



**Universidad  
Israel**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL  
ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”**

**MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

*Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021*

**PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER**

<b>Título del proyecto:</b>
Automatización del proceso descortezador de madera en la empresa Aglomerados Cotopaxi
<b>Línea de Investigación:</b>
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
<b>Campo amplio de conocimiento:</b>
Ingeniería, industria y construcción
<b>Autor/a:</b>
Villa Morales Cristian Gabriel
<b>Tutor/a:</b>
Dr. Yolvi Quintero Mg. René Cortijo

**Quito – Ecuador**

**2024**

## APROBACIÓN DEL TUTOR



Nosotros, Mg. **René Ernesto Cortijo Leyva** con C.I: **1719010108** y Ph.D. **Yolvy Quinteros Cordero** con C.I: **1759715301**, en calidad de Tutores del proyecto de investigación titulado: **“Automatización del proceso descortezador de madera en la empresa Aglomerados Cotopaxi.”**.

Elaborado por: **Ing. Cristian Gabriel Villa Morales**, de C.I: **1726652983**, estudiante de la Maestría: **Electrónica y Automatización**, de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, nos permitimos declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, se aprueba en todas sus partes.

Quito 2 de septiembre del 2024



Firmado electrónicamente por:  
**RENE ERNESTO  
CORTIJO LEYVA**

---

**Firma**  
**Tutor Técnico**



Firmado electrónicamente por:  
**YOLVY JAVIER  
QUINTERO CORDERO**

---

**Firma**  
**Tutor Metodológico**

## DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, **Ing. Cristian Gabriel Villa Morales** con C.I: **1726652983**, autor/a del proyecto de titulación denominado: **Automatización del proceso descortezador de madera IoT en la empresa Aglomerados Cotopaxi**. Previo a la obtención del título de Magister en **Electrónica y Automatización**.

1. Declaro 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 el respectivo 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. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo 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 prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 2 de septiembre de 2024

---

**Firma**

## Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR	1
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	2
INFORMACIÓN GENERAL	6
Contextualización del tema	6
Problema de investigación	7
Objetivo general	7
Objetivos específicos	7
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	8
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	9
1.1. Contextualización general del estado del arte	9
1.2. Proceso investigativo metodológico	12
CAPÍTULO II: PROPUESTA	14
2.1 Fundamentos teóricos aplicados	14
2.2 Descripción de la propuesta	31
2.3 Validación de la propuesta	63
2.4 Matriz de articulación de la propuesta	64
2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.	66
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFÍA	77
Bibliografía	77
ANEXOS	79

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Motores dentro del proceso Descortezador de madera .....	16
<b>Tabla 2</b> Dirección IP de los equipos .....	35
<b>Tabla 3.</b> Mediciones del comportamiento de carga del motor M3.1 .....	57
<b>Tabla 4.</b> Corriente de motor cadena grande con respecto a la velocidad de alimentación .	57
<b>Tabla 5.</b> Descripción del perfil de validadores .....	63
<b>Tabla 6.</b> Matriz de articulación .....	65
<b>Tabla 7.</b> Pérdida de datos del PLC.....	67
<b>Tabla 8.</b> Pérdida de datos del HMI.....	68

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Pirámide de la Automatización	15
<b>Figura 2.</b> Motor cadena horizontal M1.3	17
<b>Figura 3.</b> Motor cadena inclinada M2.1	17
<b>Figura 4.</b> Motor cadena grande M3.1	18
<b>Figura 5</b> Motor tambor descortezador oriente M4	18
<b>Figura 6.</b> Motor tambor descortezador occidente M5	19
<b>Figura 7.</b> Motor banda de corteza M2.2	19
<b>Figura 8.</b> Variador de frecuencia SINAMICS PM240-2	20
<b>Figura 9.</b> Comparativa de CU de variadores de frecuencia SIEMENS.	21
<b>Figura 10.</b> Estructura física de un PLC	22
<b>Figura 11.</b> PLC S7-1200 SIEMENS	23
<b>Figura 12.</b> Módulos de entradas y salidas Digitales	23
<b>Figura 13.</b> Módulo de entradas analógicas	24
<b>Figura 14.</b> Módulo de salidas analógicas	24
<b>Figura 15.</b> Fuente de voltaje SITOP PSU 200M	25
<b>Figura 16.</b> SIPLUS HMI KTP700 BASIC	26
<b>Figura 17.</b> Interfaz de TIA Portal V16	27
<b>Figura 18.</b> Operaciones Lógicas del TIA Portal	28
<b>Figura 19.</b> Amplificador de señal WAGO857-400	28
<b>Figura 20.</b> Sensor de rotación inductivo	29
<b>Figura 21.</b> TC utilizado para medición de corriente del motor cadena grande	30
<b>Figura 22.</b> Transductor estático de corriente alterna	31
<b>Figura 23.</b> Diagrama del PLC y sus módulos de expansión	32
<b>Figura 24.</b> Diagrama de conexión de los multiplexores	32
<b>Figura 25.</b> Diagrama de comunicación entre PLC – HMI	33
<b>Figura 26.</b> Diagrama de conexión del variador G120	33
<b>Figura 27.</b> Diagrama de conexión de motores.	34
<b>Figura 28.</b> Diagrama de proceso Descortezador de madera	35
<b>Figura 29.</b> Mesas de alimentación	36
<b>Figura 30.</b> Cadena Grande transportadora de madera	36
<b>Figura 31.</b> Motores del tambor descortezador	37
<b>Figura 32.</b> Transporte Banda de corteza	37
<b>Figura 33.</b> Motor banda de corteza	38

