



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

TEMA:

Diseño e implementación de un sistema eléctrico trifásico de fuerza y control HMI para optimizar la operación de una máquina extrusora para la producción de tubería plástica en la fábrica Plastigama – Durán.

AUTORES:

**Llerena Tutivén, Juan Benjamín
Riera Márquez, Gustavo Vinicio**

**Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de
INGENIERO ELÉCTRICO**

TUTOR:

Ing. Romero Rosero, Carlos Bolivar, M. Sc.

**Guayaquil, Ecuador
05 de septiembre del año 2023**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Señores **Llerena Tutivén, Juan Benjamín y Riera Márquez, Gustavo Vinicio**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO**.

TUTOR

Ing. Romero Rosero, Carlos Bolívar, M. Sc.

DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo, M. Sc.

Guayaquil, a los 5 del mes de septiembre del año 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Llerena Tutivén, Juan Benjamín**
Riera Márquez, Gustavo Vinicio

DECLARAMOS QUE:

El trabajo de integración curricular, **Diseño e implementación de un sistema eléctrico trifásico de fuerza y control HMI para optimizar la operación de una máquina extrusora para la producción de tubería plástica en la fábrica Plastigama – Durán**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del trabajo de integración curricular referido.

AUTORES

Llerena Tutivén, Juan Benjamín

Riera Márquez, Gustavo Vinicio

Guayaquil, a los 5 del mes de septiembre del año 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Llerena Tutivén, Juan Benjamín**
Riera Márquez, Gustavo Vinicio.

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del trabajo de integración curricular, **Diseño e implementación de un sistema eléctrico trifásico de fuerza y control HMI para optimizar la operación de una máquina extrusora para la producción de tubería plástica en la fábrica Plastigama – Durán**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

AUTORES

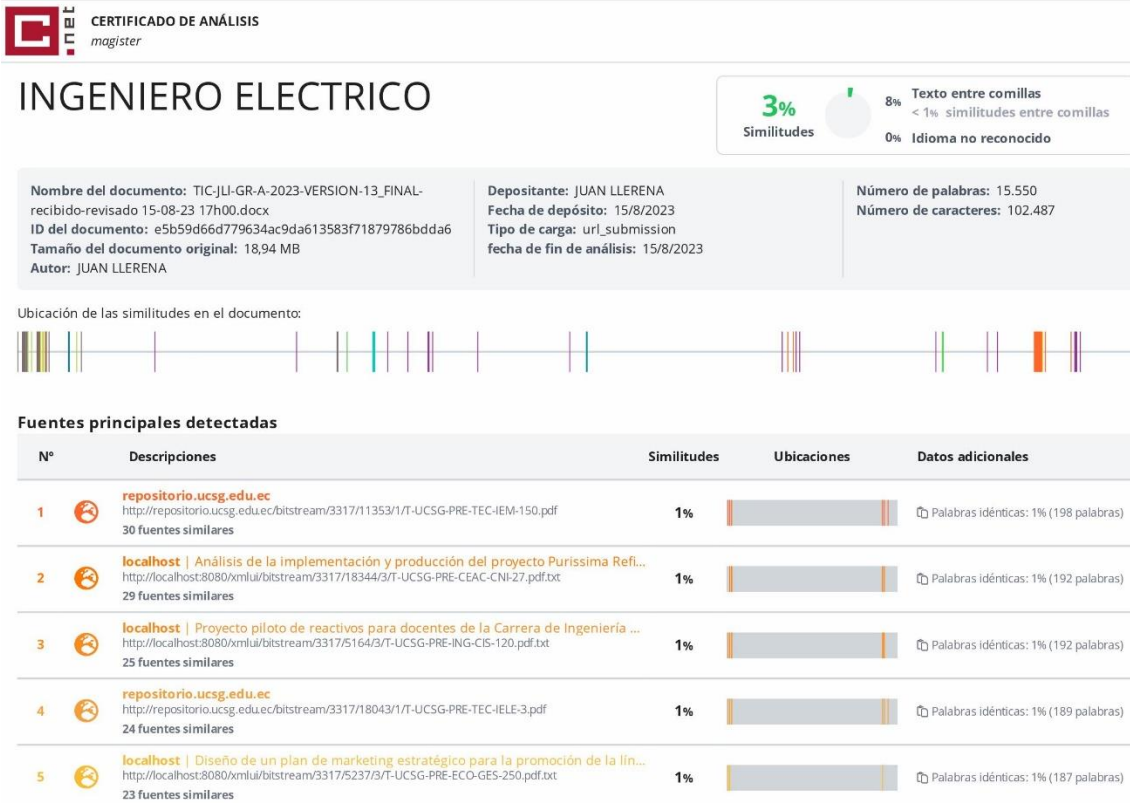
Llerena Tutivén, Juan Benjamín

Riera Márquez, Gustavo Vinicio

Guayaquil, al 05 de septiembre del año 2023

REPORTE COMPILATIO

Informe antiplagio COMPILATIO del Trabajo de Integración Curricular de la carrera de ingeniería en Electricidad, con el 3% de coincidencias perteneciente a los estudiantes LLERENA TUTIVÉN, JUAN BENJAMÍN y RIERA MÁRQUEZ, GUSTAVO VINICIO.



Atentamente,

Ing. Carlos Romero Rosero
DOCENTE-TUTOR

Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo-UCSG

AGRADECIMIENTOS

Todo el trabajo fue posible gracias al apoyo incondicional de mis padres por darme todo lo que necesito y a mis amigos por apoyarme.

A mi novia Nancy, quien estuvo a mi lado en los momentos difíciles y puso a prueba su paciencia en innumerables ocasiones. Cuando vi los resultados de este trabajo, solo había una palabra en mi mente: ¡Gracias!

Agradecer infinitamente a Dios por ponerlos en mi camino.

Llerena Tutivén, Juan Benjamín.

Agradezco a mi familia esposa e hijos que han apoyado en esta ardua carrera que por fin llega a su culminación, a la UCSG por darme la oportunidad de homologar mis estudios tecnológicos y continuar está ingeniería que tanto la esperaba.

Riera Márquez, Gustavo Vinicio.

AUTORES



LLERENA TUTIVÉN, JUAN BENJAMÍN



RIERA MÁRQUEZ, GUSTAVO VINICIO

DEDICATORIA

A Dios que ha sido mi guía, fortaleza y su mano fiel y amorosa han estado conmigo hasta este día. Gracias a mis padres, Tekuis y Juan, por su amor, paciencia y arduo trabajo para hacer realidad otro sueño hoy, por inculcarme el ejemplo de trabajo duro y valentía, de no tener miedo a las adversidades, porque Dios siempre está conmigo. Gracias a mi hermana Bengie y a su esposo Jorge por su amor y apoyo incondicional durante todo este proceso y por estar a mi lado. Gracias a toda mi familia por sus oraciones, consejos y palabras de aliento que me han hecho una mejor persona y de alguna manera me han acompañado a alcanzar todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero entregar este trabajo de graduación a todos mis amigos que me apoyaron cuando más lo necesité, me tendieron la mano cuando estaba en problemas, y me dieron amor todos los días, gracias, hermanos, los llevo siempre en mi corazón.

Llerena Tutivén, Juan Benjamín.

A mis padres y sobre todo a mi Madre que nunca perdió la confianza en mí y haberme apoyado a lograr esta gran meta.

Riera Márquez, Gustavo Vinicio.

AUTORES



LLERENA TUTIVÉN, JUAN BENJAMÍN



RIERA MÁRQUEZ, GUSTAVO VINICIO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA


TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo, M. Sc.
DIRECTOR DE CARRERA

f. 

Ing. Ricardo Xavier, Ubilla González, M. Sc.
COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f. 

Ing. Luis Orlando, Philco Asqui, M. Sc.
OPONENTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

CALIFICACIÓN

10/10

Ing. Carlos Romero Rosero
DOCENTE-TUTOR

Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo-UCSG

Índice General

Abstract	XIX
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	2
1.1. Introducción	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Descripción del problema.....	4
1.4. Justificación	4
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo General.....	5
1.5.2. Objetivos Específicos.....	6
1.6. Hipótesis de la investigación	6
1.7. Metodología de la investigación	6
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
2.1. Estado del arte o trabajos relacionados	7
2.2. Términos eléctricos	11
2.2.1. Diferencia de potencial.....	11
2.2.2. Corriente eléctrica.	12
2.2.3. Resistencia eléctrica.....	12
2.2.4. Sistemas monofásicos.....	13
2.2.5. Sistemas trifásicos.	13
2.2.6. Variadores de frecuencia.	14
2.2.7. Relés de estado sólido (SRC).....	15
➤ Relé de estado sólido monofásico.....	15
➤ Relé de estado sólido trifásico.	15
2.3. Equipos electrónicos y de control	16
2.3.1. Termopar.	16
2.3.2. HMI.	16

➤ Clasificación de las HMI.....	17
2.3.3. PLC.....	18
2.4. Maquinarias rotativas eléctricas.....	18
2.4.1. Motores de corriente alterna (CA).	18
2.4.2. Máquina de extrusión.	19
➤ Clasificación de las máquinas de extrusión.....	21
2.5. Diagramas y tableros eléctricos y de control	23
2.5.1. Diagrama eléctrico.	23
2.5.2. Tablero eléctrico.	24
2.5.3. Diagrama de control.....	24
2.5.4. Tablero de control.....	25
2.6. Tuberías plásticas	25
2.6.1. Tuberías Polipropileno (PP).....	26
2.6.2. Tuberías Polietileno (PE).	26
2.7. Programas de Ingeniería.....	26
2.7.1. AutoCAD.....	26
2.7.2. TIA Portal.....	27
CAPÍTULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	28
3.1. Ubicación y detalles generales de la empresa Plastigama	28
3.1.1. Área de la ubicación del sitio para la de la empresa Plastigama.....	28
3.1.2. Líneas de producción de la empresa Plastigama.	29
3.1.3. Plantilla del personal de la empresa Plastigama.	29
3.2. Operación y funcionamiento de la máquina extrusora	30
3.2.1. Situación anterior.....	30
➤ Descripción de la máquina extrusora antigua.....	30
➤ Características técnicas de la máquina extrusora antigua.	31
➤ Volumen de producción de la máquina extrusora antigua.	32
3.2.2. Situación propuesta.	33
➤ Encuesta de la operación y funcionamiento de la máquina extrusora antigua.....	33
➤ Análisis del resultado de la encuesta.	35

3.2.3.	Operación y funcionamiento de la “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.	
	36	
➤	Descripción de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.....	36
➤	Alimentación de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.....	37
➤	Características técnicas de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.	
	38	
➤	Volumen de producción de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.	
	39	
3.3.	Diseño de los diagramas eléctricos de fuerza y control para la implementación de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.....	39
3.3.1.	Características eléctricas de alimentación de los equipos principales de la “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.....	39
➤	“Resistencias de Calor del Túnel”.....	40
➤	“Motores de Enfriamiento del Túnel”.....	40
➤	“Motor Principal” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”..	40
➤	“Variador del Motor Principal” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.....	41
➤	“Motor Agitador” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”...41	
3.3.2.	Cálculos eléctricos de los equipos principales de la “Máquina Extrusora XT-17 Plus” previo a los diagramas.	42
➤	“Resistencias de Calor del Túnel”.....	42
➤	“Motores de Enfriamiento del Túnel”.....	42
➤	“Motor Principal” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”..	43
➤	“Motor Agitador” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”...44	
3.3.3.	Características eléctricas del sistema de control de la “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.....	45
➤	“Transformador para el sistema de control 220 V CA”.....	46
➤	“Fuente de alimentación para el PLC”.....	46
➤	“Fuente de alimentación SITOP”.....	46
➤	“HMI KTP-1200”.....	47
➤	“CPU del PLC 1500”.....	47
3.3.4.	Diagramas nuevos de la “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.....	48
➤	Diagramas de fuerza de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.	49

➤ Diagramas de sistemas y maquinarias de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”	53
➤ Diagramas y equipos conformados en el sistema de control de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”	55
3.3.5. Descripción general de los doce diagramas nuevos de la “Máquina Extrusora XT-17 Plus”	61
3.4. Desarrollo de las plantillas de operación de la pantalla HMI de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”	62
3.4.1. Plantilla de operación de zonas de barril mediante pantalla HMI KTP-1200. 62	
3.4.2. Plantilla de operación de zonas de cabezal mediante pantalla HMI KTP-1200.....	63
3.4.3. Plantilla de operación de calibración de entradas analógicas mediante pantalla HMI KTP-1200.	64
3.4.4. Plantilla de operación de calibración de umbrales de alarma mediante pantalla HMI KTP-1200.	66
3.4.5. Plantilla de operación de control sincronismo mediante pantalla HMI KTP-1200.....	67
3.4.6. Plantilla de operación de alarmas activas mediante pantalla HMI KTP-1200. 69	
 CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
4.1. Conclusiones.....	70
4.2. Recomendaciones.....	70
 Referencias o Bibliografías	71
 Glosario General.....	75
 Anexos.....	77
Anexo 1. Presupuesto aproximado del TIC	77
Anexo 2. Fotografías del proceso del TIC	78

Índice de Tablas

Tabla 2. 1. Descripción de las partes del motor acoplado a un ventilador.	8
Tabla 2. 2. Clasificación de las HMI y sus modelos.	17
Tabla 2. 3. Características de la máquina de extrusión de mono husillo aplicado en tuberías polietileno.	21
Tabla 2. 4. Características de la máquina de extrusión de doble husillo aplicado en tuberías de doble PVC.	22
Tabla 3. 1. Características técnicas de la máquina extrusora antigua.	32
Tabla 3. 2. Resultados de las encuestas de la primera pregunta.	33
Tabla 3. 3. Resultados de las encuestas de la segunda pregunta.	34
Tabla 3. 4. Resultados de las encuestas de la tercera pregunta.	34
Tabla 3. 5. Resultados de las encuestas de la cuarta pregunta.	34
Tabla 3. 6. Resultados de las encuestas de la quinta pregunta.	35
Tabla 3. 7. Resultados de las encuestas de la quinta pregunta.	35
Tabla 3. 8. Características técnicas de la máquina extrusora nueva.	38
Tabla 3. 9. Características eléctricas de las “Resistencias de Calor del Túnel”.	40
Tabla 3. 10. Características eléctricas de los “Motores de Enfriamiento del Túnel”. .	40
Tabla 3. 11. Características eléctricas del “Motor Principal” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.	41
Tabla 3. 12. Características eléctricas del “Variador del Motor Principal” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.	41
Tabla 3. 13. Características eléctricas del “Motor Agitador” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.	41
Tabla 3. 14. Características eléctricas del “Transformador para el sistema de control 220 V CA” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.	46
Tabla 3. 15. Características eléctricas de la “Fuente de alimentación para el PLC” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.	46

Tabla 3. 16. Características eléctricas de la “Fuente de alimentación SITOP” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.....	47
Tabla 3. 17. Características eléctricas de la “HMI KTP-1200” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.....	47
Tabla 3. 18. Características eléctricas de la “CPU del PLC 1500” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.....	47
Tabla 3. 19. Descripción de los componentes de la plantilla de operación de zonas de barril mediante pantalla HMI KTP-1200.....	62
Tabla 3. 20. Descripción de los componentes de la plantilla de operación de zonas de cabezal mediante pantalla HMI KTP-1200.....	64
Tabla 3. 21. Descripción de los componentes de la plantilla de operación de calibración de entradas analógicas mediante pantalla HMI KTP-1200.....	65
Tabla 3. 22. Descripción de los componentes de la plantilla de operación de calibración de umbrales de alarma mediante pantalla HMI KTP-1200.....	67
Tabla 3. 23. Descripción de los componentes de la plantilla de operación de control sincronismo mediante pantalla HMI KTP-1200.....	68

Índice de Figuras

Figura 2. 1. Diseño de motor acoplado a un ventilador.	7
Figura 2. 2. Diagrama de bloques del modelo de simulación para la modulación de ancho de pulso sinusoidal.....	9
Figura 2. 3. Sistema de generación de alertas en los mantenimientos preventivos.	10
Figura 2. 4. Pantalla principal del sistema automatizado mejorado del cuarto de máquinas.	11
Figura 2. 5. Ejemplo de una onda gráfica de una diferencia de potencial en CA.....	12
Figura 2. 6. Flujo de carga eléctrica por medio de un conductor.	12
Figura 2. 7. Resistencias empleadas en circuitos eléctricos y electrónicos.....	13
Figura 2. 8. Gráfico de sistemas monofásicos en CC y CA.	13
Figura 2. 9. Diagrama de fases para un sistema trifásico.	14
Figura 2. 10. Variador de frecuencia.....	14
Figura 2. 11. Relé de estado sólido monofásico.....	15
Figura 2. 12. Relé de estado sólido trifásico.....	16
Figura 2. 13. Termopar.....	16
Figura 2. 14. HMI.....	17
Figura 2. 15. PLC 1500.	18
Figura 2. 16. Motor de corriente alterna (CA).....	19
Figura 2. 17. Máquina de extrusión.....	19
Figura 2. 18. Composición de las partes internas en la máquina de extrusión.....	20
Figura 2. 19. Máquina de extrusión de mono husillo aplicado en tuberías polietileno.	21
Figura 2. 20. Máquina de extrusión de doble husillo aplicado en tuberías de doble PVC.	23
Figura 2. 21. Diseño de un diagrama eléctrico.....	23
Figura 2. 22. Tablero eléctrico.....	24
Figura 2. 23. Diagrama de control.	24
Figura 2. 24. Tablero de control.	25
Figura 2. 25. Tubos Plásticos.....	25
Figura 2. 26. Logo del programa AutoCAD.....	27
Figura 2. 27. Ejecución de un proceso en el programa TIA Portal.	27
Figura 3. 1. Ubicación de la empresa Plastigama ubicada en el cantón Durán – Ecuador.....	28
Figura 3. 2. Área de la empresa Plastigama y subárea de extrusión.....	29

Figura 3. 3. Máquina de extrusión antigua desde su inicio de fabricación .	30
Figura 3. 4. Máquina de extrusión antigua usada en la subárea de extrusión	31
Figura 3. 5. Vista lateral de la máquina extrusora nueva y su tablero de control	36
Figura 3. 6. Vista posterior de la máquina extrusora nueva y su motor principal	36
Figura 3. 7. Tablero de distribución	37
Figura 3. 8. Tablero de 460 V CA.	38
Figura 3. 9. Tablero de 380 V CA.	38
Figura 3. 10. Ampacidad de conductores tipo superflex	44
Figura 3. 11. Ampacidad de conductores según su calibre, aislante y máxima temperatura ambiente	45
Figura 3. 12. Distribución principal a 380 V CA.	49
Figura 3. 13. Distribución principal 460 V CA.	50
Figura 3. 14. Fuerza zonas del cabezal del 1 al 4.	51
Figura 3. 15. Fuerza de zonas del túnel 1, 2 y 3.	52
Figura 3. 16. Motores de enfriamiento de zonas.	53
Figura 3. 17. Motores agitador y auxiliares 460 V CA.	54
Figura 3. 18. Comunicación de pantalla HMI a PLC 1500.	55
Figura 3. 19. PLC – Entradas analógicas.	56
Figura 3. 20. PLC – Entradas digitales de control.	57
Figura 3. 21. PLC – Salidas digitales.	58
Figura 3. 22. Variador de motor principal.	59
Figura 3. 23. Variador de motor agitador.	60
Figura 3. 24. Plantilla de operación de zonas de barril mediante pantalla HMI KTP-1200.	63
Figura 3. 25. Plantilla de operación de zonas de cabezal mediante pantalla HMI KTP-1200.	64
Figura 3. 26. Plantilla de operación de calibración de entradas analógicas mediante pantalla HMI KTP-1200.	65
Figura 3. 27. Plantilla de operación de calibración de umbrales de alarma mediante pantalla HMI KTP-1200.	66
Figura 3. 28. Plantilla de operación de control sincronismo mediante pantalla HMI KTP-1200.	68
Figura 3. 29. Plantilla de operación de alarmas activas mediante pantalla HMI KTP-1200.	69

Resumen

Este proyecto de trabajo de integración curricular denominado “Diseño e implementación de un sistema eléctrico trifásico de fuerza y control HMI para optimizar la operación de una máquina extrusora para la producción de tubería plástica en la fábrica Plastigama – Durán”, es pertinente para el área eléctrica dado que, se enfoca en la innovación de una máquina extrusora. En el Capítulo 1 se elaboraron los objetivos específicos para resolver el problema de la investigación con el diseño propuesto. El Capítulo 2. Presenta las teorías y leyes de operación de esta maquinaria y definiciones de fuerza y control. En el Capítulo 3. Se detalló la ubicación donde se implementó la extrusora, previo a una encuesta técnica y estudio de carga. Mediante el programa AutoCAD se diseñaron los diagramas de fuerza y control. También en este Capítulo se realizó un análisis de resultados donde se demuestra la optimización de la extrusora. Los resultados del funcionamiento de las zonas de operación se visualizan en la interfaz HMI KTP-1200 con sus respectivas plantillas, donde también se encuentra las zonas de operación y visualización de la interfaz HMI que fueron programadas con TIA PORTAL, Por último, en el capítulo 4 tenemos las conclusiones y recomendaciones.

Palabras claves: Innovación, Máquina, Diseño, Operación, Encuesta, Autocad Y Tia Portal.

Abstract

This project of curricular integration work called “Design and implementation of a triphasic power and control HMI electrical system to optimize the operation of an extruder machine for the production of plastic pipes in the Plastigama – Durán factory”, is relevant to the electrical area since it focuses on the innovation of an extruder machine. In Chapter 1, the specific objectives were elaborated to solve the research problem with the proposed design. Chapter 2 presents the theories and laws of operation of this machinery and definitions of force and control. Chapter 3 detailed the location where the extruder was implemented, prior to a technical survey and load study. The force and control diagrams were designed using the AutoCAD program. Also in this chapter, an analysis of the results was carried out to demonstrate the optimization of the extruder. The results of the operation of the operation zones are visualized in the HMI interface KTP-1200 with their respective templates, where the operation and visualization zones of the HMI interface that were programmed with TIA PORTAL are also found. Finally, in Chapter 4 we have the conclusions and recommendations.

Keywords: INNOVATION, MACHINE, DESIGN, OPERATION, SURVEY, AUTOCAD AND TIA PORTAL.

CAPÍTULO 1:

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

1.1. Introducción

El diseño de un sistema trifásico de fuerza y control mediante una pantalla con interfaz hombre máquina (HMI) puede lograr controlar efectivamente la operación y producción de tubería plástica, así como de diversos tipos en maquinarias que existen en la actualidad.

Las extrusoras de uso industrial de hace 20 años atrás y de producción en masa se construyeron con un sistema de alimentación eléctrico tanto de control y fuerza con elementos y tecnología de la época de su construcción y han dado muchos buenos resultados, sin embargo, en la actualidad poner en marcha a un equipo como esos resulta muy difícil ya que no puede alcanzar los niveles de producción de la demanda comercial que hoy en día exige.

La ingeniería no solo nos permite crear nuevas formas de tecnología que incrementen la productividad en la industria, sino también utilizar todo el conocimiento adquirido y poder repotenciar máquinas que son muy costosas, utilizando la tecnología en instrumentación que hoy están al alcance de industrias que desean invertir en mejoras en sus equipos de producción.

Una solución muy simple es reemplazar los equipos viejos por equipos nuevos y con tecnología de punta, pero esto supone una enorme inversión, ya que los equipos utilizados para la producción de plásticos a gran escala tienen precios muy elevados

y mucho superan los cientos de miles de dólares lo que afecta mucho al capital de algunas empresas dedicadas a este rubro.

Es importante reconocer que la mayoría de los equipos industriales de producción en masa utilizan la tecnología de la HMI que no solo les permite tener una estadística de material producido, sino también con la ventaja de visualizar fallas desde el panel HMI antes que los técnicos de mantenimiento realicen un acercamiento al equipo, esto también supone una mejora, resultando más eficiente el tiempo de las intervenciones de los técnicos al equipo.

