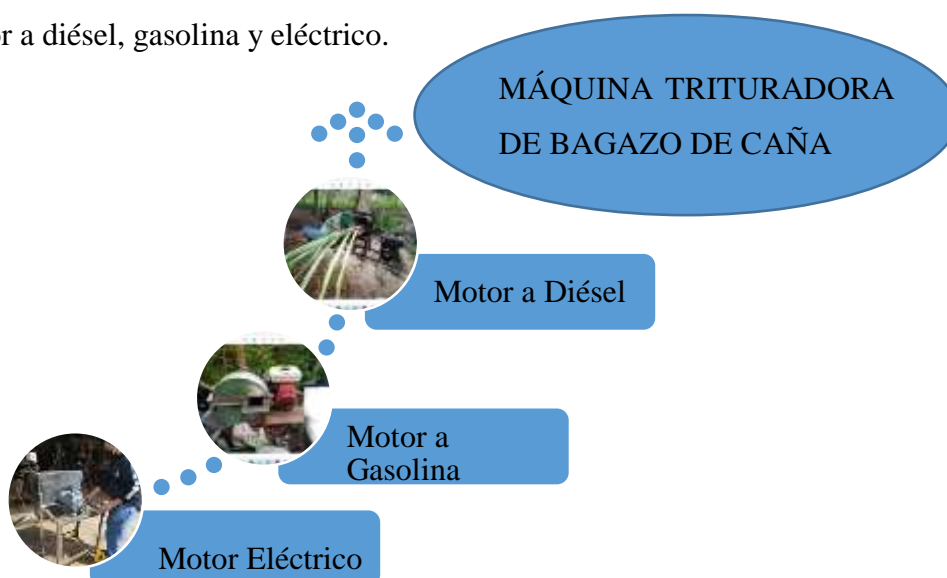
### 3.6.1. Trituradoras de caña de azúcar

Las máquinas trituradoras son usualmente utilizadas para disminuir material verde o seco a pequeñas partituras, la trituración puede ser sobre el material previamente cosechado, sea en forma verde o seca. Este tipo de maquinaria es de gran ayuda porque facilita a los agricultores y ganaderos a trabajar sobre el cultivo tanto para la alimentación de ganado o simplemente para la elaboración de humus.

Destacando que en la parroquia Las Pampas no cuentan con una máquina especializada para el forraje de caña, por la topografía del sector donde se hallan sus cultivos y el incremento de ganadería va en aumentando, donde no llega la energía eléctrica obligando a los lugareños a adquirir máquinas a combustión sin mucha tecnología.

### 3.6.2. Motores agroindustriales

En la actualidad para la construcción del tipo de maquinaria trituradora de bagazo de caña se utiliza motor a diésel, gasolina y eléctrico.



**Figura 3.1** Tipos de motores utilizados en la máquina trituradora.

A continuación, se muestra el motor a gasolina el cual está siendo utilizado actualmente en el sector de la parroquia Las Pampas.



Figura 3.2 Máquina trituradora con motor por combustión a Gasolina

### 3.6.3. Motor eléctrico de corriente alterna (AC)

Es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica por medio de los llamados campos magnéticos esto se logra por medio de la rotación de campo magnético alrededor de un bobinado, estos motores lo podemos encontrar en todos los ámbitos de la vida moderna. [6]

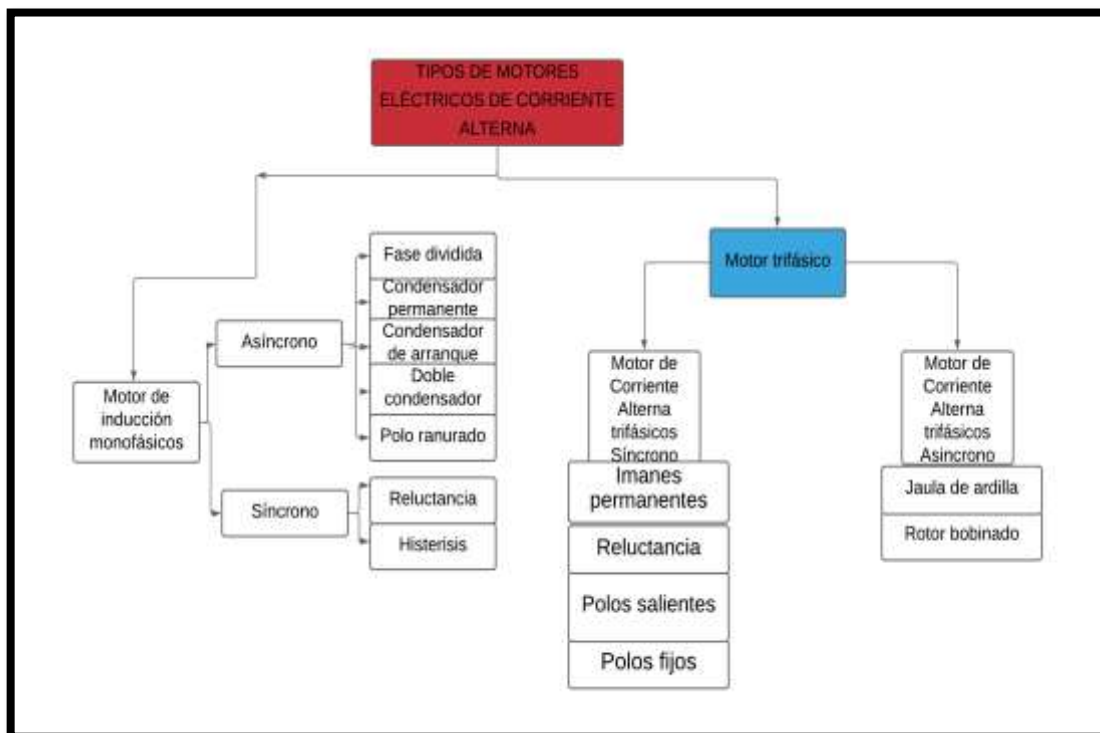


Figura 3.3 Tipos de motores eléctricos CA

### 3.6.4. Motor trifásico

Estos motores como su palabra lo indica son alimentados con energía eléctrica trifásica la potencia de este motor varía en función del uso y se fabrica en un rango muy elevado de potencias, medida en kilovatios o caballos de vapor. Existen dos clases de motores dentro de este tipo, los motores trifásicos asíncronos que generan un campo magnético giratorio y el motor trifásico síncrono que funcionan de forma muy similar a un alternador.

### 3.6.5. Motor asíncrono

Esta máquina es conocido como inducción de caja de ardilla, aquí tanto el rotor como el estator son cilíndricos y existe una sola conexión por el estator, la corriente que circula por el devanado del rotor es inducidas por campos electromagnéticos, resueltos por el devanado del estator [7].

## 3.7. AUTOMATIZACIÓN

De acuerdo con [2] La automatización son: “Sistemas que permiten que diferentes máquinas funcionen por sí solas y sean controladas/monitoreadas mediante un computador”

La automatización se entiende por la exclusión o disminución de la parte humana en los procesos productivos, interviniendo la aplicación de sistemas electrónicos, mecánicos e informáticos con el objetivo de controlar la producción de manera que se emplee un número menor de recursos y al mismo tiempo aumento continuo de los requerimientos de calidad de los productos, llegando a una meta de manera satisfactoria.

Argumenta [8] “Por tanto se entenderá que el operador especializado en un proceso será quien dicte las pautas de comportamiento y acción al sistema de automatización, que rige el proceso en cuestión. (Ver figura siguiente)”



**Figura 3.4** Sistema de automatización [2].

### **3.7.1. Partes del sistema automatizado**

Afirma [8] “la automatización está compuesta por una parte operativa encargada de la ejecución de las diferentes actividades que hacen parte de un proceso a través de los diferentes elementos que lo conforman; y una parte de control que se encarga de coordinar las actividades del proceso entre las cuales se encuentra el control de calidad, la gestión de herramientas y las operaciones de supervisión”.

El sistema automatizado constituye de dos partes principales que son:

- Parte operativa
- Parte de control

Parte operativa: Es la que actúa directamente sobre la máquina, son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. (accionadores, motores, cilindros, compresores, y captadores).

Parte de control: Es un dispositivo lógico de control, que suele ser un autómata programable, debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado, por este medio existe un diálogo hombre máquina

### **3.7.2. Normativa AWG**

American Wire Gauge (calibre de alambre estadounidense) se utiliza para designar el diámetro de sólidos no ferrosos redondos eléctricamente conductores, cuando el número de AWG es elevado, el alambre es más delgado, cuando menos bajo es el AWG es menos susceptible a interferencias, además de poseer menos resistencia interna y soportar mayor flujo de circulación de corriente a distancias largas [9].

Existe una tabla que nos ayuda a los consumidores a conocer la capacidad de transporte de la circunferencia, la solidez, el índice no ferroso, y la conductividad eléctrica manipulando el área de la sección transversal del conductor como un aspecto de medida.

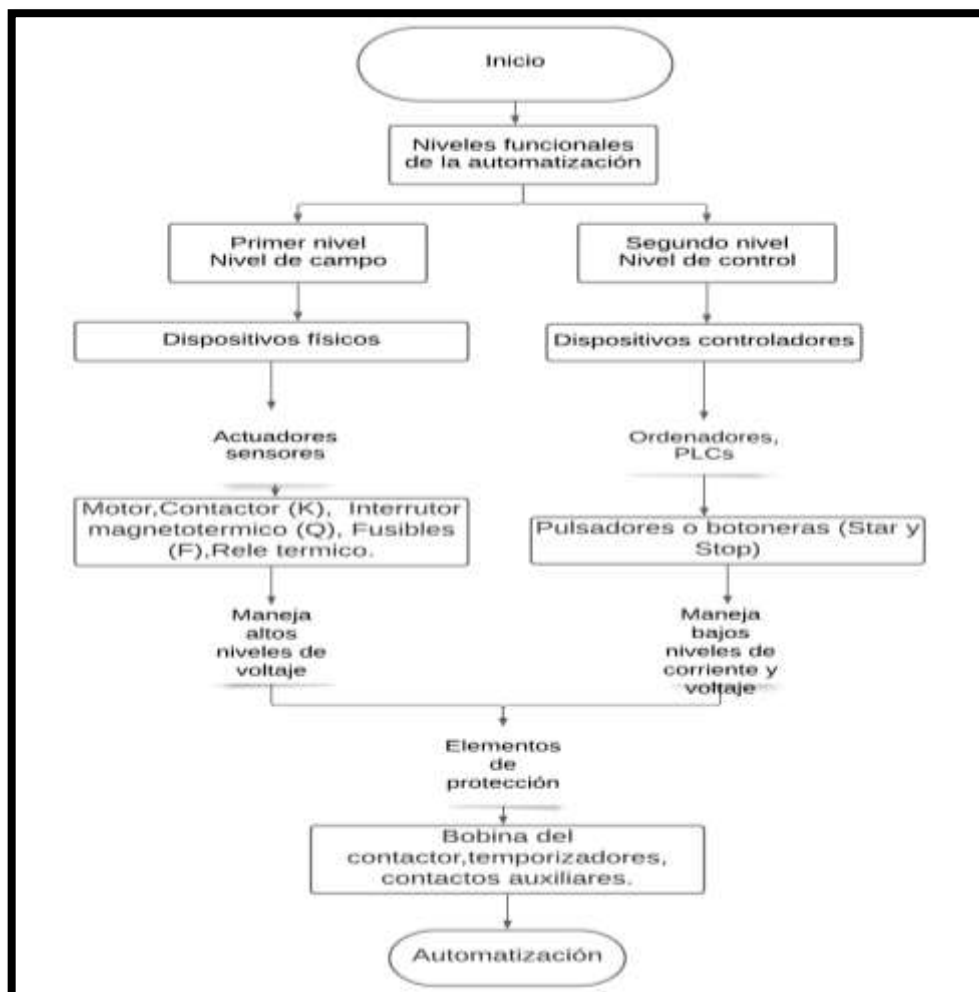
### **3.7.3. Accionadores**

Son aquellos dispositivos que se acoplan a las máquinas para que realicen ciertos movimientos. Se subdividen en 3 tipos, se pueden encontrar como accionadores eléctricos, donde la principal fuente de energía es la energía eléctrica y pueden tomar diversas formas, como la de una válvula eléctrica, motores de velocidad variable entre otras, el segundo tipo es el accionador neumático, donde la principal fuente de energía es el aire comprimido que se

obtiene por un compresor, este aire se distribuye por las diversas máquinas que se conectan con este dispositivo, mayormente se utiliza para movimientos lineales cortos, como una operación de ensamblaje, como tercer tipo se tiene el accionador hidráulico, esto se utilizará cuando los esfuerzos son elevados o cuando las velocidades deben tener un control específico. Para el correcto funcionamiento de cualquier accionador es necesario un preaccionador, el cual se sirve para comandar y activar los accionadores, son dispositivos necesarios como los contactores o variadores de velocidad [10].

### 3.8. AUTOMATIZACIÓN Y SUS ELEMENTOS

Para la automatización se necesitan elementos tanto de control como de fuerza a continuación se presenta un diagrama de los elementos a utilizar en la automatización de la máquina trituradora de bagazo de caña de azúcar.



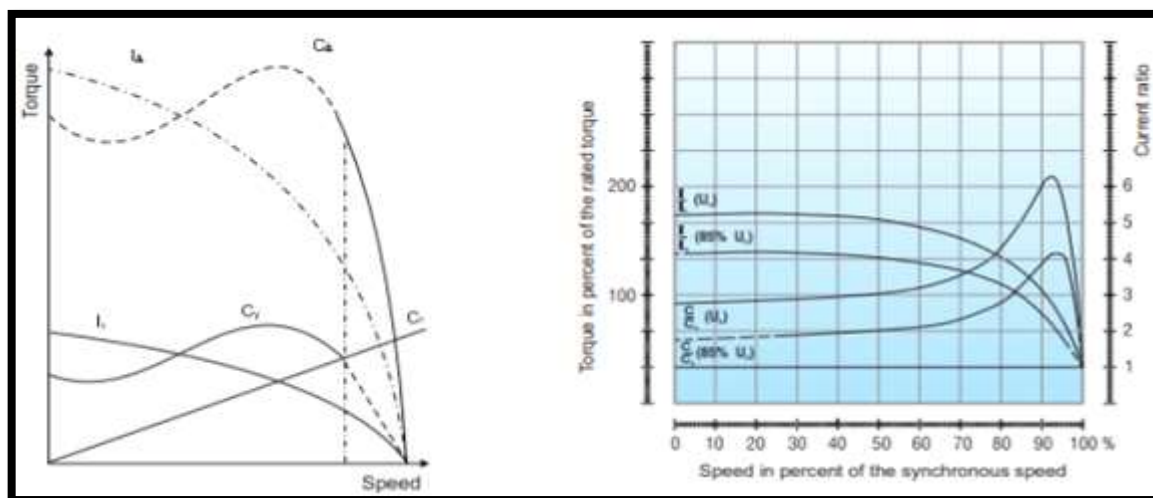
**Figura 3.5** Diagrama de automatización

### 3.8.1. Motor trifásico de inducción



**Figura 3.6** Motor trifásico de inducción [6].

En [6] “En motores de inducción, de jaula o de anillo, de baja y media tensión, hallamos en un amplio campo de aplicación, claramente en el sector industrial, tornándose cada vez más importante la selección del tipo adecuado para cada aplicación”.



(a)

(b)

(a) Corriente y conjugado para arranque estrella-triángulo de un motor.

(b) Características de desempeño de un motor cuando arranca con un 85% de tensión

**Figura 3.7** Esquemas de motor trifásico de inducción [6].

Este tipo de motor respecto, al adecuado del motor y con respecto al conjugado, rendimiento y elevación de temperatura, factor de potencia, aislamiento, tensión y grado de protección

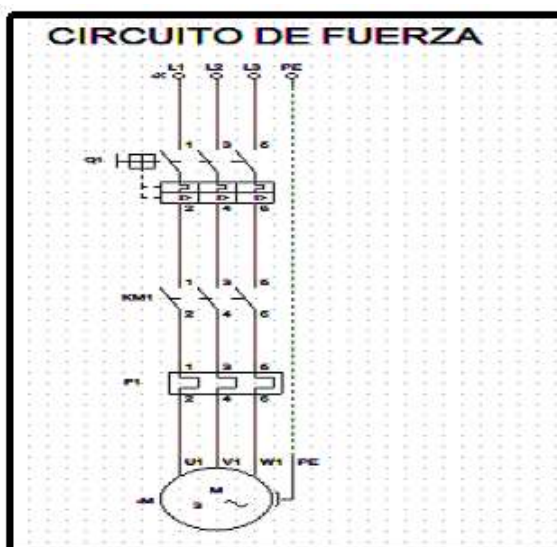
mecánica, solamente puede ser realizada, tras un análisis cuidadoso, considerando parámetros técnicos como:

- Costo inicial
- Capacidad de la red
- Necesidad de corrección del factor de potencia
- Conjugados requeridos
- Efecto de inercia de la carga
- Necesidad, o no, de regulación de velocidad
- Exposición de la máquina en ambientes húmedos, contaminados y/o agresivos

El momento más crítico para el motor, carga y la red es el momento del arranque, el motor tendrá una corriente de arranque normal y un par de arranque normal donde se consigue un elevado par de arranque que a veces alcanza incluso dos veces el par nominal y se estabiliza cuando se igualan el par motor y par resistente.

Señala [8] “Un motor arranca en forma directa cuando a sus bornes se aplica directamente la tensión nominal a la que debe trabajar”.

Cuando el motor arranca a plena carga, absorbe una cantidad de corriente muy grande comparada con la nominal por el bobinado, haciendo que las líneas de alimentación aumenten su carga y notablemente reduzca la caída de tensión. Mientras que la intensidad de corriente en esta fase de arranque llega a tomar valores entre 6 a 8 veces mayores que la corriente nominal del motor.



**Figura 3.8** Arranque directo [7].

### 3.8.2. PLC logo Siemens

Un PLC logo Siemens es un controlador lógico programable utilizado para aplicaciones de automatización en la industria, este autómata es económico a comparación de otros modelos de la misma familia y a otras marcas. Posee excelentes características industriales en relación con el hardware y software. Además, posee varias entradas y salidas, así como la posibilidad de implementar módulos extras. La programación se utiliza el programa logosoft, CAdESIMU utilizando una programación basada en FUP y KOP [11].



**Figura 3.9** PLC Logo Siemens [11].

### 3.8.3. Variador de frecuencia

Un variador de frecuencia permite controlar y regular la velocidad de un motor de inducción, la regulación se realiza a través del control de la frecuencia de alimentación que es proporcionada al motor. Son utilizados para aplicaciones donde existe la necesidad de trabajar a diferentes velocidades y constantes. Existen varias ventajas en la utilización de variadores de frecuencia como la disminución del consumo energético, disminución de los costos de mantenimiento y ayuda a prolongar la vida útil del motor o la maquinaria implementada. [12].



**Figura 3.10** Variador de frecuencia [12].

### 3.8.4. Contactores

Es un componente cuya misión es la de habilitar o cortar un flujo de corriente vinculados a motores eléctricos, permitiendo el paso de la corriente a través de ellos. Esto sucede cuando la bobina de este equipo recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos.

En la opinión de [13] “El contactor se define como un dispositivo empleado para la conexión y desconexión repetida de circuitos eléctricos de potencia. Su operación puede ser manual o magnética. En general un contactor está formado por un conjunto de contactos fijos o estacionarios firmemente sujetos a un bastidor o estructura”



**Figura 3.11** Contactor [13].

Partes de un contactor.

- Contactos principales: 1-2, 3-4, 5-6.

El objetivo principal es que se activen o se desactiven los circuitos de Potencia

- Contactos auxiliares: 13-14 (NO)

Utiliza un circuito de maniobra o mando en el cual toleran menos intensidad que los principales. Como se puede apreciar en la figura anterior solo tiene uno que está normalmente abierto.

El circuito electromagnético consta de tres partes:

- El núcleo. Parte fija.
- La bobina: A1-A2.
- La armadura.
- Parte móvil.

### 3.8.5. Interruptor térmico

Este equipo está diseñado especialmente para la protección de motores eléctricos, el dispositivo mantiene un diseño especial que aprovisiona una curva de disparo que lo hace más fuerte frente a sobre intensidades transitorias propias del motor.

Señala [14] “Su misión principal es proteger la instalación y el motor, abriendo el circuito en los siguientes casos: Cortocircuito; en cualquier punto de la instalación, Sobrecarga; Cuando la intensidad que consume el momento de encendido, supera la intensidad a la que está calibrada el magneto térmico”.



**Figura 3.12** Interruptor automático magnético térmico [14].

### 3.8.6. Interruptor bipolar

Los disyuntores o interruptores magnetos térmicos contienen dos mecanismos de apertura diferentes, un interruptor bimetálico y un electroimán.