<b>Figura 34.</b> Diagrama eléctrico de alimentación de la fuente SITOP	38
<b>Figura 35.</b> Diagrama eléctrico alimentación PLC	39
<b>Figura 36.</b> Diagrama eléctrico módulo de expansión 1	39
<b>Figura 37.</b> Diagrama eléctrico módulo de expansión 2	40
<b>Figura 38.</b> Diagrama eléctrico módulo de entradas y salidas analógicas.	41
<b>Figura 39.</b> Lectura de programación PLC S7 200	42
<b>Figura 40.</b> Lectura de programación PLC S7 200	42
<b>Figura 41.</b> Detalle de los segmentos dentro de la programación	43
<b>Figura 42.</b> Demostración de una salida de la migración del programa en TIA Portal V16	43
<b>Figura 43.</b> Tabla de variables de Entradas PLC	44
<b>Figura 44.</b> Tabla de variables de Salidas PLC	45
<b>Figura 45.</b> Creación de tabla de variable HMI	46
<b>Figura 46.</b> Creación de una variable para el HMI	46
<b>Figura 47.</b> Tabla de variables para interfaz HMI	47
<b>Figura 48.</b> Diseño del proceso descortezador de madera	47
<b>Figura 49.</b> Elección del gráfico motor para la interfaz HMI	48
<b>Figura 50.</b> Gráfica de la mesa de alimentación	48
<b>Figura 51.</b> Colocación de motores dentro de la interfaz HMI	49
<b>Figura 52.</b> Colocación de pulsantes	49
<b>Figura 53.</b> Ubicación del botón para visualización de entrada y salida analógica	50
<b>Figura 54.</b> Apertura de pestaña para asignar variable a un objeto	50
<b>Figura 55.</b> Asignación de variable en el objeto	50
<b>Figura 56.</b> Asignación de rango a la variable seleccionada	51
<b>Figura 57.</b> Asignación de una entrada analógica	51
<b>Figura 58.</b> Asignación de una salida analógica M1.3	52
<b>Figura 59.</b> Diseño en la interfaz de entrada y salida analógica dentro del HMI	52
<b>Figura 60.</b> Validación de medición de corriente entre el variador G120 y multímetro	53
<b>Figura 61.</b> Creación en el programa la visualización de la corriente del motor M1.3	53
<b>Figura 62.</b> Ventana de visualización de corriente en tiempo real del motor M1.3	54
<b>Figura 63.</b> Asignación de salida analógica motor M3.1	54
<b>Figura 64.</b> Diseño en la interfaz HMI de la salida analógica motor M3.1	55
<b>Figura 65.</b> Validación de corriente entregada por el motor cadena grande	55
<b>Figura 66.</b> Creación en el programa la visualización de la corriente del motor M3.1	56
<b>Figura 67.</b> Ventana de visualización de corriente en tiempo real del motor M3.1	56
<b>Figura 68.</b> Comparador de corriente para mantener una alimentación de troza adecuada	58

<b>Figura 69.</b> Marca para seguridad de atochamiento en la mesa de alimentación inclinada	58
<b>Figura 70.</b> Marca para seguridad de atochamiento en la mesa de alimentación horizontal	59
<b>Figura 71.</b> Pantalla HMI con seguridades de cadena grande	59
<b>Figura 72.</b> Interfaz HMI del proceso descortezador de madera	60
<b>Figura 73.</b> Timer de control de rotación	61
<b>Figura 74.</b> Programación de sensor de rotación	61
<b>Figura 75.</b> Visualización del sensor de rotación en la interfaz HMI	62
<b>Figura 76.</b> Gráfico de entrega de datos del PLC	68
<b>Figura 77.</b> Gráfico de entrega de datos del PLC	69