1.2. Antecedentes

Los sistemas trifásicos son usados en la industria hace muchos años, debido al uso de los motores eléctricos de distintas potencias, en especial a motores eléctricos de inducción, una de sus ventajas es poder tener un mejor rendimiento de estos motores, estos sistemas son parte de la alimentación de fuerza de todos los motores de inducción de corriente alterna (CA), sin embargo estos equipos de fuerza son controlados por sistemas de control más pequeños que pueden usar CA o corriente directa (CD) y también la combinación de ambas. Con la evolución de la automatización industrial y controladores lógicos programables (PLC) junto con la incursión de la HMI, hace que el control sobre estos motores sea más fácil y seguro desde la posición del operador y de los técnicos al supervisar y monitorear estos equipos.

Desde hace años la fábrica Plastigama ubicada en la ciudad de Durán, provincia del Guayas en el país de Ecuador, la producción principal está basada en tuberías y conexiones plásticas para la conducción de fluidos de múltiples usos, donde se desarrolló el TIC en conjunto con el profesor tutor en la UCSG.

Esta empresa ha apostado mucho por la inversión y desarrollo de la mejora continua en sus procesos y equipos, por lo que en el 2019 adquirió una extrusora, equipo primordial y esencial para la fabricación de tubería plástica, este equipo fue comprado de segunda mano, sin embargo, la idea del área de ingeniería fue comprar un equipo usado a un precio muy económico y poder realizar una inversión de modernizar al equipo extrusor.

1.3. Descripción del problema

La extrusora ubicada en la fábrica Plastigama del cantón Durán por ser construida hace muchos años tiene elementos eléctricos de control muy antiguos de modelos discontinuados, cableado muy desgastado que no permitiría alcanzar los niveles en volúmenes de producción mínimos demandados.

1.4. Justificación

Esta investigación es muy conveniente para nuestro campo de la ingeniería eléctrica ya que nos permitirá conocer el paso a paso de la transformación de una máquina extrusora de gran escala que poseía una tecnología discontinuada, a una máquina con tecnología vanguardista que se adapta a las exigencias de la industria actual. Al lograr poner en marcha esta máquina supone un beneficio indirecto a las comunidades rurales donde llega el agua potable por este tipo de tuberías, al igual que las comunidades campesinas que utilizan el sistema de riego se beneficiarían a tener un producto de mejor calidad.

Los accionistas se beneficiarán mucho de esta implementación ya que generará mayor volumen de producción y por ende la utilidad como empresa.

La implementación de esta nueva máquina extrusora repotenciada, de una manera indirecta generará nuevas plazas de empleo, demandada por sus niveles de

producción y esto ayudará enormemente en la ampliación y diversificación de productos que anteriormente se producían en esa área.

Académicamente representa un reto muy positivo para los estudiantes universitarios ya que pone a prueba no solo el conocimiento teórico, sino práctico en alcanzar objetivos para modernizar maquinaria de especificaciones técnicas antiguas.

Realizar este tipo de trabajo de integración curricular (TIC) para la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Católica de Santiago Guayaquil (UCSG) motivará a los estudiantes de las carreras técnicas a tener una mayor perspectiva de proyectos técnicos de gran tecnología en empresas de gran capital económico.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General.

Diseñar un sistema eléctrico trifásico de fuerza y control HMI para la operación de una máquina extrusora, mediante el estudio de la demanda de la producción de tubería plástica para ser implementado en la fábrica Plastigama del cantón Durán de la provincia del Guayas.

1.5.2. Objetivos Específicos.

1. Ubicar el sitio donde será implementada la extrusora.
2. Determinar la operación y funcionamiento de la máquina extrusora adquirida.
3. Diseñar diagramas eléctricos de fuerza y control para la implementación de la máquina extrusora.
4. Diseñar plantillas de operación de la pantalla HMI.

1.6. Hipótesis de la investigación

En el presente trabajo de integración curricular, se busca ofrecer un diseño e implementación el cual tendrá un PLC y una interfaz HMI que potenciará a la máquina extrusora ubicada en la fábrica Plastigama del Cantón Durán.

1.7. Metodología de la investigación

La investigación a realizar será de tipo descriptiva y experimental, ya que nos permitirá conocer el comportamiento de las variables eléctricas mediante sus elementos de instrumentación y una visualización completa y centralizada de todos los parámetros del equipo mediante una pantalla táctil HMI.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Estado del arte o trabajos relacionados

En el 2018 el autor (Aroca Delhi, 2018) realizó un estudio del análisis de vibraciones y alineación en motores eléctricos asíncronos trifásicos con un método de identificación y diagnóstico de los fallos en diversos componentes de los equipos, y esto es debido al movimiento rotacional del eje de las máquinas rotativas lo que podría causar algún fallo en el motor principal dando paso a que una línea de producción deje de funcionar, por este motivo realizó el análisis de vibraciones para lograr implementarlo dentro de los mantenimientos predictivos, además realizó un diseño de un motor acoplado a un ventilador por medio de un reductor con el fin de disminuir la temperatura en el motor tal como se muestra en la figura 2. 1., y las diez partes que conforman el diseño del motor acoplado a un ventilador se las detalla en la tabla 2. 1.

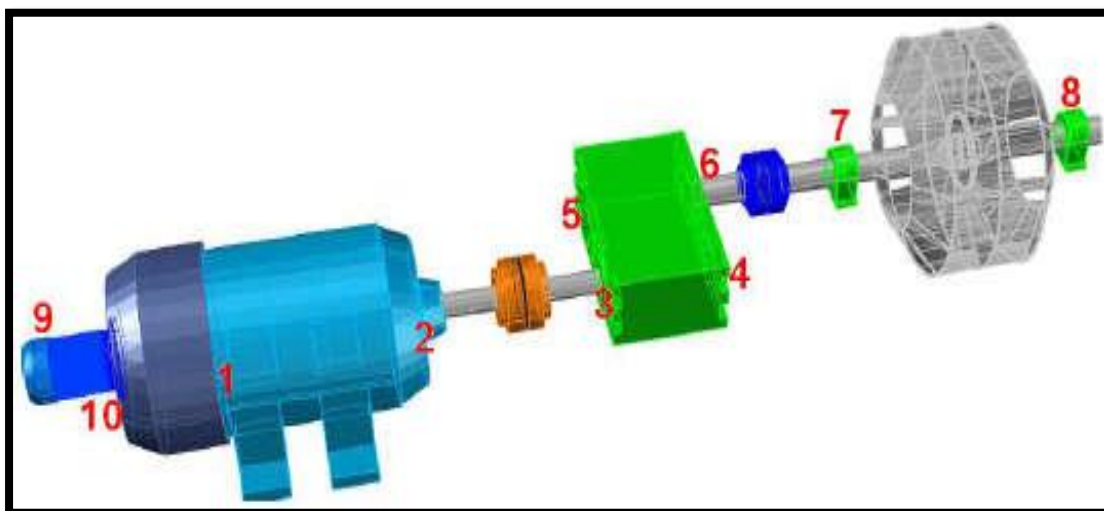


Figura 2. 1. Diseño de motor acoplado a un ventilador.
Fuente: (Aroca Delhi, 2018).

Tabla 2. 1. Descripción de las partes del motor acoplado a un ventilador.

N° Parte	Descripción
1	Estator.
2	Rodamiento.
3	Engranaje de entrada caja reductora.
4	Caja de acoplamiento hacia el ventilador.
5	Caja reductora para disminuir la vibración.
6	Engranaje con eje de ventilador.
7	Chumacera de pie frontal.
8	Chumacera de pie posterior.
9	Eje.
10	Rodamientos posteriores del motor.

Fuente: Los autores.

Por otro lado, a inicios del 2019 el autor (Vásquez Palma, 2019) realizó una repotenciación y guía del módulo de prácticas de controles eléctricos de la UCSG, con la finalidad de que los estudiantes de la carrera de Ing. Eléctrica – Mecánica puedan desarrollar prácticas didácticas y capten de mejor forma los conceptos teóricos aplicados en el módulo, desarrolló encuestas a los estudiantes de las carreras técnicas, dando una respuesta positiva a la repotenciación del módulo, con esto procedió a reemplazar los elementos y componentes que se encontraban obsoletos y eran muy antiguos y culminó su trabajo realizando una documentación de siete escenarios de prácticas reales empleadas en las industrias.

Los sistemas inversores de voltaje trifásicos pueden implementarse con técnicas de modulación de ancho de pulso tal como lo realizó el autor (Solís Morocho, 2020) quién usó SIMULINK de MATLAB® para implementar tres técnicas de modulación de ancho de pulso tal como se indica en la figura 2. 2., con el fin de evaluar los escenarios óptimos y que puedan ser aplicados a los inversores de fuente de voltaje trifásicos, los 3 escenarios en el cual realizó las respectivas técnicas de evaluación fueron; modulación de ancho de pulso sinusoidal, modulación de ancho de

pulso de inyección de tercer armónico y la modulación de ancho de pulso de vector espacial.

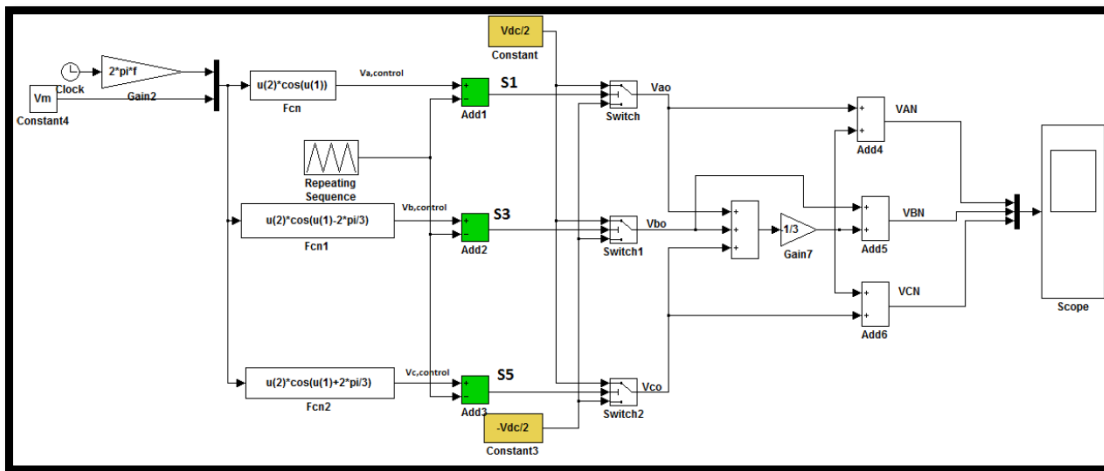


Figura 2. 2. Diagrama de bloques del modelo de simulación para la modulación de ancho de pulso sinusoidal.

Fuente: (Solís Morocho, 2020).

En el 2022 en la Avícola San Isidro ubicada en la ciudad de Guayaquil de la provincia del Guayas – Ecuador exactamente en la planta procesadora de alimento, el autor (Desiderio Vergara, 2022) realizó una implementación de generador de alertas en la ejecución de mantenimientos preventivos en los sistemas de motores eléctricos trifásicos dado que en los procesos de mantenimientos preventivos no se realizaban de una manera adecuada, esto fue debido a que la empresa maneja una gran cantidad de información no clasificada lo que ocasiona un deterioro en las máquinas, por este motivo realizó un aplicativo web que logró cumplir funciones netamente específicas en el área de mantenimiento dando un alivio a los administradores, ya que tendrán con facilidad la información de los mantenimientos, así como sus hojas técnicas de los equipos y componentes que han pasado sus respectivos mantenimientos, todo este sistema se lo ilustra en la figura 2. 3., además se evidenció un gran % de reducción de gastos dado que el administrador identificará los tiempos de los futuros mantenimientos que se deberá cumplir.

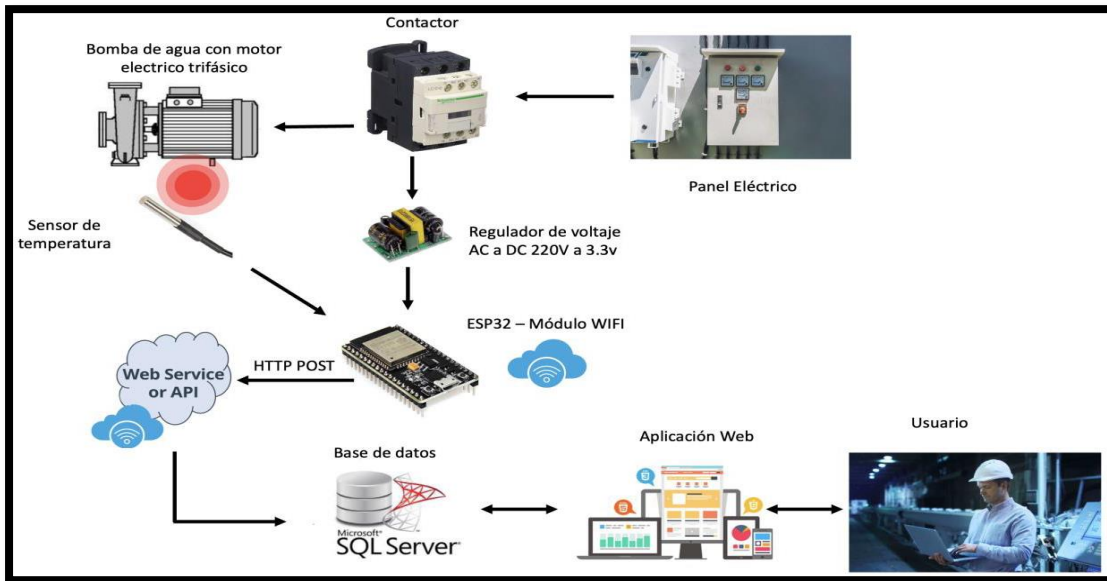


Figura 2. 3. Sistema de generación de alertas en los mantenimientos preventivos.
Fuente: (Desiderio Vergara, 2022).

Un sistema de control y fuerza actualizado ayuda a facilitar trabajos que estén relacionados con máquinas y motores eléctricos con el fin de realizar algún proceso industrial, tal como lo realizó el autor (Pincay Alvarado, 2023) quien realizó un diseño e implementación de un nuevo sistema de control para un motor a diésel para el bombeo de agua siendo controlado mediante un PLC, este sistema se instaló en un cuarto de máquinas que está ubicado en el sector de Armenia en el cantón Durán de la provincia del Guayas – Ecuador donde dio a conocer las causas de los inconvenientes que presentaban los equipos y elementos de un sistema antiguo, por este motivo realizó un diseño con nuevos equipamientos eléctricos y electrónicos, con el fin de determinar una mejora en las variables de; horas de trabajo, temperatura y presión de aceite, voltaje en la batería, temperatura y presión del agua, temporizador de encendido y apagado, con todas estas variables presentadas en la figura 2. 4., garantizó un correcto funcionamiento en los motores del cuarto de máquinas.

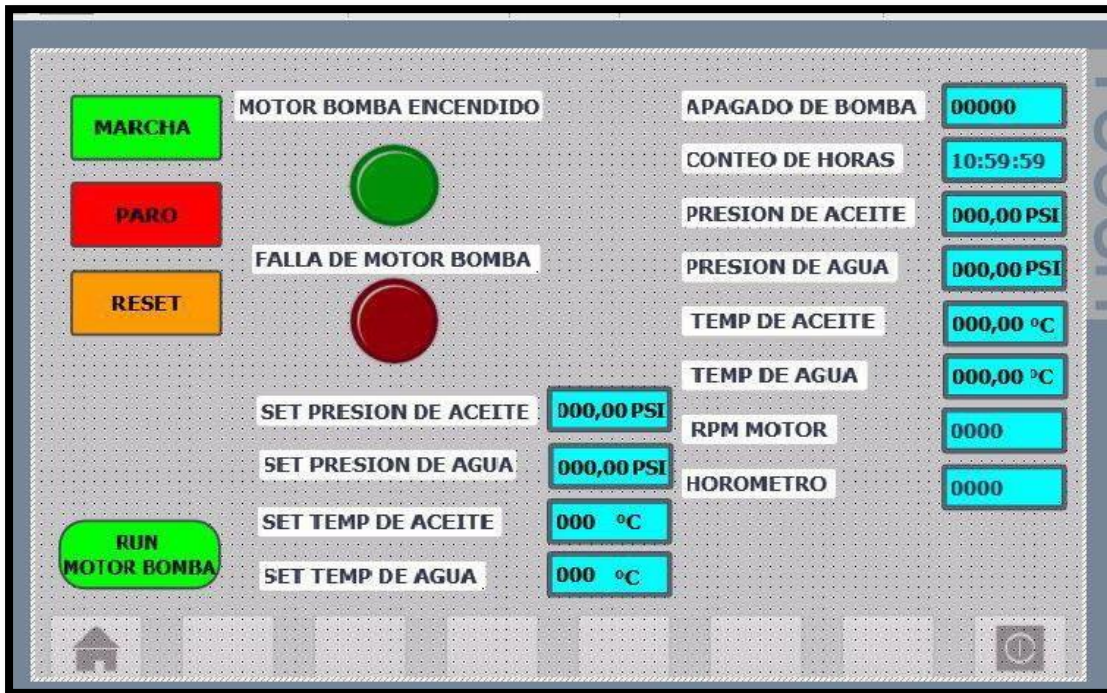


Figura 2. 4. Pantalla principal del sistema automatizado mejorado del cuarto de máquinas.
Fuente: (Pincay Alvarado, 2023).

2.2. Términos eléctricos

2.2.1. Diferencia de potencial.

La diferencia de potencial también es conocida como voltaje o tensión eléctrica en la cual se basa de una diferencia de potencial entre dos puntos por unidad de carga eléctrico, dado que es una diferencia y se lo representa mediante una delta ΔV , además se conoce como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula cargada con movimientos entre dos posiciones determinadas (Torres Ortega, 2021).

En la figura 2. 5. se muestra una onda gráfica de la diferencia de potencial en CA en un periodo de tiempo de [-1, 1] segundos (s).

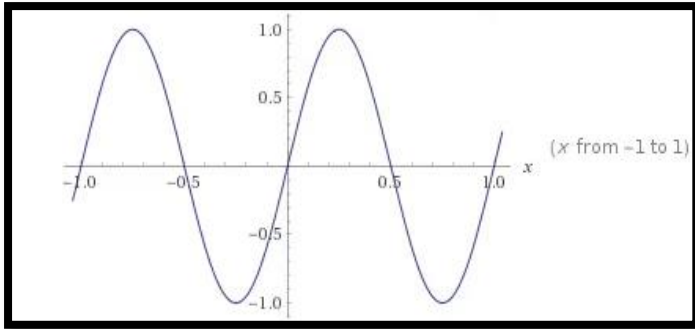


Figura 2. 5. Ejemplo de una onda gráfica de una diferencia de potencial en CA.
Fuente: (Torres Ortega, 2021).

2.2.2. Corriente eléctrica.

La corriente eléctrica es aquel flujo neto de carga eléctrica que viaja o circula de forma ordenada por un medio o material conductor tal como se indica en la figura 2. 6., éste material puede ser; líquido, sólido o inclusive gaseoso y las cargas son transportadas por los diversos movimientos de electrones o iones dentro de zonas de menor potencial eléctrico manteniendo una mayor potencia eléctrica, dado que al desplazarse el potencial en las zonas tiende a igualarse y de a poco los electrones se detienen, existen dos tipos de corrientes las de CA y CC (Fernández Yagües, 2023).

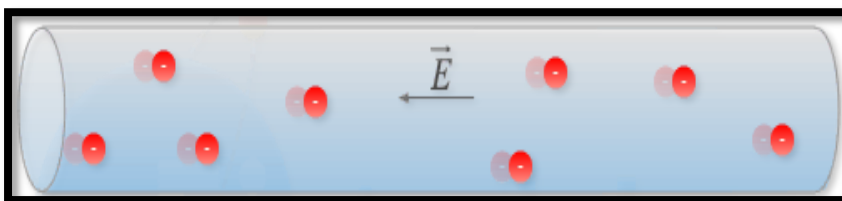


Figura 2. 6. Flujo de carga eléctrica por medio de un conductor.
Fuente: (Fernández Yagües, 2023).

2.2.3. Resistencia eléctrica.

La resistencia eléctrica detallada en la figura 2. 7. es aquel elemento el cual mide la tendencia de un cuerpo a oponerse al paso de una corriente eléctrica ya sea CC o CA cuando es sometida a un voltaje o diferencia de potencial ΔV , el término de resistencia eléctrica es comúnmente usado en los diversos circuitos eléctricos e

inclusive electrónicos que el objetivo es dificultar el paso de la circulación de las diferentes cargas eléctricas (Planas, 2021).



Figura 2. 7. Resistencias empleadas en circuitos eléctricos y electrónicos.
Fuente: (Planas, 2021).

2.2.4. Sistemas monofásicos.

Los sistemas monofásicos tal como lo indica (AutoSolar, 2023) están constituidos por una diferencia de potencial monofásica, es decir de una sola fase por la cual viaja una corriente por un conducto con un valor de corriente eléctrica, estos sistemas monofásicos pueden ser de corriente continua (CC) o de corriente alterna (CA) tal como se presenta en la figura 2. 8.

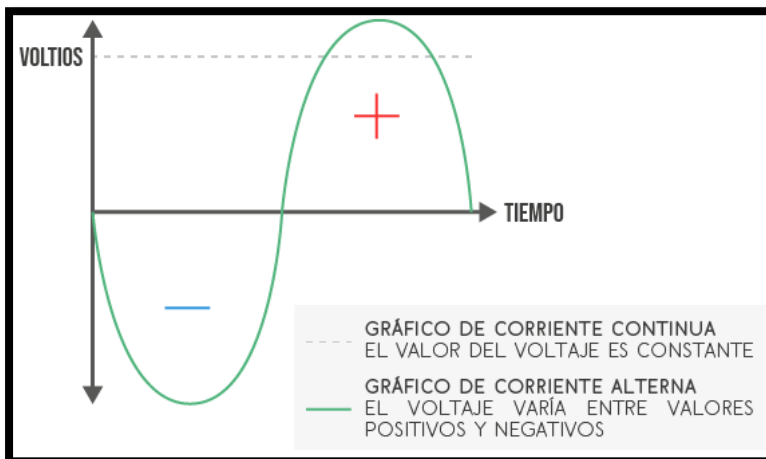


Figura 2. 8. Gráfico de sistemas monofásicos en CC y CA.
Fuente: (AutoSolar, 2023).

2.2.5. Sistemas trifásicos.

Los sistemas trifásicos tal como se lo puede apreciar en (AutoSolar, 2023) se conforma por la composición de 5 cables los cuales son; 3 cables para las 3 fases

denominadas: A – B – C, 1 cable para el neutro y 1 cable para la tierra, en este caso lo más relevante es tener una buena puesta a tierra ya que los polos de la generación deben estar equilibrados y si se llegan a desequilibrar se pierde gran valor de diferencia de potencial y provocaría algún daño en el neutro, en la figura 2. 9. se muestra un sistema trifásico.

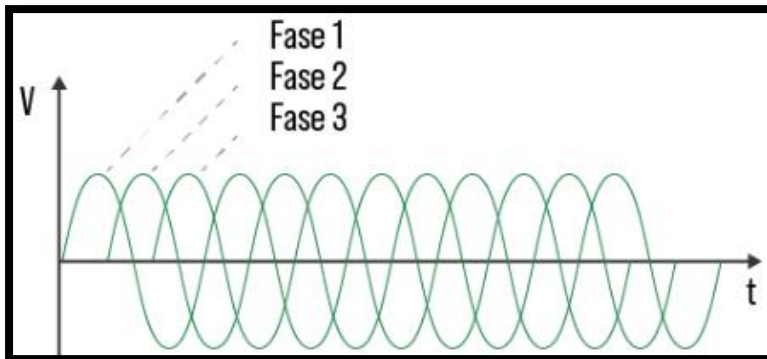


Figura 2. 9. Diagrama de fases para un sistema trifásico.
Fuente: (AutoSolar, 2023).

2.2.6. Variadores de frecuencia.

Los variadores de frecuencia tal como se lo detalla en (Soler Palau, 2020) actúa como intermediario para que se utilice eficientemente la energía eléctrica necesaria, dado que los motores eléctricos no siempre generan la velocidad o frecuencia necesaria, en la figura 2. 10. se ilustra un variador de frecuencia donde su gran ventaja y es la reducir costos de mantenimiento.