Una protección térmica y otra magnética, por eso se llaman magnetos térmicos.

El valor de la intensidad nominal viene fijado por la corriente nominal de consumo de las cargas asignadas al circuito.

El tiempo de disparo (que abra el circuito) depende de la intensidad que lo atraviese, a mayor intensidad menor tiempo de disparo, pero solo tiene que saltar si la intensidad que lo atraviesa es mayor que la  $I_n$  [15].



**Figura 3.13** Interruptor automático bipolar [15].

### **3.8.7. Relés auxiliares de 8 pines.**

Es un dispositivo electromagnético que permite abrir o cerrar circuitos a través del paso de corriente, este dispositivo es accionado eléctricamente. Internamente está compuesto por una bobina, al momento de activarse se crea un campo electromagnético que permite la abertura o cierre de los contactos del relé. [16]



**Figura 3.14** Relés auxiliares [16].

## **3.9. ELEMENTOS DE CONTROL**

### **3.9.1. Pulsadores**

Componente eléctrico de accionamiento que es utilizado para permitir o no permitir el paso de la corriente eléctrica cuando se oprime o pulsa a través de un circuito. El pulsador abre o cierra un circuito siempre y cuando el usuario lo presione y al soltarlo regresa a su posición inicial.

Destaca [13] “Una estación de botones es básicamente un desconectador que se activa por medio de la presión de los dedos de manera que dos o más contactos se cierran o se abren cuando se quita la presión de los dedos”. Existen tres tipos:

**Tabla 3.3** Pulsadores y Botoneras

TIPO DE PULADORES	SÍMBOLO	IMAGEN
Pulsador de paro.		
Pulsador de marcha.		
Pulsador de doble cámara (marcha y paro).		

### 3.9.2. Relés de protección

El relé dentro de un sistema de protecciones es el equipo de discernimiento, es el encargado de decidir si el SEP está atravesando un disturbio o falla, esté a su vez utiliza contactos que llevan al sistema de protecciones a actuar según sea el caso, como por ejemplo abrir el disyuntor o activar una alarma. Para decidir el relé es configurado de tal manera que compara magnitudes, las magnitudes seteadas en el relé son comparadas con las que entrega un elemento de entrada.

El trabajo que cumple el relé es captar señales de elementos de entrada y las características principales del relé de protección son la comparación, decisión, memoria y adaptación [17].



**Figura 3.15** Relé térmico [16]

### 3.9.3. Curva de disparo del relé de protecciones

El relé de protecciones es usado con la finalidad de proteger a los motores de excesos de sobre corriente, esto durante la fase de arranque del motor en el momento de la sobrecarga transitoria la que produce un pico de corriente muy elevado, entonces el equipo se activa siempre y cuando el pico tenga una duración excesivamente grande.

Para cada motor es distinto la duración de arranque normal en cada aplicación, puede variar según el tipo de motor, unos segundos (arranque en vacío, bajo par resistente de la máquina arrastrada, etc.) o de varios segundos (máquina arrastrada con inercia) por lo que es necesario tener los relés adecuados a la duración de arranque.

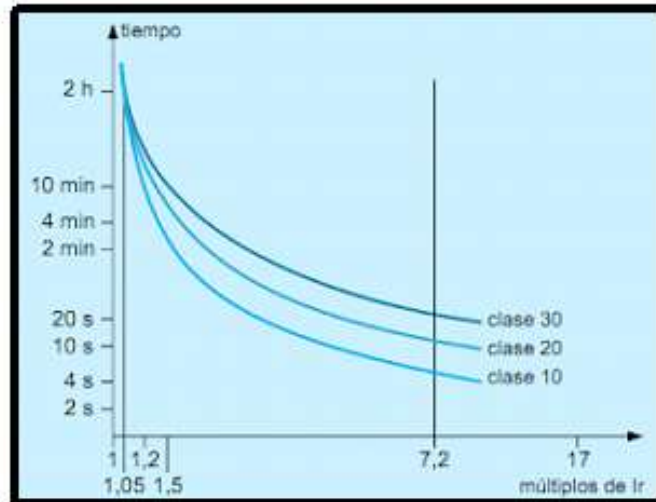
La norma IEC 947-4-1-1 define tres tipos de disparo para estos equipos de protección térmica.

- Relés de clase 10: Válidos para todas las aplicaciones corrientes con una duración de arranque inferior a 10 segundos.
- Relés de clase 20: Admiten arranques de hasta 20 segundos de duración.
- Relés de clase 30: Para arranques con un máximo de 30 segundos de duración [17].

**Tabla 3.4** Tabla de tiempo de disparo [17].

Clase	1.05 Ir	1.2 Ir	1.5 Ir	7.2 Ir
Tiempo de disparo en frío				
10 <sup>a</sup>	>2 h	< 2 h	< 2 min	$2\text{ s} \leq t_p \leq 10\text{ s}$
10	>2 h	< 2 h	> 4 min	$2\text{ s} \leq t_p \leq 10\text{ s}$
20	>2 h	< 2 h	>8 min	$2\text{ s} \leq t_p \leq 10\text{ s}$

En la siguiente figura se puede observar el comportamiento de un relé térmico y los tiempos de disparo sirven para determinar si está en la capacidad de proteger un elemento de potencia y reaccionar efectivamente ante una emergencia.



**Figura 3.16** Curva de disparo del relé térmico [17].

#### 3.9.4. Contacto auxiliar

Estos equipos son utilizados para completar las protecciones dentro de los circuitos automatizados que pertenezcan al mando y control del circuito de potencia como motores, es decir, toleran bajos valores de voltajes y corrientes, estos equipos llevan un parecido a un contactor, pero a diferencia del otro lleva contactos auxiliares [13].



**Figura 3.17** Contacto auxiliar [13].

### 3.9.5. Luz piloto de señalización

Este tipo de luz es más utilizado para dar una señal de presencia de corriente eléctrica en un punto o un tramo determinado del tablero, se utiliza para dar a conocer cuando es accionado un pulsador o mando [18].



**Figura 3.18** Luz piloto marca Camsco [18].

### 3.9.6. Sensor de corriente

Este equipo digital tiene la capacidad de medir corriente, voltaje, frecuencia, factor de potencia, energía acumulativa, todo esto al mismo tiempo, entrega datos solo de potencia activa, no muestra potencia aparente, hay que aseverar de que sea una onda sinusoidal pura, contrario al requerimiento podría averiar el sistema.

La pantalla muestra datos muy fáciles de leer, lleva un botón de control tanto para restablecer los datos de energía o el umbral de alarma de potencia establecido, también la iluminación de la pantalla se puede variar manualmente para tener una observación clara de lo que necesitamos observar, cuando en la retro iluminación y dígitos parpadean, claro si superan los valores de potencia establecidos, el equipo es utilizado para la medición de voltaje y corriente de energía.

En la parte lateral lleva cuatro bornes de los cuales dos están conectados a la alimentación y dos se conectan a un TC que es el encargado de medir valores y enviar al medidor para procesar su impresión como se puede observar en la siguiente figura [19].



**Figura 3.19** Medidor digital multifuncional [19].

### 3.9.7. Final de carrera

Estos equipos son los más instalados y utilizados en el mundo moderno, por su tipo de servicio es un sensor de contacto que obligatoriamente tiene que estar en contacto con el objeto para detectar el final de un elemento móvil a una posición determinada. Conocido también como interruptor de posición, es un sensor que se da cuenta la perspectiva de un elemento móvil por medio de accionamiento automático.



**Figura 3.20** Final de carrera [20].

Sus partes muy específicas son:

**Base:** Es la parte donde se asienta el equipo, además lleva el diagrama de modo de conexión de los bloques terminales.

**Cabezal:** El mecanismo accionador de contacto eléctrico, permitiendo el fluido al final de carrera, convirtiendo el movimiento del accionador en movimiento de contacto.

**Cuerpo del interruptor:** En el cuerpo del pulsador alberga el mecanismo de contactos.

**Bloque de contactos:** Donde se alojan los contactos eléctricos del equipo [20].

### 3.10. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL CONDUCTOR

Para la seleccionar el conductor adecuado para el sistema eléctrico de un motor en cualquier máquina se debe considerar este factor:

Elegir el tipo de conductor, el siguiente paso es determinar la sección de conductor, como ya se conoce la corriente máxima que va a circular claro que esto va en base a la potencia de demanda que el conductor va a alimentar, obviamente tomando en cuenta el crecimiento de necesidades futuras [9].

Para determinar la corriente dentro de un circuito eléctrico de corriente alterna se utiliza esta fórmula:

$$\text{Corriente alterna monofásica} = \frac{HP * 746}{E * N * fp} \quad (3.2)$$

Dónde:

E= tensión en voltios

N= Eficiencia expresada en decimales

HP= Potencia en caballos de fuerza.

Fp= Factor de potencia ( $\cos \phi$ )

### **3.11. TABLEROS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES**

Tablero principal de distribución: Este tablero está conectado a la línea eléctrica principal y de él se derivan los circuitos secundarios. Este tablero contiene el interruptor principal.

Tableros secundarios de distribución: Son alimentados directamente por el tablero principal. Son auxiliares en la protección y operación de subalimentadores.

Tableros de paso: Tienen la finalidad de proteger derivaciones que por su capacidad no pueden ser directamente conectadas a alimentadores o subalimentadores. Para llevar a cabo esta protección cuentan con fusibles.

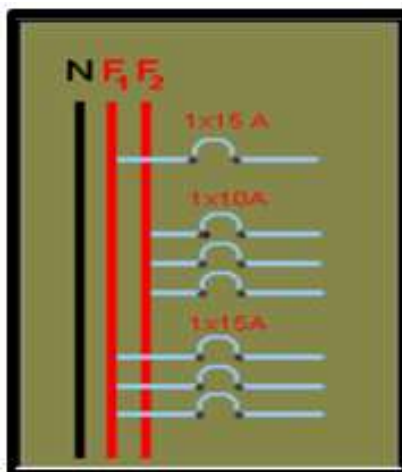
Gabinete individual del medidor: Este recibe directamente el circuito de alimentación y en él está el medidor de energía desde el cual se desprende el circuito principal.

Tableros de comando: Contienen dispositivos de seguridad y maniobra.

Los dispositivos de protección y de control, así como los instrumentos de medición, se instalan en tableros eléctricos [18].

#### **3.11.1. Tablero eléctrico**

Como señala [18] “En una instalación eléctrica, los tableros eléctricos son la parte principal. En los tableros eléctricos se encuentran los dispositivos de seguridad y los mecanismos de maniobra de dicha instalación”.



**Figura 3.21** Diagrama de interconexión [18].

El tablero eléctrico es una caja que sujeta módulos de protección, alarma, señalización, conexión, maniobra, comando y medición, con cubiertas y soportes, cumple un cargo específico dentro del sistema eléctrico. Para la construcción de un tablero eléctrico debe cumplir los criterios técnicos de diseño y normativas que admitan su maniobra correcta una vez energizado, y garantice la seguridad del operador y de la instalación donde se encuentre ubicado.

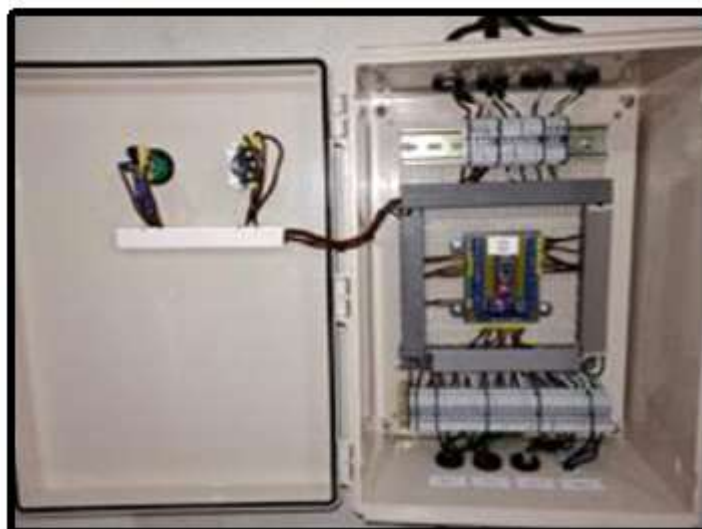
### 3.11.2. Tableros de automatización

El tablero electrónico de automatización consigue incluir otros equipos externos como botones, luces indicadoras, selectores. Los botones son utilizados para arranques y paros de emergencia. Las luces indicadoras cumplen para comprobar cuando una acción se está realizando. Los selectores se utilizan para elegir entre dos o más operaciones de las acciones que el tablero pueda realizar.

Teniendo en cuenta a [21] “En los tableros de control se detalla la distribución de los elementos eléctricos para brindar seguridad al operador o usuario, para ello se tiene en cuenta algunos factores como las condiciones ambientales y resistencia de los elementos eléctricos”.

También es desarrollar una relación correcta entre los componentes que cumplan con:

- Factibilidad económica
- Cumpla con la normatividad nacional e internacional
- Proteja la inversión
- Asegure un correcto funcionamiento y continuidad en los procesos productivos.



**Figura 3.22** Tablero eléctrico [21].

### 3.11.3. Protección de un tablero de automatización.

La protección de un tablero eléctrico es la unión de tres factores fundamentales.

- Personas con conocimientos básicos para la manipulación de elementos eléctricos
- Los equipos deben estar en correcto funcionamiento y verificado
- Las instalaciones de los elementos eléctricos deben estar muy bien fijadas a los equipos [21].



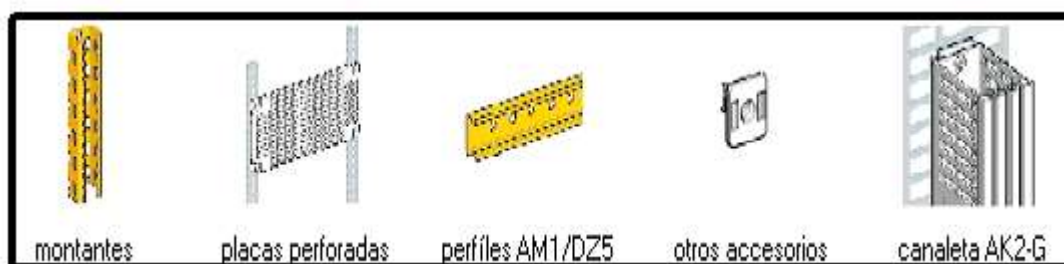
**Figura 3.23** Protección en los tableros eléctricos [21].

### 3.11.4. Accesorios de montaje

Al llevar a cabo la instalación completa de un tablero eléctrico de instalación de automatismo, se necesita utilizar algunos accesorios adicionales [21].

**Tabla 3.5** Tipo de accesorios adicionales.

<b>Tipo de accesorio</b>	<b>Definición</b>
Canaleta industrial	El material utilizado para la construcción es de PVC (gris) con aislamiento y calor de buena resistencia a 85°C.
Terminales eléctricos	Se utiliza en sistemas de cableado para dispositivos electrónicos domésticos e industriales, esto permite la creación de sistemas modulares.
Riel DIN	Accesorio utilizado en el montaje de módulos electromecánicos para armar un panel o gabinete de control dentro de un tablero eléctrico.
Prensa estopa	Prensa estopa de color blanco o gris para cables, se utiliza para salvaguardar de la humedad en la entrada de cables a un tablero eléctrico.

**Figura 3.24** Accesorios de montaje [21].

### 3.12. CÓDIGO DE COLORES (NEMA / ANSI)

La norma NEMA cumple la función de indicar los estándares de seguridad que debes esperar de un producto determinado. Cuando optas por comprar equipos que no cumplen con las normativas ni las certificaciones, corres el riesgo de un fallo de seguridad y de mantenimiento.

#### 3.12.1. Conductor de tierra

Se identifica al conductor de tierra de las siguientes tres formas:

- Aislante de color verde
- Aislante de color verde con una línea helicoidal o recta de color amarillo.
- Puede ser un alambre o cable desnudo (sin aislante). Este cable por lo general es de cobre.

#### 3.12.2. Conductor neutro

Según el país se puede identificar de varias formas, pero las más comunes son:

- Aislante blanco (utilizado en América) (utilizado en instalaciones residenciales, viviendas)

### 3.12.3. Conductor fase

Se utiliza un conductor de cualquier color, que no sea del color de neutro o tierra, pero los más utilizados son los cables de color rojo [9].

Norma NEMA / ANSI (Americana)									
SISTEMA	1 $\Phi$	1 $\Phi$	3 $\Phi$ Y	3 $\Phi$ $\Delta$	3 $\Phi$ $\Delta$ -	3 $\Phi$ Y	3 $\Phi$ Y	3 $\Phi$ $\Delta$	3 $\Phi$ $\Delta$
TENSIONES NOMINALES (Voltios)	120	240/120	208/120	240	240/208/120	380/220	480/440	480/440	Mas de 1000 V
CONDUCTORES ACTIVOS	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases
FASES	Negro trifásico	Negro Rojo	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta Café Rojo
NEUTRO	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Grts	No aplica	No aplica
TIERRA DE PROTECCIÓN	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde
TIERRA AISLADA	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	No aplica	No aplica

Figura 3.25 Código de colores [9].

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la propuesta tecnológica se aplicó una serie de métodos de investigación enlistados en el método científico.

**Método bibliográfico:** Este método es importante debido a que permite la obtención de información indispensable contenida en las investigaciones realizadas sobre el tema, ya que por medio de la bibliografía existente se establece de manera científica un marco teórico, donde se presenta la información sobre los antecedentes de investigación, bases teóricas, materiales y equipos.

**Método de campo:** La utilización de este método permite la recopilación de información de manera precisa en el sitio donde se está por alojar el módulo.

**Diseño de la investigación:** Para la presente propuesta tecnológica se utilizó un enfoque del tipo descriptivo donde se analizó dos métodos los cuales permiten el desarrollo y la posterior

sustentación de la propuesta tecnológica tomando como base el control y automatización industrial, las características de los equipos y su operación en ciertas condiciones.

**Variabes:** Dentro de las variables de la investigación tenemos las independiente y dependiente, las mismas que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 4.1** Variable independiente y dependiente.

<b>Variable independiente</b>	<b>Variable dependiente</b>
Automatización de la máquina trituradora de bagazo de caña de azúcar para mejorar su productividad en la parroquia Las Pampas del cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi, durante el periodo de 2021.	Elementos de mando, maniobra, controladores y actuadores

**Técnicas:** Las técnicas empleadas en este proyecto fueron la observación y experimentación.

A través de la técnica de observación se diseñó la automatización donde se colocaron los elementos necesarios que permitan mejorar la manipulación de la máquina

A través de la técnica de experimentación se realizó los manuales del usuario que consta de instrucciones claras y sencillas, permitiendo al usuario familiarizarse con cada elemento y la forma de operación de la máquina.