## INFORMACIÓN GENERAL

### Contextualización del tema

Aglomerados Cotopaxi, empresa productora de tableros de madera, un componente esencial en la industria de la construcción y mobiliario, tiene como compromiso la sostenibilidad social, ambiental y económica, su principal ventaja es la de autoabastecerse con su propia materia prima, para la realización de los diferentes tipos de madera que son: MDF y Aglomerado. Los procesos de producción no son solo la creación de tableros crudos, sino también aprovecha éstos para generar tableros recubiertos que se convierten en muebles, puertas, etc. Esto se logra al recubrir con papel melamínico diferentes variedades de colores y modelos, además también produce molduras de madera.

Este proceso cuenta con 4 operadores que se distribuyen en 4 diferentes turnos a lo largo del mes, además cada uno de los turnos cuenta con un técnico eléctrico y un técnico mecánico que dan soporte ante cualquier eventualidad que exista en la parte operativa.

Dentro del sistema productivo se hará enfoque en la parte inicial del proceso de producción de tableros de MDF, que es el descortezado de madera, un proceso crítico en el proceso de producción que implica la remoción de la corteza de los troncos antes de ser procesados y convertidos en tableros, es fundamental para asegurar que la materia prima entregada a los procesos sea de buena calidad. Cuenta con varios equipos interconectados entre sí como son: motores, sensores, cadenas, bandas de transporte, tambor donde se realiza el descortezado, entre otros. El control es de forma manual y posee varios pulsantes para su operación, además consta de un PLC S7-200 que se encuentra fuera del mercado y es complicado interactuar con este equipo, no tiene respaldo y no tiene módulos de venta en el mercado si en caso llegara a fallar, lo que se convierte en un sistema aislado y desactualizado a comparación del proceso continuo que se encuentre a continuación de éste.

Por lo anteriormente expuesto, se está generando un problema en cuanto a la confiabilidad que entrega este proceso de producción, al no poseer un aviso visual de falla en cuanto exista una, cuando existe una falla el operador tiene que identificar de manera física donde se produce ésta, las fallas pueden producirse de diferentes maneras y tipos, lo que genera pérdidas en tiempo y producción en general.

## **Problema de investigación**

Aglomerados Cotopaxi al tener su propia materia prima es indispensable que produzca de manera continua el abastecimiento de material a sus respectivos procesos de producción, en este caso ya sea MDF o Aglomerado dependen de que exista material suficiente para la realización de sus tableros, no necesita tener paros de producción en esta área si no tendrían un retraso en su proceso.

El problema en el Descortezador de madera radica en que su PLC es antiguo y poseer un control manual de activación de cada uno de sus elementos, en caso de ocasionar una falla es difícil que el técnico de mantenimiento eléctrico lo repare en un tiempo oportuno ya que no posee un aviso de alarmas de identificación puntual del lugar en donde se suscite el daño, tampoco posee una gráfica de identificación de sus elementos para que el operario pueda guiarse durante el proceso de producción, además se ha evidenciado que tiene apagones intempestivos en condiciones normales de trabajo.

Esto provoca que en reiteradas ocasiones se quede sin material los silos, retrasando la producción en sus líneas de proceso, generando un bajo nivel de confiabilidad, altas horas de incremento por falla y elevados costos de producción.

Por esta razón se ve necesario la automatización del descortezador, migrando el programa a un PLC moderno, instalando una pantalla HMI para reemplazar el sistema de control de pulsantes y selectores, colocando avisos de manera visual para ayudar al operador a identificar el lugar del fallo y mejorar el tiempo de reparación por parte de mantenimiento eléctrico, otorgando una mayor confiabilidad en el sistema y poder lograr aminorar los tiempos de paro de producción por falta de material, consiguiendo de esta manera actualizar el proceso y llevarlo a un nivel de automatización actual.

En relación a lo antes expuesto se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo mejorar la confiabilidad del PLC en el proceso de descortezador de madera?

## **Objetivo general**

Desarrollar la automatización del descortezador de madera implementando un PLC S7 1200 con una pantalla HMI Basic para mejorar la confiabilidad del proceso.