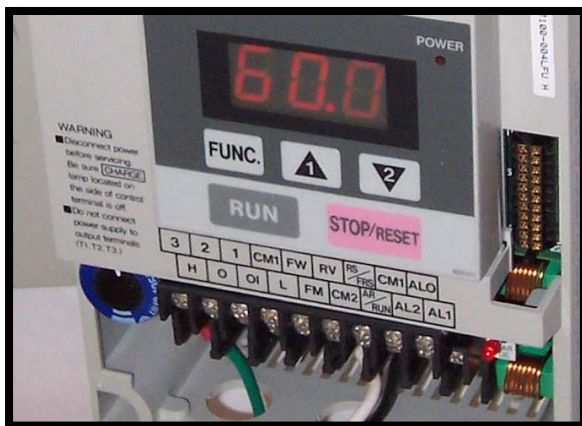


Figura 2. 10. Variador de frecuencia.
Fuente: (Soler Palau, 2020).

2.2.7. Relés de estado sólido (SRC).

➤ *Relé de estado sólido monofásico.*

De acuerdo con lo indica en (Retelec, 2023) los relés de estado sólido monofásicos son capaces de realizar una conmutación al paso por cero, además cuenta con indicadores de estado por medió de luz LED, maneja un control de intensidad de menor o igual a 12 mA, maneja tiempos de intervención menores o iguales a 10 ms, son sofisticados y no muy grande tal como se aprecia en la figura 2.

11.



Figura 2. 11. Relé de estado sólido monofásico.
Fuente: (Retelec, 2023).

➤ *Relé de estado sólido trifásico.*

El autor (Gavazzi, 2017) define al relé de estado sólido trifásico como un equipo robusto capaz de controlar la potencia de salida de una carga trifásica mediante entradas analógicas, sus características son; diferencia de potencial de 660 V en CA, corriente de 75 A en CA, entradas de control con nivel de intensidad de 0-20 mA y diferencia de potencial entre 0-15 V, se presenta un ejemplo de un relé de estado sólido trifásico en la figura 2.12.



Figura 2. 12. Relé de estado sólido trifásico.
Fuente: (Gavazzi, 2017).

2.3. Equipos electrónicos y de control

2.3.1. Termopar.

De acuerdo con lo indicado por el autor (Sahagun, 2021) el termopar tiene como función principal medir la temperatura, y está compuesto por dos metales diferentes unidos en un extremo y cuando estos metales se calientan o enfrían se produce una diferencia de potencial que es proporcional a la temperatura tal como se muestra en la figura 2. 13.

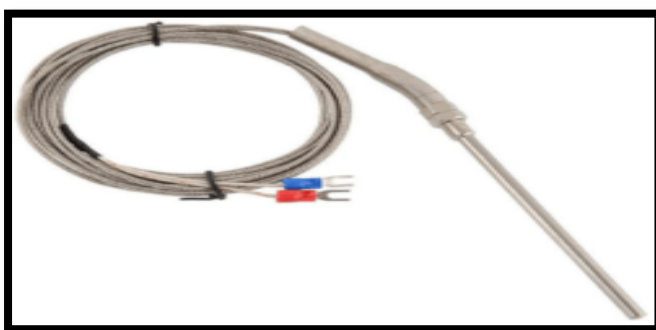


Figura 2. 13. Termopar.
Fuente: (Sahagun, 2021).

2.3.2. HMI.

El interfaz humano máquina es conocida por sus siglas HMI en la cual es una interfaz de usuario o panel de control que combina software y hardware para ayudar

al operario a comunicarse entre diversos sistemas y máquinas, en la figura 2. 14. se ilustra una HMI usada en una fábrica (SICMA21, 2021).



Figura 2. 14. HMI.
Fuente: (SICMA21, 2021).

De acuerdo con lo indicado por el autor (Martínez Sánchez, 2020), las HMI sirven para poder visualizar y controlar las operaciones de la línea de fabricación en una industria con el fin de aumentar la producción y manejo eficaz de los equipos que conforman todo el sistema principal.

➤ **Clasificación de las HMI.**

En la publicación de la entidad (AUTYCOM, 2019) dan a conocer la HMI SIEMENS, la cual ofrece una interfaz gráfica cómoda y eficiente cuya clasificación se muestra en la tabla 2. 2.

Tabla 2. 2. Clasificación de las HMI y sus modelos.

Tipos de HMI	Descripción	Clasificación
Paneles de Confort.	Cuentan con pantallas de alta resolución.	KP400, KTP400, KTP700, TP700, KP900, TP900, KP1200, TP1200, KP1500, TP1500, TP1900, TP2200.
Paneles Básicos.	Cuenta con pantallas sencillas entre 4" a 12".	Basic mono PN: KP300, KTP400, KTP600. Basic color PN: KP400, KTP400, KTP600, KTP100. Basic color DP: KTP600, KTP1000.
Paneles Móviles.	Maneja pantallas táctiles y cuentan con alta flexibilidad.	SIMATIC HMI Mobile: KTP400F, KTP700, KTP700F, KTP700F HW, KTP700F HW/OR, KTP900, KTP900F, TP1000F.
Paneles de Teclas.	Cuenta con teclas mecánicas y con luz LED.	SIMATIC HMI KP8 PN Key Panel, 8 teclas de carrera corta con LED. SIMATIC, KTP900 Basic, Basic Panel, Manejo con teclado táctil, pantalla TFT de 9", 65536 colores, Interfaz PROFINET. Panel táctil TP1200.

Fuente: (AUTYCOM, 2019).

2.3.3. PLC.

El controlador lógico programable es conocido por sus siglas PLC en el cual es un ordenador industrial que se emplea en el área industrial, eléctrica y electrónica, la función principal es ejecutar de manera eficaz tareas concretas dentro de un proceso de algún sistema, en la figura 2. 15. se aprecia un ejemplo de un PLC (Electronic Board, 2021).



Figura 2. 15. PLC 1500.
Fuente: (Electronic Board, 2021).

El PLC llega a ser un equipo muy vital en cualquier sistema de un proceso ya sea; industrial, eléctrico o electrónico, es de suma importancia monitorear el comportamiento de cada variable y verificar que se cumpla con éxito las diferentes actividades dentro de los procesos.

2.4. Maquinarias rotativas eléctricas

2.4.1. Motores de corriente alterna (CA).

De acuerdo con lo publicado en (Unicrom, 2023) el motor de corriente alterna (CA) está conformado por un rotor y estator y es aquel que funciona con este tipo de CA y transforma energía eléctrica a energía mecánica con el fin de realizar alguna actividad que conlleve movimiento de por medio, en la figura 2. 16. se presenta un motor de CA donde su funcionamiento se basa en un campo magnético giratorio.



Figura 2. 16. Motor de corriente alterna (CA).
Fuente: (Unicrom, 2023).

2.4.2. Máquina de extrusión.

De acuerdo con lo indicado en (Extrusión, 2014), el proceso de una máquina de extrusión es la base de procesos de procesamiento de plástico donde existen varios tipos de características que se incorporan como son; tornillo, husillo y husillo de ariete, los granulos de plásticos reposan en la tolva y se alimentan a través de la extrusora tal como se indica en la figura 2. 17.

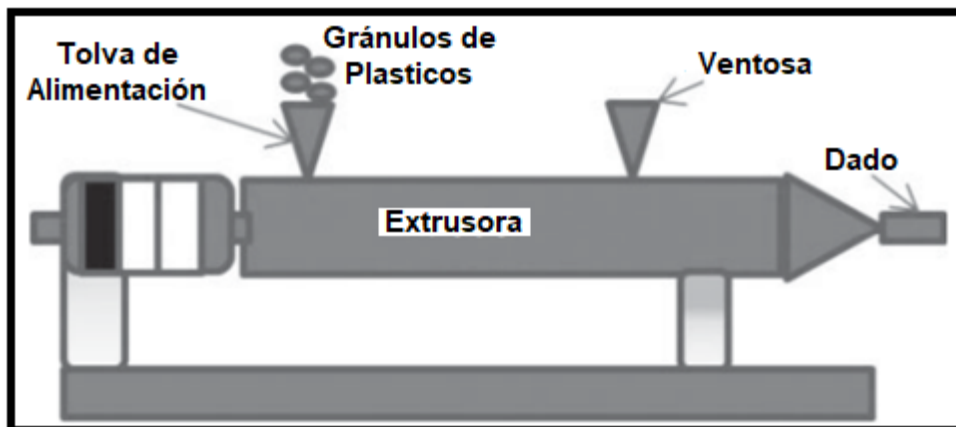


Figura 2. 17. Máquina de extrusión.
Fuente: (Extrusión, 2014).

De acuerdo con lo detallado en la figura 2. 18., se detallan las partes principales que conforman la parte de la extrusora la cual se detalla a continuación:

- **Tolva de alimentación.**

De acuerdo con (BIRT LH, 2020) la tolva de alimentación es un contenedor cónico donde reposa la materia prima, el diseño debe ser compacto sin estancamiento tal como se muestra en la figura 2. 18.

➤ **Cilindro.**

El cilindro se encuentra en la parte interna de la extrusora y es un elemento esencial, dado que en su interior está el husillo y estos dos elementos constituyen la cámara de fusión y bombeo para la extrusora tal como se ilustra en la figura 2. 18. (BIRT LH, 2020).

➤ **Calentadores.**

De acuerdo con (BIRT LH, 2020) los calentadores se ubican en la parte interna de la superficie de la extrusora específicamente a los costados del cilindro, y estos calentadores son un tipo de resistencia de transferencia de calor que se conforma mediante resistencias eléctricas circulares tal como se aprecia en la figura 2. 18.

➤ **Husillo.**

El husillo también se encuentra en la parte interna de la extrusora y varía principalmente en función de las propiedades de flujo de polímero fundido, en donde el objetivo principal es empujar el material a través del extrusora y se presenta en la figura 2. 18. (BIRT LH, 2020).

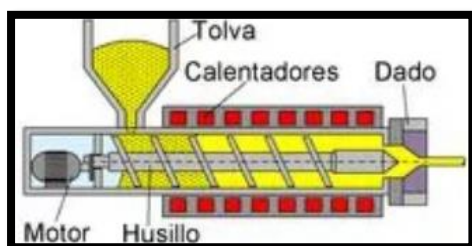


Figura 2. 18. Composición de las partes internas en la máquina de extrusión.
Fuente: (BIRT LH, 2020).

➤ **Clasificación de las máquinas de extrusión.**

Mono Husillo

La denominación de mono husillo en la clasificación de la máquina de extrusión se refiere a que solo cuenta con un solo tornillo, estas son empleadas comúnmente en líneas de producción para tubos de polietileno, dado que producen tubos con diámetros pequeños muy exacto, tal como lo indican en (Industrial Sourcing, 2021), tiene grandes ventajas como son; rigidez, flexibilidad, resistente al calor y al envejecimiento por deformación por fluencia, acoplamiento térmico y certificación con tecnología de punta con diseños avanzados en su sistema de control tal como se indica en la figura 2. 19. Además cuenta con las siguientes características que se indican en la tabla 2.3.



Figura 2. 19. Máquina de extrusión de mono husillo aplicado en tuberías polietileno.
Fuente: (Industrial Sourcing, 2021).

Tabla 2. 3. Características de la máquina de extrusión de mono husillo aplicado en tuberías polietileno.

Descripción	Valor y unidad
Capacidad máxima	1000 kg/h.
Diámetro	Entre 16 a 630 mm.
Producción	Entre 120 a 900 kg/h.
Consumo de energía	Entre 100 a 535 kW.

Fuente: (Industrial Sourcing, 2021).

Doble Husillo

La denominación de doble husillo en la clasificación de la máquina de extrusión se refiere a que la máquina cuenta con doble tornillo, estas son empleadas comúnmente en líneas de extrusión de tubo doble de PVC, dado que cuenta con los siguientes dispositivos: extrusora, cabezal de presión, tanque de agua al vacío, máquina de arrastre doble, cortado doble y apilador doble, tal como lo indican en (Industrial Sourcing, 2021), tiene grandes ventajas como son; tecnología avanzada de Europa, puede acoplarse con doble tornillo cónico, contempla un tanque de calibración de acero inoxidable, evita el desperdicio cuando se ajusta un tubo por maniobra y permite disfrutar de un gran beneficio económico que se obtiene con el doble control tal como se detalla en la figura 2. 20.

La Máquina de extrusión de doble husillo aplicado en tuberías PVC cuenta con las siguientes características que se aprecian en la tabla 2. 4.

Tabla 2. 4. Características de la máquina de extrusión de doble husillo aplicado en tuberías de doble PVC.

Descripción	Valor y unidad
Capacidad	Entre 120 a 1100 kg/h.
Diámetro	Entre 16 a 800 mm.
Velocidad máxima	Entre 3 a 15 m/min.

Fuente: (Industrial Sourcing, 2021).



Figura 2. 20. Máquina de extrusión de doble husillo aplicado en tuberías de doble PVC.
Fuente: (Industrial Sourcing, 2021).

2.5. Diagramas y tableros eléctricos y de control

2.5.1. Diagrama eléctrico.

De acuerdo con lo publicado en (Grupo ORS, 2020) un diagrama eléctrico es aquella representación gráfica de un circuito eléctrico ya sea que se emplee conceptos de electricidad o electrónica, los diagramas eléctricos son una herramienta indispensables que permite conectar ciertos dispositivos o equipos que conforman un sistema en general para un correcto diagrama eléctrico se debe diseñar, construir y solucionar problemas dentro de un área en específico, tal como se muestra en el ejemplo de la figura 2. 21.



Figura 2. 21. Diseño de un diagrama eléctrico.
Fuente: (Grupo ORS, 2020).

2.5.2. Tablero eléctrico.

En el blog de (Suministro de Materiales Eléctricos, 2020), un tablero eléctrico es conocido como gabinete eléctrico y es un espacio donde constan los dispositivos de señalización, conexión, comando, maniobra, medición y alarmas de un sistema eléctrico por el cuál debe estar realizado de acuerdo con el diagrama eléctrico preestablecido mediante el cumplimiento de un diseño y normativas tal como se ilustra en la figura 2. 22.

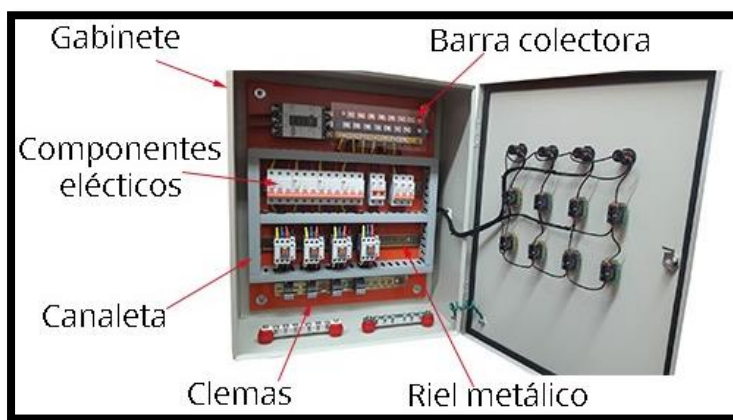


Figura 2. 22. Tablero eléctrico.
Fuente: (Suministro de Materiales Eléctricos, 2020).

2.5.3. Diagrama de control.

De acuerdo con lo indicado por el autor (Castaño Giraldo, 2023) un diagrama de control es representado por bloques de un sistema de control, donde son utilizados en una variedad de campos como son; ingenierías, ciencias de la computación, física y matemáticas, con el fin de realizar un proceso automatizado tal como se aprecia en la figura 2. 23.

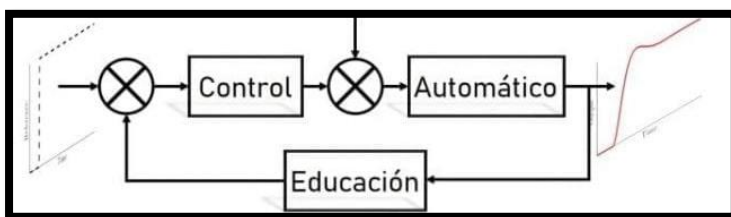


Figura 2. 23. Diagrama de control.
Fuente: (Castaño Giraldo, 2023).

2.5.4. Tablero de control.

Un tablero de control es un espacio físico para instalar equipos y dispositivos de un diagrama de control para monitorear, supervisar y verificar que se cumplan los procesos de un sistema, en la figura 2. 24. se presenta un tablero de control aplicado en una industria (Ecuainsetec, 2015).

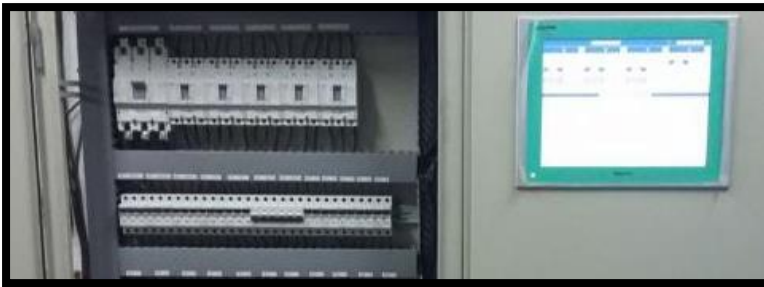


Figura 2. 24. Tablero de control.
Fuente: (Ecuainsetec, 2015).

2.6. Tuberías plásticas

Las tuberías son elementos esenciales para todo sistema de conducción de líquidos y gases en diversos sectores, como son: agricultura, residencial, industrial y entre otros, dichos conductos están elaborados de materiales según sea el requerimiento, estas tuberías presentan diferentes formas, colores y tamaños tal como se indica en la figura 2. 25., y logran emplearse en diversas aplicaciones y sectores de la industria (Fontanería, 2023).



Figura 2. 25. Tubos Plásticos.
Fuente: (Fontanería, 2023).

Las tuberías de plástico son idóneas para el uso en instalaciones de sistemas de drenaje, suministro de agua potable y alcantarillado, e inclusive en sistemas de calefacción y refrigeración, una de sus grandes ventajas es que logran aplicarse en la conducción de productos químicos y petroquímicos.

2.6.1. Tuberías Polipropileno (PP).

De acuerdo con lo indicado en (Foncal Grupo S, 2006) las tuberías de polipropileno (PP) llegan a ser empleadas en agua potable y sistemas de calefacción, para lograr instalarlo se necesita de herramientas profesionales ya que la unión completa necesitará un sellado con termofusión

2.6.2. Tuberías Polietileno (PE).

Las tuberías de polietileno (PE) son más flexible, por esta razón se emplea en suelo radiante, trituradores de residuos domésticos o sistemas de riego, la ligereza y bajo peso aceleran su instalación y disminuye el valor de su precio (Foncal Grupo S, 2006).

2.7. Programas de Ingeniería

2.7.1. AutoCAD.

De acuerdo con lo indicado por la autora (Marchante, 2022) el programa de diseño AutoCAD detallado en la figura 2. 26., logra crear y editar de forma profesional geometrías en dos dimensiones y en tres dimensiones en la cual se puede plasmar sólidos, superficies, objetos, diseños eléctricos y electrónicos, por este motivo varios profesionales como son; Ingenieros, Arquitectos y entre otros sienten atracción por el uso del programa AutoCAD.

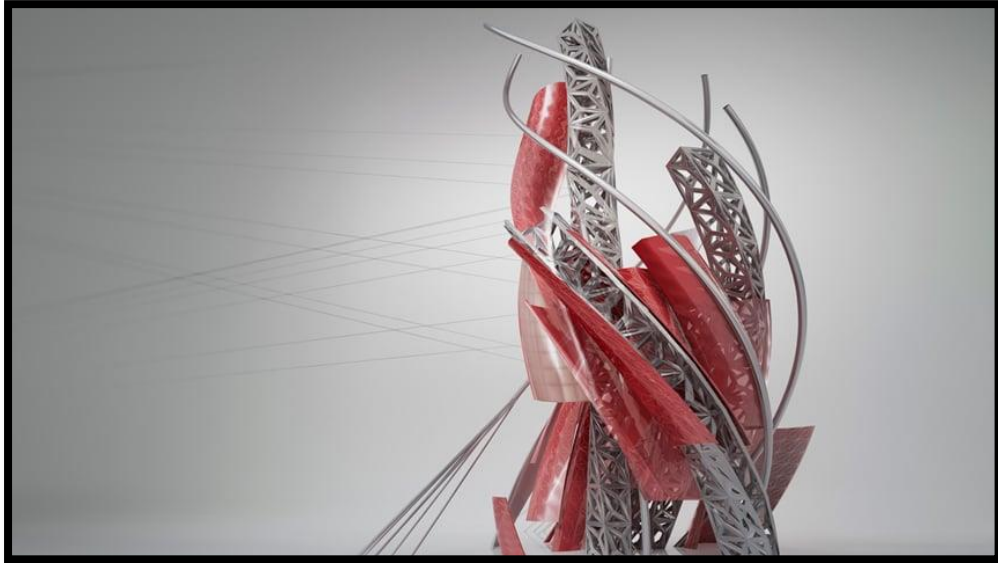


Figura 2. 26. Logo del programa AutoCAD.
Fuente: (Marchante, 2022).

2.7.2. TIA Portal.

TIA Portal significa Automatización Totalmente Integrada y es un programa o una plataforma de ingeniería de Siemens tal como se muestra en la figura 2. 27., que logra ofrecer paquetes de soluciones de automatización completas para una solución eficaz de procesos de ingeniería y fabricación de maquinaria, donde se puede programar sistemas con PLC, HMI, variadores de frecuencia entre otros equipos eléctricos y electrónicos (InfoPLC, 2023).

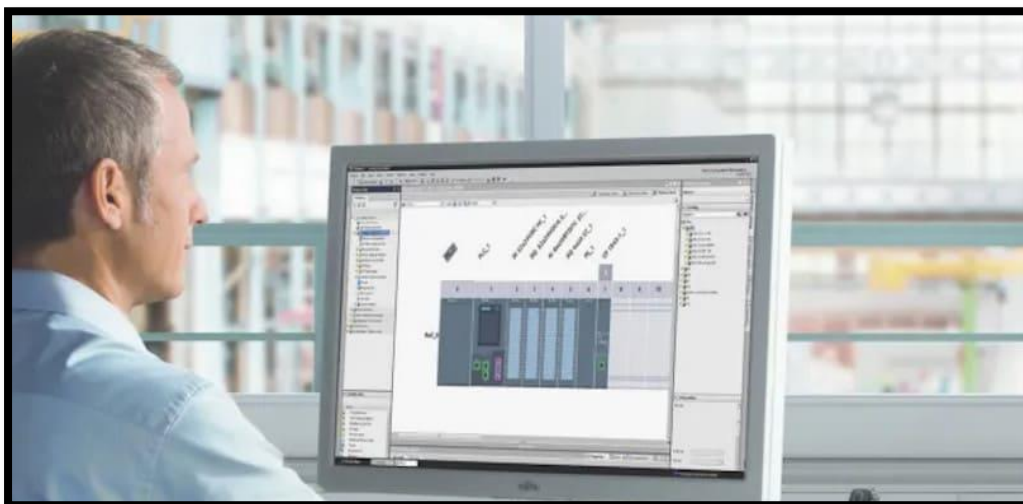


Figura 2. 27. Ejecución de un proceso en el programa TIA Portal.
Fuente: (InfoPLC, 2023).

CAPÍTULO 3:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En el presente capítulo se realiza el diseño eléctrico trifásico de fuerza y control empleando HMI para la operación de la máquina extrusora mediante el estudio de la demanda de producción que realiza la fábrica Plastigama del cantón Durán de la provincia del Guayas – Ecuador. Para cumplir a cabalidad el desarrollo del TIC nos basamos en la siguiente estructura capitular.

3.1. Ubicación y detalles generales de la empresa Plastigama

De acuerdo con el primer objetivo específico de la investigación la ubicación geográfica de la empresa Plastigama se ilustra en la figura 3. 1., con sus coordenadas;

1. Grados, minutos y segundos (DMS): 2°11'28.1"S 79°49'27.733"W.
2. Grados decimales (DD): -2.191126819264822, -9.8243712094429.