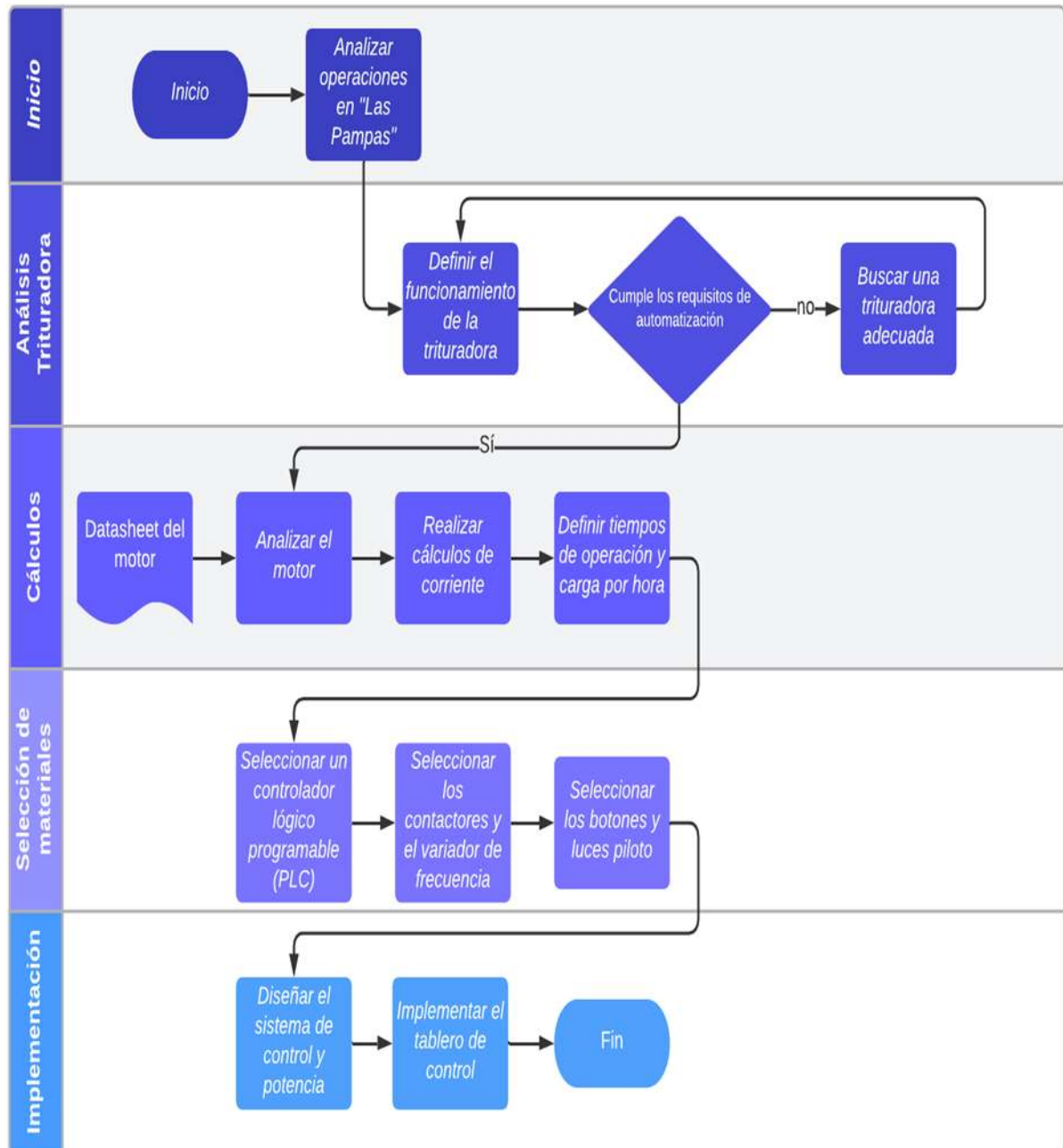
**Instrumentos de investigación:** Los instrumentos o elementos utilizados para el desarrollo de la actual propuesta tecnológica están en base al requerimiento del usuario entre las cuales se encuentran los elementos de mando y maniobra. Lo que permitió mejorar procesos.

#### **4.1. ETAPAS DEL PROYECTO**

El proyecto inicia con el análisis de la trituradora ubicada en el sector de Las Pampas para determinar si cumple con los requerimientos mínimos de automatización, en caso de no cumplir con estas condiciones se procede a buscar una segunda máquina con un potencial para ser automatizada y mejorar el proceso de triturado de caña de azúcar.

Una vez seleccionada la máquina se debe identificar el motor con sus datos de placa para obtener la corriente nominal y la corriente de arranque para un voltaje de 110/220 V a 60 Hz. El funcionamiento automatizado de la trituradora de caña de azúcar depende netamente de los

tiempos de accionamiento y la cantidad de caña procesada por horas (kg/h), se debe considerar la implementación de señales luminosas y sistemas de protección para precautar la integridad física del operario. En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo de las etapas desarrolladas en este proyecto de tesis.



**Figura 4.1** Diagrama de flujo de las etapas del proyecto.

#### 4.2. TRITURADORA DE CAÑA DE AZÚCAR

La estructura mecánica de la trituradora de caña de azúcar consta de un perfil en L de medidas 200x200x1.5mm, unas aspas de corte acopladas directamente al eje de un motor de inducción

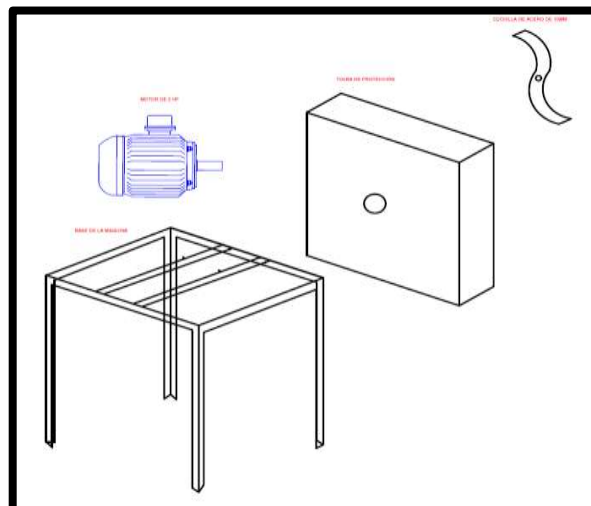
trifásico 1.5Hp. La alimentación de la caña se realiza a través de un tubo de acero 250mm de diámetro y 1.5mm de espesor, además esta trituradora cuenta con una tapa de seguridad para evitar que el operario sufra algún accidente durante el funcionamiento de la máquina.



**Figura 4.2.** Trituradora de caña de azúcar.

#### 4.2.1. Partes de la trituradora

Mediante un software de diseño mecánico se procedió a dibujar las partes más importantes que componen la trituradora de caña de azúcar como son: el motor, tablero eléctrico, aspas y estructura mecánica.



**Figura 4.3** Partes de la trituradora de caña de azúcar.

#### 4.2.2. Motor trifásico inducción 1.5 Hp

La trituradora seleccionada para el proceso de automatización consta de un motor de inducción de 1.5 Hp de potencia en perfectas condiciones, como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 4.4** Motor trifásico de inducción 1.5Hp.

El Motor de inducción con carcasa de chapa, para uso general, desarrollado para atender las más variadas aplicaciones en ambientes donde la suciedad y la humedad son mínimas. Opcionalmente, debe ser suministrado con alimentación trifásica para su arranque, eje y brida, conforme norma NEMA. Este tipo de motor sirve perfectamente para aplicaciones que necesitan de un único producto, robustez y de bajo peso [22]. Los datos de operación del motor se muestran a continuación:

**Tabla 4.2** Datos de placa del motor 1,5 HP.

MODEL	6330500033		
TYPE	COGX	184	FRAN
H.P.	1,5	1735	R.P.M.
VOLTS	208-220/404	3	PHASE
CYCLES	60	1,2	SERVICE FACTOR
CRISE	40	CONT	DUTY
FRONT HEARING	205 KD	205 KD	SHAFTEXT
CODE	K	B	
AMPS.	5,4-5,1/2,55	C311	1

### 4.3. CÁLCULOS DE CORRIENTE

#### 4.3.1. Corriente del contactor

Para la selección del contactor se realiza en función de la intensidad nominal del motor.

$$I_k \geq I_n$$

El motor se alimenta a un voltaje de 220V, y de acuerdo con la placa de datos la  $I_n=23.4$  A.

Por lo tanto:

$$I_k \geq 23.4 \text{ A}$$

#### 4.3.2. Corriente del relé térmico

De acuerdo con el dato de la corriente nominal del motor:

$$I_n = 23.4 \text{ A}$$

El relé térmico se debe colocar en la misma corriente, por lo tanto, el relé térmico de acuerdo con la tabla anterior es de 9– 13 A, ajustado a la corriente nominal del motor.

#### 4.3.3. Corriente del disyuntor del circuito de potencia.

Seleccionamos un disyuntor en función de la corriente nominal del motor  $I_n=23.4$  A, este valor puede ser mayor o igual, por lo tanto, se selecciona un disyuntor con  $I= 32$ .

#### 4.3.4. Corriente del disyuntor del circuito de mando.

Para el circuito de mando se selecciona un disyuntor de 10 A. en función que es para varias cargas que al sumarlas representan una carga considerable, y es necesario proteger los elementos ante una falla eléctrica.

### 4.4. SELECCIÓN DEL CONTROLADOR

La automatización de la trituradora de caña de azúcar requiere de un controlador lógico programable debido a que cuenta con motor de 1.5 Hp acoplado a unas aspas metálicas que pueden ocasionar un accidente si no se cuenta con un sistema de control adecuado, además este PLC servirá para comandar luces piloto de aviso para el operario cuando se presente alguna situación de emergencia. Cabe recalcar que el PLC LOGO 230RC es económico y con altas prestaciones de funcionamiento.



**Figura 4.5** PLC logo Siemens 230 RC

El PLC logo Siemens 230 RC es un autómata que cumple requisitos de calidad de acuerdo con la norma ISO 9001, este dispositivo es muy versátil y es utilizado para aplicaciones industriales de automatización. Está compuesto por un controlador, una fuente de alimentación posee una unidad de mando y una visualización con retroiluminación, y otros componentes. En la siguiente tabla se establecen especificaciones técnicas del dispositivo. [23]

**Tabla 4.3** Datos técnicos PLC logo Siemens 230 RC.

Tensión de alimentación	115-230 VAC
Salida de corriente permanente	10 A carga resistiva, 3 A carga inductiva
Entradas binarias	8
Salidas binarias	4; Relé
Temperatura de empleo	0-55 grados C
Protección	IP 20
Memoria	400 bloques
Montaje	Carril DIN 35 mm
Dimensiones	Anchura: 72 mm Altura: 90 mm Profundidad: 55 mm

## 4.5. ELEMENTOS DE MANDO Y PROTECCIÓN

### 4.5.1. Selección del contactor

La serie de contactores CJX2 AC son los más adecuados para utilizar en los circuitos de la tensión nominal de hasta 660V AC 50Hz o 60Hz, la corriente nominal de hasta 95A, para realizar operaciones de corte de frecuencia, control de arranque en corriente alterna. Este contactor se puede combinar con bloques de contactos auxiliares, temporizadores de retardo y con un PLC, las normas de fabricación de este tipo de contactor son IEC 60947-4, GB14048-4.



**Figura 4.6** Contactor CJX2-D.

En este caso se ha seleccionado el contactor CJX2-D desde la siguiente tabla de datos técnicos de la serie CJX, donde se puede observar claramente que es capaz de soportar la corriente del motor.

**Tabla 4.4** Datos técnicos del CJX2-D.

Modelo	Nominal de corriente AC3 UE ≤440V	La potencia nominal AC3 motor trifásico de 0≤40°				
		220/440V	380/400V	400V	500V	600/690V
	Amp	KW	KW	KW	KW	KW
LC1-D09 (CJX2-D09)	9	2.2	4	4	5.5	5.5
LC1-D12 (CJX2-D12).	12	3	5.5	5.5	7.5	7.5
LC1-D18 (CJX2-D18)	18	4	7.5	9	10	10
LC1-D25 (CJX2-D25).	25	5.5	11	11	15	15
LC1-D32 (CJX2-D32).	32	7.5	15	15	18.5	18.5

LC1-D38 (CJX2-D38)	38	9	18.5	18.5	18.5	18.5
Número del contacto	3P+N					
	3P+NC					
Tipo de contactor auxiliar coincidentes	LA1-DN02(2NC),LA1-DN11(1n+1 NC),LA1-DN20(2NO),LA1-DN22(2n+2 NC)					
	LA1-DN40(4NO),LA1-DN04(4NC),LA1-DN13(1N+3NC),LA1-DN31(3n+1 NC)					
Igualado el tiempo de retardo del tipo de contacto auxiliar	El tiempo de retardo después del encendido:LA2-DT 0.1-30(s),LA2-DT2 0.1-30(s),LA2-DT 10-1804(s)					
	Retardo de tiempo después de apagar:LA3-DR0 0.1-3(s),LA3-DR2 0.1-30(s),LA3-DR4 10-180(s)					

#### 4.5.2. Contactos auxiliares

También se ha seleccionado unos contactos auxiliares para el contactor CJX2-D de serie LA1-DN11 F4-11 con un contactor normalmente abierto y un contacto normalmente cerrado, como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 4.7** Contacto Auxiliar LA1-DN.

Número de modelo y parámetros de los contactos auxiliares más comerciales en el Ecuador, se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 4.5** Contactos comerciales y sus características.

Número de modelo	El mismo modelo	Formulario de contacto
LA1-DN11	F4-11	1NO + 1NC
LA1-DN20	F4-20	2NO
LA1-DN02	F4-02	2NC

LA1-DN22	F4-22	2NO + 2NC
LA1-DN31	F4-31	3NO + 1NC
LA1-DN13	F4-13	1NO + 3NC
LA1-DN40	F4-40	4NO
LA1-DN04	F4-04	4NC

#### 4.5.3. Selección del relé térmico

Los relés de sobrecarga térmica de la serie JR28 son adecuados para la protección contra sobrecargas y fallas de fase de motores de CA con frecuencia de 50/60 Hz, voltaje de hasta 690 V, corriente de hasta 0,1-630 A durante 8 horas de servicio o servicio ininterrumpido. Las funciones proporcionadas por estos relés son protección de falla de fase, indicación de ENCENDIDO / APAGADO, compensación de temperatura y reinicio manual / automático. Norma internacional: IEC 60947-4-1 [24].



**Figura 4.8** CNC Relé térmico [24].

Los relés térmicos pueden montar en contactores o instalarse como unidades individuales, para proteger adecuadamente el Motor de inducción trifásico inducción 1.5 Hp se ha seleccionado el relé térmico de modelo JR28-25 con las características que se muestran a continuación:

**Tabla 4.6** Características del relé térmico.

<b>Nombre del producto</b>	Relé de sobrecarga térmica
<b>Modelo</b>	JR28-25
<b>Material</b>	Plástico, componentes electrónicos
<b>Contacto térmico</b>	1 NO + 1 NC
<b>Relé térmico de corriente nominal</b>	0.1A-25 <sup>a</sup>
<b>Rango de corriente ajustable</b>	1A-1.6A

<b>(A)</b> <b>Rango de ajuste</b>	1.6A-2.5A 2.5A-4A 4A-6A 5.5A-8A 7A-10A
<b>Interfaz de usuario</b>	660V
<b>Frecuencia</b>	50/60HZ

#### 4.5.4. Interruptor termomagnético Schneider

Los interruptores termomagnéticos son elementos de protección contra cortocircuitos y sobrecargas en el consumo eléctrico [24].



**Figura 4.9** Interruptor termomagnético EASY9 [24].

La selección de este tipo de elementos de accionamiento de potencia se realiza mediante tablas en donde se debe verificar que la corriente soportada por el dispositivo esté dentro del rango de operación del Motor de inducción trifásico inducción 1.5Hp. En la siguiente tabla se muestran los datos técnicos del interruptor termomagnético EASY9.

**Tabla 4.7** Datos técnicos del interruptor EASY9.

<b>Gama</b>	Easy9
<b>Aplicación del dispositivo</b>	Distribución
<b>Tipo de producto o componente</b>	Interruptor automático en miniatura
<b>Nombre corto del dispositivo</b>	Easy9 MCB
<b>Polos</b>	2P
<b>Número de polos protegidos</b>	2
<b>Corriente nominal (In)</b>	50 A
<b>Tipo de red</b>	AC
<b>Tecnología de unidad de disparo</b>	Térmico-magnético
<b>Código de curva</b>	C
<b>Poder de corte</b>	10000 A Icn en 220 V AC 50/60 Hz

	acorde a IEC 60898-1 6000 A I <sub>cn</sub> at 400 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60898-1
<b>Apto para seccionamiento</b>	SI CONFORME LA IEC 60898-1
<b>Frecuencia de red</b>	50/60 Hz
<b>[U<sub>e</sub>] tensión asignada de empleo</b>	220 V AC 50/60 Hz 400 V AC 50/60 Hz
<b>Límite de enlace magnético</b>	5...10 x I <sub>n</sub>
<b>[I<sub>cs</sub>] poder de corte en servicio</b>	6 kA 100 % I <sub>cn</sub> en 230 V AC 50/60 Hz acorde a IEC 60898-1
<b>[U<sub>i</sub>] tensión asignada de aislamiento</b>	500 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60898-1
<b>[U<sub>imp</sub>] Tensión asignada de resistencia a los choques</b>	4 kV conforming to IEC 60898-1
<b>Indicador de posición del contacto</b>	Sí
<b>Tipo de control</b>	Maneta
<b>Tipo de montaje</b>	Ajustable en clip
<b>Tipo de montaje</b>	Carril DIN
<b>Altura</b>	81 mm
<b>Ancho</b>	36 mm
<b>Profundidad</b>	66,5 mm
<b>Color</b>	Grey (RAL 7035)
<b>Endurancia mecánica</b>	10000 ciclos
<b>Durabilidad eléctrica</b>	4000 ciclos
<b>Conexiones - terminales</b>	Tunnel type terminal (top or bottom) 1...25 mm <sup>2</sup> flexible Tunnel type terminal (top or bottom) 1...35 mm <sup>2</sup> rigid
<b>Par de apriete</b>	3.5 N.m top or bottom
<b>Protección contra fugas a tierra</b>	Sin

#### 4.5.5. Disyuntor monopolar EBS6BN

El interruptor de circuito en miniatura EBS6BN se aplica al sistema de distribución de alimentación de terminales de bajo voltaje con CA 50 / 60Hz, voltaje nominal 230 / 400V.



**Figura 4.10** Interruptor termomagnético EBS6BN.

EBS6BN PIA Pequeño Interruptor Automático Monopolar Serie EBS6BN PIA Función: protección contra sobrecarga y cortocircuito garantizando fiabilidad y seguridad para la operación lo que permite el uso de aplicaciones domésticas, industriales y comerciales.

#### **4.6. SELECCIÓN DEL VARIADOR**

Los variadores de frecuencia permiten regular la potencia para adaptar la velocidad requerida en relación a la aplicación, el variador regula la energía antes de que llegue al motor. El variador de frecuencia KEWO permite controlar el paro del motor de una manera instantánea, así como el arranque y paro del motor. [25]



**Figura 4.11** Variador de frecuencia KEWO

Se utilizó un variador de frecuencia para controlar el arranque del motor de 1.5 Hp. debido a que su eje se encuentra acoplado a unas aspas metálicas con cuchillas de corte que al sufrir un arranque brusco repetidamente puede ocasionar un accidente grave en el operador, adicionalmente este variador permitirá parar instantáneamente el funcionamiento del motor cuando ocurra una emergencia o se active un paro de emergencia, se debe considerar que las máquinas que tiene un arranque suave tiene un menor consumo de energía. El variador adecuado para el motor de inducción trifásico 1.5 Hp., los criterios de selección del variador fueron: potencia, voltaje de alimentación y corriente como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 4.8** Datos técnicos Variador de frecuencia KEWO.

<b>Gama</b>	Easy9
<b>Aplicación del dispositivo</b>	Distribución
<b>Tipo de producto o componente</b>	Interruptor automático en miniatura
<b>Nombre corto del dispositivo</b>	Easy9 MCB
<b>Polos</b>	2P
<b>Número de polos protegidos</b>	2
<b>Corriente nominal (In)</b>	50 A
<b>Tipo de red</b>	AC
<b>Tecnología de unidad de disparo</b>	Térmico-magnético
<b>Código de curva</b>	C
<b>Poder de corte</b>	10000 A Icn en 220 V AC 50/60 Hz acorde a IEC 60898-1  6000 A Icn at 400 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60898-1
<b>Apto para seccionamiento</b>	SI CONFORME LA IEC 60898-1
<b>Frecuencia de red</b>	50/60 Hz
<b>[Ue] tensión asignada de empleo</b>	220 V AC 50/60 Hz  400 V AC 50/60 Hz

<b>Límite de enlace magnético</b>	5...10 x In
<b>[Ics] poder de corte en servicio</b>	6 kA 100 % Icn en 230 V AC 50/60 Hz acorde a IEC 60898-1
<b>[Ui] tensión asignada de aislamiento</b>	500 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60898-1
<b>[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques</b>	4 kV conforming to IEC 60898-1
<b>Indicador de posición del contacto</b>	Sí
<b>Tipo de control</b>	Maneta
<b>Tipo de montaje</b>	Ajustable en clip
<b>Tipo de montaje</b>	Carril DIN
<b>Altura</b>	81 mm
<b>Ancho</b>	36 mm
<b>Profundidad</b>	66,5 mm
<b>Color</b>	Grey (RAL 7035)
<b>Endurancia mecánica</b>	10000 ciclos
<b>Durabilidad eléctrica</b>	4000 ciclos
<b>Conexiones - terminales</b>	Tunnel type terminal (top or bottom) 1...25 mm <sup>2</sup> flexible  Tunnel type terminal (top or bottom) 1...35 mm <sup>2</sup> rigid
<b>Par de apriete</b>	3.5 N.m top or bottom
<b>Protección contra fugas a tierra</b>	Sin

## 4.7. SELECCIÓN DEL CABLE

### 4.7.1. Cable de control

Para seleccionar adecuadamente el cable para las señales de control se debe considerar el consumo de corriente de la bobina del contactor, en este caso el contactor CJX2-D tiene una bobina que consume 1.3 amperios.

$$I_{\text{contactor}} = 1.3A$$

En este caso se utiliza un conductor tipo THW aislado con PVC con resistencia térmica y a la humedad, el cable AWG 18 flexible es el más indicado para este tipo de conexiones como se muestra en la siguiente figura.