## **Objetivos específicos**

- Contextualizar los fundamentos teóricos sobre los elementos clave del proceso, tales como motores, sensores, variadores de frecuencia para la automatización del

descortezador de madera.

- Determinar la programación del PLC al TIA Portal V16 y el sistema de la interfaz HMI.
- Diseñar la automatización del descortezador de madera implementando un PLC S7 1200 con una pantalla HMI Basic para mejorar la confiabilidad del proceso.
- Validar que el sistema actualizado funcione de acuerdo a las exigencias de los operarios.

**Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:**

La implementación de la automatización del proceso de descortezado de madera tendrá como beneficiarios directamente a los cuatro operarios del proceso en sí, quienes son encargados de manejar las maquinas del sistema. De esta manera mejora la condición laboral reduciendo la necesidad de revisiones físicas en cuanto a daños que existe dentro del proceso que de igual manera ayudará en la mejora de seguridad y disminuirá el riesgo de lesiones.

Con el presente proyecto también posee como beneficiarios al personal de mantenimiento eléctrico desarrollar nuevas o mejorar sus habilidades con el manejo del PLC. A la empresa en sí, dará un mejor manejo de tiempos perdidos por identificación de fallas al tener una visualización del sistema y poder corregir de manera oportuna e inmediata.

La utilidad de esta automatización radica en generar confiabilidad en el proceso hacia sus 4 operarios, más el personal técnico que se encuentre de turno. De esta manera al encontrarse con un fallo en el sistema se podrá identificar de una manera rápida de manera visual y se podrá corregir a la brevedad posible para no dejar sin material a todos los procesos de producción.

## CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 1.1. Contextualización general del estado del arte

Según el trabajo de titulación de la Universidad Técnica de Israel del Ing. Cristian Carrasco denominado: “MIGRACIÓN DE MÓDULOS FLEX I/O EN PLC DE UNIDAD PRINCIPAL EN UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE CRUDO PESADO” publicado en el año 2023, se encontró con el problema de desactualización en su proceso como tal, por lo que opta por la migración de su PLC principal que describe ha cumplido su vida útil, y sus módulos Flex I/O indican falsas señales que hacen detener al proceso sin indicar ninguna alarma, por lo que al migrar su PLC elimina dichas falsas señales y actualiza el control acorde a nuevas tecnologías. De esta manera se pudo relacionar con el presente proyecto debido a que se tiene de igual manera un PLC antiguo que ya cumplió su vida útil y se desea actualizarlo con un control enfocado en tecnologías actuales.

Así mismo se consultó el trabajo de titulación de la Universidad Técnica de Israel de la Ing. Maricela Garcés denominado: “AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA UNIDAD DE BOMBEO HORIZONTAL CENTRÍFUGO MULTI-ETAPA NÚMERO DOS DE REINYECCIÓN DE AGUA DE TAPI A.” publicado en el año 2023, se encontró que su proceso no posee un sistema de control que sea automatizado por lo que limita el monitoreo del comportamiento del sistema en línea, no contaba con implementación de gráficas para interpretar datos, por lo que implementó un sistema de control automatizado con transmisores 4-20 mA para sus variables de presión y temperatura. En el presente trabajo de titulación se implementará un sistema que de igual manera indique el consumo de corriente que está pasando por un motor mediante transmisores de corriente 4-20 mA para controlar el sistema de carga que la maquinaria coloca sobre las mesas de alimentación y de esta manera poder controlar de una mejor manera el proceso.

Por otro lado, el trabajo de titulación de la Universidad Técnica de Israel del Ing. Galo Quintana denominado: “Implementación de una interfaz HMI basado en un software libre Node Red para el control, monitoreo local y remoto del sistema de bombeo en el conjunto habitacional Rivotorto.” publicado en el año 2024, su problema radica en que tiene un sistema de bombeo que no se puede observar de ninguna manera por lo que no pueden visualizar el estado de llenado de las cisternas en cuanto no hay agua por lo que tiene daños en sus bombas por lo que el conjunto residencial se queda sin agua causando molestias en sus habitantes, por esta razón propone una monitorización mediante una interfaz HMI de sus variables. En base a esta problemática el presente proyecto integrará en su sistema un HMI para poder visualizar el sistema en línea y colocar mediante gráficas de visualización una alarma en sus motores cuando

éstos presenten algún tipo de daño, en especial cuando tengan sobre carga o el motor se haya apagado de manera intempestiva.