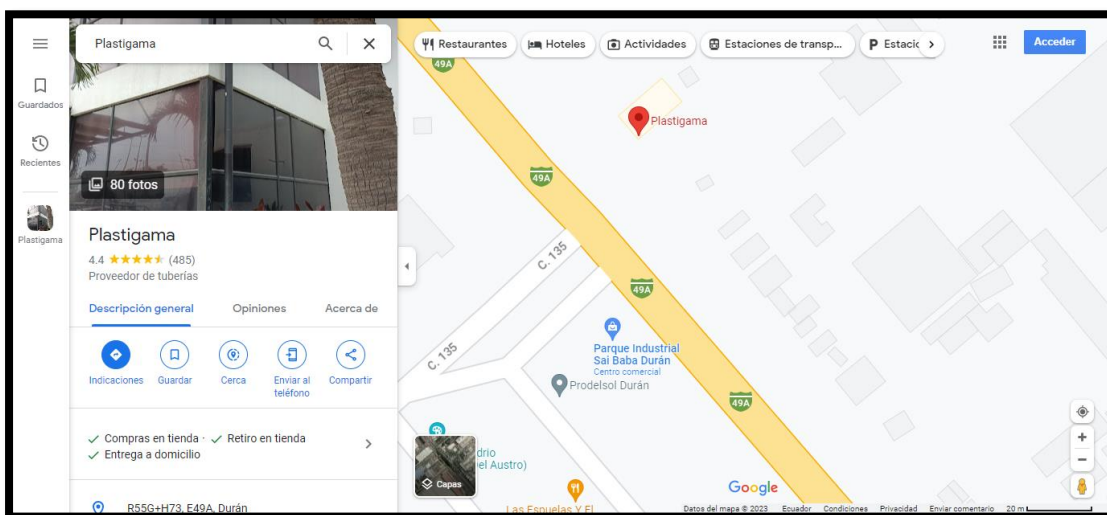


Figura 3. 1. Ubicación de la empresa Plastigama ubicada en el cantón Durán – Ecuador.
Fuente: (Google Maps, 2023).

3.1.1. Área de la ubicación del sitio para la de la empresa Plastigama.

Plastigama es una industria que lidera hace más de 65 años con la fabricación de tuberías y conexiones plásticas para la conducción de fluidos, tiene un área

aproximada de 85000 m² tal como se aprecia en la figura 3. 2. (cuadro amarillo), en la cual están constituidas diferentes subáreas, el lugar específico donde se desarrolla esta investigación es en la máquina extrusora que tiene un área de 115 m², la cual se encuentra en la subárea de extrusión tal como se presenta en la figura 3. 2. (cuadro rojo), en este lugar están instalados los diferentes equipos eléctricos y electrónicos, así como también los tableros eléctricos y de control.



Figura 3. 2. Área de la empresa Plastigama y subárea de extrusión.
Fuentes: (Google Maps, 2023) y los autores.

3.1.2. Líneas de producción de la empresa Plastigama.

Plastigama Durán presenta diversas líneas de producción que están conformadas por; extrusora, tinas de vacío y roció de agua helada, jaladora de tubería, sierra planetaria y una envolvente de tuberías.

3.1.3. Plantilla del personal de la empresa Plastigama.

Plastigama es una gran industria a nivel nacional dado que presenta una variedad de sucursales en diferentes ciudades alrededor del Ecuador, la sucursal ubicada en Durán tiene una plantilla de 475 personas que laboran en el proceso de elaboración de productos de alta calidad. Todo el personal está distribuido en las

diferentes subáreas como son; compuesto, extrusión, inyección, rotomoldeo, soldadura líquida, bodega de producto terminado, evaluación y ensayo, bodega de materias prima y administrativas.

3.2. Operación y funcionamiento de la máquina extrusora

De acuerdo con el segundo objetivo específico de la investigación se describe la operación y funcionamiento de la máquina extrusora.

3.2.1. Situación anterior.

➤ ***Descripción de la máquina extrusora antigua.***

La máquina extrusora antigua adquirida por la empresa Plastigama, contempla ya más de 24 años desde su fabricación de acuerdo con lo indicado en (MEXtrusion, 2022), cuya presentación se indica en la figura 3. 3.



Figura 3. 3. Máquina de extrusión antigua desde su inicio de fabricación.
Fuente: (MEXtrusion, 2022).

Esta máquina ha sido usada más de 13 años en la subárea de extrusión tal como se detalla en la figura 3. 4., esta máquina extrusora no era eficaz a la hora de cumplir sus funciones principales y, por ende, se presenciaba una deficiencia en la producción de las tuberías.



Figura 3. 4. Máquina de extrusión antigua usada en la subárea de extrusión.
Fuente: Los autores.

➤ ***Características técnicas de la máquina extrusora antigua.***

La máquina extrusora antigua manejaba las características técnicas presentadas en la tabla 3. 1. (MEXtrusion, 2022).

Tabla 3. 1. Características técnicas de la máquina extrusora antigua.

Descripción	Característica, Tipo o Valor con su unidad
PROTÓN CINCINNATI	75-30G
Diámetro del tornillo	75 mm, L/D = 30
Zona de entrada	Ranurado
Motor (accionamiento CA)	200 HP
Velocidad máxima del tornillo	180 RPM
Zonas de calentamiento para herramientas	5 piezas (32 A / 10.5 kW) + 1 pieza para adaptador (32 A / 5.5 kW)
Sensores de presión y temperatura	Por fusión
Control de pantalla	Por teclas
Barril	Tipo Metálica con Bi-ejecución
Tornillo con paletas chapadas	En acero
Zona de entrada	Templada
Tolva	Tipo Metálica
Dimensionamiento sin Tolva (LxWxH)	3.200 x 1.300 x 2.200 mm
Peso	2900 kg
Año de Fabricación	1999
Rendimiento Máximo	200 kg/h PP – PE

Fuente: (MEXtrusion, 2022).

➤ ***Volumen de producción de la máquina extrusora antigua.***

La máquina extrusora antigua anteriormente manejaba un solo husillo simple de medidas inferiores a la actual, llegaba alcanzar una producción de 170 kg/h dependiendo del tipo de material y medidas que se esté produciendo, hasta un valor

máximo de 200 kg/h, pero al pasar de los años esa producción disminuye en 1.25 kg/h anualmente, ya para el año del 2023 su producción alcanzó valores tentativos entre 145 a 170 kg/h.

3.2.2. Situación propuesta.

➤ ***Encuesta de la operación y funcionamiento de la máquina extrusora antigua.***

Se empleó un método de encuestas, las cuales fueron dirigidas a los operadores, supervisores y jefes del área donde se encuentra la máquina extrusora, para determinar las causas por las que no llega alcanzar los niveles de producción mínimos demandados por los usuarios. El resumen de los resultados obtenidos de cada pregunta a las diez personas encuestadas se especifica en las siguientes tablas.

En la tabla 3. 2., se dan a conocer los resultados de la primera pregunta de las diez personas encuestadas.

Tabla 3. 2. Resultados de las encuestas de la primera pregunta.

PRIMERA PREGUNTA		
¿Cómo considera usted que se encuentra el sistema eléctrico en general de la máquina extrusora?	Cantidad Numérica	Cantidad en Porcentaje
Obsoleto	7	70%
Normal	3	30%
Nuevo	0	0%
Total, Encuestados	10	100%

Fuente: Los autores.

En la tabla 3. 3., se detallan los resultados de la segunda pregunta de las diez personas encuestadas.

Tabla 3. 3. Resultados de las encuestas de la segunda pregunta.

SEGUNDA PREGUNTA		
¿Cómo considera usted que se encuentra el sistema de control de la máquina extrusora?	Cantidad Numérica	Cantidad en Porcentaje
Obsoleto	8	80%
Normal	2	20%
Nuevo	0	0%
Total, Encuestados	10	100%

Fuente: Los autores.

En la tabla 3. 4., se muestran los resultados de la tercera pregunta de las diez personas encuestadas.

Tabla 3. 4. Resultados de las encuestas de la tercera pregunta.

TERCERA PREGUNTA		
¿Cómo considera usted que se encuentra el sistema de fuerza de la máquina extrusora?	Cantidad Numérica	Cantidad en Porcentaje
Obsoleto	4	40%
Normal	5	50%
Nuevo	1	10%
Total, Encuestados	10	100%

Fuente: Los autores.

En la tabla 3. 5., se indican los resultados de la cuarta pregunta de las diez personas encuestadas.

Tabla 3. 5. Resultados de las encuestas de la cuarta pregunta.

CUARTA PREGUNTA		
¿Usted considera que es de suma importancia actualizar los equipos, así como todos los sistemas que se encuentran en la máquina extrusora para evitar algún accidente laboral?	Cantidad Numérica	Cantidad en Porcentaje
Si	10	100%
No	0	0%
Quizás	0	0%
Total, Encuestados	10	100%

Fuente: Los autores.

En la tabla 3. 6., se aprecian los resultados de la quinta pregunta de las diez personas encuestadas.

Tabla 3. 6. Resultados de las encuestas de la quinta pregunta.

QUINTA PREGUNTA		
¿Usted considera que aumentar equipos de control como una pantalla HMI ayudaría a supervisar la operación de la máquina extrusora?	Cantidad Numérica	Cantidad en Porcentaje
Si	10	100%
No	0	0%
Quizás	0	0%
Total, Encuestados	10	100%

Fuente: Los autores.

En la tabla 3. 7., se presentan los resultados de la sexta pregunta de las diez personas encuestadas.

Tabla 3. 7. Resultados de las encuestas de la quinta pregunta.

SEXTA PREGUNTA		
¿Usted considera que cambiando diferentes equipos eléctricos y de control ayudaría al funcionamiento de la máquina extrusora?	Cantidad Numérica	Cantidad en Porcentaje
Si	9	90%
No	1	10%
Quizás	0	0%
Total, Encuestados	10	100%

Fuente: Los autores.

➤ **Análisis del resultado de la encuesta.**

Con los resultados obtenidos de las seis preguntas a las diez personas encuestadas con los análisis porcentuales de las tablas de cada pregunta, finalmente se determina la necesidad de un cambio de máquina extrusora para aumentar los índices de producción. Es por este motivo que los directivos de la empresa Plastigama adquirieron la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus” modelo Battenfeld 1-90-30 B.

3.2.3. Operación y funcionamiento de la “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

➤ **Descripción de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.**

Con la información recopilada de las encuestas la empresa Plastigama procedió a adquirir una nueva máquina extrusora tal como se muestra en las figuras 3. 5. y 3. 6., con el fin de elevar los índices de producción, y además modernizar el área de extrusión.



Figura 3. 5. Vista lateral de la máquina extrusora nueva y su tablero de control.
Fuente: Los autores.



Figura 3. 6. Vista posterior de la máquina extrusora nueva y su motor principal.
Fuente: Los autores.

➤ **Alimentación de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.**

La “Máquina Extrusora XT-17 Plus” es alimentada bajo una red trifásica (3Ø) de CA, con una diferencia de potencial de 460 V, esta diferencia de potencial es proporcionada por un transformador de potencia que se encuentra en una subestación eléctrica (SE) y maneja una potencia de 1500 kVA, tipo PADMOUNT, cuya transformación de diferencia de potencial es de 13.8 kV a 460 V, este nivel de diferencia de potencial llega al área de “Cuarto de Tableros” en la cual energiza tanto el tablero de distribución ilustrado en la figura 3. 7., y la línea de la “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.



Figura 3. 7. Tablero de distribución.
Fuente: Los autores.

A la “Máquina Extrusora XT-17 Plus”, se le proporcionan dos valores de diferencia de potencial, uno que viene directamente de la red 3Ø de 460 V apreciado en la figura 3. 8., el cual alimenta a la parte de fuerza que son los motores, y la otra red 3Ø de 380 V presentado en la figura 3. 9., el cual previamente fue reducida por un transformador de potencia que maneja un valor de 145 kVA, tipo seco de 460 a 380 V, y este permite alimentar la parte de fuerza de calefacción.



Figura 3. 8. Tablero de 460 V CA.
Fuente: Los autores.



Figura 3. 9. Tablero de 380 V CA.
Fuente: Los autores.

➤ **Características técnicas de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.**

Las diferentes características técnicas de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus” se da a conocer en la tabla 3. 8.

Tabla 3. 8. Características técnicas de la máquina extrusora nueva.

Descripción	Característica, Tipo o Valor con su unidad
Modelo	Battenfeld 1-90-30 B
Extrusora	Mono Husillo
Capacidad	300 - 600 kg/h
Diámetro del Husillo	1 x 90 mm
L/D	30D
Motor	185 kW (CA)
Control	Electromecánico – Termo controles
Año de fabricación	1985
Material	PE y PP
Detalles	AC-drive
Zonas de calentamiento	4 (3 pH 8 A/4800 W – 380 V)
Velocidad de tornillo	240 RPM

Fuente: Los autores.

➤ ***Volumen de producción de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.***

Al adquirir la máquina extrusora nueva se logra visualizar que maneja un husillo simple cuyo modelo es Battenfeld 1-90-30 B, esta maquinaria bajo condiciones normales de producción llega a alcanzar un valor de 230 kg/h dependiendo del tipo de material y medidas que se esté produciendo, y el límite de producción llega hasta un tope de 600 kg/h en su máximo, es decir para la capacidad máxima esta nueva máquina es tres veces mayor con respecto a la máquina extrusora anterior, según lo indicado en la tabla 3. 1., dado que el rendimiento máximo cuando operaba era 200 kg/h.

3.3. Diseño de los diagramas eléctricos de fuerza y control para la implementación de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”

De acuerdo con el tercer objetivo específico de la investigación se realiza el diseño de los diagramas eléctricos de fuerza y control de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus” para su implementación.

En el año del 2011 cuando la empresa Plastigama Durán adquirió la “Máquina extrusora Battenfeld 1-90-30 B”, no facilitaron información como diagramas y planos en el área eléctrica, ni del sistema de control.

3.3.1. Características eléctricas de alimentación de los equipos principales de la “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

En esta sección se presentan las características eléctricas primordiales mediante tablas de los 5 equipos principales dentro de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

➤ **“Resistencias de Calor del Túnel”.**

De acuerdo con el diseño se tiene 6 conjuntos de resistencias de calor distribuidas en 4 zonas del túnel, dando un total de 24 que se las denomina “Resistencias de Calor del Túnel” cuyas características eléctricas primordiales se indican en la tabla 3. 9.

Tabla 3. 9. Características eléctricas de las “Resistencias de Calor del Túnel”.

Descripción	Característica, Tipo o Valor con su unidad
Voltaje	240 V CA
Potencia	900 W
Corriente	3.75 A

Fuente: Los autores.

➤ **“Motores de Enfriamiento del Túnel”.**

Por el diseño de fuerza se tiene un motor de CA en cada una de las 4 zonas del túnel, dando un total de 4 motores que se los denomina “Motores de Enfriamiento del Túnel” cuyas características eléctricas primordiales se detallan en la tabla 3. 10.

Tabla 3. 10. Características eléctricas de los “Motores de Enfriamiento del Túnel”.

Descripción	Característica, Tipo o Valor con su unidad
Voltaje	380 – 440 V CA
Potencia	0.45 / 0.75 kW
Corriente	1.25 – 1.35 // 2.0 – 1.75 A

Fuente: Los autores.

➤ **“Motor Principal” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.**

Para atender la carga de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus” se tiene un motor de CA denominado “Motor Principal” cuyas características eléctricas primordiales se muestran en la tabla 3. 11.

Tabla 3. 11. Características eléctricas del “Motor Principal” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

Descripción	Característica, Tipo o Valor con su unidad
Voltaje	440 V CA
Potencia	185 kW
Corriente	295 A

Fuente: Los autores.

➤ **“Variador del Motor Principal” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.**

Para el control de la velocidad se tiene un variador en el motor de CA que conforma la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus” denominado “Variador del Motor Principal” cuyas características eléctricas primordiales se aprecian en la tabla 3. 12.

Tabla 3. 12. Características eléctricas del “Variador del Motor Principal” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

Descripción	Característica, Tipo o Valor con su unidad
Voltaje	400/480/500 V CA
Potencia	313 kVA
Corriente	361 A

Fuente: Los autores.

➤ **“Motor Agitador” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.**

Para que el material no se compacte se tiene un motor de CA que forma parte de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus” denominado “Motor Agitador” cuyas características eléctricas primordiales se presentan en la tabla 3. 13.

Tabla 3. 13. Características eléctricas del “Motor Agitador” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

Descripción	Característica, Tipo o Valor con su unidad
Voltaje	460 V CA
Potencia	1.5 HP
Corriente	2.3 A

Fuente: Los autores.

3.3.2. Cálculos eléctricos de los equipos principales de la “Máquina Extrusora XT-17 Plus” previo a los diagramas.

En esta sección se presentan los cálculos eléctricos de los 5 equipos principales dentro de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”, así como su respectivo criterio de selección para lo cual se deberá visualizar los valores de las figuras 3. 10. y 3. 11.

➤ **“Resistencias de Calor del Túnel”.**

En esta sección se presentan los cálculos dentro de las resistencias de calor del túnel.

En el siguiente cálculo se detalla el calibre del conductor de las resistencias de calor del túnel:

$$I_n \cdot 1.25 = (3.75 A) \cdot 1.25 = \mathbf{4.68 A}$$

En el siguiente cálculo se indica la protección de las resistencias de calor del túnel:

$$I_n \cdot 1.5 = (3.75 A) \cdot 1.5 = \mathbf{5.6 A}$$

Para el criterio de selección según la figura 3. 11. de ampacidad de conductores eléctricos según su calibre, el conductor a seleccionar sería el # 12. Se ha seleccionado un fusible de 3 polos de 10 A. En este caso se ha sobredimensionado tanto el calibre del conductor como la protección debido a que las resistencias en total son 6 por túnel, en la cual 2 resistencias van conectadas en paralelo y su conexión es en Y.

➤ **“Motores de Enfriamiento del Túnel”.**

En esta sección se aprecian los cálculos dentro de los motores de enfriamiento del túnel.

En el siguiente cálculo se da a conocer el calibre del conductor de los motores de enfriamiento del túnel:

$$In \cdot 1.25 = (1.75 A) \cdot 1.25 = \mathbf{2.18 A}$$

En el siguiente cálculo se detalla la protección de los motores de enfriamiento del túnel:

$$In \cdot 1.5 = (1.75 A) \cdot 1.5 = \mathbf{2.62 A}$$

Para el criterio de selección según la figura 3. 11. de ampacidad de conductores eléctricos según su calibre, el conductor a seleccionar sería el # 14, este conductor soporta hasta 25 A, y se lo seleccionó para facilitar su operación y no tener inconvenientes con sobrecalentamiento. Se seleccionó una protección con un guarda motor de 1.6 – 2.5 A.

➤ ***“Motor Principal” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.***

En esta sección se ilustran los cálculos dentro del “Motor Principal” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

En el siguiente cálculo se indica el calibre del conductor del “Motor Principal”:

$$In \cdot 1.25 = (295 A) \cdot 1.25 = \mathbf{368 A}$$

En el siguiente cálculo se da a conocer la protección del “Motor Principal”:

$$In \cdot 1.5 = (295 A) \cdot 1.5 = \mathbf{442.5 A}$$

Para el criterio de selección según la figura 3. 10. de ampacidad de conductores tipo superflex según su calibre, el conductor a seleccionar sería el # 1/0 por fase ya que cada conductor 1/0 soporta hasta 204 A. Se ha seleccionado un fusible de 3 polos de 450 A.

➤ **“Motor Agitador” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.**

En esta sección se detallan los cálculos dentro del “Motor Agitador” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

En el siguiente cálculo se detalla el calibre del conductor del “Motor Principal”:

$$I_n \cdot 1.25 = (2.3 A) \cdot 1.25 = \mathbf{2.87 A}$$

En el siguiente cálculo se muestra la protección del “Motor Principal”:

$$I_n \cdot 1.5 = (2.3 A) \cdot 1.5 = \mathbf{3.45 A}$$

Para el criterio de selección según la figura 3. 11. de ampacidad de conductores eléctricos según su calibre, el conductor a seleccionar sería el # 14 concéntrico de 4 hilos 3 fases y una tierra, este conductor soporta hasta 25 A, se lo seleccionó para facilitar su operación y no tener problemas con sobrecalentamiento. Se seleccionó una protección con un guarda motor de 2.5 – 4 A.

CABLE TYPE SUPERFLEX 1000 V 3 CONDUCTORS PHASE + 3 NEUTRAL 50%							
Conductor Size	Nominal Area	Insulation Thickness	Jacket Thickness	Total OD	Total Weight	Ampacity	
						Buried Duct Triplex 20°C Amb.Temp	Free Air Triplex 30°C Amb.Temp
AWG / MCM	mm ²	mm		mm	kg / km	A	A
4	21.2	0.9	1.3	19.52	990	111	116
2	33.6	0.9	1.4	23.49	1,328	143	155
1	42.4	1.0	1.5	26.19	1,656	162	178
1/0	53.5	1.0	1.6	28.58	2,107	181	204
2/0	67.4	1.1	1.7	31.66	2,572	210	240
3/0	85.0	1.1	1.8	35.13	3,298	241	284
4/0	107	1.2	1.9	38.98	4,058	276	330
250	127	1.2	1.9	41.38	4,713	303	368
350	177	1.6	2.1	50.10	6,830	364	455
500	253	1.7	2.4	58.42	9,383	447	569

Figura 3. 10. Ampacidad de conductores tipo superflex.
Fuente: Los autores.

Ampacidad de conductores según su calibre, aislante y máxima temperatura ambiente

Calibre AWG o kcmil	Temperatura máxima en conductor						Calibre AWG o kcmil
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	(140°F)	(167°F)	(194°F)	(140°F)	(167°F)	(194°F)	
	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	
	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	
Cobre			Aluminio				
18	----	----	14	----	----	----	----
16	----	----	18	----	----	----	----
14	15	20	25	----	----	----	----
12	20	25	30	15	20	25	12
10	30	35	40	25	30	35	10
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400

Figura 3. 11. Ampacidad de conductores según su calibre, aislante y máxima temperatura ambiente.
Fuente: Los autores.

3.3.3. Características eléctricas del sistema de control de la “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

En esta sección se presentan las características eléctricas primordiales del sistema de control, mediante tablas de los 5 equipos principales dentro de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

➤ **“Transformador para el sistema de control 220 V CA”.**

Se tiene un transformador que se encuentra ubicado en el sistema de control de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus” denominado “Transformador para el sistema de control 220 V CA” cuyas características eléctricas primordiales se dan a conocer en la tabla 3. 14.

Tabla 3. 14. Características eléctricas del “Transformador para el sistema de control 220 V CA” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

Descripción	Característica, Tipo o Valor con su unidad
Voltaje	480 a 220 V CA
Potencia	1.00 kVA
Frecuencia	60 Hz

Fuente: Los autores.

➤ **“Fuente de alimentación para el PLC”.**

Para energizar al PLC se tiene una fuente de alimentación en el sistema de control de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus” denominado “Fuente de alimentación para el PLC” cuyas características eléctricas primordiales se indican en la tabla 3. 15.

Tabla 3. 15. Características eléctricas de la “Fuente de alimentación para el PLC” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

Descripción	Característica, Tipo o Valor con su unidad
Denominación	Fuente de poder PM1507
Voltaje de entrada	120/230 V CA
Voltaje de salida	24 V CD
Corriente	5 A

Fuente: Los autores.

➤ **“Fuente de alimentación SITOP”.**

Para energizar a otros equipos de control se tiene una fuente de alimentación ubicada en el sistema de control de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus” denominado “Fuente de alimentación SITOP” cuyas características eléctricas primordiales se detallan en la tabla 3. 16.

Tabla 3. 16. Características eléctricas de la “Fuente de alimentación SITOP” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

Descripción	Característica, Tipo o Valor con su unidad
Voltaje de entrada	400 - 500 V CA
Voltaje de salida	24 V CD
Corriente	20 A

Fuente: Los autores.

➤ **“HMI KTP-1200”.**

Se tiene una pantalla HMI que forma parte del sistema de control de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus” denominado “HMI KTP-1200” cuyas características eléctricas primordiales se muestran en la tabla 3. 17.

Tabla 3. 17. Características eléctricas de la “HMI KTP-1200” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

Descripción	Característica, Tipo o Valor con su unidad
Denominación	SIMATIC Basic Panel KTP1200 PN a color
Tamaño	12“
Cantidad de teclas de función	10
Display, gama de colores y formato	TFT de alta resolución, 64.000 y widescreen
Interfaz	PROFINET / Industrial Ethernet y USB
Configurable con software	TIA PORTAL, WinCC V13 Basic o superior
Voltaje	24 V CD
Corriente	0.65 A

Fuente: Los autores.