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total Aprox (kg / km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG)	Sección Transversal (mm <sup>2</sup> )	No. Hilos				
18	0.823	1	0.76	2.54	13.15	6
18	0.823	12	0.76	2.72	13.82	6
16	1.31	1	0.76	2.91	18.35	8
16	1.31	19	0.76	3.02	19.16	8

Figura 4.12 Características de cables AWG 18. [9]

### 4.7.2. Cable de potencia

Para la alimentación de un solo motor, los conductores de conexión se deben sobredimensionar para una intensidad del 125% en relación con la intensidad nominal del motor. De esa manera calculamos la intensidad para la selección de los conductores.

$$I = I_n * 1.25 \quad (4.3)$$

$$I = 23.4 \text{ A} * 1.25$$

$$I = 29.25 \text{ A}$$

La intensidad que soporta los conductores es de 29.25 A, por lo cual se debe seleccionar un conductor con una sección adecuada y soporte el amperaje.

Se utilizan conductores tipo THW, aislados con un material termoplástico poli cloruro de vinilo (PVC) resistente al calor y la humedad. Para la selección del conductor del motor la corriente debe ser mayor a 29.25 A, por lo cual se utiliza un Calibre AWG 10 que soporta una corriente máxima de 35 A.

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total Aprox. (kg / km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm²)	No. Hilos				
<b>FORMACIÓN SÓLIDO Y CABLEADO CONCÉNTRICO</b>						
14	2,08	1	0,76	3,15	26,30	20
12	3,31	1	0,76	3,57	38,62	25
10	5,261	1	0,76	4,11	57,72	35
8	8,37	1	1,14	5,54	95,99	50
8	8,37	7	1,14	5,98	102,04	50
6	13,3	7	1,52	7,70	184,86	65
4	21,15	7	1,52	8,92	246,27	85

**Figura 4.13** Características de cables AWG 10. [9]

#### 4.8. ELEMENTO DE MEDICIÓN

Este sensor permite realizar mediciones de parámetros eléctricos como voltaje, corriente, potencia activa, energía, frecuencia y el factor de potencia en una línea de carga, en este caso servirá para analizar el comportamiento del motor durante su funcionamiento.

Tiene una función de sobrecarga que permite encender una luz de fondo y parpadeo cuando se activa la energía de alarma, además se puede ajustar el umbral de alarma y por último puede almacenar los datos cuando se apaga el dispositivo.



**Figura 4.14** Medidor de energía PZEM-022 AC.

En la siguiente tabla se pueden observar las características principales del medidor de energía PZEM-022AC.

**Tabla 4.9** Datos técnicos del medidor de energía PZEM 022 AC.

<b>Pantalla</b>	LCD
<b>Marca</b>	PEACEFAIR
<b>Modelo</b>	PZEM-022
<b>Voltaje de funcionamiento</b>	80 ~ 260VAC
<b>Voltaje de prueba</b>	80 ~ 260VAC
<b>Actual</b>	100A
<b>Potencia nominal</b>	100 a/22000 W
<b>Frecuencia de funcionamiento</b>	45-65Hz
<b>Precisión de medición</b>	1,0 grados
<b>Tamaño</b>	9*5*2,5 cm/3,5*2 * 1in
<b>Longitud del cable</b>	19 cm/7,5 pulgadas
<b>Peso</b>	aprox.110 g/3,9 oz

El medidor de energía debe ser configurado de acuerdo a la carga que se desea monitorear, para lo cual el dispositivo presenta las siguientes funciones:

- 1 Potencia: Rango de prueba: 0 ~ 22000 W, potencia de medición de arranque: 0,2 W.

**Tabla 4.10** Rangos de potencia.

<10 W formato de pantalla:	1,00 ~ 9,99 W
<100 W formato de pantalla	10,0 ~ 99,9 W
<1000 W formato de pantalla	100 ~ 999 W
<10000 W formato de pantalla	1,00 ~ 9.90kW
≥ 10000 W formato de pantalla	10,0 ~ 22,0 kW

- 2 Energía: Rango de prueba: 0 ~ 999kWh

**Tabla 4.11** Rangos de Energía.

<1kWh formato de pantalla	0 ~ 999Wh
<10kWh formato de pantalla	1,00 ~ 9,99kwh
≥ Formato de pantalla de 10kWh	10 ~ 999kWh

- 3 Voltaje: rango de prueba: 80 ~ 260 V.

**Tabla 4.12** Rangos de voltaje.

Formato de pantalla	80 ~ 260 V
---------------------	------------

- 4 Corriente: Rango de prueba: 0 ~ 100A, corriente de medición de inicio: 0.001<sup>a</sup>.A.

**Tabla 4.13** Rangos de corriente.

<10A formato de pantalla	0.000 ~ 9.000A
≥ 10A formato de pantalla	10,00 ~ 99.99A

- 5 Frecuencia: rango de prueba: 45 ~ 65Hz.

**Tabla 4.14** Rango de frecuencia.

Formato de pantalla	45 ~ 65Hz
---------------------	-----------

- 6 Factor de potencia: Rango de prueba: 0 ~ 1PF

**Tabla 4.15** Rango de Factor de potencia.

Formato de pantalla	0,00 ~ 1.00PF
---------------------	---------------

#### 4.9. DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO

Una vez seleccionado todos los equipos eléctricos necesarios para el correcto funcionamiento de la máquina trituradora se procede a utilizar un software de diseño para ubicar correctamente todos los dispositivos y aprovechar al máximo el espacio disponible del tablero de control. Se requiere utilizar cables para la fase y neutro, un botón para el encendido de la máquina de color verde, un segundo botón de color rojo destinado para detener el funcionamiento del motor de forma progresiva. El funcionamiento de las luces piloto es el siguiente:

- **Luz azul:** Esta luz tiene como funcionamiento permanecer encendida hasta que no se cierre la compuerta de la tova de trituración y servirá como aviso al operario de que la puerta de la máquina está abierta.

- **Luz verde:** Esta luz se encenderá únicamente cuando el motor se encuentre activado.
- **Luz roja:** Esta luz se mantendrá encendida cuando el motor se encuentre desactivado o apagado. También tendrá la opción de parpadear cada 0.5 segundos cuando ocurra una emergencia.
- **Luz amarilla:** Tiene una función permanente de encendido, cuando exista una falla en el motor por accionamiento del relé térmico.

Una vez ubicados los botones y las luces piloto se dispone de un espacio para la integración del medidor PZEM-022 AC, el mismo que permitirá monitorear en todo momento el funcionamiento del motor y un botón de paro de emergencia que permite detener su funcionamiento en caso de un peligro accionado por el operario.

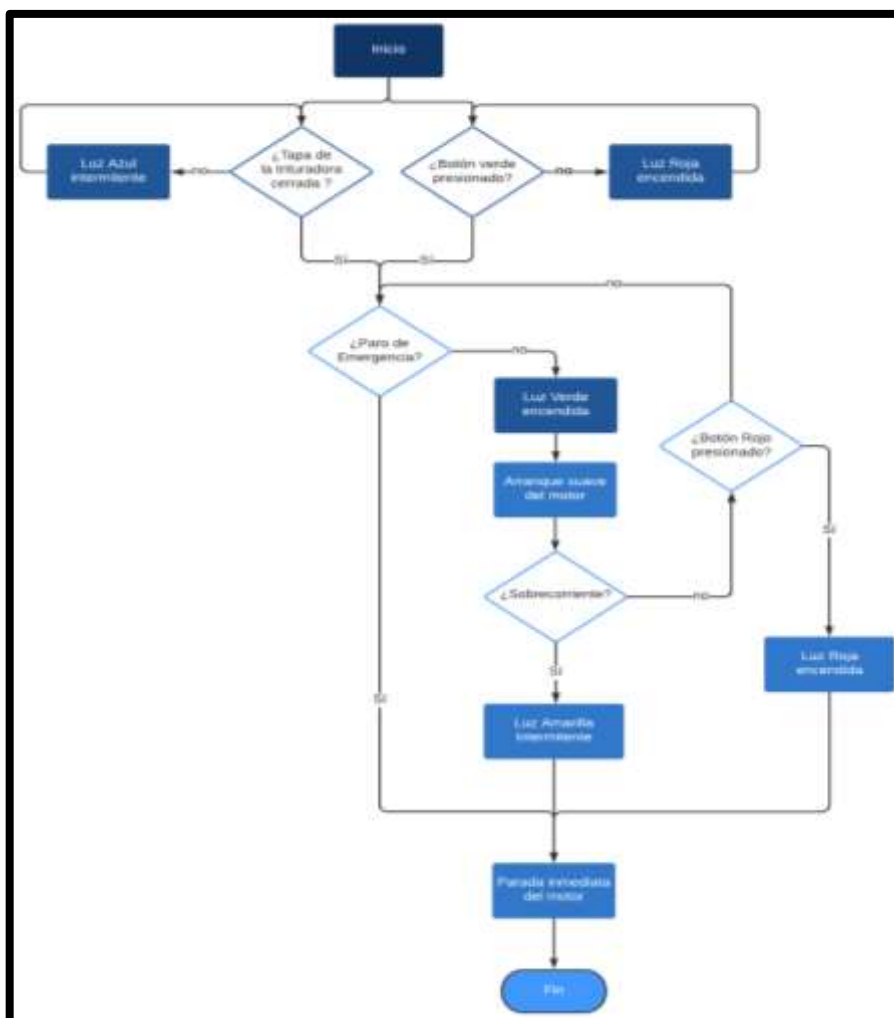


Figura 4.15 Diagrama de flujo del funcionamiento de la máquina.

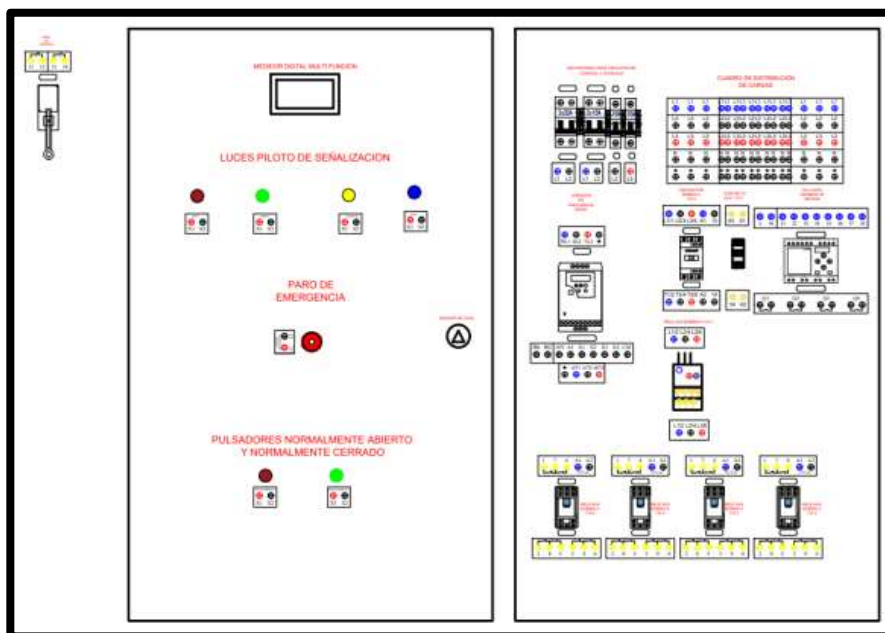
#### 4.10. TABLERO DE CONTROL

Los tableros eléctricos son también llamados cuadros, gabinetes, paneles o armarios eléctricos, en este caso se procederá al montaje de los elementos de control y protección eléctrica de baja tensión para una trituradora de caña de azúcar. El tablero utilizado es de 60x40x20 cm en acero con espesor de 1.5mm y resistente a esfuerzos mecánicos, eléctricos y térmicos así como también a la humedad y corrosión.



**Figura 4.16** Tablero industrial 40 x 60 cm.

En la siguiente imagen se puede observar la disposición de todos los elementos que componen el sistema de automatización para la trituradora de caña de azúcar



**Figura 4.17** Disposición de los elementos del tablero de control.

**4.11. PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR KEWO AD 100**

Para la automatización de la máquina trituradora de bagazo de caña de azúcar, con un motor de 220 voltios de doble condensador, se requiere un variador que satisfaga estas características, el variador KEWO AD100 es el deposito que cumple con estas, para ello se procedió a realizar la programación del variador de acuerdo a las necesidades de trabajo para la obtención de la materia prima, que se presenta a continuación.

**Tabla 4.16** Parámetros de programación del variador

<b>PROGRAMACIÓN VARIADOR KEWO</b>		
<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Función</b>
P0.00	Selección modo de control	1: V/F (variación de frecuencia)
P0.01	Ejecución de referencia de comandos	1: Terminales externos
P0.03	Selección de referencia de fuente principal	1: Ajuste de frecuencia digital del teclado, frecuencia memorizada después de un corte de energía.
P0.04	Frecuencia máxima	60 Hz
P0.06	Frecuencia digital de referencia	60Hz
P0.07	Frecuencia de límite inferior	0 Hz
P0.08	Tiempo de aceleración	10 sg
P0.09	Tiempo de desaceleración	10 sg
P5.01	Terminal de función definida X2	6: Parada libre (paro de emergencia)



**Figura 4.18** Programación del variador.

#### 4.12. PROGRAMACIÓN DEL LOGO SIEMENS R230

Para la programación del logo Siemens R230 se procedió a realizar la verificación de continuidad del dispositivo, para luego proceder a cablear sus entradas y salidas, para realizar las pruebas pertinentes y poder programar el logo de acuerdo a los trabajos que el circuito va a efectuar en el circuito de mando, este logo dispone de 8 puertos de entrada y cuatro de salida, estos detalles se muestran a continuación.

**Tabla 4.17** Parámetros de programación del variador

PROGRAMACIÓN DE LOGO V230	
Código	Función
I1	APAGADO TODO EL CIRCUITO
I2	ENCENDIDO TODO EL CIRCUITO
I3	ENCENDIDO EL RELE DE EMERGENCIA
Q2	ACTIVA RELE 1 , AL COMUN DEL VARIADOR
Q3	ACTIVA RELE 2, SE ACTIVA EMERGENCIA



**Figura 4.19** Programación del logo.

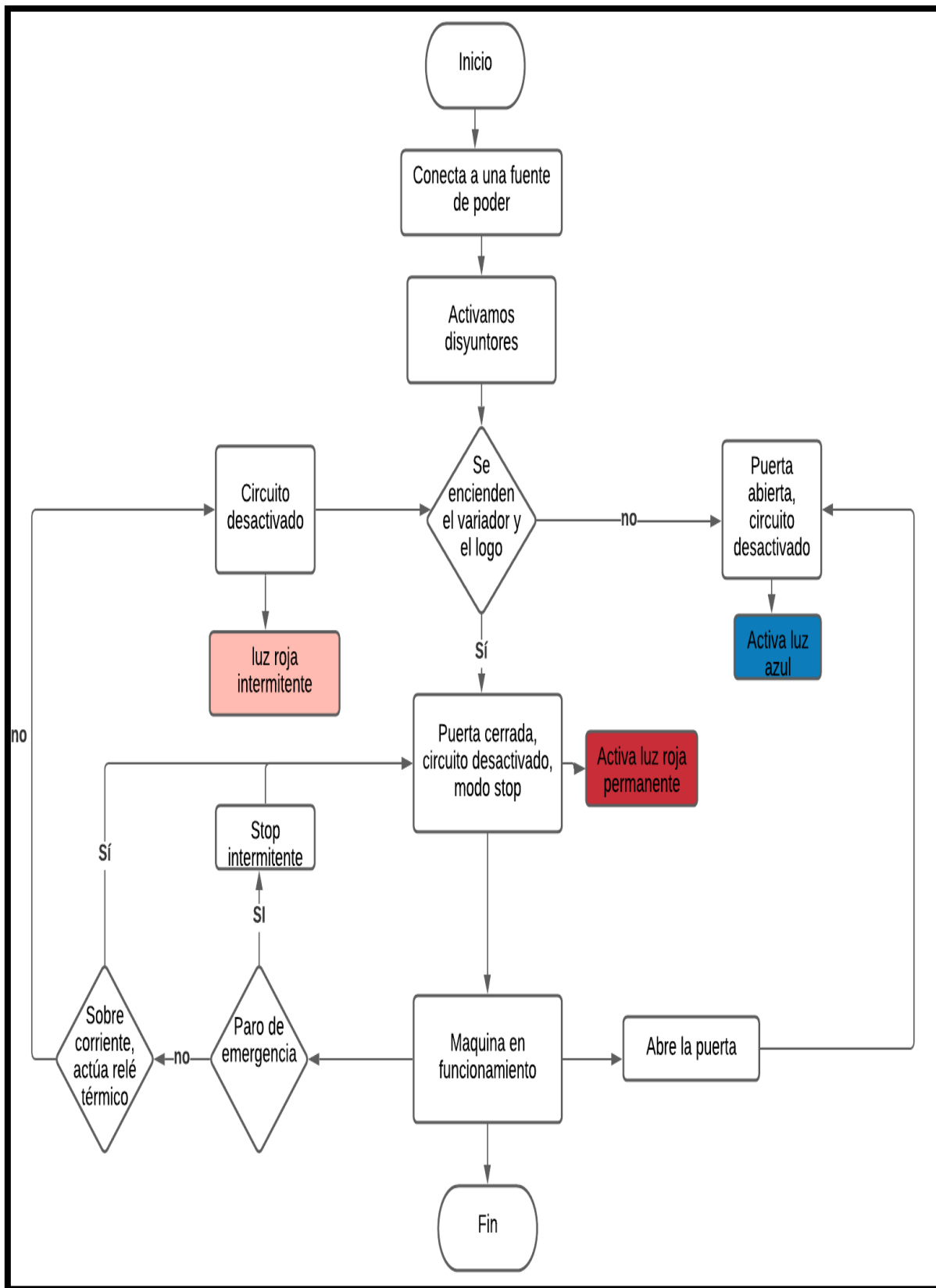
#### **4.13. DIAGRAMA UNIFILAR**

Para el diseño y simulación del sistema de control y potencia se utilizó el software CadeSimu, este software CAD electrotécnico permite simular el comportamiento de circuitos eléctricos utilizando símbolos organizados en librerías, además este software permite generar esquemas eléctricos bajo normativa. En este caso se utilizó este software para simular el comportamiento del circuito de control de la trituradora de caña de azúcar

Este diagrama unifilar del tablero de control muestra inicialmente el interruptor termomagnético general o totalizador que tiene asociado un botón pulsador en serie con la bobina del contactor de disparo por emisión de corriente que a su vez activa el motor de la trituradora. El contacto NC de un final de carrera se encuentra en serie con el botón de puesta en marcha para evitar que la máquina se encienda cuando la tapa de las aspas se encuentre abierta, en esta misma línea se ha colocado un segundo botón en serie para detener el funcionamiento del motor de la máquina. En este diagrama también se puede observar las luces piloto con los contactos de accionamiento y la respectiva señalización de las fases.

En la etapa de fuerza se debe considerar la conexión de un toroide del medidor de potencia, los cables de fase del motor deben pasar por la parte interna de este toroide para realizar las mediciones respectivas.

En la figura que se muestra a continuación se presenta el diagrama de flujo del funcionamiento de acciones que debe cumplir el tablero de automatización para la simulación:



**Figura 4.20** Diagrama de flujo de accionamientos que debe cumplir el tablero de control.

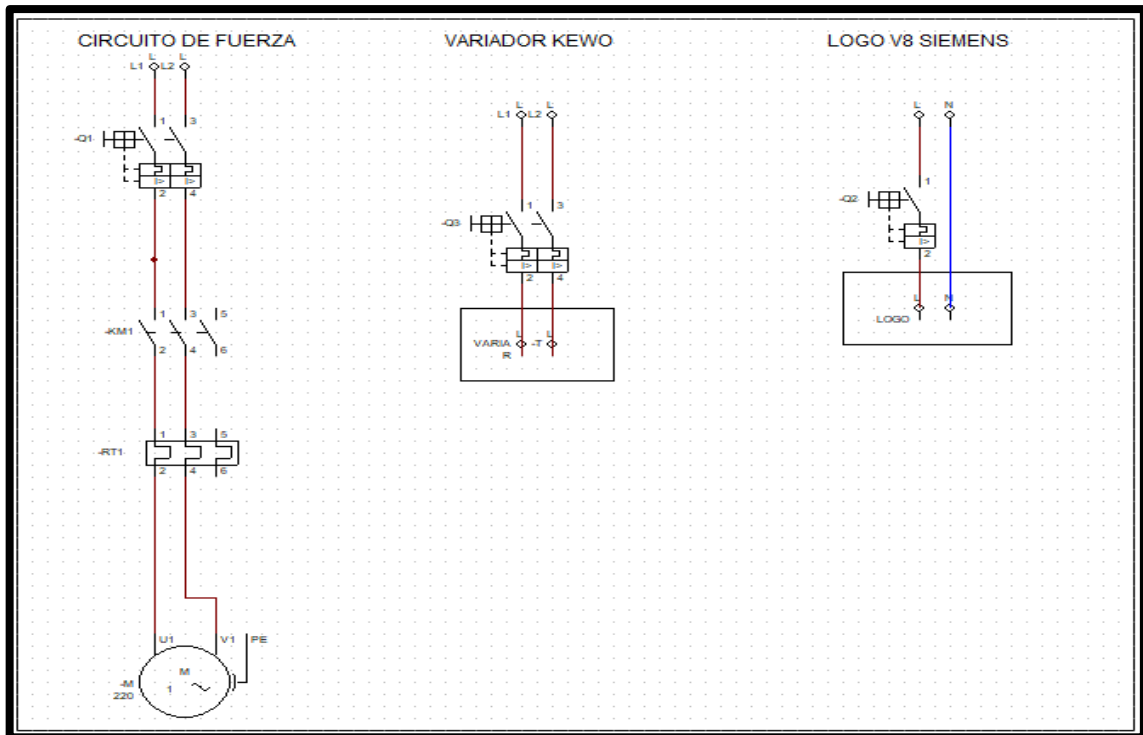


Figura 4.21 Diagrama unifilar circuito de fuerza.