### **Descripción del proceso**

El descortezador es una fase crucial en el procesamiento de la madera dentro de la empresa, donde se retira la corteza de los troncos para obtener madera de calidad para el uso interno de los diferentes procesos de la compañía. Como dijo Quinaloa (2024) “Es inevitable ver como el avance tecnológico se fusiona con las tareas cotidianas que realiza el ser humano dentro de varios campos. En especial dentro de la industria” (p. 9). Por lo que genera en el ámbito industrial una necesidad de realizar mejoras continuas en sus procesos, y el poseer equipos discontinuados y muy antiguos provoca un estancamiento dentro de los avances tecnológicos, donde las personas son capaces de adaptarse al uso de nuevas tecnologías dentro de su zona de confort. Por lo que impulsa a tener capacitaciones del uso de nuevas tecnologías para que puedan tener un proceso más estable y confiable.

### **Importancia de la Automatización**

La resolución del problema radica en que el sistema presenta fallas difíciles de encontrar ya que, al poseer un control industrial, posee variables que no se pueden observar a simple vista, no posee gráficas del proceso en sí, por lo que genera pérdidas tanto de tiempo como monetario, como dijo Oñate (2022) “El control automático de los sistemas de empaquetado garantizan que la producción de las industrias marque ritmos y velocidades y se vuelvan más competitivas frente a su competencia” (p. 6). Aglomerados Cotopaxi busca ser competitivo a nivel industrial, por lo que debe tener una producción continua y eficaz sin paros de producción y en caso de tenerlos, las fallas deben ser identificadas de inmediato y dar las soluciones de una manera oportuna y rápida.

### **Equipos necesarios para automatizar un proceso**

Para el presente trabajo se va a tomar como punto de inicio la migración del programa actual al cual no se tiene acceso de ningún tipo, se tomará en consideración varias investigaciones previas sobre el tema de automatizar y migrar un programa, éstos se tomarán como referencia para el desarrollo del siguiente trabajo. Los elementos a utilizar son:

- PLC S7-1200 1214C
- Módulos de expansión del PLC
- HMI KTP700 Basic PN
- Sensores

- Comunicación mediante cable de red Ethernet.

### **Proceso Industrial**

Los procesos industriales constan de diferentes elementos que se utilizarán para el funcionamiento del mismo, de esta manera como lo describen Arias y Granda (2021), en los tableros de automatización se incluyen equipos externos como pulsantes, luces piloto, selectores manuales y automáticos, así también como pulsantes de emergencia, cada tablero debe tener una protección que se clasifica en: personas, equipos e instalaciones. Al automatizar el proceso del proyecto se eliminan todos los elementos mencionados y se utilizará solamente un panel HMI que alberga todo el proceso en un solo lugar.

### **PLC S7 1200**

De acuerdo con Mullo (2022) se dispone de un dispositivo PLC que es conocido como Controlador Lógico Programable que permite tener adaptaciones de acuerdo con cambios y necesidades que se requiera, de esta manera con programación del sistema Ladder permite una mínima intervención de la parte humana, asegurando un proceso continuo y con mayor confiabilidad, además se adapta a una interfaz amigable de programación para que el técnico eléctrico pueda interactuar de manera didáctica con éste, resolviendo de manera más pronta cualquier requerimiento que el proceso requiera.

### **Módulos de expansión PLC**

De acuerdo con Orbe (2023) “El módulo de entrada y salida permite la comunicación con los dispositivos sensores de entrada (pulsadores de arranque y parada, interruptores, etc.) y los dispositivos de carga de salida (Válvulas, relés, motores, luces indicadoras, etc.)” (p. 19). Al tener varias entradas y salidas dentro del presente trabajo de titulación se opta por colocar módulos de expansión que permiten la integración efectiva de sensores, finales de carrera, actuadores entre otros dispositivos, garantizando una respuesta rápida y precisa ante las variables del proceso.

### **HMI**

Según Zambrano (2023) describe que los HMI (Human Machine Interface) establece una serie de elementos y directrices que sirven como un fundamento para diseñar todo lo que deseamos o la manera de graficar todo un proceso en sí, de esta manera se implementa y evalúa la interfaz de hombre – máquina y ésta ayuda a poder mejorar y automatizar el proceso de descortezado de madera convirtiéndose en un proceso más amigable con el operario, al tener este dispositivo dentro del proceso se puede llegar a tener una mejora continua para diferentes cuellos de

botella que se encuentren como tal, ésta comprende gráficos y estadísticas que se podrán utilizar para realizar interpretación de datos cuando se lo necesite.