➤ **“CPU del PLC 1500”.**

Por el diseño de control existe una CPU que se integra en el sistema de control de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus” denominado “CPU del PLC 1500” cuyas características eléctricas primordiales se aprecian en la tabla 3. 18.

Tabla 3. 18. Características eléctricas de la “CPU del PLC 1500” de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

Descripción	Característica, Tipo o Valor con su unidad
Denominación	CPU 1511-1PN
Alimentación	24 V CD

Memoria de trabajo	150 kB
Memoria de datos	1 MB
Interfaz	PROFINET / Industrial Ethernet con requiere Simatic Memory Car

Fuente: Los autores.

3.3.4. Diagramas nuevos de la “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

Se diseñan en el programa de AutoCAD los doce diagramas que conforman la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus” detallados entre las figuras 3. 12. a la 3. 23., entre ellos; el sistema de fuerza, el sistema de maquinarias y el sistema de control, para el diseño e implementación del sistema eléctrico trifásico de fuerza y del sistema de control con todas sus señales analógicas y digitales agregándolas al PLC S7 1500 en conjunto con la pantalla HMI KTP-1200 PN Basic.

Los cambios realizados en todos los sistemas que conforman la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus” es con el fin de optimizar la operación y lograr aumentar la producción de tubería plástica en la subárea de extrusión.

➤ **Diagramas de fuerza de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.**

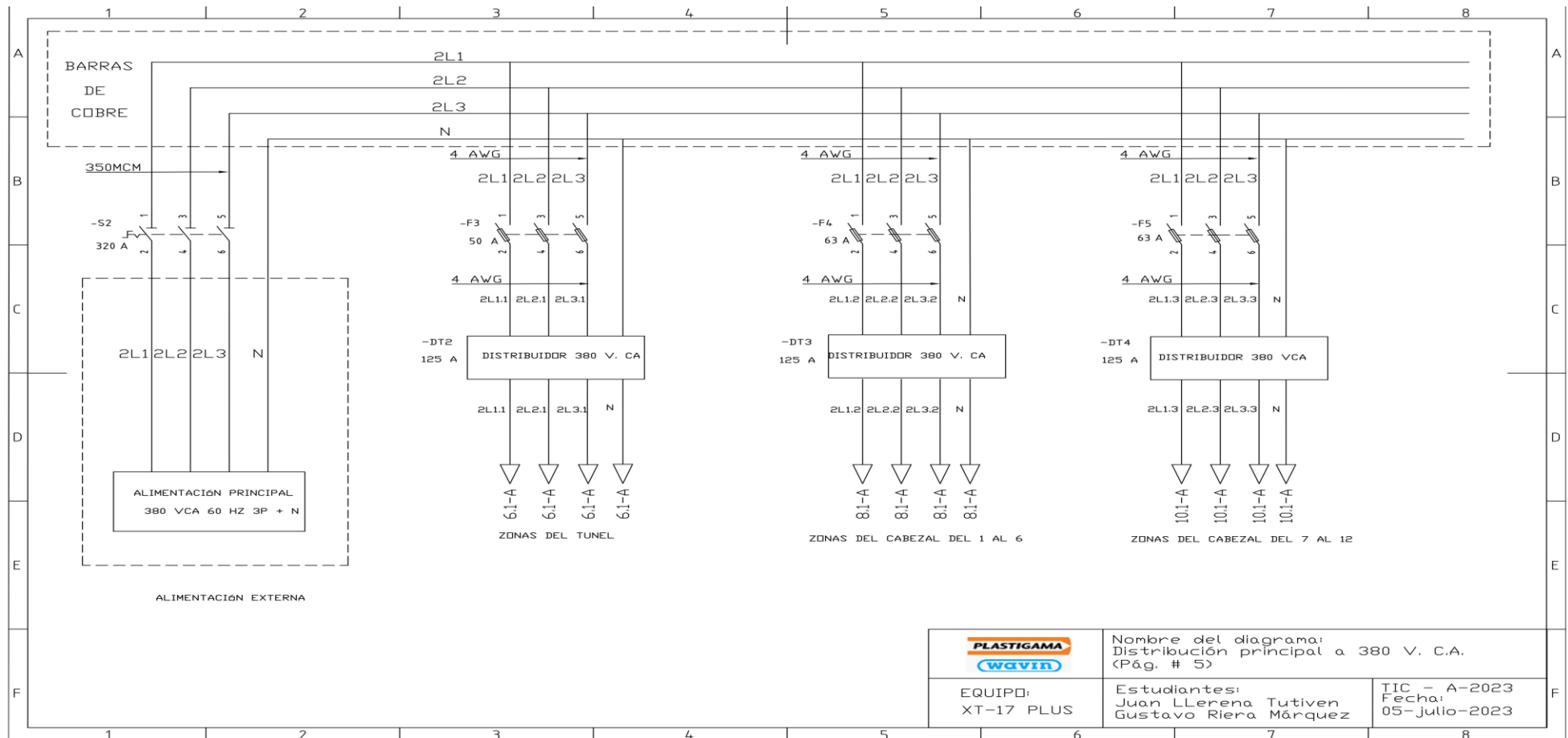


Figura 3. 12. Distribución principal a 380 V CA.

Fuente: Los autores.

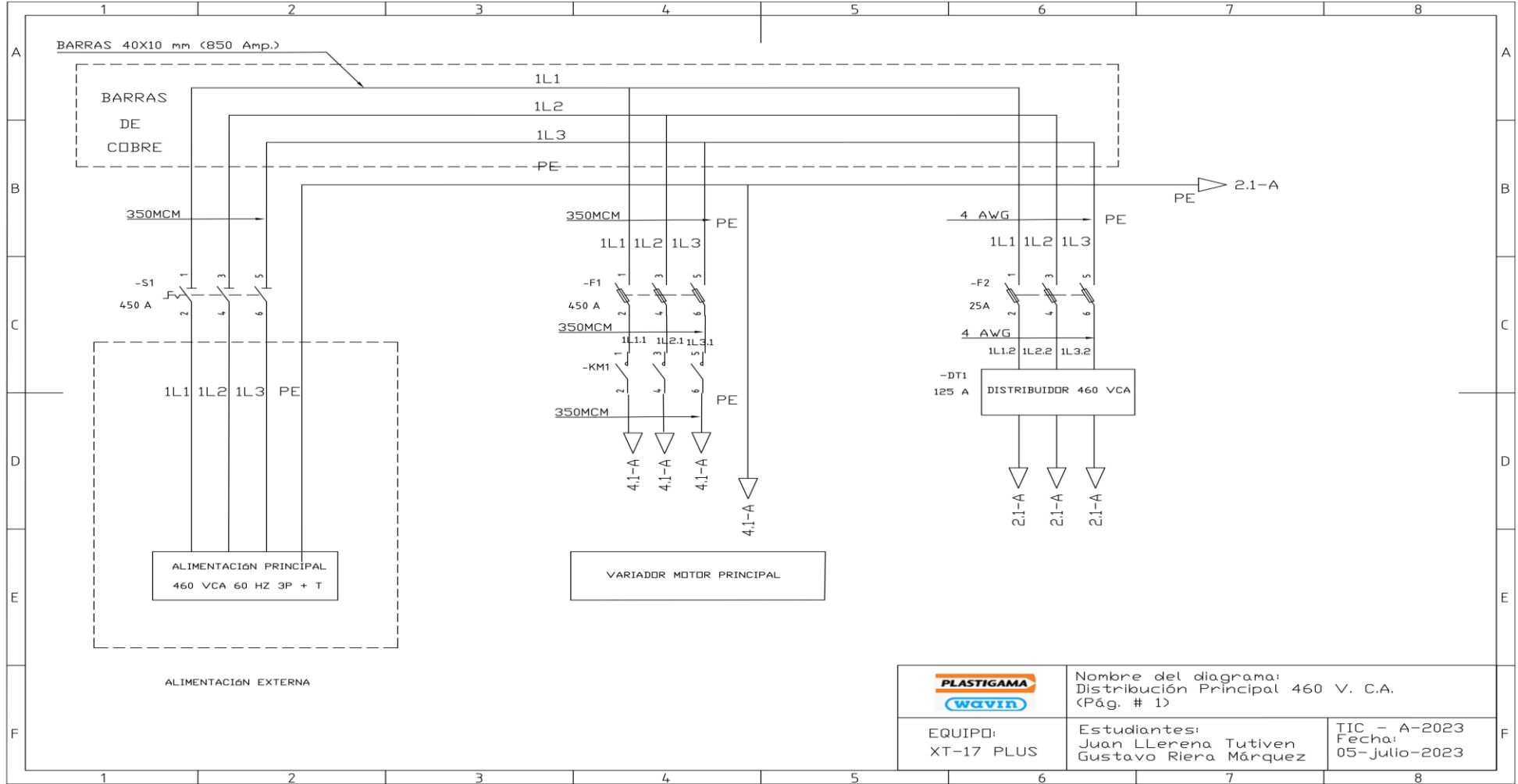


Figura 3. 13. Distribución principal 460 V CA.
Fuente: Los autores.

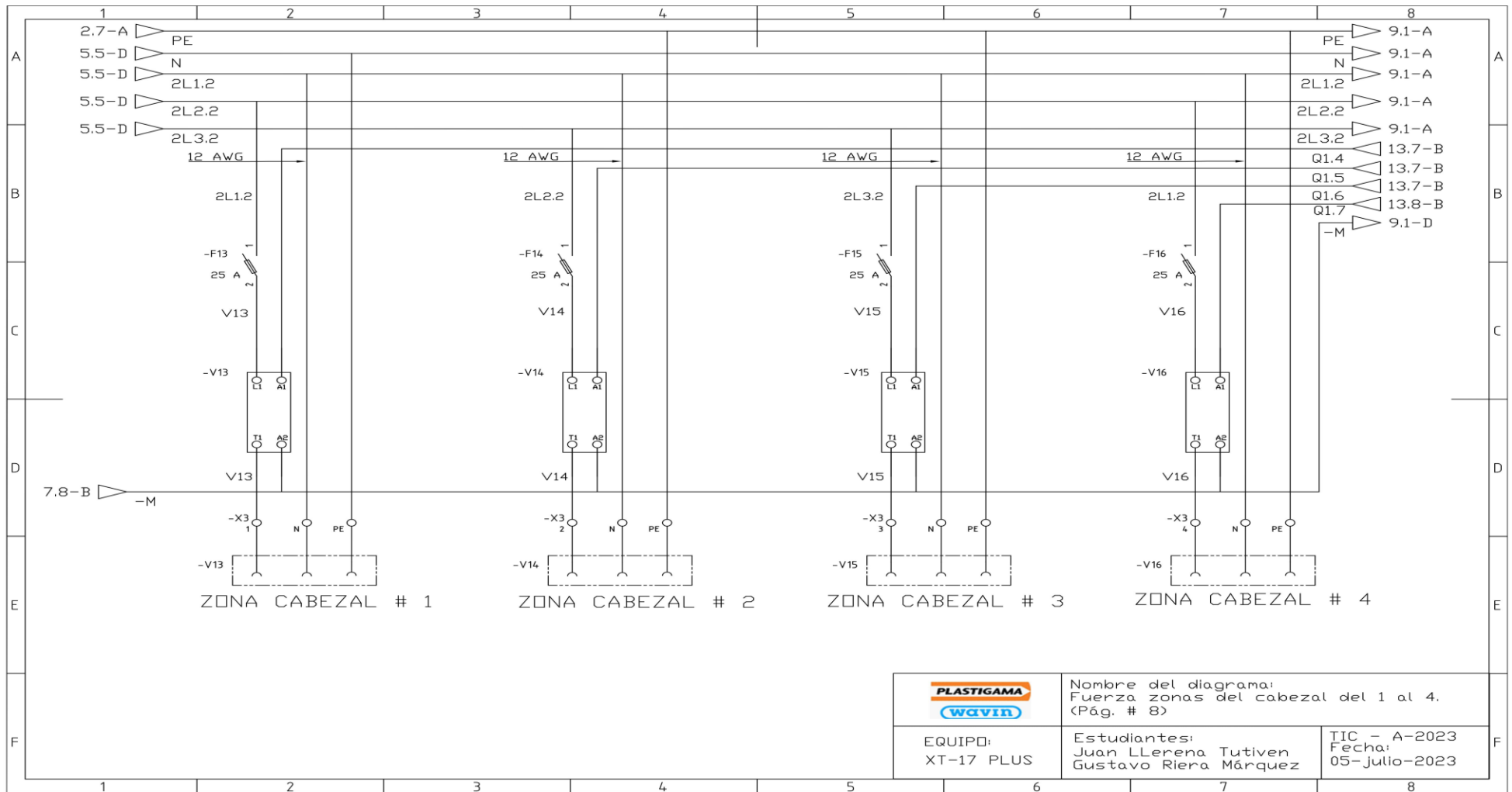


Figura 3. 14. Fuerza zonas del cabezal del 1 al 4.
 Fuente: Los autores.

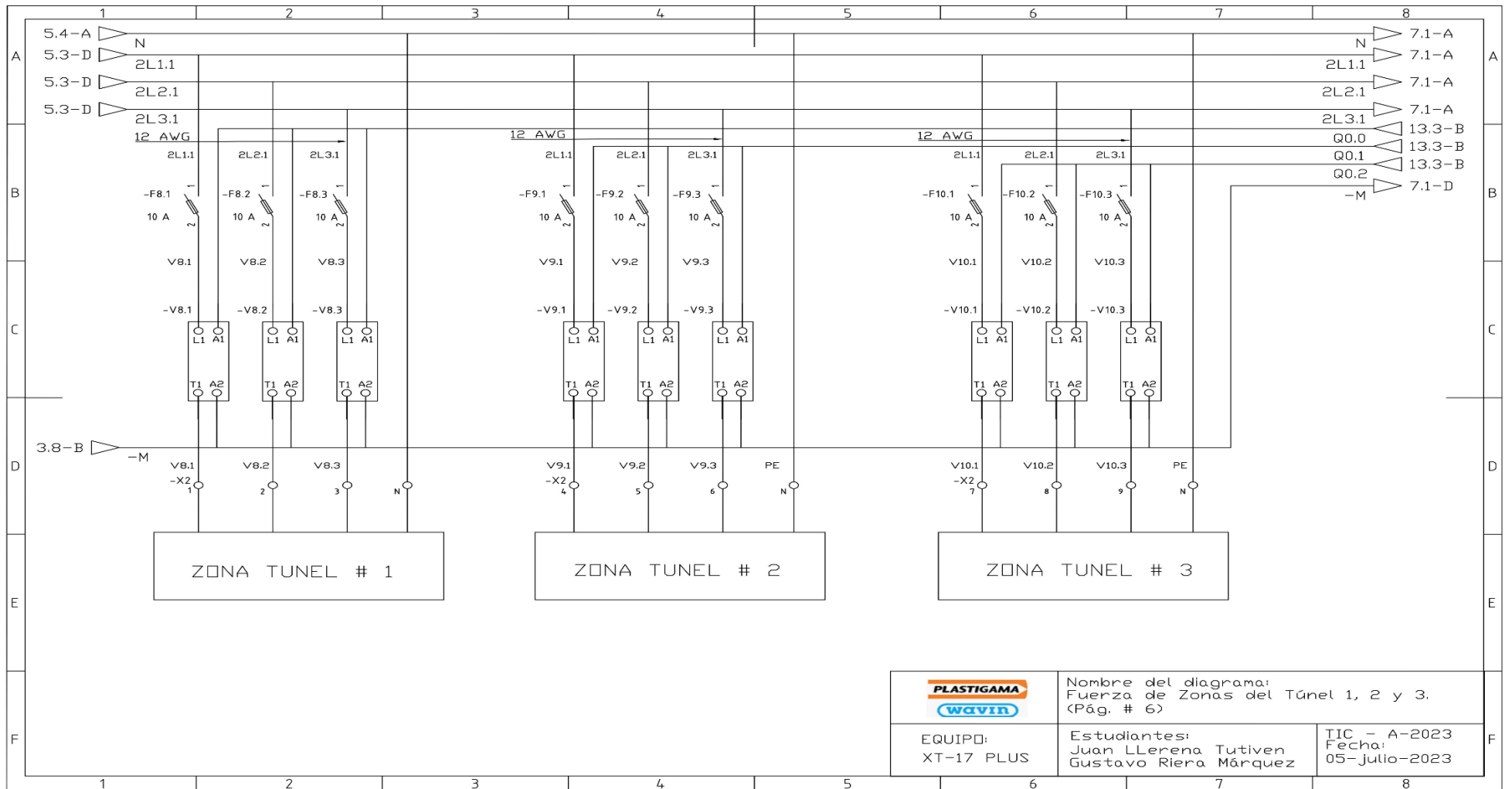


Figura 3. 15. Fuerza de zonas del túnel 1, 2 y 3.
Fuente: Los autores.

➤ Diagramas de sistemas y maquinarias de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

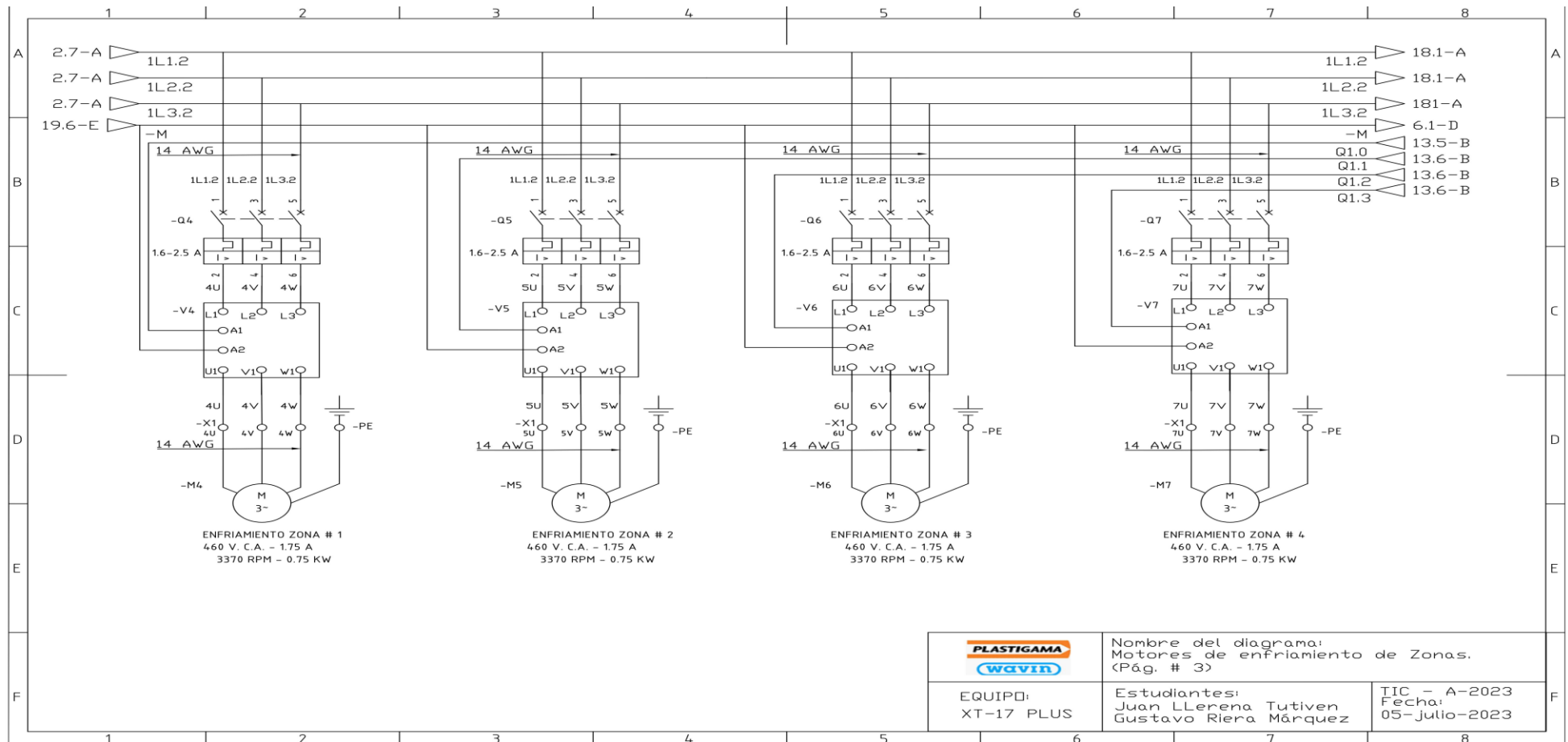


Figura 3. 16. Motores de enfriamiento de zonas.
 Fuente: Los autores.

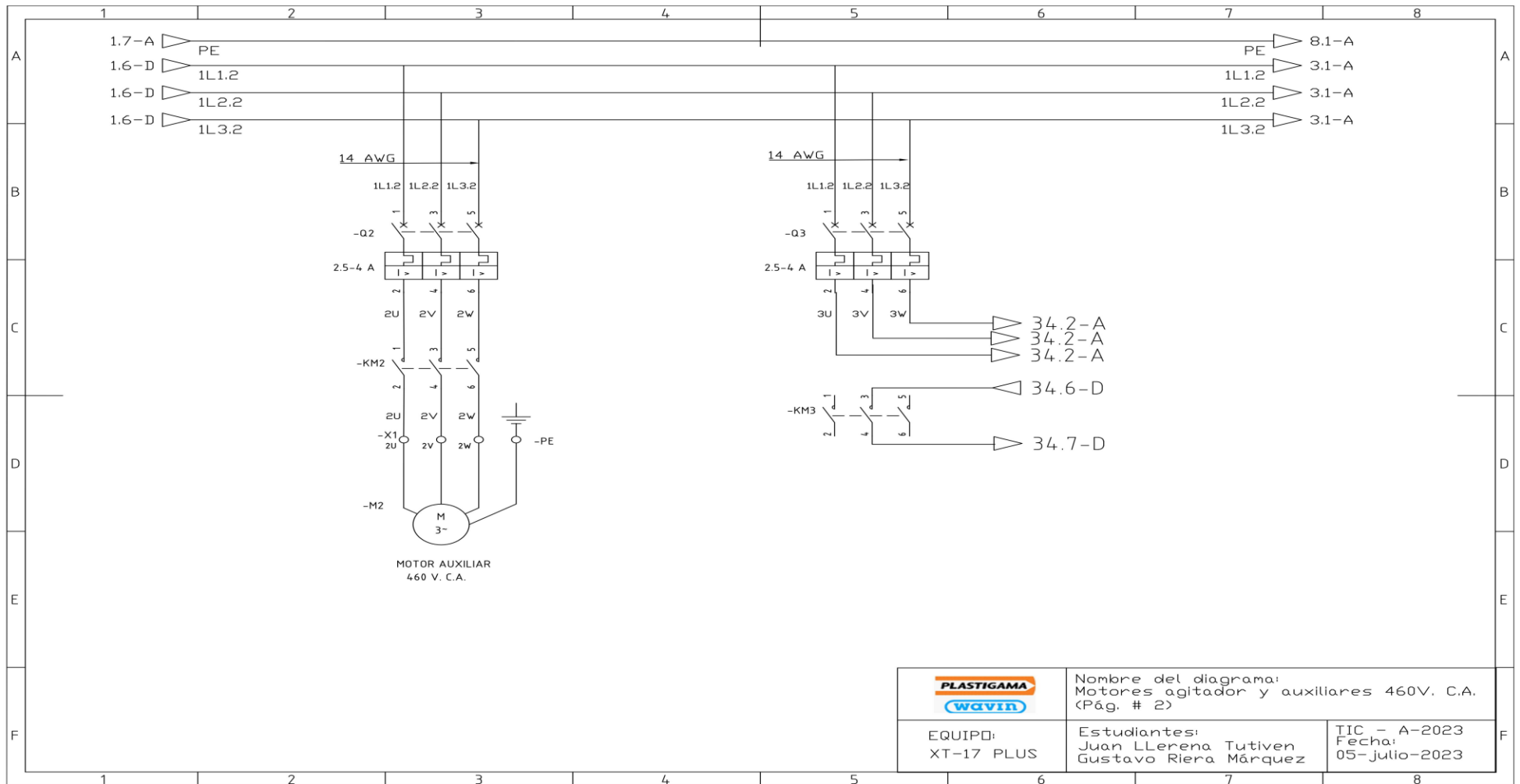


Figura 3. 17. Motores agitador y auxiliares 460 V CA.
Fuente: Los autores.