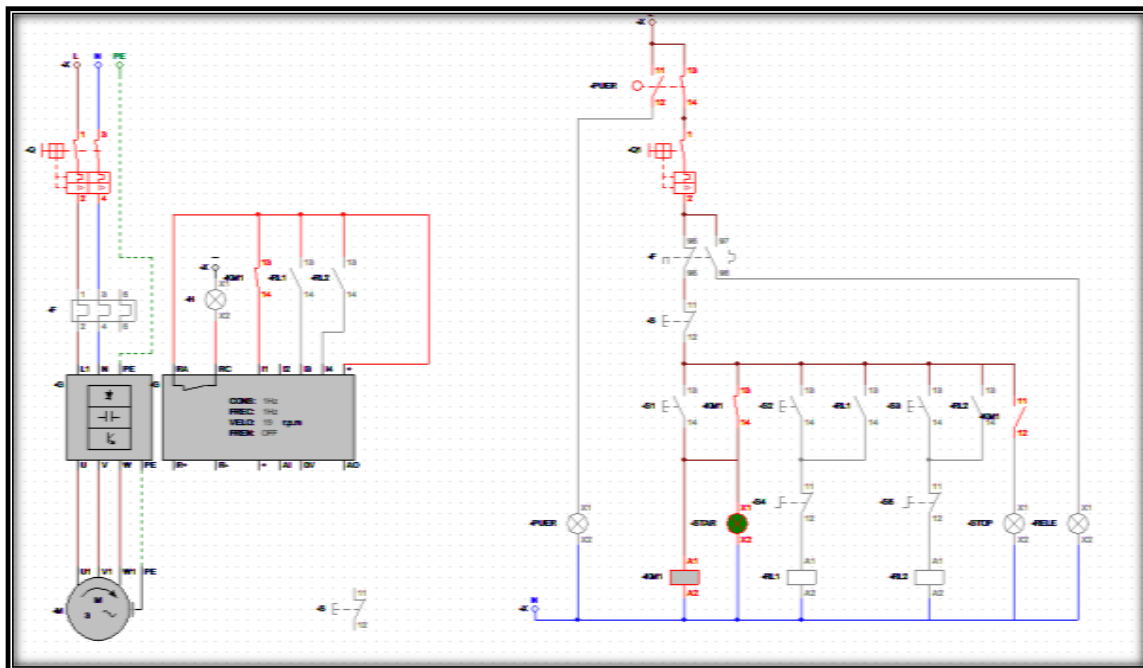


Figura 4.22 Diagrama unifilar circuito del variador.

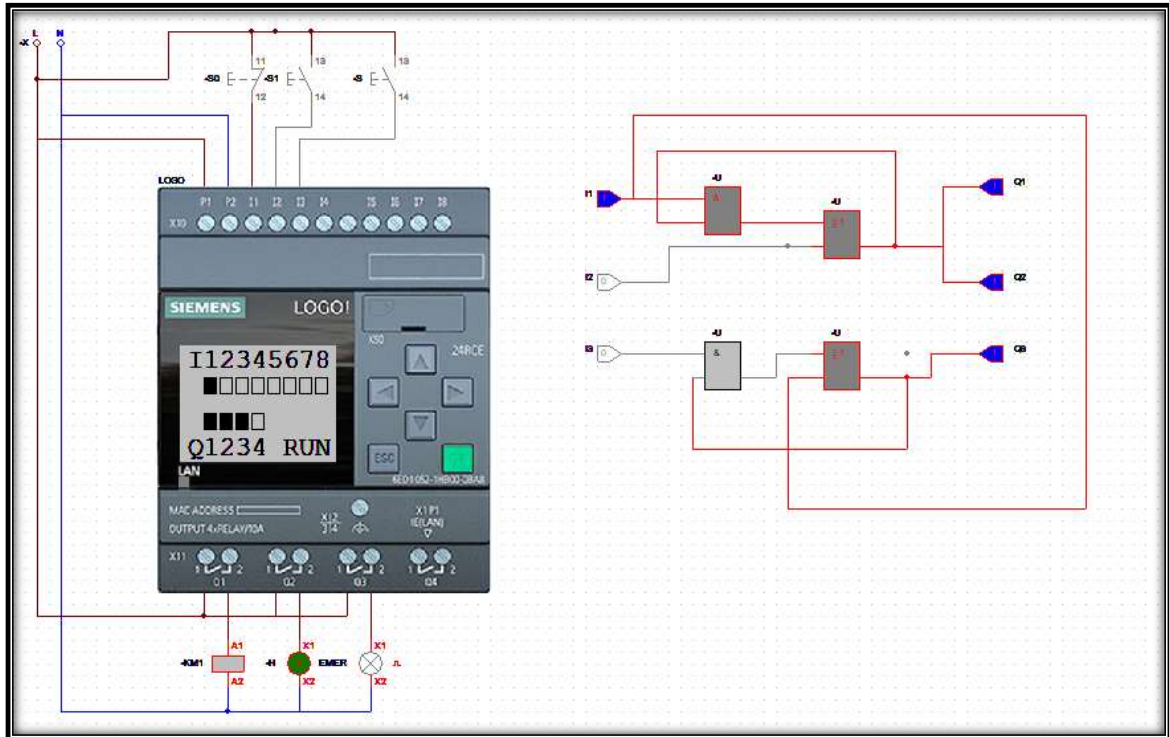


Figura 4.23. Diagrama unifilar programación de Logo.

#### 4.14. MONTAJE DEL TABLERO

Para el montaje del tablero de control se consideró los siguientes pasos importantes:

- Todos los elementos conductores de corriente deben ser de material de cobre, plata o aluminio, no se deben utilizar elementos de hierro o acero para conducir corriente dentro del tablero de control.
- Los elementos de fijación como tornillos, tuercas y clavijas de conexión deben ser de acero para que puedan soportar los esfuerzos mecánicos. Las borneras deben llevar tornillos de acero para realizar una correcta sujeción de los cables.
- Los elementos externos del panel deben estar conectados a tierra mediante conductores de protección.
- Los elementos internos deben tener la capacidad de soportar esfuerzos electrodinámicos producidos durante una falla del sistema.
- Las canaletas deben tener el espacio suficiente para transportar los cables y permitir curvaturas de cables donde se requiera.

En la siguiente figura se puede observar la instalación de una Riel DIN en el interior del tablero de control y el montaje de los elementos de control y protección sobre la Riel.



**Figura 4.24** Montaje de una Riel DIN.

Los terminales son elementos muy importantes para garantizar una adecuada conexión entre los elementos del tablero de control y deben cumplir los siguientes requisitos:

- Un terminal como conector de alambre de presión o tornillo de sujeción debe ser el encargado de conectar el cable con los elementos eléctricos.
- Si se requiere de algún circuito de derivación se debe utilizar unos terminales de salida para las conexiones de neutro o tierra requeridos.
- No se debe realizar empalmes entre cables para simular barrajes ni en la etapa de control ni tampoco en la de potencia.



**Figura 4.25** Conexiones del tablero de control.

Una vez que se han colocado todos los elementos sobre la Riel DIN en la parte interna del tablero de control se procede a realizar las conexiones de todos los elementos tanto de control como las luces piloto y el medidor de potencia. Se debe verificar las conexiones mediante la utilización de un multímetro en la función de continuidad, de esta manera se puede garantizar un adecuado cableado de todos los elementos eléctricos.



**Figura 4.26** Verificación de conexiones.

#### **4.15. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

Una vez terminada la construcción del tablero de control, se procede a realizar pruebas del funcionamiento con la finalidad de asegurar un correcto funcionamiento de la trituradora. Las pruebas realizadas son las siguientes:

- a) **Prueba de continuidad:** Para realizar esta prueba de las conexiones de todo el tablero de control se utilizó un multímetro DIT9805 y se comprobó la continuidad o ausencia de ésta, en cada uno de los puntos de conexión y en los cables; las pruebas fueron realizadas con el equipo desconectado y también con un accionamiento manual sin la etapa de fuerza. Este proceso se repite para la etapa de control y potencia.



**Figura 4.27** Multímetro para medición de continuidad.

- b) **Prueba energizada:** A fin de verificar el correcto funcionamiento de los elementos de acción y los equipos presentes en el tablero se procedió a alimentar con 220 voltios la entrada del interruptor termomagnético general y de 110 voltios para el sistema de mandos, de esta manera revisar los niveles de voltaje en las etapas de control y de fuerza. A continuación, y siguiendo el diagrama unifilar se revisó la alimentación de todos los equipos y se puso a prueba el tablero de control accionando los pulsadores verde y rojo.



**Figura 4.28** Tablero de control energizado.

- c) **Prueba de trituradora:** Una vez que se revisó el correcto funcionamiento del tablero de control se procede a realizar las conexiones respectivas con el motor de inducción trifásico 1.5Hp., para lo cual se debe utilizar dos prensaestopas de ½ pulgada colocadas en la parte inferior del tablero, una de estos prensaestopas servirá para

alimentar el tablero de control y la segunda para conectar el motor y controlar su funcionamiento.



**Figura 4.29** Trituradora de caña de azúcar automatizada.

#### **4.16. PRUEBAS DE TRITURADO**

Se realizaron varias pruebas de funcionamiento de la máquina trituradora considerando un peso constante de caña de azúcar para ser triturada.

##### **4.16.1. Pesaje de la caña de azúcar**

Se realizó el pesaje de caña de azúcar, con la ayuda de una balanza de tipo industrial, digital para la alimentación de la máquina trituradora, dando un peso total de 8,5 kg.



**Figura 4.30** Carga de caña de azúcar fresca 8,5Kg.

#### 4.16.2. Alimentación de la trituradora

El operario de la máquina debe ingresar los atados de caña de azúcar por la tolva de una forma constante y controlada para evitar atascamientos en las aspas de corte y la posible sobrecarga del motor.



**Figura 4.31** Alimentación de la trituradora de caña.

#### 4.16.3. Recolección de bagazo

Colocar un recipiente adecuado para recoger el bagazo generado del proceso de triturado y no generar contaminación.



**Figura 4.32** Recolección de bagazo de caña de azúcar.

#### 4.16.4. Pesaje del bagazo

Una vez que la máquina ha terminado con el proceso de triturado trabajando a 60 Hz, se debe pesar el bagazo triturado y comparar con el peso inicial de caña de azúcar. En este caso se obtuvo 8,5 Kg de materia orgánica en 1 minuto.



**Figura 4.33** Pesaje de bagazo de caña triturada a 60 Hz.

Se realiza pruebas de triturado con la maquina automatizada a una frecuencia de 40hz, en el mismo tiempo y la misma cantidad de caña de azúcar de peso inicial figura 4.29, obteniendo con esta frecuencia un peso de forraje triturado de 5,6 Kg/min



**Figura 4.34** Pesaje de bagazo de caña triturada a 40 Hz.

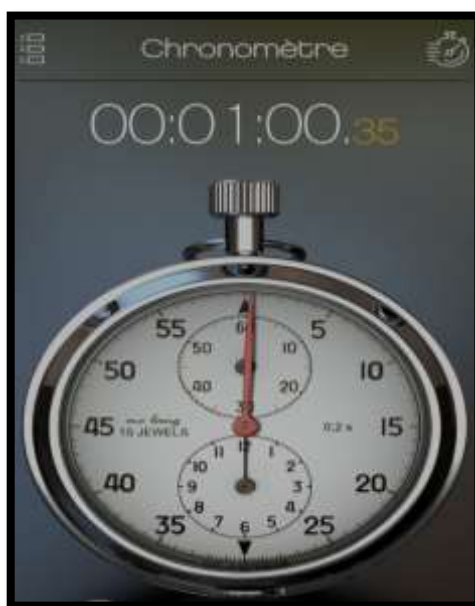
Después de terminado un proceso se realiza la prueba de triturado variando la frecuencia a 20 Hz, con el pesaje de bagazo de caña de azúcar inicial que se aprecia en la fig. 4.29, en el mismo tiempo, se alcanzó un peso de forraje de 2,85kg.



**Figura 4.35** Pesaje de bagazo de caña triturada a 20 Hz.

#### 4.16.5. Medición de tiempo

Para complementar este proceso, se utilizó un cronometro analógico-digital que permite medir en función del tiempo y la cantidad de caña, determinar la capacidad de forraje que la máquina entrega.



**Figura 4.36** Tiempo de triturada del bagazo de caña.

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. ANÁLISIS TIEMPO VS CARGA

En este apartado se realizó un análisis individual de las máquinas trituradoras de bagazo de caña encontradas y un análisis comparativo entre cada una de ellas.

#### 5.1.1. Tiempo – Carga Trituradora a Gasolina

La máquina trituradora de bagazo de caña de azúcar instalado en la parroquia Las Pampas es utilizada para la producción de azúcar, esta máquina presenta varios problemas desde el arranque de la misma hasta la cantidad de caña que puede triturar en una hora. Los inconvenientes presentados por la máquina se deben en su mayoría a que utiliza un motor a gasolina de bajas prestaciones y en muy mal estado, es así que no contiene una placa de datos para determinar su potencia, además de estos inconvenientes presenta una cuchilla de corte que no funcionan adecuadamente para el trabajo asignado. En la siguiente imagen se muestra la trituradora a gasolina mencionada.



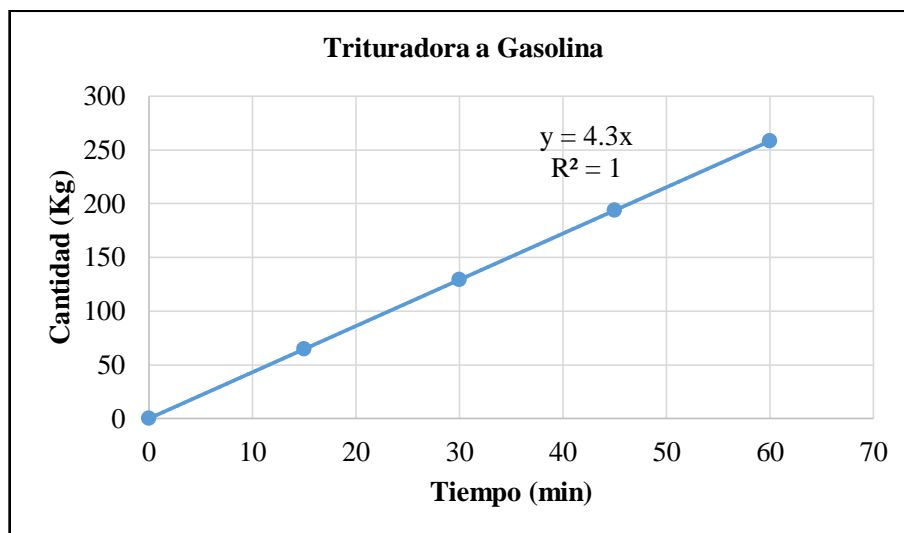
**Figura 5.1** Trituradora de caña de azúcar a gasolina.

Sin embargo, se pudo obtener los siguientes datos de operación de la máquina suministrado por el personal que labora en este sector, estos datos se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 5.1** Datos obtenidos de la trituradora a gasolina.

Tiempo (min)	Cantidad (kg)
0	0
15	64.50
30	129.00
45	193.50
60	258.00

En esta máquina no se puede obtener valores de corrientes, voltajes y potencia debido a que no cuenta con ningún sistema de medición por lo tanto se procedió a graficar la cantidad de caña que puede triturar en función del tiempo de trabajo.



**Figura 5.2** Funcionamiento de la trituradora a gasolina.

### 5.1.2. Análisis Trituradora Automatizada

La trituradora automatizada se analizó en dos partes: la primera consiste en el análisis de la cantidad procesada en relación al tiempo y a la frecuencia utilizada para controlar la velocidad de giro del motor. La segunda parte consiste en la medición de los parámetros de consumo de la máquina en una cantidad fija de 8,5 Kg de carga.

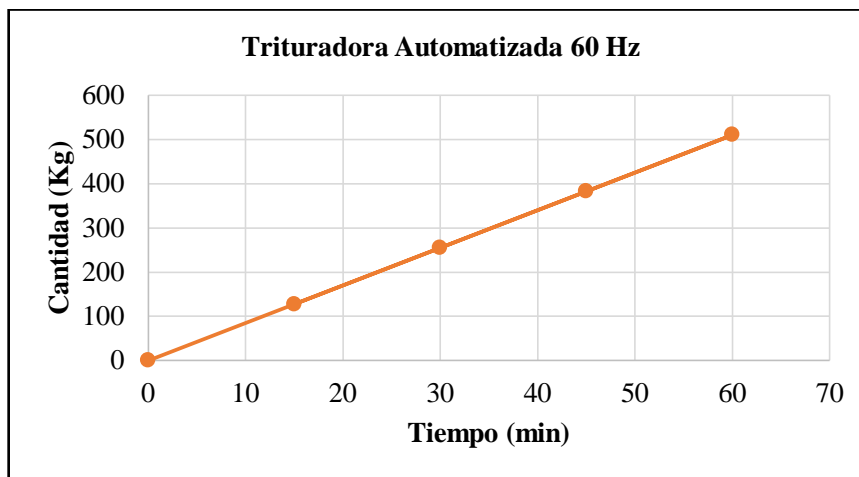
#### 5.1.2.1 Tiempo-Carga Trituradora Automatizada a 60 Hz

En este caso se realizó pruebas de triturado en intervalos de tiempo de 15, 30, 45 y 60 minutos; en dichos intervalos se realizó el pesaje del producto triturado, obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 5.2** Datos obtenidos de la trituradora automatizada a 60 Hz.

Tiempo (min)	Cantidad (kg)
0	0
15	127.50
30	255.00
45	382.00
60	510.00

En la siguiente imagen se muestra el comportamiento de la máquina cuando se realizó pruebas de funcionamiento en distintos tiempos y con pesaje de la cantidad de caña de azúcar triturada.

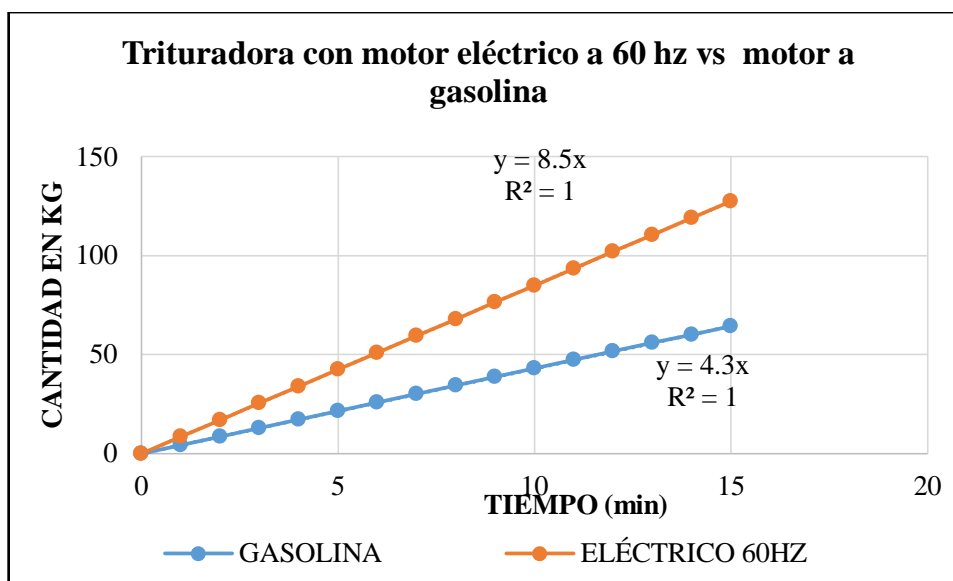


**Figura 5.3** Funcionamiento de la trituradora automatizada a 60 Hz.

Con los datos obtenidos de en la figura anterior, se procede a realizar el pesaje del bagazo triturado en un tiempo de 15 min para tener datos precisos y poder determinar de una manera exacta, si la productividad mejora con la automatización de la maquina eléctrica y se compara con la maquina con motor a gasolina.