### **Sensores**

Como utilizó en su trabajo de titulación Garcés (2023) comenta que los sensores dentro de un proceso industrial son de importancia debido a que ayuda a tener un contacto directo con la variable medida y convierte esa información en una señal ya sea digital o analógica que puede ser interpretada por otros equipos, de esta manera se consigue poseer un valor binario ya sea 1 o 0 que ayuda a que el equipo PLC pueda tomar una decisión de acuerdo a la programación realizada. Los sensores juegan un papel vital en la automatización industrial y en numerosos otros campos al proporcionar datos precisos sobre variables como temperatura, presión, nivel, velocidad y posición.

### **Comunicación mediante cable Ethernet**

Para la parte de comunicación se toma como referencia al protocolo utilizado en el trabajo de la Universidad Técnica de Israel en la cual coloca al cable ethernet como principal comunicación entre PLC – HMI y así lo explica Lanchimba (2023) “Procesador de comunicaciones: permite el trabajo en red en una industria, esto mediante protocolos de comunicación, como Ethernet, conexión punto a punto, PROFFIBUS ETC” (p. 17). Al conectar un PLC con un HMI mediante un cable Ethernet, se establece una comunicación eficaz que permite al HMI mostrar datos en tiempo real, como el estado de las máquinas, los parámetros del proceso y las alarmas. Esta conexión también permite al HMI enviar comandos al PLC para controlar y ajustar procesos según sea necesario.

Con estos fundamentos descritos que se revisaron minuciosamente se tomó en consideración trabajos similares que aportaron a la decisión de considerar la mayoría de equipos y elementos eléctricos que se va a utilizar en el presente proyecto como por ejemplo considerar el PLC S7 1200 1214C DC/DC/DC y como software de programación se va a utilizar el TIA PORTAL V16 mediante programación LADDER.

## **1.2. Proceso investigativo metodológico**

Con el objetivo de alcanzar resultados que tengan confiabilidad en este proyecto de titulación, nombrado automatización del proceso descortezador de madera en la empresa aglomerados Cotopaxi ubicada en la Provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, se ha enfocado en el tipo de investigación de campo en las instalaciones de la empresa Aglomerados Cotopaxi en el proceso descortezador – chipiador de madera.

Para la migración del programa y las mejoras que se van a realizar, más el diseño de la interfaz HMI, se han aplicado métodos teóricos y prácticos basados en una investigación bibliográfica, éstos permitirán reunir la información necesaria para asegurar el correcto funcionamiento y la efectividad en su implementación.

Las técnicas de recolección de la información vienen dadas por la observación directa del proceso que empieza con la revisión física, estado de sus elementos y máquinas, revisión del estado actual en el que se encuentra el PLC S7-200 y sus componentes, comprobar el estado en el que se encuentran sus entradas y salidas, evidenciar que el variador actual pueda ser configurado para enviar señales analógicas. Observar cómo los operarios de la máquina realizan sus funciones. Ya que para comenzar con la automatización se debe tener un enfoque claro del funcionamiento tanto como operador de producción y como de mantenimiento eléctrico, solo de esta manera se puede llegar a resolver el problema y moldear según las necesidades que presente el proceso en sí. El enfoque de investigación a utilizar será cualitativo, se debe tomar en cuenta el conocimiento del operador con la máquina, él conoce el funcionamiento y posee la experiencia para determinar variables que se van a controlar de manera automática y poseer una ventaja sin pérdidas en la producción.

En el estudio de la automatización del proceso de descortezador de madera, se empleó una muestra intencionada no probabilística para analizar la eficacia del nuevo sistema automatizado. Se seleccionaron específicamente tres trabajos de titulación que ya habían implementado sistemas de automatización en sus líneas de producción, con el propósito de lograr una comprensión detallada de cómo la automatización impactó sus procesos. La muestra no se basó en un proceso de selección aleatoria, sino en criterios específicos de relevancia técnica y operativa, lo que permitió un análisis profundo de las mejoras en eficiencia y calidad del producto en un entorno real de producción.

Para evaluar la eficacia de la automatización del proceso, se empleó una metodología en tipo cascada, en las cuales se generan tareas o actividades como indicadores para poder cumplirlas hasta alcanzar la implementación del sistema. En otras palabras, incluye frases de observación, diseño, pruebas y aplicación de mejoras en el descortezador.