➤ **Diagramas y equipos conformados en el sistema de control de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.**

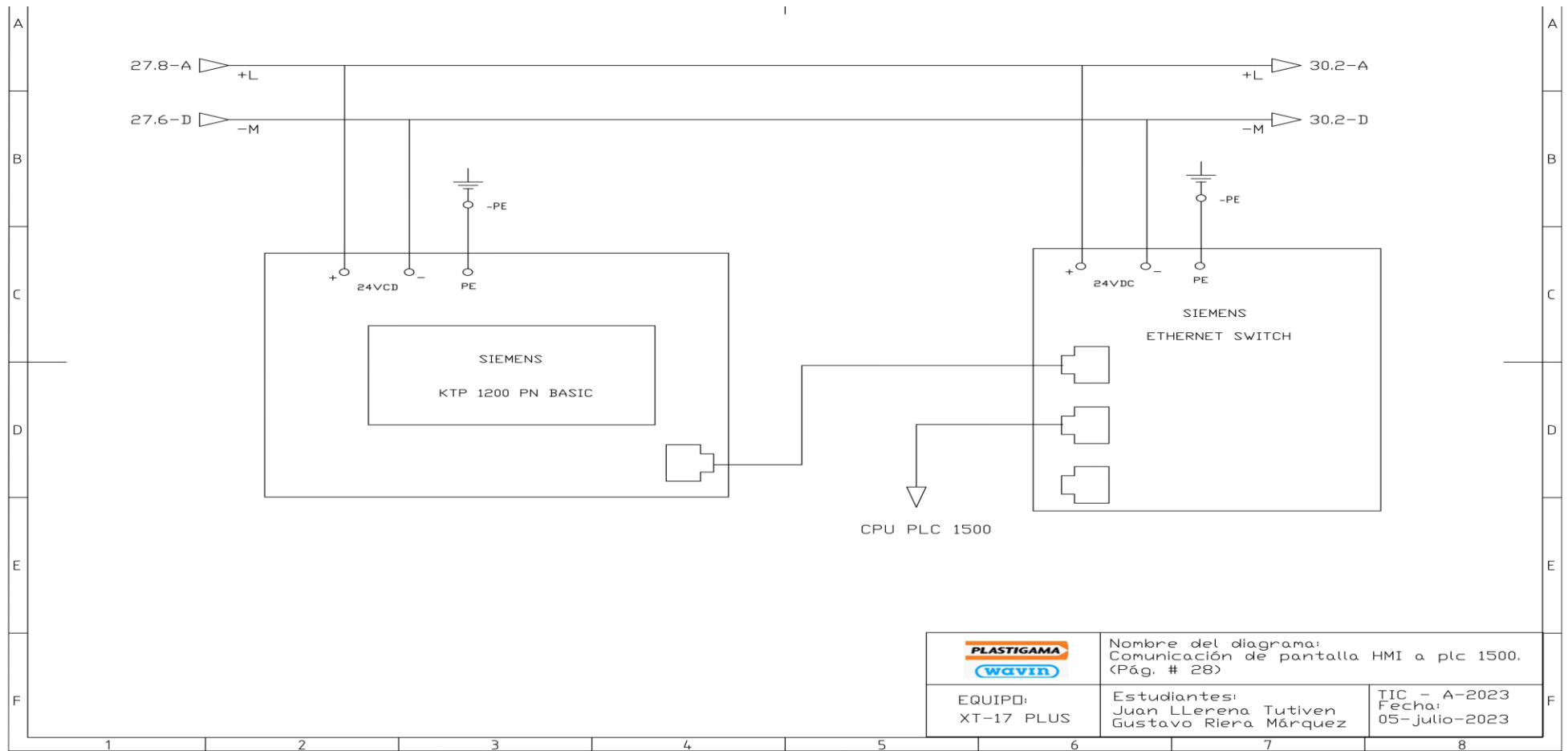


Figura 3. 18. Comunicación de pantalla HMI a PLC 1500.

Fuente: Los autores.

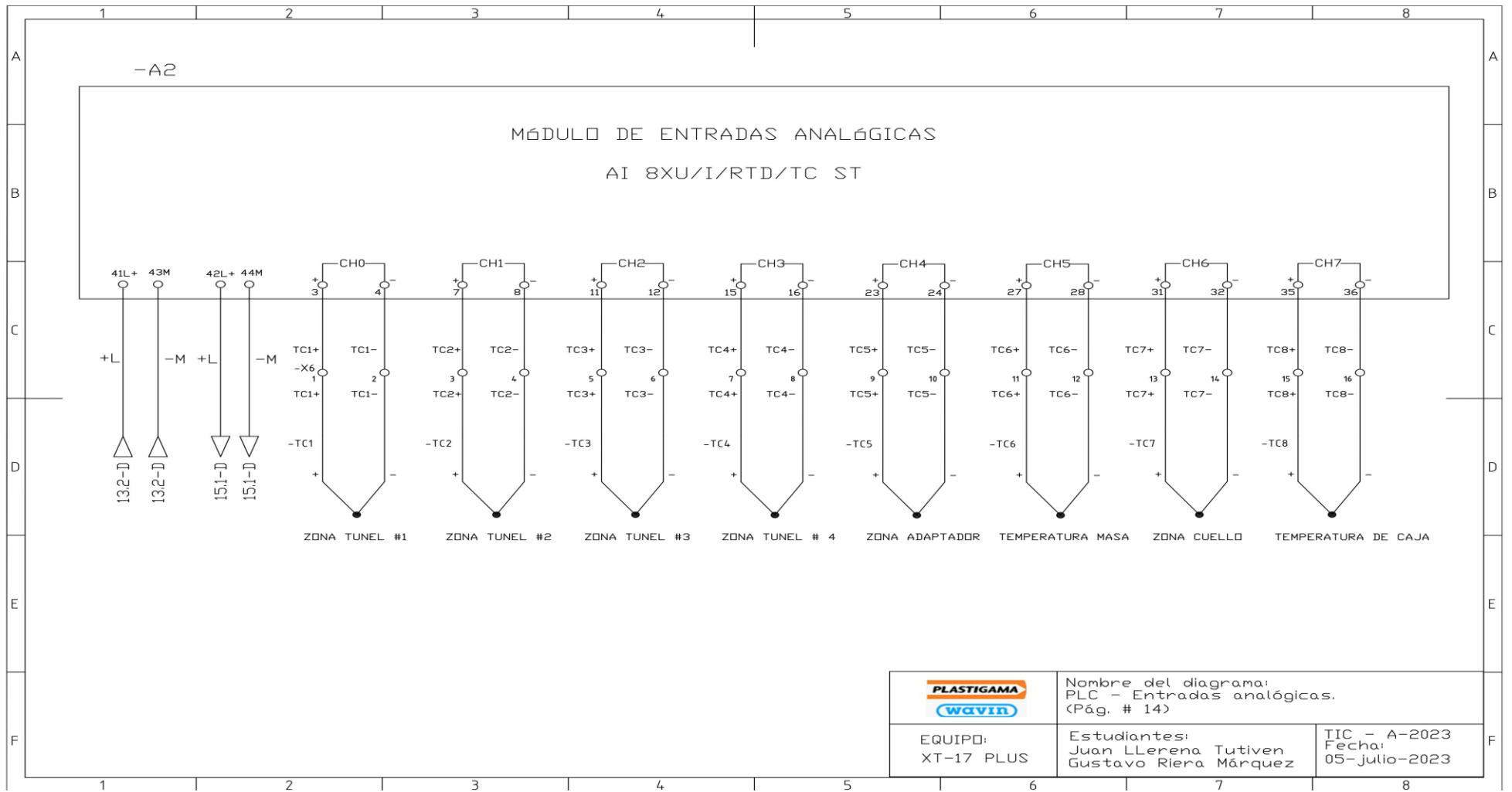


Figura 3. 19. PLC – Entradas analógicas.
Fuente: Los autores.

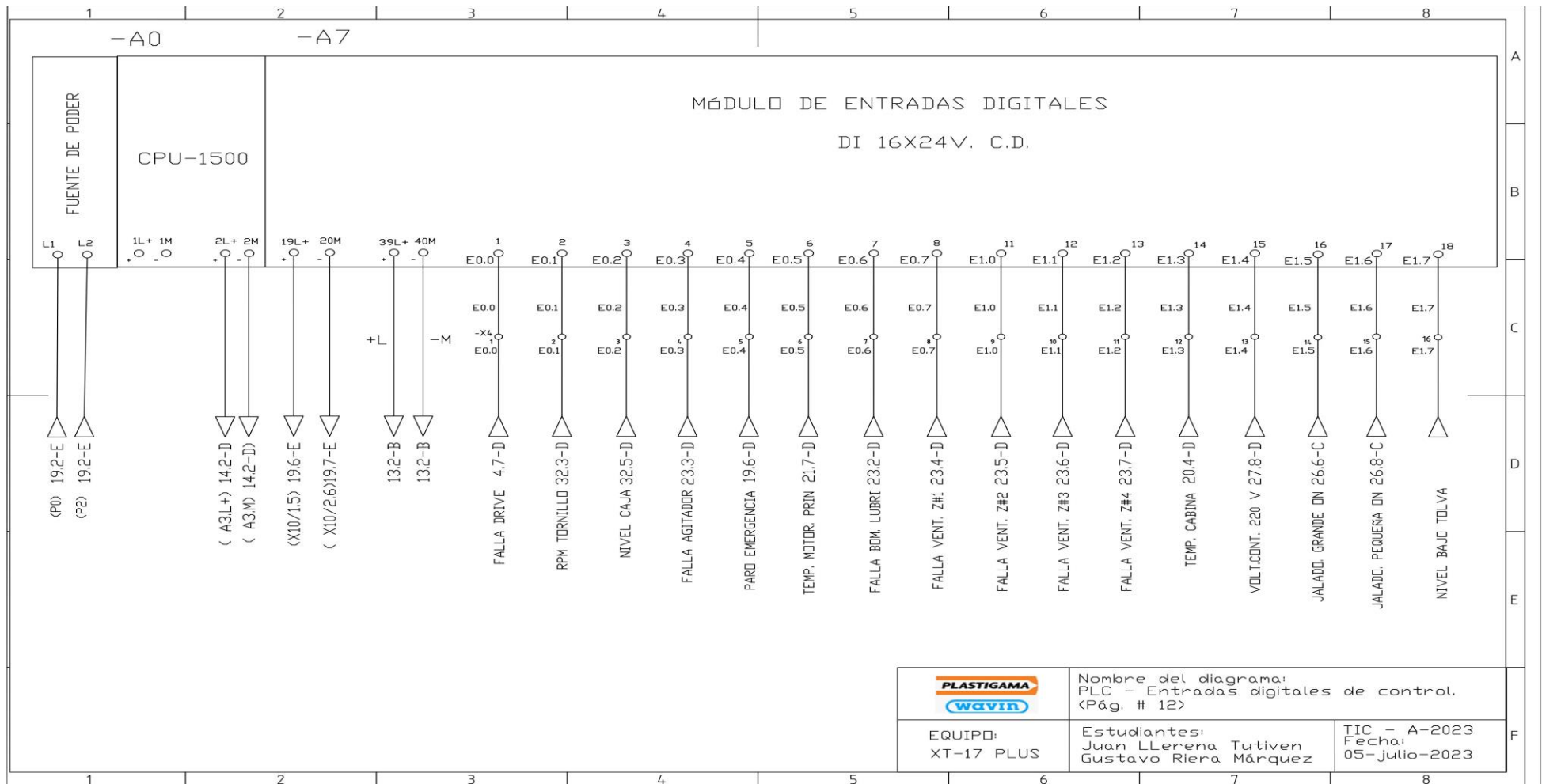


Figura 3. 20. PLC – Entradas digitales de control.
Fuente: Los autores.

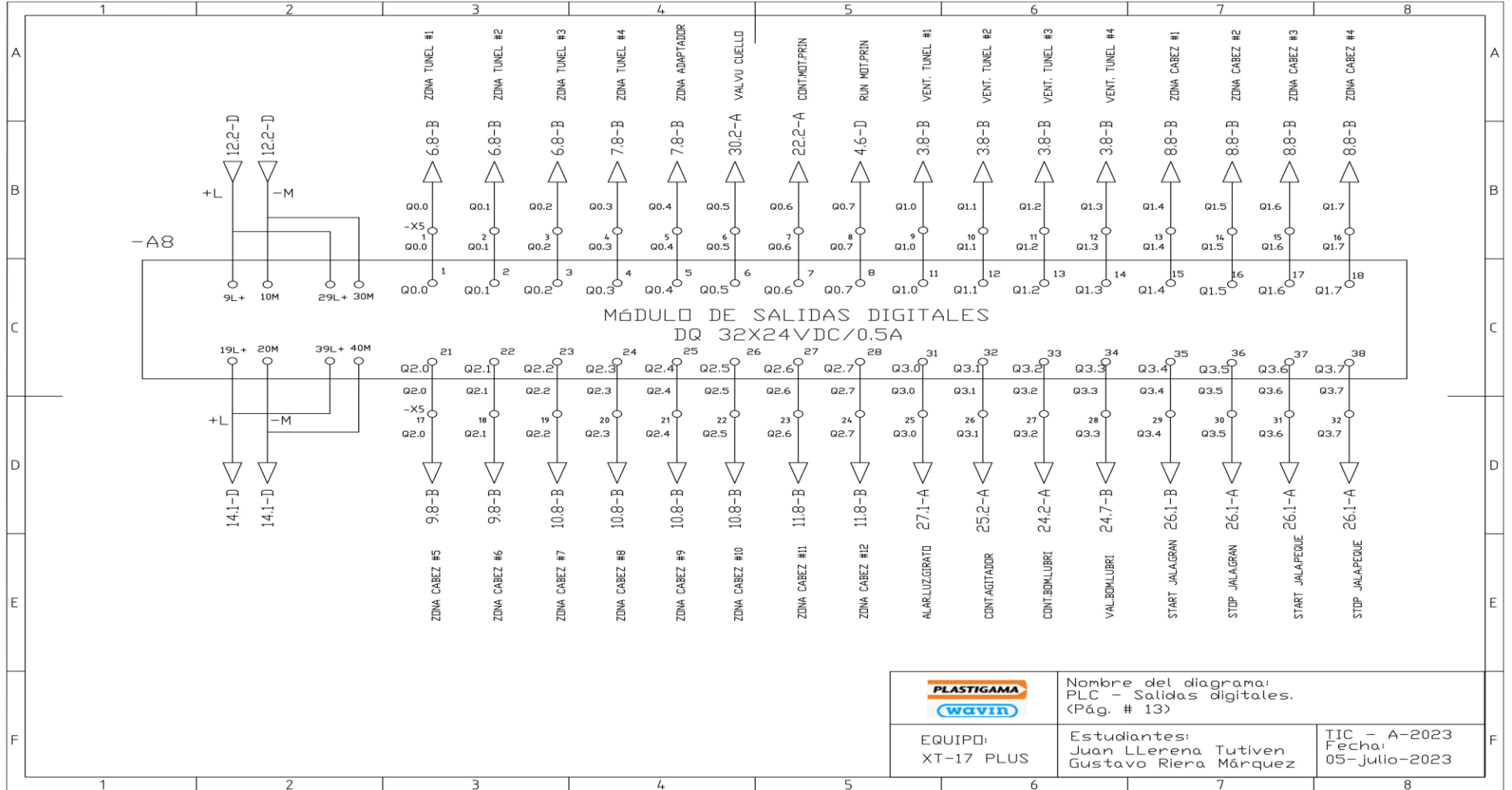


Figura 3. 21. PLC – Salidas digitales.
Fuente: Los autores.

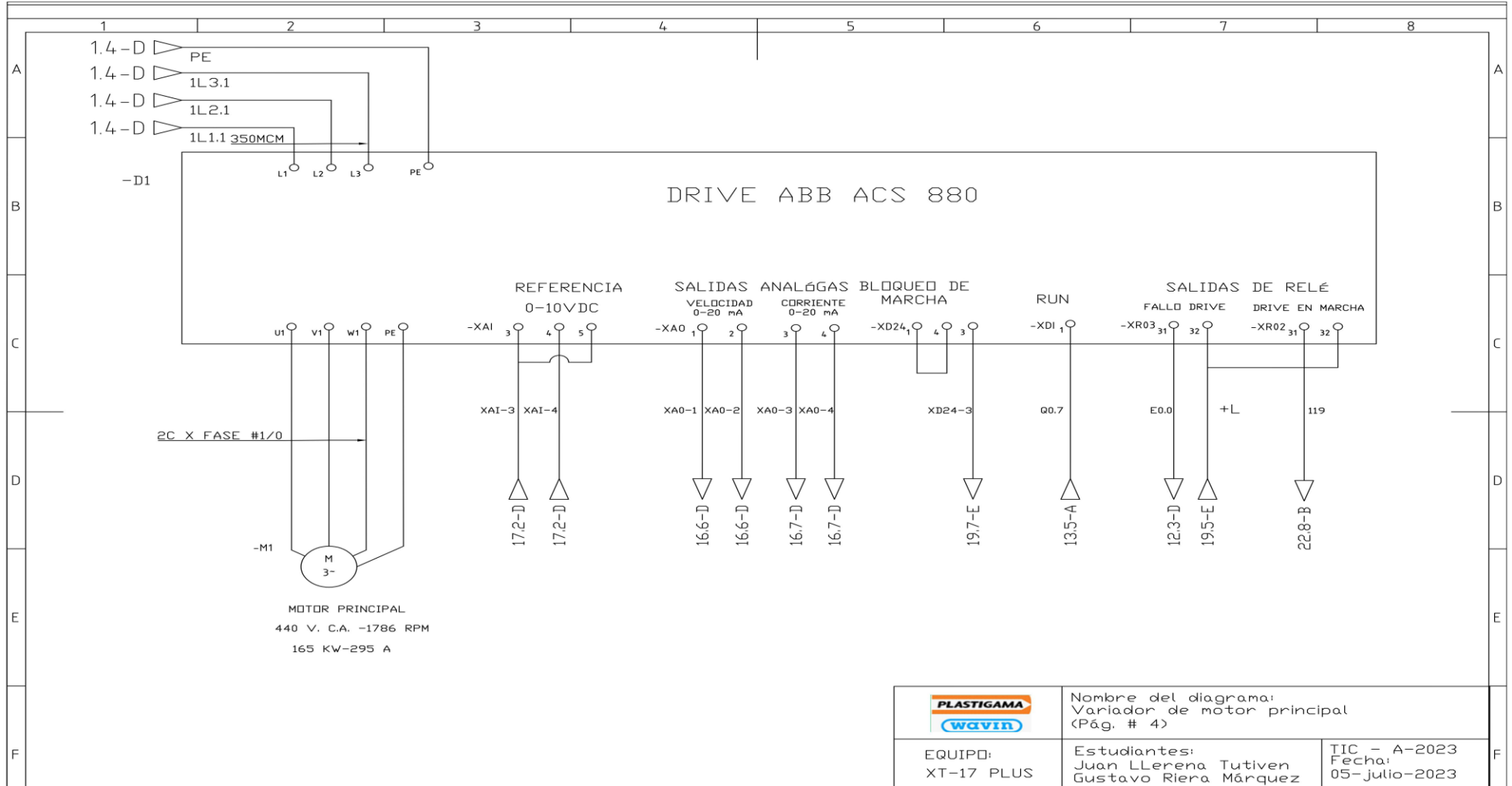


Figura 3. 22. Variador de motor principal.
Fuente: Los autores.

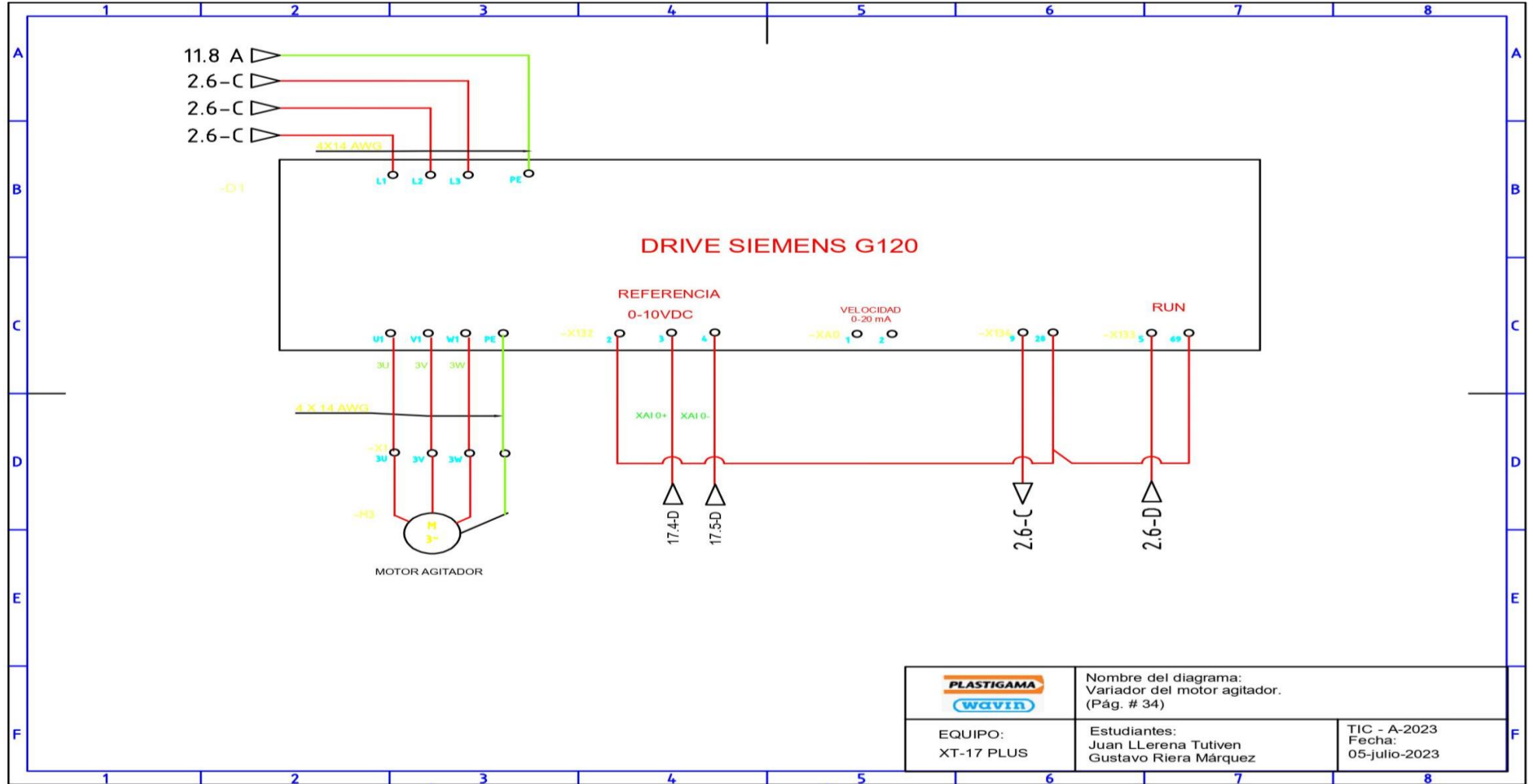


Figura 3. 23. Variador de motor agitador.
Fuente: Los autores.

3.3.5. Descripción general de los doce diagramas nuevos de la “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

Los diagramas de fuerza y control que se han presentado en páginas anteriores muestran el desarrollo y diseño de los nuevos tableros eléctricos que controlan el proceso de manera automática el proceso de extracción de tubería plástica. En la página # 1 muestra como es alimentado el voltaje de 460 V CA y como este es distribuido.

Los diagramas de las páginas # 2, # 3 y # 4 muestran cómo son alimentados los grupos de motores que tenemos como son el motor principal, los motores de enfriamiento y motores auxiliares. En estos diagramas se aprecia su alimentación y sus protecciones eléctricas que previamente han sido calculadas. En el diagrama de la página # 5, detalla cómo está distribuido el sistema de alimentación en 380 V CA que alimentan a las zonas de túneles y del cabezal. La carga que es conectada en los diagramas de la página # 6 y # 8 son resistencias que se encargan de calentar el producto a la temperatura de Set Point.