**Tabla 5.3** Datos obtenidos de la trituradora automatizada a 60 Hz

Tiempo (min)	Cant. Kg	Cant. Kg 60hz
0	0	0
1	4,3	8,5
2	8,6	17,0
3	12,9	25,5
4	17,2	34,0
5	21,5	42,5
6	25,8	51,0
7	30,1	59,5
8	34,4	68,0
9	38,7	76,5
10	43,0	85,0
11	47,3	93,5
12	51,6	102,0
13	55,9	110,5
14	60,2	119,0
15	64,5	127,5



**Figura 5.4** Comparativa de la máquina Gasolina o Eléctrica automatizada

En la Fig. 5.4. podemos comparar los datos obtenidos en un tiempo de 15 minutos, estos datos fueron obtenidos de acuerdo a una prueba de trabajo de ambos equipos, obteniendo como resultado comparativo, que la máquina trituradora de bagazo de caña automatizada trabajando en su potencia máxima mejoró la productividad obteniendo: 127,5 kg de producción de forraje para alimentar al ganado, mientras que la máquina con motor a gasolina nos entrega 64,5 kg de la misma materia prima, de esta gráfica se pudo obtener la ecuación de las pendientes para poder realizar los cálculos con diferentes valores y conseguir los resultados mediante estas, mejorando la productividad de la caña triturada en un **97,67%**.

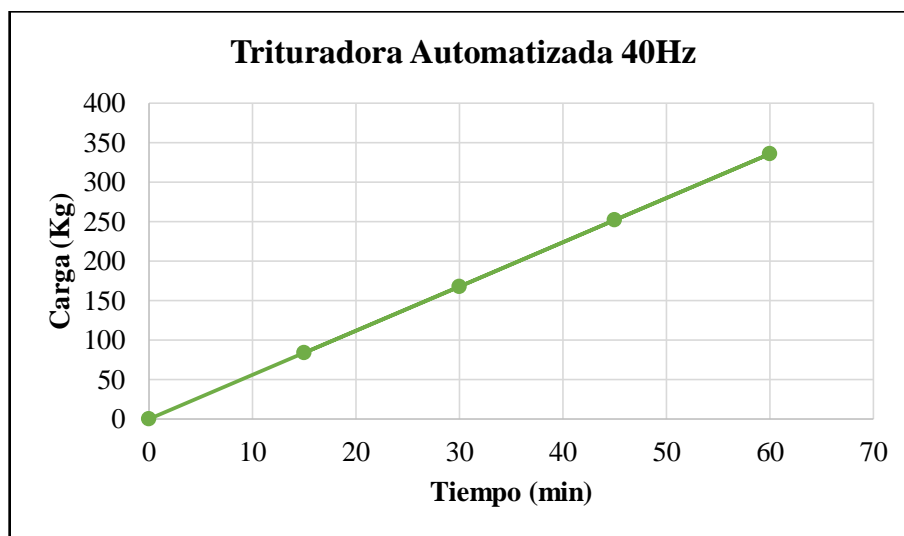
#### 5.1.2.2 Tiempo-Carga Trituradora Automatizada a 40 Hz

En este caso se realizó pruebas de funcionamiento de la trituradora a una frecuencia de 40 Hz y se tomó medidas de pesaje cada 15 min, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 5.4** Datos obtenidos de la trituradora automatizada a 40 Hz.

Tiempo (min)	Cantidad (kg)
0	0
15	84
30	168
45	252
60	336

El comportamiento de la máquina en todas pruebas realizadas muestra una tendencia lineal, es decir, a medida que se aumenta la velocidad la capacidad de trituración aumenta también.



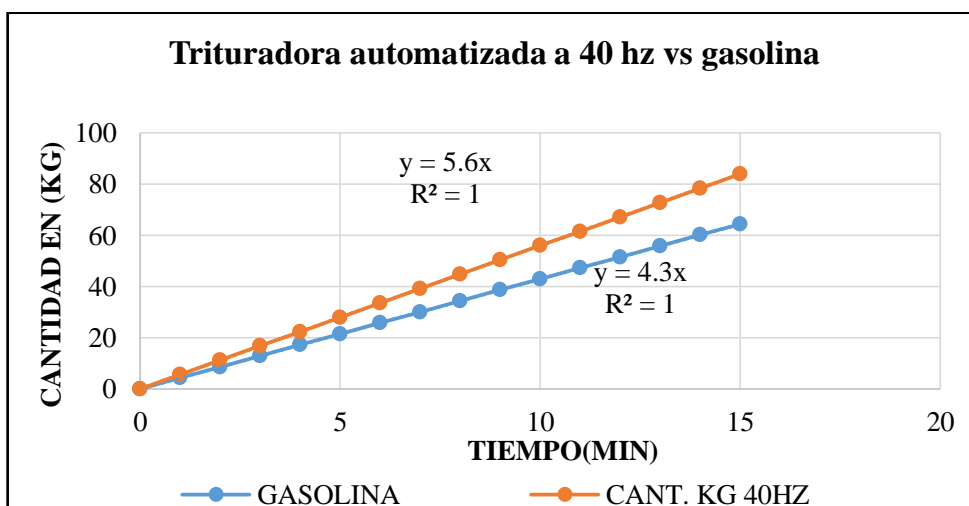
**Figura 5.5** Funcionamiento de la trituradora automatizada a 40 Hz.

En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos de la trituradora automatizada a 40Hz en el tiempo de 15 min para los fines ya emitidos anteriormente..

**Tabla 5.5** Datos obtenidos de la trituradora automatizada a 40 Hz.

<b>Tiempo(min)</b>	<b>Cant. Kg gasolina</b>	<b>Cant. Kg 40hz</b>
0	0	0
1	4,3	5,6
2	8,6	11,2
3	12,9	16,8
4	17,2	22,4
5	21,5	28
6	25,8	33,6
7	30,1	39,2
8	34,4	44,8
9	38,7	50,4
10	43,0	56,0
11	47,3	61,6
12	51,6	67,2
13	55,9	72,8
14	60,2	78,4
15	64,5	84,0

El comportamiento de la máquina en todas las pruebas realizadas muestra una tendencia lineal, es decir, a medida que se aumenta la velocidad la capacidad de trituración aumenta también, a continuación, se muestra la gráfica de comparación de la máquina trituradora trabajando a 40 Hz comparada con la maquina a gasolina .



**Figura 5.6** Funcionamiento de la trituradora automatizada a 40 Hz vs a gasolina

En la figura se puede definir que la máquina trituradora de bagazo de caña de azúcar automatizada trabajando a 40 Hz produce un peso de forraje de 84 kg y la máquina de gasolina 64,5 kg, estos datos se obtuvieron utilizando la fórmula de la pendiente obtenidos en la gráfica, mejorando la productividad de la máquina en un 30,23%.

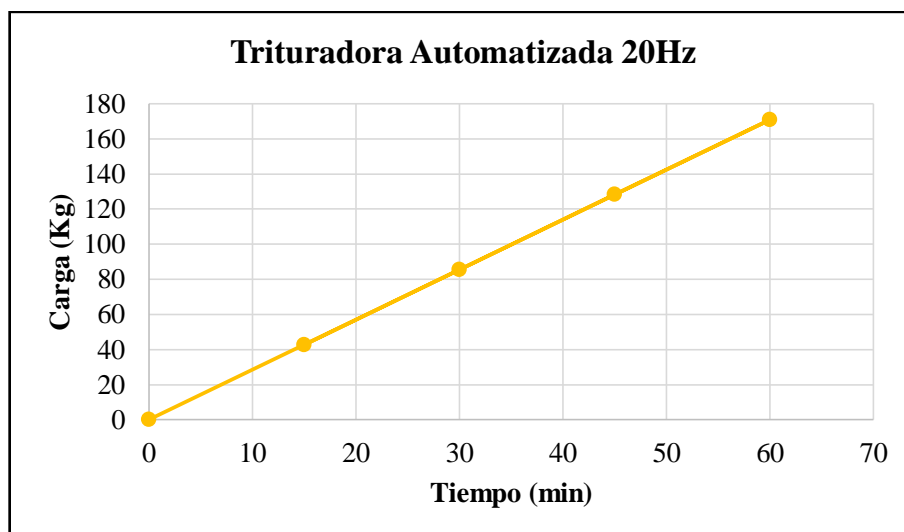
### 5.1.2.3 Tiempo-Carga Tritradora Automatizada a 20 Hz

Por último, se realizó una prueba de funcionamiento de la máquina trituradora a 20 Hz en intervalos de tiempo de 15 min, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 5.6** Datos obtenidos de la trituradora automatizada a 20 Hz.

Tiempo (min)	Cantidad (kg)
0	0
15	42,75
30	85,50
45	128,25
60	171,00

De igual manera que en las pruebas anteriores en este caso se puede observar un comportamiento lineal del triturado de caña para una frecuencia de 20 Hz.



**Figura 5.7** Funcionamiento de la trituradora automatizada a 20 Hz.

En esta frecuencia de trabajo también se procede a realizar el mismo tipo de prueba, en el mismo tiempo con la finalidad de comparar la productividad de la trituradora automatizada con respecto a la de gasolina.

**Tabla 5.7** Datos obtenidos de la trituradora automatizada a 20 Hz.

<b>TIEMPO (min)</b>	<b>CANT. KG</b>	<b>CANT. KG 20HZ</b>
0	0	0
1	4,3	2,85
2	8,6	5,70
3	12,9	8,55
4	17,2	11,40
5	21,5	14,25
6	25,8	17,10
7	30,1	19,95
8	34,4	22,80
9	38,7	25,65
10	43,0	28,50
11	47,3	31,35
12	51,6	34,20
13	55,9	37,05
14	60,2	39,90
15	64,5	42,75



**Tabla 5.8** Costos directos del proyecto

<b>GASTOS DIRECTOS</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cant</b>	<b>Valor Unitario (USD)</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
1	Gabinete metálico liviano 400*600*200	1	64,00	64,00
2	Disyuntor bnc 1p 10amp 3ka p riel	1	2,45	2,45
3	Disyuntor chint 2p 10amp 3ka p riel	1	4,66	8,90
4	Disyuntor Schneider 2p 10amp 6ka p riel	1	7,50	7,50
5	Disyuntor Schneider 1p 10amp 3ka	1	8,00	8,00
6	Luz piloto camco verde/amarilla n16-22d/4 220v 22mm	2	1,90	3,80
7	Luz piloto camco rojo/azul nd16-22d/4 220v 22mm	2	1,90	3,80
8	Pulsador camco rojo/ no	1	2,10	2,10
9	Pulsador camco verde /na	1	2,10	2,10
10	Contacto cnc lc1-d09 110v-9ª	1	9,50	9,50
11	Relay termico cnc 9-13a	1	8,50	8,50
12	Relé aux relpol 3 cont. 220 vac 10 amp	4	7,50	30,00
13	Base relpol 8 pin/planas	4	5,50	22,00
14	Cinta vinil blanca brady	1	38,00	38,00
15	Variador de frecuencia kewo 2 hp (1.5 kw), entrada monofásica 220v.1	1	235,00	235,00
16	Plc logo siemens v8, 230 rce	1	160,00	160,00
17	Cable flex 12 awg blanco, negro	12	0,44	5,28
18	Cable flex 16 awg rojo tff	100	0,22	22,00
19	Cable thhn flex 10 awg negro	6	0,44	2,64
20	Terminal puntera simple 12-10 awg	100	0,024	2,40
21	Terminal puntera simple 16-14 awg	100	0,046	4,60
22	Cable concéntrico sucre 3x10 awg	4	3,15	12,60
23	Canaleta ranurada dxn 24*40 mm	2	6,73	13,46
24	Riel din leipold 1 metro	2	3,00	6,00
25	Paro de emergencia camco	1	4,00	4,00
26	Distribuidor de fases onka	1	28,00	28,00
27	Ac medidor digital multifunción	1	35,00	35,00
28	Motor de 1.5 Hp doble condensador	1	190,00	190,00
<b>SUBTOTAL</b>				931,63
<b>IVA 12%</b>				111,80
<b>TOTAL</b>				1.043,43

En la siguiente tabla se muestran los costos indirectos utilizados para el desarrollo de este proyecto incluyendo movilización, alimentación, entre otros.

**Tabla 5.9** Costos indirectos del proyecto.

<b>GASTOS INDIRECTOS</b>				
<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario (USD)</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
1	Construcción de máquina trituradora tipo	1	550,00	550,00
2	Movilización (combustible)	1	50,00	50,00
3	Encomiendas	1	25,00	25,00
4	Alimentación	1	30,00	30,00
5	Servicio de transporte	1	20,00	20,00
			<b>SUBTOTAL</b>	675,00
			<b>IVA 12 %</b>	81,00
			<b>TOTAL</b>	756,00

**Tabla 5.10** Costo total del proyecto.

<b>COSTO TOTAL DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Unitario (USD)</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
1	GASTOS DIRECTOS	1.043,43	1.043,43
2	GASTOS INDIRECTOS	756,00	756,00
		<b>TOTAL</b>	<b>1.799,43</b>

### 5.2.2. Análisis económico de operación

Se ha realizado una tabulación de los principales datos de funcionamiento de la máquina en diferentes tiempos. En la siguiente tabla se puede observar los datos medidos.

**Tabla 5.11** Consumo de energía del motor trifásico con varias frecuencias.

Tiempo (Seg)	Voltaje (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Corriente L1 (A)	Corriente L2 (A)	Corriente L3 (A)	Energía (Wh)	fp
Sin carga	220	701,8	10	3,19	3,18	3,16	0,41	0,19
Con carga a un t. 23 s.	220	1084,6	20	4,93	4,97	4,93	0,67	0,31
Con carga a t. 56 s.	220	974,6	30	4,43	4,54	4,42	0,72	0,47
Con carga a t. 60 s.	220	906,4	40	4,12	4,15	4,1	0,77	0,68
Con carga a t. 60 s.	220	877,8	50	3,99	4	4,02	0,86	0,74
Con carga a t. 60 s.	220	1119	60	3,43	3,5	3,5	0,74	0,92

También se realizó una toma de datos del funcionamiento del motor al cabo de varias horas de funcionamiento para calcular las horas de trabajo y los KW hora consumidos, estos datos se muestran a continuación:

**Tabla 5.12** Valores de potencia del motor trifásico en diferentes tiempos.

Máquina	Potencia (Hp)	Potencia en (KW)	Horas de trabajo	Consumo KWh
Motor trifásico	1,5	1,119	1	1,119
Motor trifásico	1,5	1,119	8	8,952
Motor trifásico	1,5	1,119	240	268,56

Según pliego tarifario vigente se considera tarifa general de bajo voltaje sin demanda ya que el suministro en el punto de entrega es inferior a 600 voltios (V), cuya potencia contratada o demanda facturable es menor a 10 kW, ya que la máquina posee un motor de 1.5 Hp o 1119 W de potencia activa. Este proyecto va dirigido a la comunidad de Las Pampas, en el que se considera Servicios comunitarios sin demanda.

Estos consumidores deben pagar:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor-mes, independiente del consumo de energía.
- Cargos incrementales por energía expresados en USD/KWh, en función de la energía consumida [26].

**Tabla 5.13** Cargos tarifarios únicos.

<b>Rango de consumo KW</b>	<b>Energía (USD/KWh)</b>	<b>Comercialización (USD)</b>
1-300	0,082	1,414
Superior	0,093	1,414

Según el pliego tarifario de la Empresa Eléctrica de la provincia de Cotopaxi se puede calcular el consumo de energía en 30 días, 8 horas y 60 minutos de la trituradora de caña de azúcar.

**Tabla 5.14** Consumo energético de la trituradora.

<b>Tiempo</b>	<b>KWh</b>	<b>USD/KWh</b>	<b>TOTAL (USD)</b>
1 mes= 30 días	268,56	0,082	22,0219
1 día =8 horas	8,952	0,082	0,73406
1 hora =60 minutos	1,119	0,082	0,09175

Una vez que se obtienen los cargos tarifarios por KWh se procede a calcular el costo de funcionamiento o la plantilla de consumo de la trituradora automatizada para los periodos de tiempo de 30 días, 8 horas y 1 hora, los mismos que se pueden encontrar en la siguiente tabla.

**Tabla 5.15** Planilla de consumo en 30 días, 8 horas y 1 hora.

PLANILLA	USD 30 días	USD 8 horas	USD en 1 hora
Comercialización	1,41	0.047	$5.87 \cdot 10^{-3}$
Consumo energético	22,0219	0,73406	0,09175
Alumbrado Publico	4,21	0.14059	0,017571
<b>TOTAL, planilla</b>	<b>27,6419</b>	<b>0,9215</b>	<b>0,1151</b>

### 5.2.3. Costos de producción

En esta sección se ha realizado un análisis de los costos de producción tanto de la máquina eléctrica automatizada como de la trituradora de caña con motor a gasolina. En la siguiente tabla se muestran los consumos de energía o combustible, mantenimientos y el costo hombre máquina de la trituradora eléctrica. En esta tabla se puede observar que el costo mensual de operación es de 437,64 dólares.

**Tabla 5.16** Costos de producción para la trituradora eléctrica.

Tiempo de trabajo		Costo hombre máquina (USD)	Mantenimiento (USD)	Costo energía (USD)	TOTAL, USD
<b>1</b>	h	2,50	0,0625	0,1151	2,6776
<b>8</b>	h	20,00	0,50	0,9215	21,421
<b>1</b>	mes	400,00	10,00	27,6419	437,64

En la siguiente tabla se puede observar los datos de producción de la trituradora con motor a gasolina para los mismos periodos de tiempo de 1 hora, 8 horas y 1 mes. En este caso se puede apreciar que para la producción de un mes de esta trituradora se gastará aproximadamente 584.62 dólares.

**Tabla 5.17** Costos de producción para la trituradora a gasolina.

Tiempo de trabajo		Costo hombre máquina (USD)	Mantenimiento (USD)	Combustible (gal/ USD)	Costo (USD)	TOTAL (USD)
1	h	2,50	0,0625	0,33	0,7266	3,2891
8	h	20,00	0,50	2,67	5,8206	26,3206
1	mes	400,00	10,00	80,10	174,62	<b>584,62</b>

#### 5.2.4. Cálculo del VAN y TIR

Para cuantificar el ahorro que representa el uso de la máquina trituradora de bagazo de caña se utilizó el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) en donde su fórmula es la siguiente:

$$VAN = \frac{FN_0}{(1+i)^n} + \frac{FN_1}{(1+i)^n} + \frac{FN_2}{(1+i)^n} + \dots \dots \dots \frac{FN_n}{(1+i)^n} \tag{5.1}$$

Dónde:

FN= Flujo de efectivo neto.

N= Años de vida útil

I= Tasa de interés de actualización

Se parte del criterio de que el proyecto actual neto superior a cero donde el (VAN) es la diferencia entre sus ingresos y egresos actualizados (flujo de efectivo actualizado)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) representa la tasa de interés que ganan los dineros invertidos es decir mide la rentabilidad en términos de porcentaje, su fórmula es:

$$TIR = \frac{(VAN1 * R2) - (VAN2 * R1)}{VAN1 - VAN2} \tag{5.2}$$

Dónde:

VAN= Valor actual neto.