## CAPÍTULO II: PROPUESTA

### 2.1 Fundamentos teóricos aplicados

En los últimos años, la automatización en la industria ecuatoriana ha mostrado un crecimiento progresivo, aunque sigue enfrentando diversos desafíos y oportunidades. Este proceso implica la implementación de tecnologías avanzadas para optimizar los procesos productivos, mejorar la eficiencia y reducir costos. Pero para lograr dicho avance se debe enfrentar a desafíos como los costos, capacitación de funcionamiento de los operarios y obtener una nueva infraestructura para colocar la nueva maquinaria.

Por esa razón Aglomerados Cotopaxi, que se destaca como líder en la creación de plantaciones, producción y comercialización de tableros de madera, al tener ya 46 años en funcionamiento desde su creación en 1978, cuenta con maquinaria que ha evolucionado a lo largo de los años, adaptándose al sistema moderno de programación, si bien es cierto ha incorporado nuevas tecnologías en gran parte de su organización, aún quedan procesos discontinuados con maquinaria antigua que de a poco se va actualizando, migrando o instalando nuevos PLC para estar acorde a la competitividad industrial del país.

Automatizar el sistema de descortezado de madera es un avance de tecnología que está optando la empresa, lo que garantiza el control visual de las variables del sistema que controlan los operarios del proceso.

Colocar un PLC actual con el cual se puede interactuar de manera rápida y poder realizar las diferentes modificaciones que el proceso lo requiere y poseer una visualización del sistema integrado en una interfaz HMI permite tomar acciones oportunas ante alguna eventualidad producida dentro del proceso. A continuación, se presentarán conceptos claves que ayudan a desarrollar el proyecto.

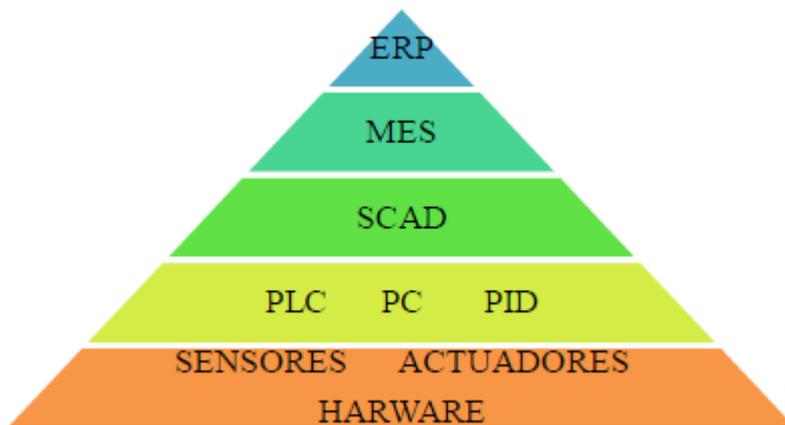
#### **Pirámide de automatización**

Para Quintana (2024) “La pirámide de automatización es una representación gráfica de los niveles de integración y automatización que una industria puede tener o alcanzar” (p. 9). El objetivo de esta pirámide es proporcionar una visión clara de cómo los distintos componentes de un sistema de automatización se interrelacionan y contribuyen a la eficiencia operativa, la toma de decisiones fundamentada en datos y el perfeccionamiento constante en las industrias contemporáneas.

Aglomerados Cotopaxi cuenta con un 60% de dispositivos actualizados en automatización, si bien es cierto cuenta con PLC en la mayoría de sus líneas de procesos cabe recalcar que no todos

cuentan con migración de sus sistemas a programas actuales, aún poseen varios PLC S200 y S300 que dificultan la interacción y las mejoras que desea cada uno de sus procesos, por esa razón como muestra la Figura 1 Aglomerados Cotopaxi cuenta con dicha pirámide en todos sus procesos.

**Figura 1.**  
*Pirámide de la Automatización*



Nota: tomado de Quintana (2024)

### **Descortezado de madera**

Descortezar la madera es el proceso de eliminar la corteza de un tronco de árbol para preparar la madera para su uso en diversas aplicaciones. La corteza, que constituye la capa exterior del tronco, suele ser retirada antes de que la madera se someta a tratamientos adicionales como el secado, el aserrado o la fabricación de productos. Este proceso es esencial para asegurar que la madera esté libre de impurezas y microorganismos que podrían afectar su durabilidad y calidad. El descortezado también facilita el procesamiento y mejora la estética de la madera final, permitiendo que sea utilizada en la construcción, muebles, y otras aplicaciones industriales con un acabado más uniforme y una mayor resistencia.