En las páginas # 12, # 13 y # 14 se encuentran registradas las entradas y salidas tanto analógicas como digitales del PLC - 1500 que permite tener el control de las variables del sistema de extrusión. En la página # 28 muestra un diagrama de conexión entre el HMI KTP-1200, el PLC -1500 y la fuente de alimentación. En la página # 34 contiene el diagrama de fuerza y control del motor agitador que va conectado al variador de velocidad Siemens G120.

Este conjunto de diagramas representa la fuerza y el control necesarios para que la línea de extrusión XT-17 Plus funcione correctamente.

3.4. Desarrollo de las plantillas de operación de la pantalla HMI de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

De acuerdo con el cuarto objetivo específico de la investigación se realiza el diseño de las plantillas de operación en una pantalla HMI cuyo concepto teórico se lo menciona en el ítem 2.3.2. de la fundamentación teórica, y se escogió la pantalla HMI KTP-1200 de la clasificación de “Pantallas Básicas” por sus características técnicas que se acoplan a la necesidad de la elaboración del TIC. Las plantillas están diseñadas para los sistemas eléctricos de fuerza y control de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.

3.4.1. Plantilla de operación de zonas de barril mediante pantalla HMI KTP-1200.

Sirve para controlar la temperatura y enfriamiento de la zona del túnel o barril que está compuesta por cuatro ventiladores y un adaptador, con esta plantilla también se consigna la temperatura de manera general de todo el túnel o barril con el fin de manejar una rapidez en la programación del “Set Point” de cada una de las zonas, tal como se indica en la figura 3. 24. Se describe cada uno de los componentes de esta plantilla en la tabla 3. 19.

Tabla 3. 19. Descripción de los componentes de la plantilla de operación de zonas de barril mediante pantalla HMI KTP-1200.

Ubicación	Descripción
1	Interruptor principal para encender zonas del barril.
2	Interruptor independiente para cada zona del barril.
3	Configuración individual de temperaturas para las zonas de calentamiento.
4	Representación del calentamiento del barril.
5	Configuración general de temperaturas para todas las zonas del barril.
6	Siguiente página de zonas de calentamiento.

Fuente: Los autores.

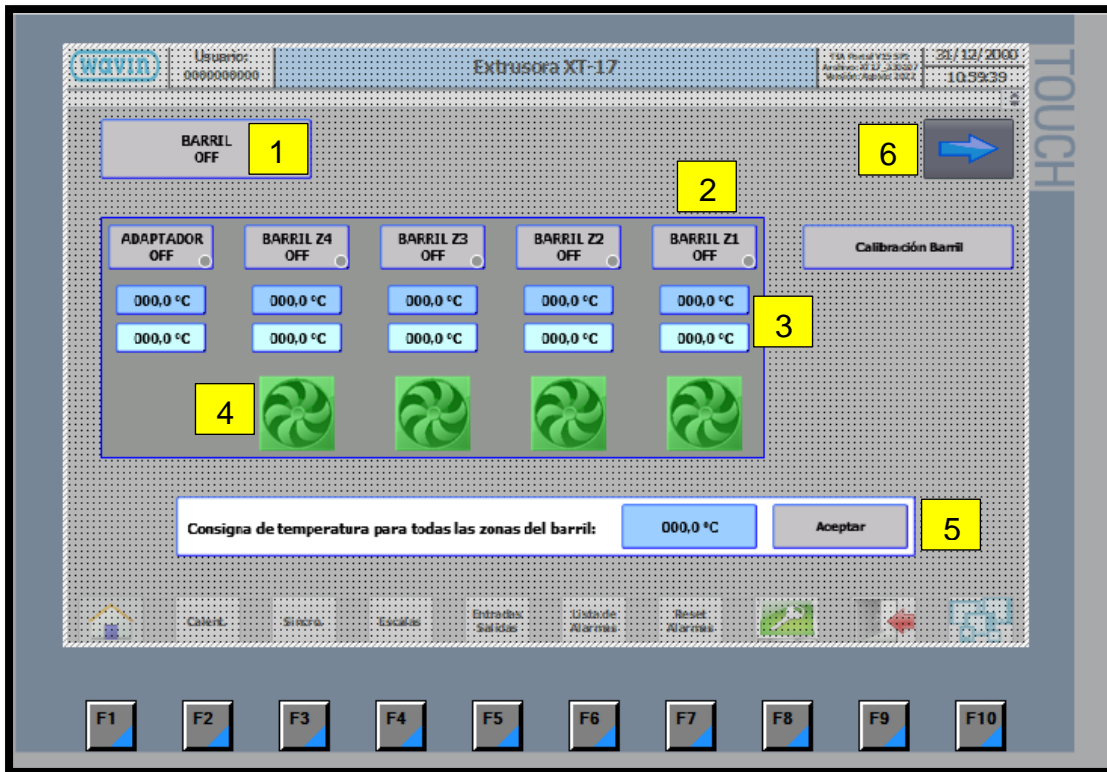


Figura 3. 24. Plantilla de operación de zonas de barril mediante pantalla HMI KTP-1200.
Fuente: Los autores.

3.4.2. Plantilla de operación de zonas de cabezal mediante pantalla HMI KTP-1200.

Sirve para controlar la temperatura de las doce zonas que comprenden el cabezal mediante un interruptor principal, o también se puede controlar la temperatura mediante una consigna general con el fin de programar al mismo tiempo todas las zonas que conforman la parte del cabezal o de manera individual, tal como se muestra en la figura 3. 25. Se describe cada uno de los componentes de esta plantilla en la tabla 3. 20.

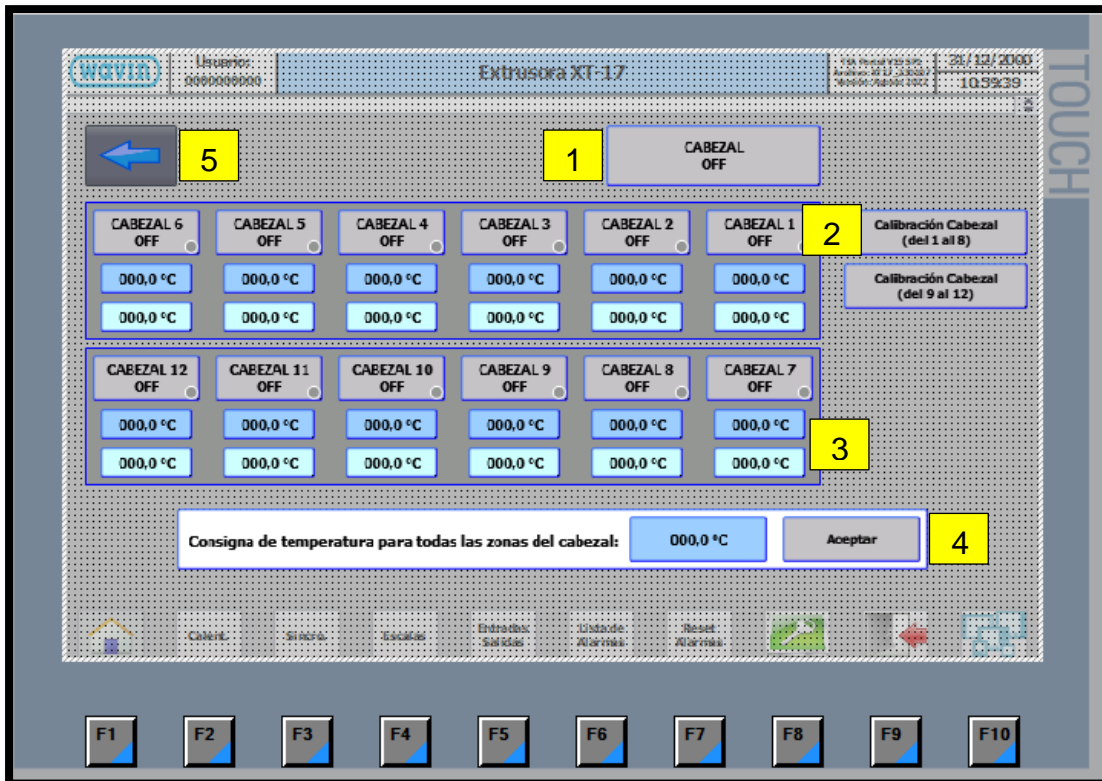


Figura 3. 25. Plantilla de operación de zonas de cabezal mediante pantalla HMI KTP-1200.
Fuente: Los autores.

Tabla 3. 20. Descripción de los componentes de la plantilla de operación de zonas de cabezal mediante pantalla HMI KTP-1200.

Ubicación	Descripción
1	Interruptor principal para encender zonas del cabezal.
2	Interruptor independiente para cada zona del barril.
3	Configuración individual de temperaturas para las zonas de calentamiento.
4	Configuración general de temperaturas para todas las zonas del barril.
5	Siguiente página de zonas de calentamiento.

Fuente: Los autores.

3.4.3. Plantilla de operación de calibración de entradas analógicas mediante pantalla HMI KTP-1200.

Permite calibrar ya sea por; presión de masa, pulsos de revolución del tornillo, velocidad y corriente del motor principal, los cuales se encuentran alojados en el túnel, además esta plantilla permite calibrar ya sea por parte técnica con el fin de visualizar los valores de las variables como son; las RPM y el amperaje del motor principal, así

como los valores que maneja la presión de masa al instante que se encuentra produciendo la máquina extrusora nueva, tal como se ilustra en la figura 3. 26. Se describe cada uno de los componentes de esta plantilla en la tabla 3. 21.

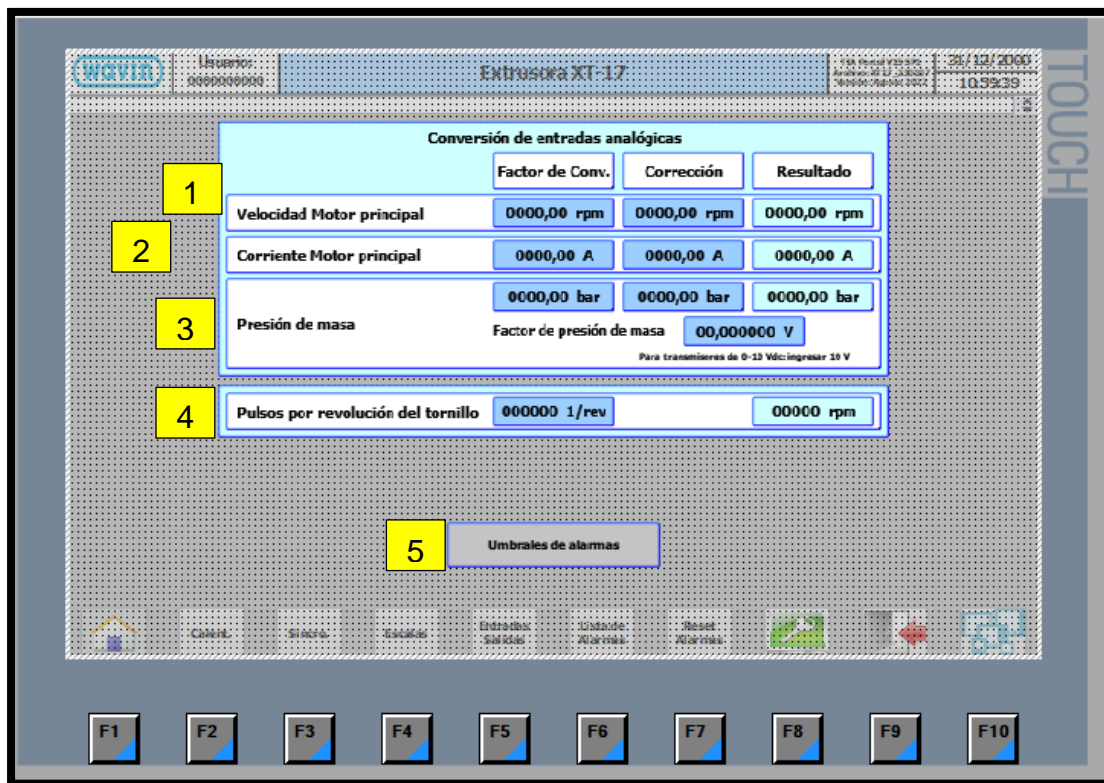


Figura 3. 26. Plantilla de operación de calibración de entradas analógicas mediante pantalla HMI KTP-1200.

Fuente: Los autores.

Tabla 3. 21. Descripción de los componentes de la plantilla de operación de calibración de entradas analógicas mediante pantalla HMI KTP-1200.

Ubicación	Descripción
1	1785 RPM
2	295 A
3	700 BAR
4	19 RPM
5	Plantilla de umbrales

Fuente: Los autores.

3.4.4. Plantilla de operación de calibración de umbrales de alarma mediante pantalla HMI KTP-1200.

Está diseñada para consignar todas las alarmas con respecto a los umbrales de las variables; corriente, presión y temperatura con el fin de que la máquina responda ante cualquier alteración de las variables que no se encuentren dentro de sus límites y para todo el sistema de la máquina extrusora nueva, tal como se aprecia en la figura 3. 27. Se describe cada uno de los componentes de esta plantilla en la tabla 3. 22.

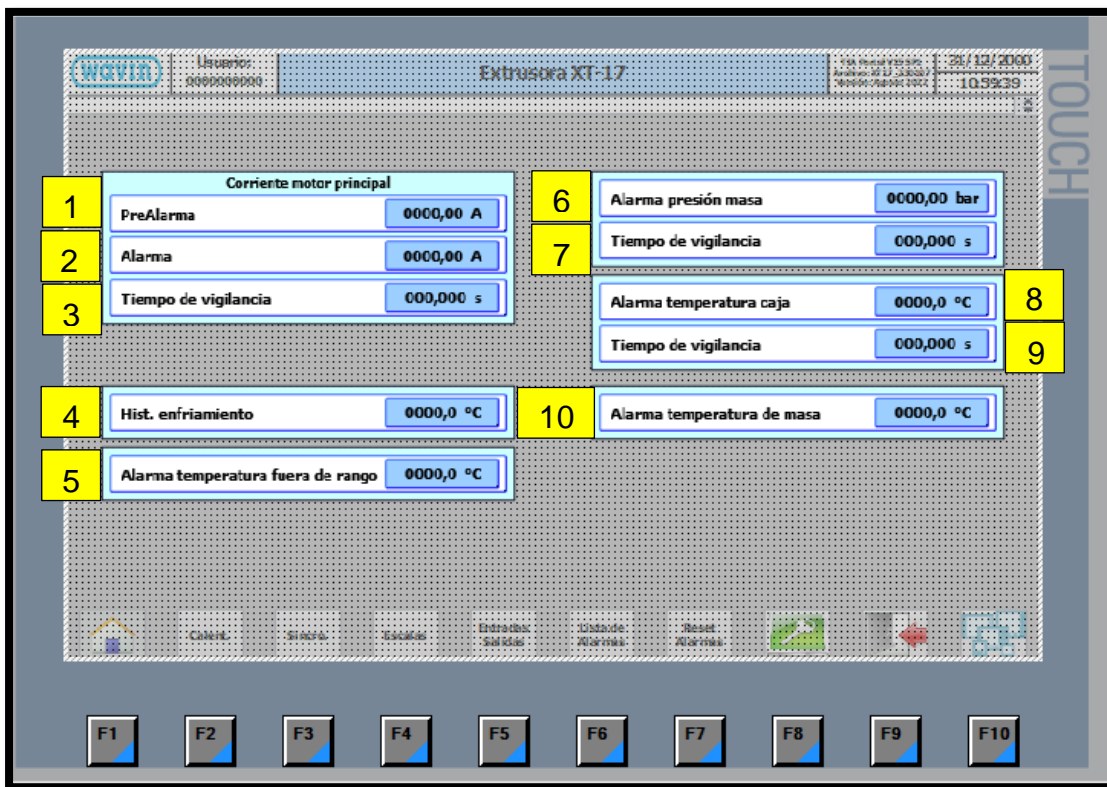


Figura 3. 27. Plantilla de operación de calibración de umbrales de alarma mediante pantalla HMI KTP-1200.

Fuente: Los autores.

Tabla 3. 22. Descripción de los componentes de la plantilla de operación de calibración de umbrales de alarma mediante pantalla HMI KTP-1200.

Ubicación	Descripción
1	250 A
2	290 A
3	3 s
4	0.5 °C
5	70 °C
6	300 BAR
7	5 s
8	60 °C
9	3 s
10	280 °C

Fuente: Los autores.

3.4.5. Plantilla de operación de control sincronismo mediante pantalla HMI KTP-1200.

Es una plantilla general para poder controlar todos los equipos que intervienen en la línea de producción y se puede sincronizar las velocidades ya sea de la jaladora pequeña o grande con el motor principal, y también se puede controlar los diversos equipos que existen en la línea de producción, tal como se presenta en la figura 3. 28. Se describe cada uno de los componentes de esta plantilla en la tabla 3. 23.

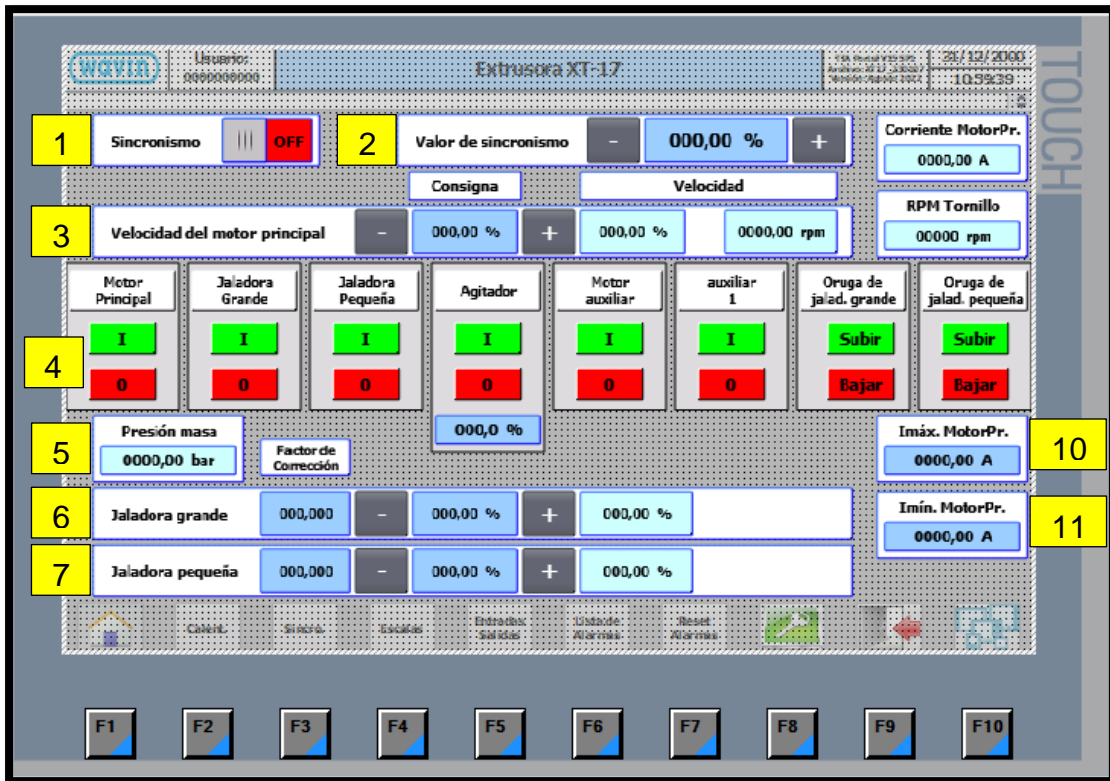


Figura 3. 28. Plantilla de operación de control sincronismo mediante pantalla HMI KTP-1200. Fuente: Los autores.

Tabla 3. 23. Descripción de los componentes de la plantilla de operación de control sincronismo mediante pantalla HMI KTP-1200.

Ubicación	Descripción
1	Encendido de sincronismo de velocidades.
2	Valor de sincronismo general.
3	Valor de velocidad individual motor principal.
4	Encendido y apagado de motores.
5	Visualización de presión de masa.
6	Valor de velocidad jaladora grande.
7	Valor de velocidad jaladora pequeña.
8	Corriente motor principal.
9	Rotación de tornillos.
10	Corriente máxima motor principal.
11	Corriente mínima del motor principal.

Fuente: Los autores.

3.4.6. Plantilla de operación de alarmas activas mediante pantalla HMI KTP-1200.

Al activarse una alarma la plantilla permite al operador visualizar que alarma exactamente se haya activado y en que parte de la extrusora se encuentra la falla, e inclusive muestra mensajes de alarma en tiempo real de la alarma activada, tal como se detalla en la figura 3. 29.

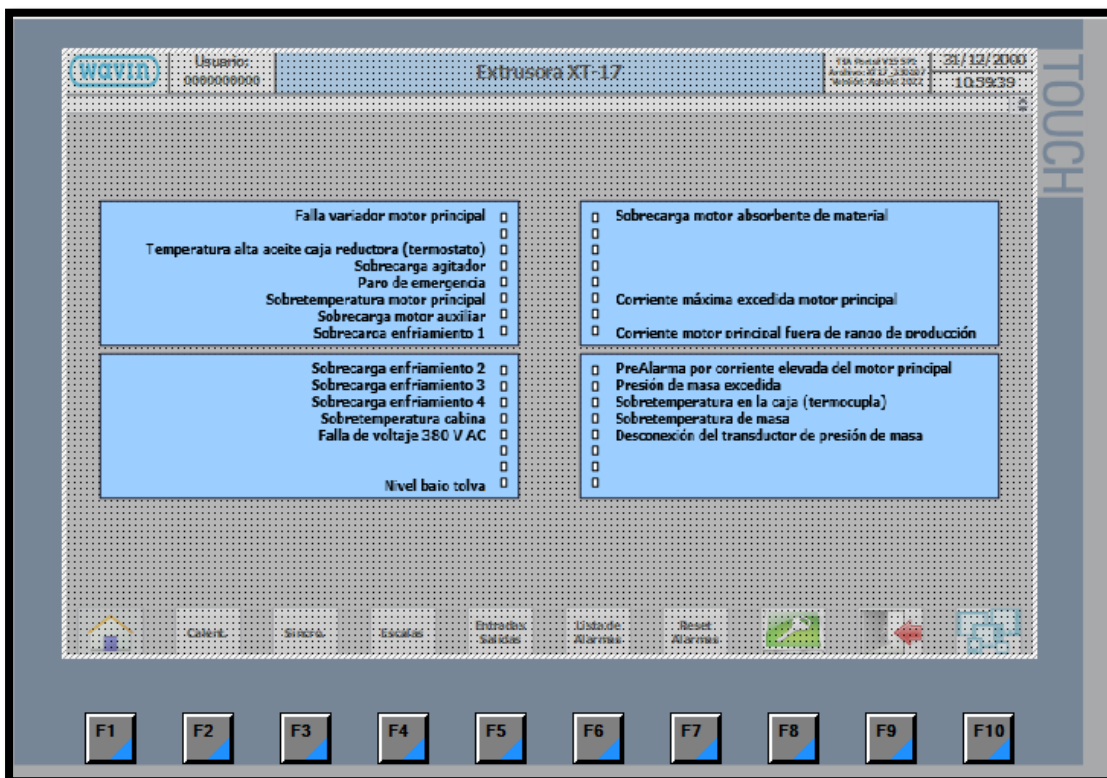


Figura 3. 29. Plantilla de operación de alarmas activas mediante pantalla HMI KTP-1200.
Fuente: Los autores.

Se realizó un presupuesto aproximado del diseño del sistema eléctrico trifásico de fuerza y control HMI para optimizar la operación de la máquina extrusora que producirá tuberías plásticas para el mercado nacional e internacional, el cual se detalla en el Anexo 1.

CAPÍTULO 4:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se alcanzó el primer objetivo de esta investigación, identificando el sitio donde funcionará la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”, la cual presenta todas las facilidades técnicas para su funcionamiento.
- Se concluye en este segundo objetivo que la operación y funcionamiento de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus” lo hará con todas las características definidas en la tabla 3. 8. Así se lo determinó en las encuestas realizadas al personal de Plastigama, la cual mejorará y elevará los volúmenes de producción que manejaba la máquina extrusora anterior.
- Se realizó el tercer objetivo de la investigación mediante diseños de los diagramas eléctricos de fuerza y control asistido con el software de AutoCAD de la nueva “Máquina Extrusora XT-17 Plus”.
- Se alcanzó el cuarto objetivo mediante la programación con el software de TIA PORTAL para así obtener los diseños de las plantillas de operación mediante el uso de la pantalla HMI KTP-1200. Además, se detalla un presupuesto aproximado que se detalla en el Anexo 1.