R1= tasa promedio de inflación 2%

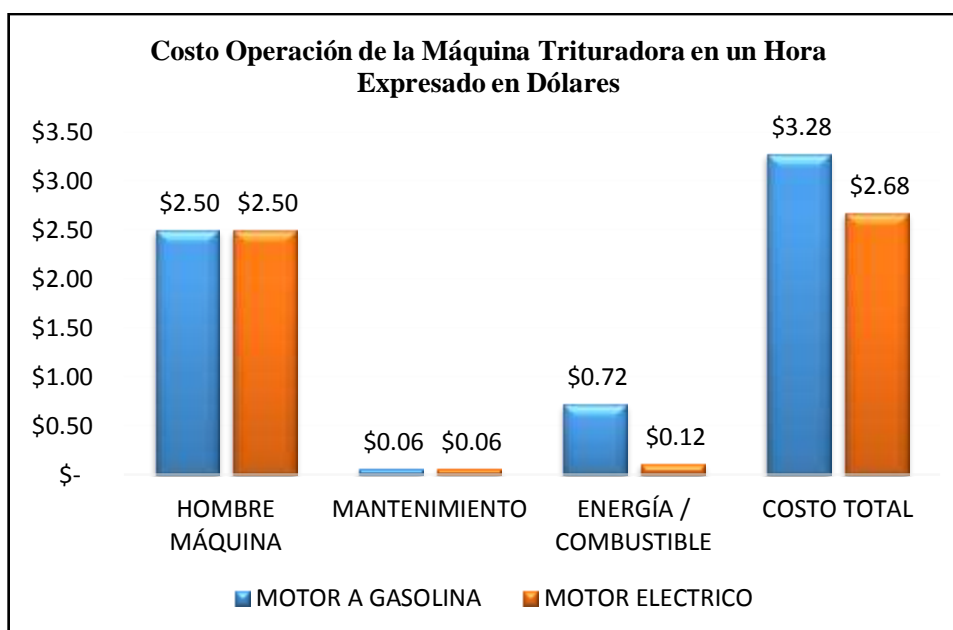
R2= fluctuación de la inflación hasta el 4%

Aplicando las fórmulas anteriores se tiene que el costo de operación es el siguiente:

**Tabla 5.18** Costos de operación de la máquina trituradora en 1 hora.

<b>Costos por hora</b>	<b>Motor a gasolina (USD)</b>	<b>Motor eléctrico (USD)</b>
Hombre máquina	2,50	2,50
Mantenimiento	0,06	0,06
Energía / combustible	0,72	0,12
<b>Costo total</b>	<b>3,28</b>	<b>2,68</b>

En el siguiente gráfico se muestra el costo de operación de la máquina trituradora en un periodo de tiempo de 1 hora con un motor eléctrico versus un motor a gasolina.



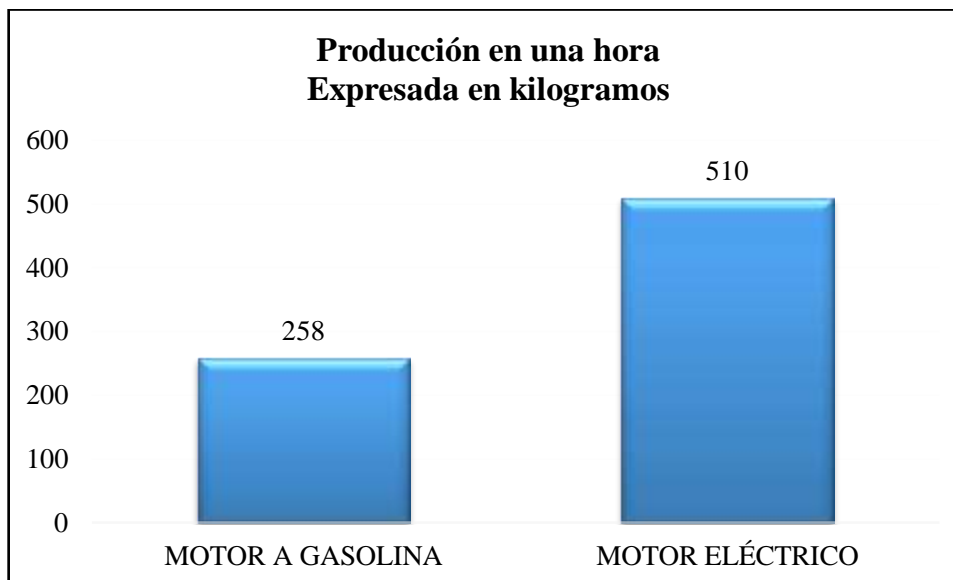
**Figura 5.9** Rendimiento de máquina con motor eléctrico y motor a gasolina.

También se realizó un análisis de la producción en kilogramos hora de caña de azúcar tanto para el motor eléctrico como el motor a gasolina.

**Tabla 5.19** Kilogramos producidos por hora.

<b>Máquina trituradora</b>	<b>Kilogramos</b>
Motor a gasolina	258
Motor eléctrico	510

En la siguiente gráfica se puede observar que la máquina con motor eléctrico supera notablemente la producción en kilogramos hora a la trituradora con motor a gasolina.



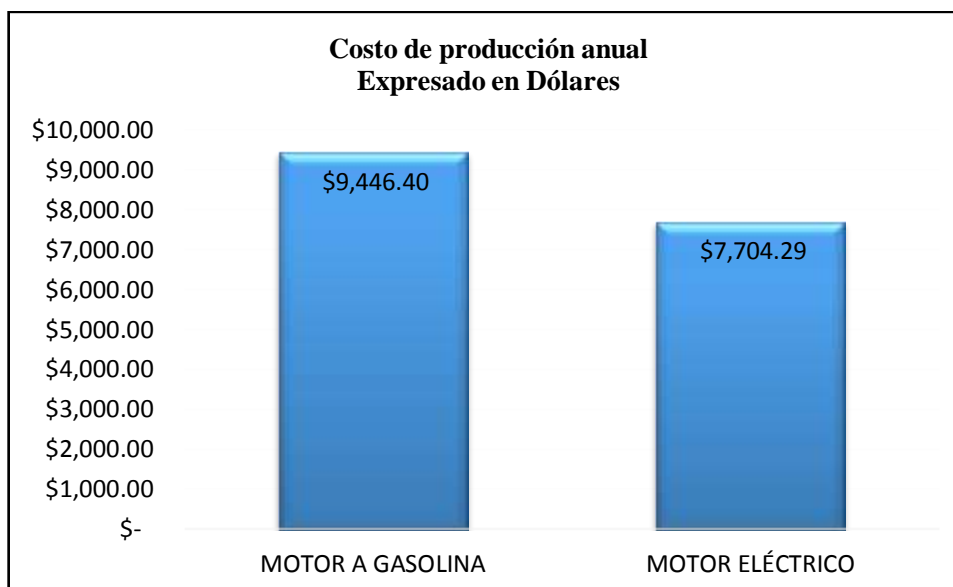
**Figura 5.10** Producción en kilogramos de una hora de trabajo.

Considerando que las máquinas estuvieran trabajando continuamente durante un año la producción de la trituradora con motor eléctrico y motor a gasolina sería el siguiente:

**Tabla 5.20** Kilogramos producidos en un año.

Producción anual	Kg	Dólares
Motor a gasolina	1.468.800	\$ 9.446,40
Motor eléctrico	1.468.800	\$ 7.704,29

Entonces, el costo para mantener una producción anual de la máquina trituradora se puede observar en la siguiente gráfica, donde sin dudas la máquina con motor eléctrico automatizado tiene un menor costo de producción.



**Figura 5.11** Costo de producción anual.

Realizando una proyección del funcionamiento de las máquinas tanto automatizadas con motor eléctrico y con motor a gasolina para 10 años se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 5. 21** Flujos descontados en 10 años.

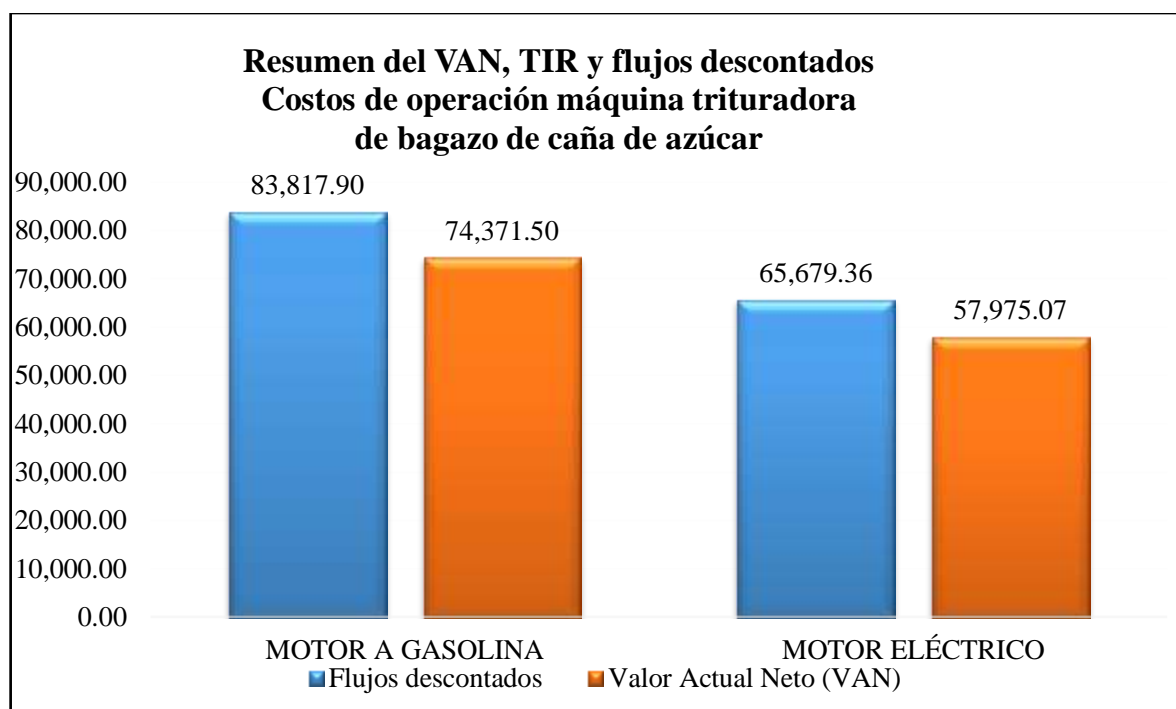
AÑOS	MOTOR A GASOLINA	MOTOR ELÉCTRICO
0	-9,446.40	-7,704.29
1	9,635.33	7,550.20
2	9,828.03	7,701.21
3	10,024.60	7,855.23
4	10,225.09	8,012.34
5	10,429.59	8,172.58
6	10,638.18	8,336.03
7	10,850.94	8,502.75
8	11,067.96	8,672.81
9	11,289.32	8,846.27
10	11,515.11	9,023.19

Resumiendo, los datos obtenidos del análisis económico tenemos los flujos descontados, el valor actual neto y la tasa interna de retorno con una tasa pasiva referencial de 4.28% para el motor eléctrico y motor a gasolina de la trituradora de caña.

**Tabla 5.22** Resumen del VAN, TIR y flujo descontado.

	<b>MOTOR A GASOLINA</b>	<b>MOTOR ELÉCTRICO</b>
Flujos descontados	83,817.90	65,679.36
Valor Actual Neto (VAN)	74,371.50	57,975.07
Tasa Interna de Retorno (TIR)	5.94%	5.76%

Tomando en consideración que los resultados obtenidos en los 10 años se basan en el costo de operación de la máquina trituradora de bagazo de caña de azúcar podemos observar que obtenemos menores costos de operación en la máquina con motor eléctrico y por lo tanto los valores reflejados en el VAN muestra al motor a gasolina con un valor de 74.371,50 y al motor eléctrico con un valor de 57.975,07 demostrando así que el motor eléctrico presenta un costo menor de operación; mientras que la tasa interna de retorno presenta un valor de 5,94% en el motor a gasolina y el 5,76% en el motor eléctrico, señalando así que el motor eléctrico tiene 0,18% menos de costos de operación en relación al motor a gasolina.



**Figura 5.12** Resumen del VAN, TIR y Flujos descontados.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. CONCLUSIONES**

- Se determina que la automatización de la máquina trituradora de caña de azúcar tuvo un rendimiento notable, se consiguió mejorar la productividad en el proceso de triturado de la caña para la alimentación de ganado, aumentando la obtención del forraje y mejorando la trituración de la misma.
- Se pudo concretar que existen varias máquinas en el mercado que ofrecen alto rendimiento en el proceso de triturado pero los costos iniciales para adquirir estas máquinas son de 1.750,00 dólares, cabe recalcar que estas máquinas utilizan como combustible gasolina y esto imposibilita la automatización de la máquina.
- La inclusión de un variador KEWO AD 100-2S1.5GB y un PLC Logo mejoró notablemente el funcionamiento de la trituradora de caña, incluso con el sistema instalado se puede mantener una mayor seguridad física del operatorio y la ampliación de equipos que mejore el funcionamiento de operación.
- Después de realizar un proceso de automatización a la trituradora de caña de azúcar se mejoró su rendimiento a 510 Kg/h con respecto a la trituradora a gasolina que tenía un rendimiento de 258 Kg/h.
- Al evaluar económicamente en 10 años la automatización del proceso de triturado de bagazo de caña se pudo observar que obtenemos menores costos de operación en la máquina con motor eléctrico con un Valor Actual Neto de 57.975,07 usd y una Tasa Interna de Retorno de 5.76%, señalando así que el motor eléctrico tiene 0,18% menos de costos de operación en relación al motor a gasolina.

### **6.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda la inclusión de sensores de presencia dentro de la máquina trituradora con el objetivo de precautelar la seguridad del operario y evitar posibles accidentes o desperfectos de la máquina.
- En la parte mecánica se puede sustituir las aspas por un mecanismo de cuchillas y martillos que triture de mejor manera la caña de azúcar y mejorar aún más su eficiencia.

- Se recomienda tener una fuente de alimentación a 220 voltios 60Hz en la zona de instalación de la máquina para que el consumo de corriente sea menor y poder automatizar de mejor manera todo el proceso de producción de caña.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] MAGAP, “Agro productividad de la Panela,” Agricultura.gob.ec, 2015. <https://www.agricultura.gob.ec/pro-ecuador-y-magap-realizaron-taller-de-la-cadena-agroproductiva-de-la-panela-para-pequenos-productores/> (accessed Jul. 11, 2021).
- [2] A. G. Pere Ponsa, “DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL,” Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña, 2015.
- [3] M. G. Barba Revelo and M. Gaitán, “Propuesta de implementación de una línea de producción para la elaboración de briquetas de carbón a partir del bagazo, residuo generado de la caña de azúcar,” 2020, Accessed: Jul. 11, 2021. [Online]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22851>.
- [4] B. C. Herrera Ccari, “Propuesta de un sistema de indicadores de eficiencia general de equipos (OEE) para mejorar la productividad en el área de tejeduría de una empresa textil,” Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú, 2020.
- [5] F. J. Guamán A., E. Cabrera, R. Espinal, and D. Moreira, “Mejoramiento de la eficiencia y rendimiento de la mesa gravimétrica en la clasificación de semillas de maíz y sorgo,” Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Zamorano, 1994.
- [6] B. Hurac Rojas, “«Análisis de la utilización de un sistema de control de velocidad en los motores de inducción monofásicos, sin sensores de velocidad»,” 2014.
- [7] B. Páramo Balsa, “MODELADO Y SIMULACIÓN DEL MOTOR DE INDUCCIÓN INCLUYENDO LA SATURACIÓN. 2. Motor de inducción. Capítulo 2 Máquinas eléctricas 2.1. Breve historia de las máquinas eléctricas.”
- [8] G. L. Lledó, “Automatización de una planta industrial,” Alicante, 2007.
- [9] ElectroCables, “Características de cables AWG,” Electrocables.com, 2018. <https://www.electrocable.com/uploads/catficha/cata-logo-electrocables-2018.pdf> (accessed Jul. 12, 2021).

- [10] V. López Pérez, “«Propuesta de automatización en la línea de producción para mejorar la productividad de una empresa de velas»,” vol. 2507, no. February, pp. 1–9, 2020.
- [11] O. Fernández, “Que es un plc siemens logo | Código Electrónica,” 2017. .
- [12] ABB, “Qué es un variador de frecuencia | ABB,” 2021. .
- [13] C. Célleri Pesantez, “Control de máquinas eléctricas por contactores y elementos estáticos,” 1975, Accessed: Jul. 23, 2021. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6634>.
- [14] J. Pacheco lopez, “Construcción de un equipo Eléctrico-Didáctico para la simulación del control de un invernadero,” 2009.
- [15] V. García, “Alteraciones funcionales en circuitos de capacidades conmutadas provocadas por la tecnología bipolar.,” España, 2016. Accessed: Jul. 23, 2021. [Online]. Available: <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/taee:congreso-2006-1065/S2B03.pdf>.
- [16] I. Raña, “El Relé: para qué es, para qué sirve y qué tipos existen | Blog SEAS,” 2019. .
- [17] A. Margil, “PROTECCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA,” Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, 2005.
- [18] V. Briceño Simbaqueva and C. A. Chaparro Parada, “Tablero de control didáctico para motores trifásicos,” Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Electrónica, Bogotá, Bogotá, 2020.
- [19] L. Corona, G. Abarca, and J. Mares, *Sensores y Actuadores*, 1 era. Tliluaca: Grupo Editorial Patria S.A. de C.V., 2014.
- [20] A. Serna, F. Ros, and J. Rico, *Guía Práctica de Sensores*, 1 era. España: Montytexto, 2010.
- [21] A. L. Farina, “Tableros eléctricos,” Editores, 2019.
- [22] SIEMENS, “Motor Eléctrico Monofásico,” Brasil, 2018. Accessed: Jul. 25, 2021. [Online]. Available: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h35/h2b/SIEMENS-w22-motor-electrico-monofasico-50070884-brochure-spanish-web.pdf>.
- [23] Siemens, “Logo SIEMENS,” 2003. .
- [24] L. M. Cerda, *Instalaciones eléctricas y automatismos*, 1era ed. Madrid, 2014.

[25] Kewo, “Kewo-inversor De Frecuencia De Unidad De Ca Monofásico, Mini 1.5kw 220v - Buy Kewo Mini 1.5kw 220v Single Phase Ac Drive Frequency Inverter,Single Phase Ac Drive, Frequency Inverter Product on Alibaba.com,” 2021. .

[26] Arconel, “PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN CODIFICADO,” Quito, 2019.

## 8. ANEXOS

### Anexo A: Construcción de la trituradora de caña de azúcar





**Anexo B: Montaje tablero de control**





**Anexo C:** Instructivo de operación de la automatización de la máquina trituradora de bagazo de caña de azúcar en la Parroquia Las Pampas.

## ÍNDICE

1. OBJETIVO
2. ALCANCE
3. DEFINICIÓN
4. RESPONSABILIDADES
5. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD
6. METODOLOGÍA
7. MODIFICACIONES

VALIDADO	REVISADO	APROBADO
Cargo/Firma:	Cargo/Firma:	Cargo/Firma:
Fecha:	Fecha:	Fecha:

### 1. OBJETIVO

Establecer un instructivo que indique los pasos a seguir para la adecuada operación y puesta en marcha del TABLERO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA TRITURADORA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR instalado en la parroquia LAS PAMPAS, para evitar daños y accidentes durante el funcionamiento de las mismas y garantizar el normal funcionamiento del equipo.

### 2. ALCANCE

Dirigido al personal encargado de su operación EL TABLERO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA TRITURADORA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR en la parroquia LAS PAMPAS, para su supervisión al momento de su operación y puesta en marcha.

### **3. DEFINICIONES**

#### **3.1 MOTOR**

Un motor eléctrico es un dispositivo rotativo que transforma energía eléctrica en energía mecánica.

#### **3.2 ESTATOR**

Es la parte de la máquina que no se mueve y es la carcasa de la máquina y aloja al bobinado.

#### **3.3 BOBINA**

Un inductor o bobina es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.

#### **3.4 ROTOR**

Esta parte de la máquina está libre para moverse; es por lo general la parte interna de la máquina.

#### **3.5 VARIADOR DE FRECUENCIA**

Los variadores de frecuencia permiten regular la potencia para adaptar la velocidad requerida en relación a la aplicación, el variador regula la energía antes de que llegue al motor. El variador de frecuencia KEWO permite controlar el paro del motor de una manera instantánea, así como el arranque y paro del motor.

#### **3.6 PLC Logo Siemens**

Un PLC logo Siemens es un controlador lógico programable utilizado para aplicaciones de automatización en la industria, este autómatas es económico a comparación de otros modelos de la misma familia y a otras marcas.

#### **3.7 RELÉ AUXILIAR DE 8 PINES**

Es un dispositivo electromagnético que permite abrir o cerrar circuitos a través del paso de corriente, este dispositivo es accionado eléctricamente. Internamente está compuesto por una bobina, al momento de activarse se crea un campo electromagnético que permite la abertura o cierre de los contactos del relé.

#### **3.8 TABLERO DE AUTOMATIZACIÓN**

El tablero electrónico de automatización consigue incluir otros equipos externos como botones, luces indicadoras, selectores. Los botones son utilizados para arranques y paros de

emergencia. Las luces indicadoras cumplen para comprobar cuando una acción se está realizando.

### 3.9 CONTACTOR

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se de tensión a la bobina.

### 3.10 RELÉ TÉRMICO

Los relés térmicos son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua.

### 3.11 CONTACTO AUXILIAR

Estos equipos son utilizados para completar las protecciones dentro de los circuitos automatizados que pertenezcan al mando y control del circuito de potencia como motores, es decir, toleran bajos valores de voltajes y corrientes, estos equipos llevan un parecido a un contactor, pero a diferencia del otro lleva contactos auxiliares

### 3.12 SELECTOR ON/OFF

También llamado de dos posiciones, tiene la función de encender y apagar todo aquel elemento que esté controlado por este dispositivo

## 4. RESPONSABILIDADES

ACTIVIDAD	USO	RESPONSABLE DEL EQUIPO/ OPERACIÓN
RESPONSABLE	OP	OP

## 5. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

Antes de poner en uso el equipo verificar rigurosamente lo siguiente:

- 5.1 Verificar que no existan cuerpos extraños cerca del equipo.
- 5.2 Revisar piezas y pernos que no se encuentren flojos y reajustar.

- 5.3 Nunca poner en funcionamiento el equipo si no se han revisado condiciones básicas como estar bien asegurado y que se encuentre la máquina con abastecimiento de energía eléctrica
- 5.4 Comunicar al encargado de los equipos de manera inmediata sobre alguna anomalía en el funcionamiento del equipo durante la jornada de trabajo.
- 5.5 Evitar sobrecargar el equipo ya que puede perder eficiencia y se puede recalentar.
- 5.6 La máquina no debe estar encendida si no se está trabajando.
- 5.7 Para garantizar un funcionamiento correcto probar al equipo con carga, y medir el amperaje.
- 5.8 Con anterioridad a la puesta en marcha, la persona responsable debe estar debidamente informada sobre el funcionamiento de la máquina y el tablero de control y las instrucciones de seguridad.

## **6. METODOLOGÍA**

- 6.1 Antes de la puesta en marcha comprobar que esté conectado a un alimentador de energía.
- 6.2 Revisar la alimentación eléctrica, la tensión y amperaje del equipo.
- 6.3 Proceder a encender el equipo por medio de un selector on/off.
- 6.4 Revisar que el equipo arranque normalmente
- 6.5 Evitar sobrecargar la potencia nominal del equipo.
- 6.6 Al estar funcionando no realiza ningún tipo de mantenimiento en el equipo.
- 6.7 Si la puerta se mantiene abierta la puerta que permite observar la cuchilla por donde corta la caña el circuito no va a dar paso a que circule corriente por el circuito de mando por lo tanto si la puerta está abierta el circuito no va a trabajar y va a mostrar en el tablero una luz encendida en el panel de control que la puerta está abierta.
- 6.8 Una vez que se cierre la puerta el circuito da paso a la energía y todo el sistema de control comienza a trabajar por tanto entra a la señal de stop.
- 6.9 La señal de stop está representada por con la luz roja encendida, una vez que la luz roja encendida tenemos paso a que podemos iniciar el circuito.
- 6.10 Entonces podemos presionar en el botón start en este caso representada por el pulsador verde y en ese momento se va a encender la luz verde y nuestro motor se va a encender en un rango pronunciado de 10 segundos y va a ir desde 0 Hz a 60hz y va a alcanzar en 10 segundos la potencia máxima del motor.

- 6.11 Al momento que queramos apagar el motor, presionamos stop donde el motor se va a apagar y va a quedar encendida nuevamente la luz roja de la misma forma va a ir bajando de forma secuencial de 60 hz a 0 hz en un tiempo de 10 segundos.
- 6.12 Para el botón paro de emergencia si se diera la necesidad el operario puede presionar el paro de emergencia, al momento de activar este paro de emergencia se va a encender la misma luz roja, pero en este caso ya de forma intermitente, esto nos está anunciando que está activado el paro de emergencia por lo tanto el motor se va a apagar en un frenado dinámico.
- 6.13 Para nosotros activar nuevamente la máquina tenemos lógicamente que resetear el paro de emergencia o abrir el paro de emergencia y ahí la máquina va a ingresar nuevamente a la posición de stop y se va a encender una luz roja constante y podemos volver a retornar en el sistema y volverá inicio de trabajo.
- 6.14 Si existiera una sobre corriente o un sobre voltaje se va a desactivar el relé térmico este relé térmico nos va a activar de nuestro panel la luz naranja esta representa que el relé térmico tuvo un sobresalto y por ende se abrió el relé térmico esto también bloquea al circuito y no funciona ninguno de los componentes anteriormente mencionados.
- 6.15 Para poder activar nuevamente el circuito debemos resetear al relé una vez reseteado al relé nos regresa a función de stop luz roja constante y podemos retornar nuevamente al inicio.
- 6.16 Si en este caso la puerta se abriera también es una señal de seguridad la cual de igual manera va a frenar al motor en un prado seco y se va quedar activado la luz azul sin permitir que se pueda dar inicio nuevamente al trabajo del motor
- 6.17 Al final de la jornada, apagar el equipo por medio del selector en la posición off.
- 6.18 Proteger tanto la máquina como el tablero de control contra polvo, calor, humedad, impactos.
- 6.19 Nunca limpiar la máquina ni el tablero de control cuando esté en marcha.

## **7. MODIFICACIONES**

Es edición 1.

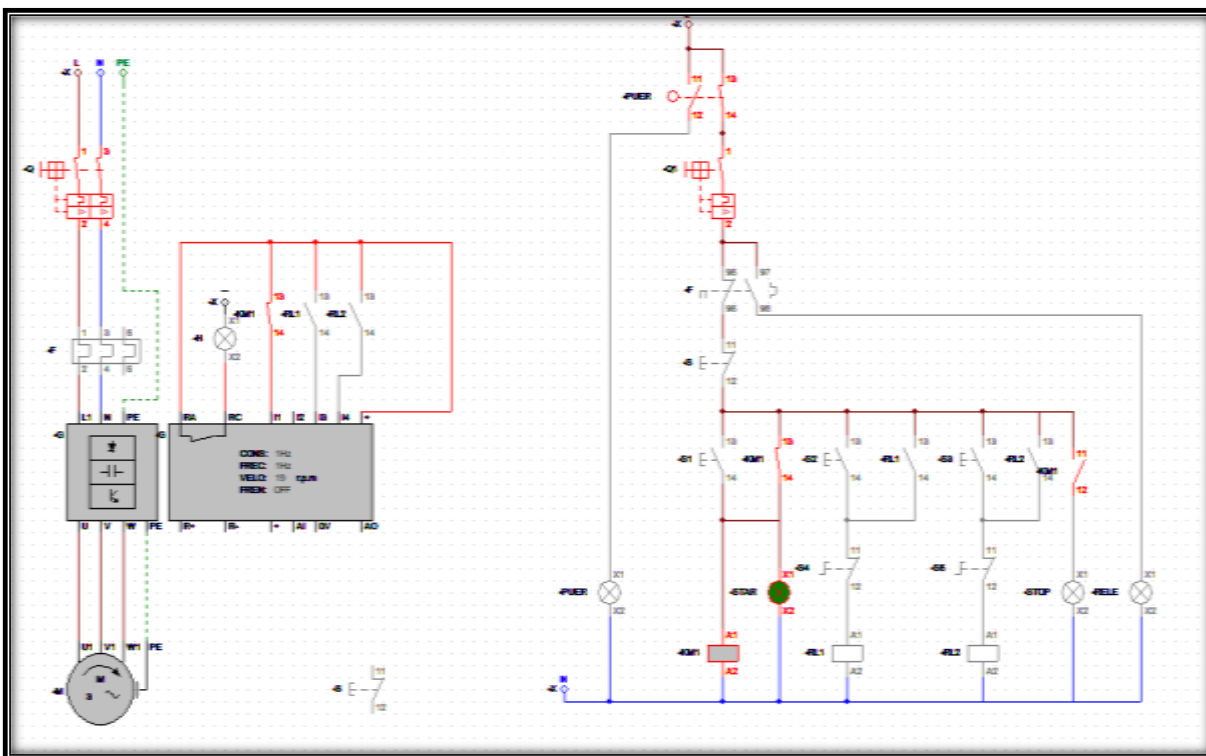
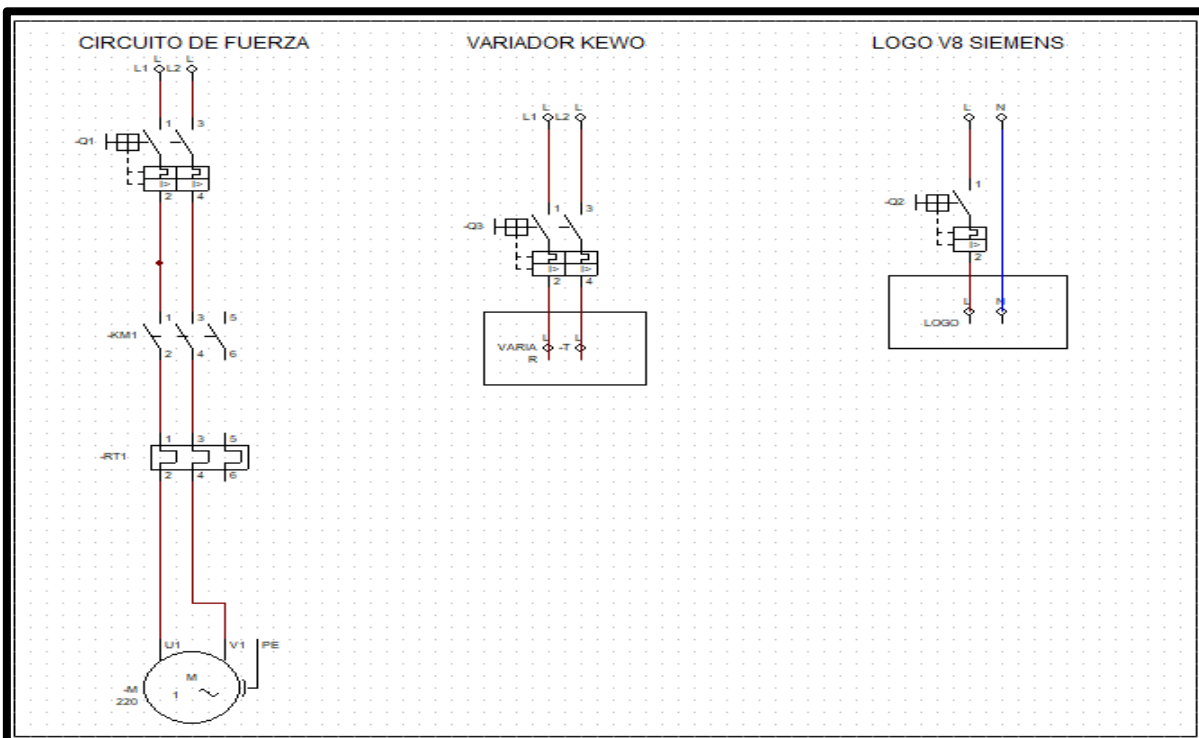
**Anexo D:** Anexo programación del variador

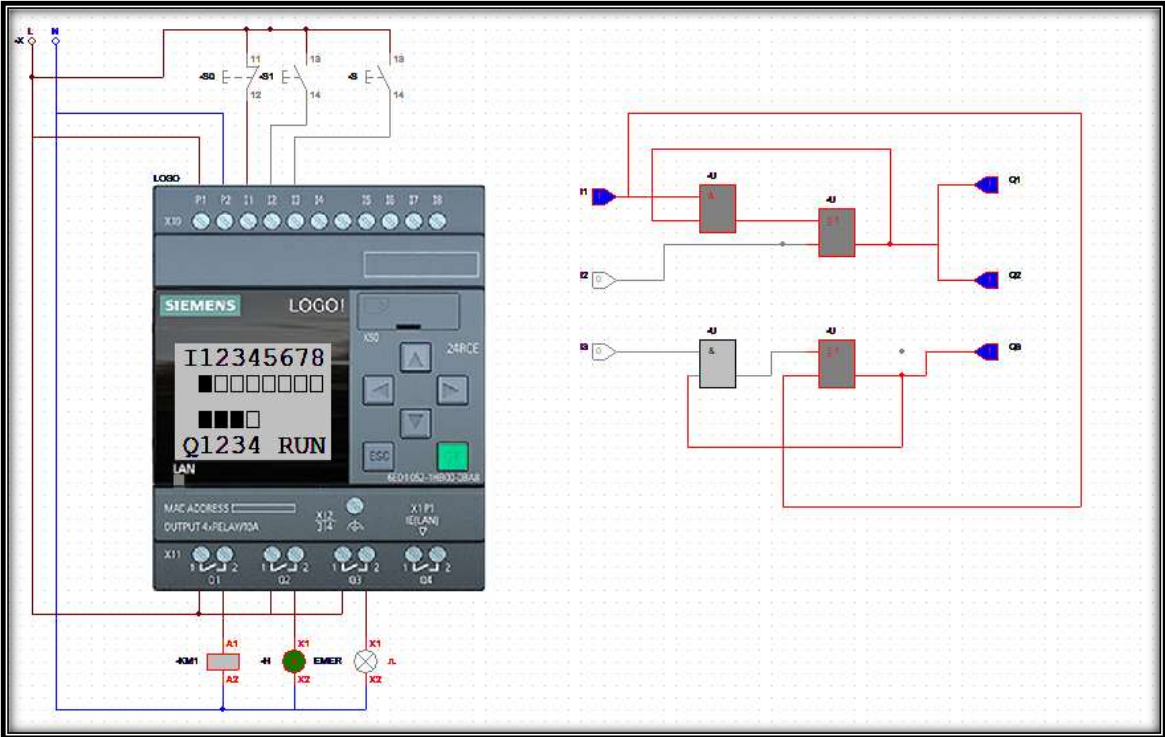
PROGRAMACIÓN VARIADOR KEWO		
Código	Nombre	Función
P0.00	Selección modo de control	1: V/F (variación de frecuencia)
P0.01	Ejecución de referencia de comandos	1: Terminales externos
P0.03	Selección de referencia de fuente principal	1: Ajuste de frecuencia digital del teclado, frecuencia memorizada después de un corte de energía.
P0.04	Frecuencia máxima	60 Hz
P0.06	Frecuencia digital de referencia	60Hz
P0.07	Frecuencia de límite inferior	0 Hz
P0.08	Tiempo de aceleración	10 sg
P0.09	Tiempo de desaceleración	10 sg
P5.01	Terminal de función definida X2	6: Parada libre (paro de emergencia)

**Anexo E:** Programación del PLC logo

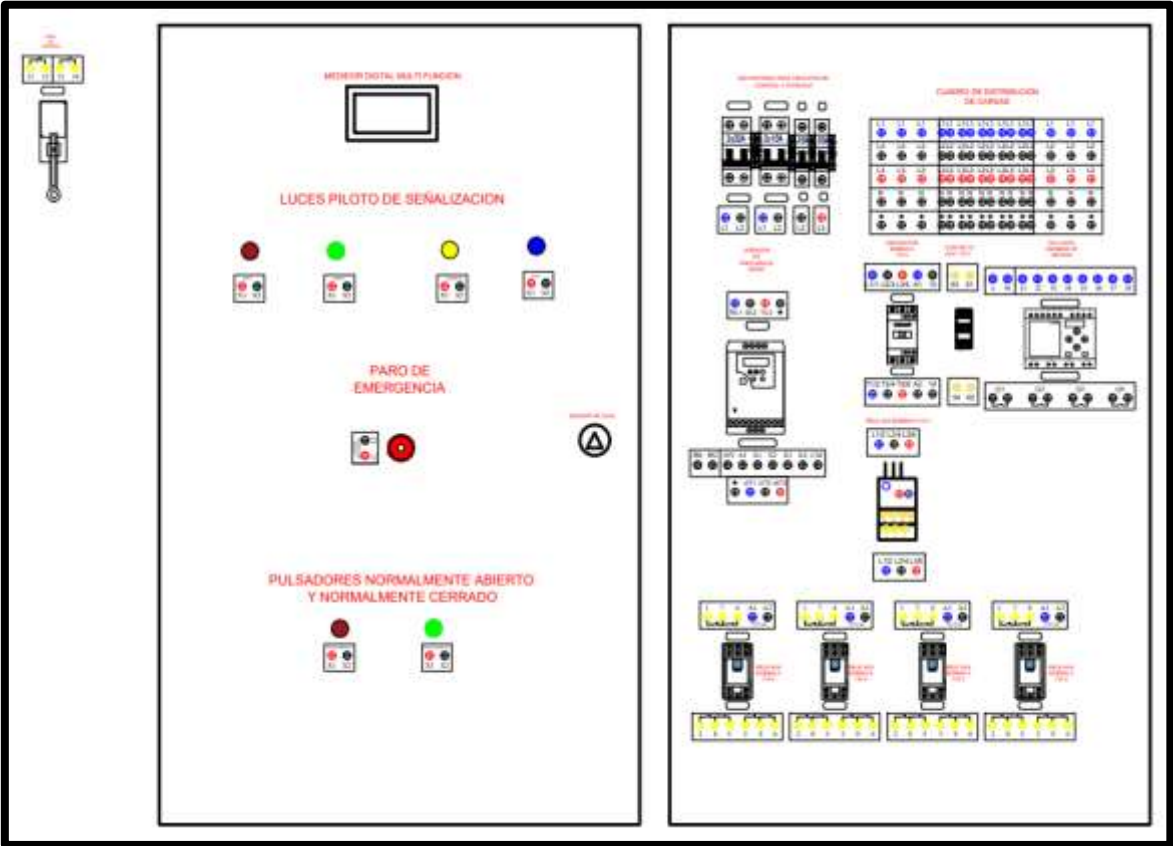
PROGRAMACIÓN VARIADOR KEWO		
Código	Nombre	Función
P0.00	Selección modo de control	1: V/F (variación de frecuencia)
P0.01	Ejecución de referencia de comandos	1: Terminales externos
P0.03	Selección de referencia de fuente principal	1: Ajuste de frecuencia digital del teclado, frecuencia memorizada después de un corte de energía.
P0.04	Frecuencia máxima	60 Hz
P0.06	Frecuencia digital de referencia	60Hz
P0.07	Frecuencia de límite inferior	0 Hz
P0.08	Tiempo de aceleración	10 sg
P0.09	Tiempo de desaceleración	10 sg
P5.01	Terminal de función definida X2	6: Parada libre (paro de emergencia)

Anexo F: Simulación del tablero de automatización en el programa cadesimu.

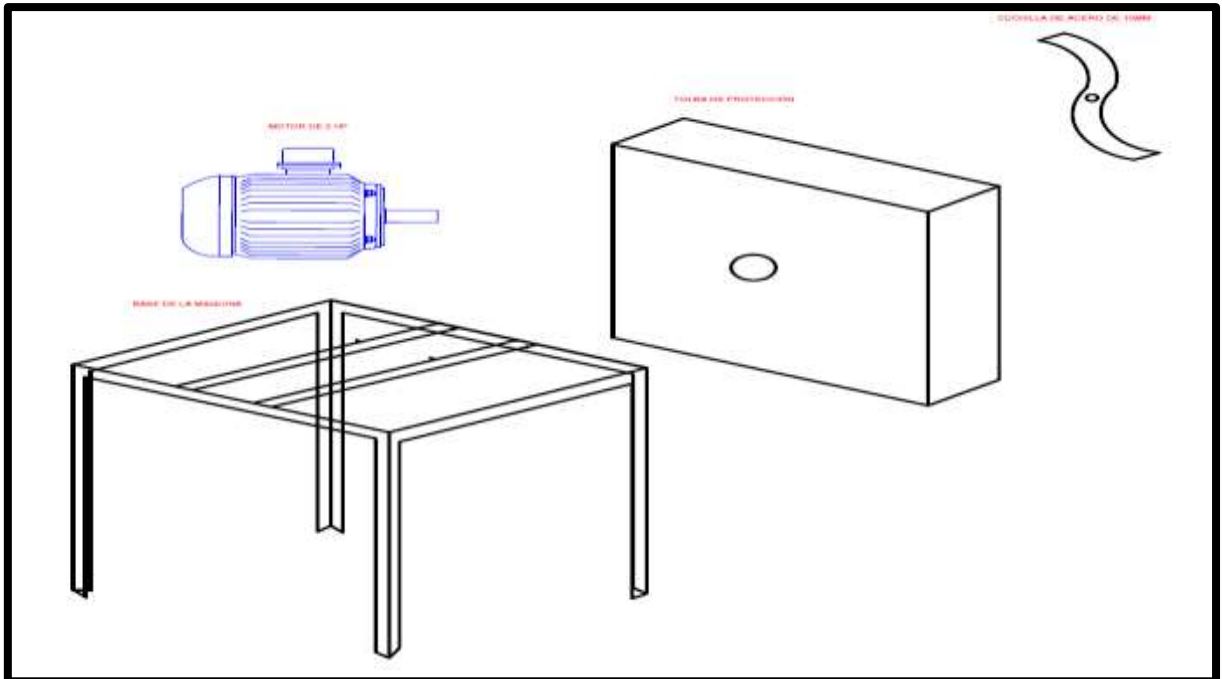




Anexo G: Diseño del tablero de control



**Anexo H:** Diseño de la máquina trituradora de bagazo de caña.



**Anexo I:** Máquina terminada