4.2. Recomendaciones

- Realizar capacitaciones en diseño de diagramas de fuerza y control relacionado a proyectos de máquinas industriales.
- Dimensionar técnicamente los espacios, previo al diseño y adquisición de los equipos para su implementación.

Referencias

- Aroca Delhi, A. A. (30 de Agosto de 2018). *Análisis de vibraciones y alineación en motores eléctricos asíncronos trifásicos*. Obtenido de Repositorio Digital UCSG / Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo / Carrera de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica/ Trabajos de Titulación - Carrera de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/11392>
- AutoSolar. (2023). *Aspectos Técnicos*. Obtenido de Energía Solar AutoSolar: <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-es-la-corriente-monofasica>
- AUTYCOM. (2019). *HMI Siemens: tipos de paneles de operador SIMATIC*. Obtenido de ¡Innovación Inteligente!: <https://www.autycom.com/hmi-siemens-tipos-de-paneles-de-operador-simatic/>
- BIRT LH. (31 de Marzo de 2020). *DMPP01.- Selección de procesos y moldes para transformación de polímeros*. Obtenido de 2.2.2.- Máquinas extrusoras y líneas de extrusión.: https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/DFM/DMPP/DMPP01/es_DFM_DMPP01_Contenidos/website_222_mquinas_extrusoras_y_lineas_de_extrusion.html
- Castaño Giraldo, S. A. (2023). *Diagrama de Bloques en Sistemas de Control*. Obtenido de Control Automático Educación: <https://controlautomaticoeducacion.com/control-realimentado/diagrama-de-bloques/>
- Desiderio Vergara, V. E. (03 de Marzo de 2022). *Implementación de generador de alertas para la ejecución de mantenimientos preventivos en sistemas de motores eléctricos trifásicos, caso de estudio Avícola San Isidro planta procesadora de alimento*. Obtenido de Repositorio Digital UCSG / Facultad de Ingeniería / Carrera de Computación / Trabajos de Titulación - Carrera de Computación: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/18435>
- Ecuainsetec. (Junio de 2015). *Tableros de control*. Obtenido de Proyecto: Automatización en Planta de Producción: <https://www.ecuainsetec.com.ec/proyectos/tablero-de-control-para-la-centralizacion-de-4-maquinas-9>

Electronic Board. (2021). *¿Qué es un PLC? ¿Cómo funciona?* Obtenido de Equipos Electrónicos: <https://www.electronicboard.es/que-es-un-plc/>

Extrusión. (2014). *Extrusión*. Obtenido de Apéndice B: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781118899595.app2>

Fernández Yagües, J. L. (2023). *¿Qué es la corriente eléctrica?* Obtenido de FiSiCALAB: <https://www.fisicalab.com/apartado/movimiento-de-cargas>

Foncal Grupo S. (N.N. de N.N. de 2006). *Foncal Grupo S*. Obtenido de Tipos de Tuberías Plásticas, Diferencias y sus usos: <https://foncal.es/tuberias-y-accesorios/tipos-de-tuberias-plasticas-diferencias-y-sus-usos/>

Fontanería. (2023). *¿Qué son las tuberías de plástico?* Obtenido de Fontanería: <https://www.fontanerialucero.es/que-son-las-tuberias-de-plastico/#>

Gavazzi, C. (20 de Diciembre de 2017). *Relés de estado sólido trifásicos*. Obtenido de Gavazzi Online: https://www.gavazzionline.com/pdf/RGC2_3Psp.pdf

Google Maps. (15 de Junio de 2023). *Plastigama Durán - Ecuador*. Obtenido de Google Maps: <https://www.google.com/maps/place/Plastigama/@-2.1911318,-79.8245469,21z/data=!4m6!3m5!1s0x902d69542b320d5f:0x5223aa15983e0fa6!8m2!3d-2.1911108!4d-79.8243358!16s%2Fg%2F11b7rxhxbc>

Grupo ORS. (24 de Noviembre de 2020). *Descubre cómo leer un diagrama eléctrico*. Obtenido de Bender: <https://grupoors.com.mx/2020/11/24/descubre-como-leer-un-diagrama-electrico/>

Industrial Sourcing. (01 de Noviembre de 2021). *Maquinaria de extrusión de plástico*. Obtenido de Gestión de Compras: <https://www.gestiondecompras.com/wp-content/uploads/2021/11/maquinaria-extrusion-plastico-es.pdf>

InfoPLC. (2023). *¿Qué es TIA Portal de Siemens?* Obtenido de Software & Programación: <https://www.infoplcn.net/descargas/107-siemens/software-step7-tiaportal/tia-portal/3459-que-es-tia-portal-siemens>

Marchante, A. (08 de Junio de 2022). *¿Qué es AutoCAD y cuáles son sus características principales?* Obtenido de SOTWARES 3D: <https://www.3dnatives.com/es/autocad-cuales-caracteristicas-del-software-020420202/#!>

- Martínez Sánchez, R. (21 de Enero de 2020). *Estudio del proceso de automatización de una celda industrial*. Obtenido de Universitat Politècnica de Catalunya / Trabajo Final de Grado / Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática : <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/354669/TFG%20-%20Rub%C3%A9n%20Mart%C3%ADnez%20S%C3%A1nchez.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- MEXtrusion. (2022). *Extrusora de doble husillo*. Obtenido de MEXtrusion: <https://www.mextrusion.com/en/product-overview/pipe-extrusion/cincinnati-titan58r/>
- Pincay Alvarado, J. R. (16 de Febrero de 2023). *Diseño e implementación de un nuevo sistema de control para un motor diésel de bombeo de agua controlado por autómatas programables*. Obtenido de Repositorio Digital UCSG / Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo / Carrera de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica / Trabajos de Titulación - Carrera de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/20900>
- Planas, O. (21 de Septiembre de 2021). *¿Qué es una resistencia eléctrica? Funcionamiento y tipos*. Obtenido de Solar Energía: <https://solar-energia.net/electricidad/circuito-electrico/resistencia-electrica>
- Retelec. (2023). *Relés de estado sólido monofásicos*. Obtenido de Retelec: <https://retelec.com/producto/reles-de-estado-solido-monofasicos/>
- Sahagun, S. (2021). *¿Qué es un Termopar?* Obtenido de Artículos Sensores: <https://www.logicbus.com.mx/blog/que-es-un-termopar/>
- SICMA21. (2021). *Qué es un HMI y cómo funciona*. Obtenido de SICMA21: <https://www.sicma21.com/que-es-un-hmi-y-como-funciona/>
- Soler Palau. (07 de Enero de 2020). *¿Qué es y para qué sirve un variador de frecuencia?* Obtenido de Soler Palau: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>
- Solís Morocho, D. A. (17 de Septiembre de 2020). *Diseño e implementación de técnicas de modulación por ancho de pulso para sistemas inversores de voltaje trifásicos*. Obtenido de Repositorio Digital UCSG / Facultad de Educación

Técnica para el Desarrollo / Carrera de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica / Trabajos de Titulación - Carrera de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/15533>

Suministro de Materiales Eléctricos. (30 de Abril de 2020). *Tableros Eléctricos: Tipos y Aplicaciones*. Obtenido de Suministro de Materiales Eléctricos: <https://jdelectricos.com.co/tableros-electricos/>

Torres Ortega, H. H. (2021). *Voltaje o Tensión Eléctrica*. Obtenido de HETPRO: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/voltaje/>

Unicrom. (05 de Enero de 2023). *Motor de corriente alterna o Motor AC (CA) – Conceptos básicos*. Obtenido de Electrónica Unicrom: <https://unicrom.com/motor-de-corriente-alterna-o-motor-ac/>

Vásquez Palma, P. F. (19 de Marzo de 2019). *Repotenciación y guía del módulo de prácticas de controles eléctricos de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil Facultad Técnica para el Desarrollo*. Obtenido de Repositorio Digital UCSG / Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo / Carrera de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica / Trabajos de Titulación - Carrera de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12708>

Glosario General

CA:	Corriente Alterna.
CD:	Corriente Directa.
DD:	Grados Decimales.
DMS:	Grados, Minutos y Segundos.
f.:	Firma.
HMI:	Interfaz Hombre Máquina.
Ing.:	Ingeniería y/o Ingeniero(a).
L/D:	Longitud y Diámetro.
LED:	Diodo Emisor de Luz.
LxWxH:	Largo por Ancho y por Altura.
MATLAB®:	Laboratorio de Matrices.
M. Sc.:	Máster, magister o maestro en ciencias.
N°:	Número(s).
PE:	Polietileno.
pH:	Medida de acidez o alcalinidad de una solución acuosa.
PLC:	Controlador Lógico Programable.
PP:	Polipropileno
PVC:	Policloruro de Vinilo.
SE:	Subestación Eléctrica.
SENESCYT:	Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación.
SIMULINK:	Herramienta de MATLAB® para Simular el Comportamiento de los Sistemas Dinámicos.
SRC:	Relés de Estado Sólido.
TIA PORTAL:	Portal de Automatización Totalmente Integrado.
TIC:	Trabajo de Integración Curricular.
UCSG:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
URL:	Localizador uniforme de recursos.
Y:	Conexión en Estrella.
"S:	Sur.
"W:	Oeste del Meridiano de Greenwich.

3Ø:	Trifásico.
#:	Número(s).
°:	Grado(s).
%:	Porcentaje(s).
Δ:	Diferencial.
®:	Marca Registrada.
“:	Pulgada(s).
@:	Arroba.
A:	Amperio(s).
BAR:	Bar(es), unidad de presión.
HP:	Caballo(s) de Fuerza.
kB:	Kilobyte(s).
kg:	Kilogramo(s).
kg/h:	Kilogramo(s) sobre hora(s).
kVA:	Kilovoltio(s) Amperio(s).
kV:	Kilovoltio(s).
kW:	Kilowatt(s).
m ² :	Metro(s) Cuadrado(s).
mA:	Miliamperio(s).
MB:	Megabyte(s)
mm:	Milímetro(s).
ms:	Milisegundo(s).
m/min:	Metro(s) sobre minuto(s).
s:	Segundo(s).
RPM:	Revoluciones por minuto.
V:	Voltio(s).
°C:	Grado(s) Centígrado(s).

Anexos

Anexo 1. Presupuesto aproximado del TIC

En este anexo se detalla un presupuesto aproximado para la elaboración del proyecto del TIC.

COSTO DE MATERIALES MAQUINA XT 17 PLUS							
FECHA :			15/1/2023				
MATERIALES ELECTRICOS			RAZON SOCIAL:		IMPROSELEC S.A.		
CANT	UND. DE	COD SAP	DESCRIPCION DEL PRODUCTO O SERVICIO		ESPECIFICACIO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
			NOMBRE	ESPECIFICACIONES TECNICAS			
1	UND	385298	CPU 1511-1PN 1 PUERTO DE COMUNICACION PROFINET		CUMPLE	\$ 1,180.20	\$ 1,180.20
2	UND	385299	MODULO expansion DI 16x24VDC ENTRADAS		CUMPLE	\$ 568.40	\$ 1,136.80
2	UND	385310	MODULO expansion DO 32x24VDC SALIDAS		CUMPLE	\$ 809.90	\$ 1,619.80
1	UND	375333	MODULO expansion AI 8 ENTRADAS		CUMPLE	\$ 1,098.30	\$ 1,098.30
1	UND	385311	MODULO expansion AO 8 SALIDAS		CUMPLE	\$ 1,290.10	\$ 1,290.10
1	UND	385312	RIEL DE 53 CM PARA S7-1500		CUMPLE	\$ 67.20	\$ 67.20
1	UND	385302	FUENTE DE PODER PM1507 ENTRADA: 120/230 V AC SALIDA: 24 V DC : A		CUMPLE	\$ 269.50	\$ 269.50
1	UND	385313	MEMORY CARD 4 MB		CUMPLE	\$ 109.90	\$ 109.90
8	UND	375469	CONECTOR FRONTAL		CUMPLE	\$ 67.20	\$ 537.60
2	UND	370523	CSM1277 Switch Ind. Ethernet		CUMPLE	\$ 206.50	\$ 413.00
10	MTS	360956	CABLE PROFINET		CUMPLE	\$ 3.96	\$ 39.60
5	UND	361050	CONECTOR PROFINET		CUMPLE	\$ 32.20	\$ 161.00
1	UND	380970	PANTALLA KTP1200 PN BASIC		CUMPLE	\$ 2,431.80	\$ 2,431.80
1	UND	385314	FUENTE DE PODER 3PH 460VAC A 24VDC 20A		CUMPLE	\$ 400.40	\$ 400.40
100	MTS	365033	CABLE CONCENTRICO 4 X 16 AWG		CUMPLE	\$ 1.11	\$ 111.00
100	MTS	361338	CABLE CONCENTRICO APANTALLADO 4 X 22 AWG BELDEN		CUMPLE	\$ 1.08	\$ 108.00
100	MTS	363729	CABLE CONCENTRICO FLEXIBLE EXTENSION TERMOCUPLA TIPO J2X20 AWG		CUMPLE	\$ 2.15	\$ 216.00
50	MTS	385301	CABLE CONCENTRICO APANTALLADO 2 X 20 AWG BELDEN		CUMPLE	\$ 1.08	\$ 54.16
50	MTS	364820	CABLE CONCENTRICO 3 X 18 AWG		CUMPLE	\$ 0.72	\$ 36.00
20	MTS	364642	CABLE SUPERFLEXIBLE # 3/0 AWG		CUMPLE	\$ 14.85	\$ 297.00
30	MTS	385315	CABLE CONCENTRICO FLEXIBLE 4 X 1/0 AWG		CUMPLE	\$ 35.75	\$ 1,072.44
100	MTS	364643	CABLE SUPERFLEXIBLE # 2 AWG		CUMPLE	\$ 5.42	\$ 541.80
200	MTS	364644	CABLE SUPERFLEXIBLE # 4 AWG		CUMPLE	\$ 3.58	\$ 716.40
100	MTS	364221	CABLE FLEXIBLE # 14 AWG		CUMPLE	\$ 0.38	\$ 38.40
200	MTS	363487	CABLE FLEXIBLE # 12 AWG		CUMPLE	\$ 0.63	\$ 126.00
200	MTS	385316	CABLE FLEXIBLE # 20 AWG		CUMPLE	\$ 0.15	\$ 30.00
1	UND	370370	LUZ GIRATORIA A 24VDC		CUMPLE	\$ 21.19	\$ 21.19
2	UND	364120	PARO DE EMERGENCIA SOBREPUESTO CON CONTACTO NC		CUMPLE	\$ 25.73	\$ 51.46
2	UND	370673	BLOQUE DISTRIBUIDOR 3P+T 125A LEGRAND		CUMPLE	\$ 30.65	\$ 61.30
10	UND	370065	CANALETA ANCHO:40XPROF:80MMX LONG:3M		NO CUMPLE	\$ 19.91	\$ 199.10
4	UND	370065	CANALETA ANCHO:60XPROF:80MMX LONG:3M		NO CUMPLE	\$ 20.94	\$ 83.77
3	UND	372289	FINAL DE CARRERA RECTLINEO		CUMPLE	\$ 56.86	\$ 170.57
40	UND	363756	BORNERAS A TIERRA PARA RIEL DIN		CUMPLE	\$ 2.47	\$ 98.67
1	UND	385318	CONTACTOR SIEMENS SIRIUS BOBINA 220...240VAC AC3-400A 440VAC 340HP		CUMPLE	\$ 811.26	\$ 811.26
1	UND	385317	TRANSFORMADOR DE 230-460/115-230VAC 1500VA		CUMPLE	\$ 304.85	\$ 304.85
1	UND	382251	RELE DE SEGURIDAD DE 2 CHANNEL		CUMPLE	\$ 247.80	\$ 247.80
3	UND	385341	CONTACTOR SIMENS BOBINA 230VAC		CUMPLE	\$ 22.46	\$ 67.37
2	UND	372049	GURADAMOTOR 1-1.6A 460VAC		CUMPLE	\$ 45.20	\$ 90.40
1	UND	376908	GURADAMOTOR 1,8-2.5A 460VAC		CUMPLE	\$ 51.87	\$ 51.87
1	UND	375551	GURADAMOTOR 7-10A 460VAC		CUMPLE	\$ 56.62	\$ 56.62
2	UND	375610	GUARDAMOTOR 4 - 6.3A GV2ME10 SCHNEIDER		CUMPLE	\$ 51.87	\$ 103.74
1	UND	384712	VARIAD FRE ABB ACS35503E-05A64 3HP 480V		CUMPLE ACS480-04-05A7-	\$ 616.80	\$ 616.80
1	UND	385342	TERMOSTATO 0-60 °C JWT6011F (D-1070)		CUMPLE	\$ 7.29	\$ 7.29
4	UND	385343	RELE DE ESTADO SOLIDO DE 3 FASE 4-32VDC 40A 90..460VAC		CUMPLE	\$ 30.10	\$ 120.40
4	UND	385343	DISIPADOR DE CALOR PARA RELE DE ESTADO SOLIDO 3 FASE 40A		CUMPLE	\$ 10.50	\$ 42.00
32	UND	385332	RELE DE ESTADO SOLIDO 1 FASE 4-32VDC 50A 90..460VAC		CUMPLE	\$ 15.40	\$ 492.80
32	UND	385332	DISIPADOR DE CALOR PARA RELE DE ESTADO SOLIDO 1 FASE 50A		CUMPLE	\$ 7.70	\$ 246.40
3	UND	385344	BARRA DE COBRE PARA DISTRUBUCION 40X10 850A		CUMPLE	\$ 69.55	\$ 208.65
4	UND	385349	CAJA FUSIBLES 3 FASE NH-00 80A		CUMPLE	\$ 55.44	\$ 221.76
1	UND	385360	CAJA FUSIBLES 3 FASE NH2 400A		CUMPLE	\$ 170.10	\$ 170.10
2	UND	385360	INTERRUPTOR DE BAJA TENSION 400A 460VAC CON PALANCA 60CM + ACCIONAMIENTO DE PUERTAA + ACOUPLE (ROJO/AMARILLO). (SIEMENS, LEGRAND.		CUMPLE	\$ 228.51	\$ 457.02
2	UND	385360	TABLERO MODULAR 2000x1000x600		CUMPLE	\$ 1,125.00	\$ 2,250.00
1	UND	385360	MANO DE OBRA DE ENSAMBLAJE DE TABLERO (COMPONENTES)		CUMPLE	\$ 2,150.00	\$ 2,150.00
1	UND	385360	VARIADOR ACS880-01-361A-5 270HP/200 KW		CUMPLE	\$ 12,028.00	\$ 12,028.00
						\$ 35,532.59	
SUB TOTAL						\$ 35,532.59	
IVA 12% (CUANDO SE TRATE DE COMPRAS LOCALES)						\$ 4,263.91	
TOTAL =====>						\$ 39,796.50	

Figura Anexo 1. 1. Presupuesto aproximado del TIC.

Fuente: Los autores.

Anexo 2. Fotografías del proceso del TIC

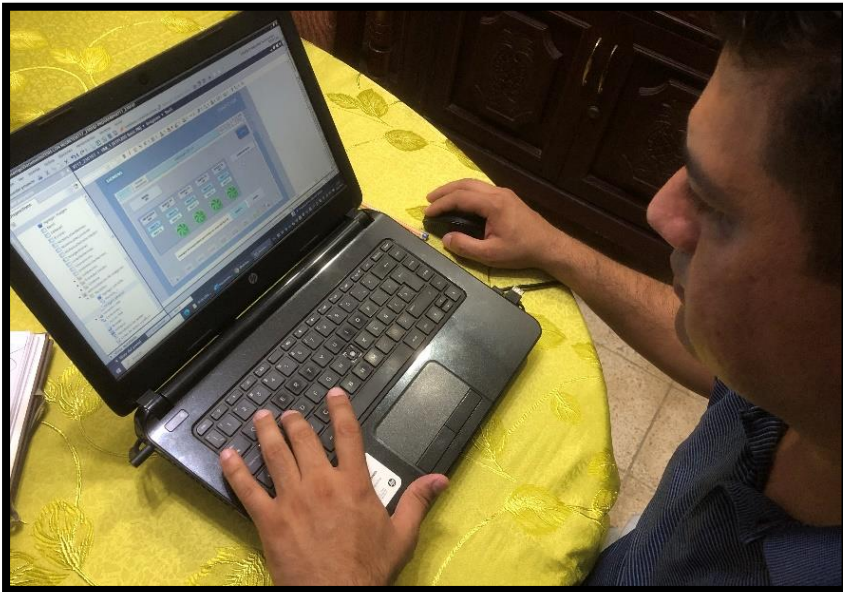


Figura Anexo 2. 1. Desarrollo de las plantillas HMI.
Fuente: Los autores.



Figura Anexo 2. 2. Cableado del tablero para el sistema de control.
Fuente: Los autores.



Figura Anexo 2. 3. Cableado del tablero para el sistema de fuerza en conjunto con el supervisor de la subárea de extrusión.

Fuente: Los autores.



Figura Anexo 2. 4. Conexión de todas las cargas.

Fuente: Los autores.

AUTORIZACIÓN DE LA SENESCYT

Nosotros, **Llerena Tutivén, Juan Benjamín** con C.I: # 092627819-3 y **Riera Márquez, Gustavo Vinicio** con C.I # 120456613-5, autores del Trabajo de Titulación: **Diseño e implementación de un sistema eléctrico trifásico de fuerza y control HMI para optimizar la operación de una máquina extrusora para la producción de tubería plástica en la fábrica Plastigama – Durán**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaramos tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

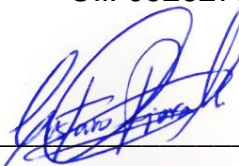
2.- Autorizamos a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 05 de septiembre del 2023

f. 

Nombre: **Llerena Tutivén, Juan Benjamín**

C.I: 092627819-3

f. 

Nombre: **Riera Márquez, Gustavo Vinicio**

C.I: 120456613-5



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño e implementación de un sistema eléctrico trifásico de fuerza y control HMI para optimizar la operación de una máquina extrusora para la producción de tubería plástica en la fábrica Plastigama – Durán.		
AUTOR(ES):	Llerena Tutivén, Juan Benjamín Riera Márquez, Gustavo Vinicio		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES):	Ing. Romero Rosero, Carlos Bolivar, M. Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	05 de septiembre del 2023	No. DE PÁGINAS:	78
ÁREAS TEMÁTICAS:	Producción de Plásticos Y Electricidad Industrial		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Innovación, Máquina, Encuesta, Operación, Diseños, Autocad Y Tia Portal.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>Este proyecto de trabajo de integración curricular denominado “Diseño e implementación de un sistema eléctrico trifásico de fuerza y control HMI para optimizar la operación de una máquina extrusora para la producción de tubería plástica en la fábrica Plastigama – Durán”, es pertinente para el área eléctrica dado que, se enfoca en la innovación de una máquina extrusora. En el Capítulo 1 se elaboraron los objetivos específicos para resolver el problema de la investigación con el diseño propuesto. El Capítulo 2. Presenta las teorías y leyes de operación de esta maquinaria y definiciones de fuerza y control. En el Capítulo 3. Se detalló la ubicación donde se implementó la extrusora, previo a una encuesta técnica y estudio de carga. Mediante el programa AutoCAD se diseñaron los diagramas de fuerza y control. También en este Capítulo se realizó un análisis de resultados donde se demuestra la optimización de la extrusora. Los resultados del funcionamiento de las zonas de operación se visualizan en la interfaz HMI KTP-1200 con sus respectivas plantillas, donde también se encuentra las zonas de operación y visualización de la interfaz HMI que fueron programadas con TIA PORTAL, Por último, en el capítulo 4 tenemos las conclusiones y recomendaciones.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTOS CON AUTORES:	Teléfono: +593 99 928 2011 Teléfono: +593 99 519 0558	E-mail: jbenja87@hotmail.com ; E-mail: gustavorieram@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Ricardo Xavier Ubilla González Teléfono: +593 99 952 8515 E-mail: ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			