### **Motor eléctrico trifásico**

Para Lanchimba (2023) establece que todo motor eléctrico tiene como objetivo el convertir la energía eléctrica en energía mecánica y cuando se conecta a diferentes equipos y se realizan las adaptaciones necesarias, permite mover objetos entre sí. Los motores trifásicos son fabricados según el nivel de voltaje que se tenga, en este caso al tratarse de una industria que trabaja con 440V el motor requerirá una alimentación de tres fases, este tipo de motor se compone de tres bobinas distribuidas uniformemente en el estator que crean un campo magnético rotatorio al ser alimentadas por una fuente de corriente trifásica, estos motores son

fabricados con diferentes potencias mecánicas que a su vez se reflejan como potencia eléctrica, depende el país, se los puede encontrar en Kilovatios (kW) o en caballos de fuerza (HP). En el presente proyecto se dispone de seis motores que cumplen diferentes funciones como por ejemplo es el caso de la banda de corteza, ésta se encuentra en movimiento gracias a un motor trifásico que mediante un reductor logra hacer mover la banda con una velocidad según la relación que ésta posee. Por lo general el motor trifásico es ampliamente utilizado en maquinaria industrial debido a su capacidad para manejar cargas pesadas y su mayor eficiencia en la conversión de energía.

Si se deseara instalar un nuevo motor para mejorar el proceso o como un añadido al mismo, se puede determinar la corriente a partir de la potencia del motor mediante su placa de datos y de esta manera determinar:

La sección del cable a utilizar

Protección eléctrica del motor

Dispositivos de acoplamiento eléctrico como contactor, terminal.

Actualmente la empresa Aglomerados Cotopaxi dentro del proceso Descortezador de madera cuenta con 6 motores que se van a describir en la tabla 1.

**Tabla 1.**

*Motores dentro del proceso Descortezador de madera*

<b>Código del motor</b>	<b>Función</b>	<b>Potencia (kW)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Corriente nominal (A)</b>	<b>RPM</b>	<b>Cos fi</b>	<b>Marca</b>	<b>Año de fabricación</b>
<b>M1.3</b>	Motor cadena horizontal	4	440	8	1720	0.84	SEW	2001
<b>M 2.1</b>	Motor cadena inclinada	5.5	440	9	1755	0.89	SEW	2001
<b>M 2.2</b>	Motor banda de corteza	7.5	440	13.9	1774	0.77	SEW	2021
<b>M 3.1</b>	Motor cadena grande	22	440	38.53	1765	0.82	SEW	2010
<b>M4</b>	Motor oriente tambor descortezador	18.5	440	31.6	1773	0.83	ABB	2020

<b>M5</b>	Motor occidente tambor descortez ador	18.5	440	31.6	1773	0.83	ABB	2020
-----------	---	------	-----	------	------	------	-----	------

Los motores son el eje principal para que exista una funcionalidad total del proceso productivo, a continuación, la figura 2 presenta el motor con código M1.3 perteneciente a la cadena horizontal el cuál es el encargado de suministrar el material con el que se va a descortezar los troncos de madera.

**Figura 2.**

*Motor cadena horizontal M1.3*



Continuando con el proceso, después de que el tronco recorra la cadena horizontal de alimentación pasa por una cadena inclinada que es la que inyecta los troncos hacia la cadena grande. El motor que se tiene en ese lugar se lo muestra en la figura 3.

**Figura 3.**

*Motor cadena inclinada M2.1*



Una vez hayan pasado los troncos por las cadenas de alimentación llega al motor denominado como cadena grande, representada en la figura 4, ésta se encarga de transportar los troncos hacia el tambor descortezador.

**Figura 4.**  
*Motor cadena grande M3.1*



Los troncos se introducen dentro del tambor descortezador para que al girar desprenda la corteza del tronco, para lo cual consta de dos motores ABB como muestra en la figura 5 que es el motor del lado oriente.

**Figura 5**  
*Motor tambor descortezador oriente M4*



De igual manera, en la figura 6 se muestra el motor del lado occidente del tambor descortezador.

**Figura 6.**  
*Motor tambor descortezador occidente M5*



Toda la troza que el tambor descorteza al tronco por gravedad es dirigida hacia abajo donde lo espera la banda de corteza que transporta dicho material hacia un montón a la salida de la banda. En la figura 7 se puede apreciar el motor.

**Figura 7.**  
*Motor banda de corteza M2.2*



## Variador de frecuencia

Según la página oficial de ABB (2024) indica que “un variador de frecuencia regula la velocidad de motores eléctricos para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación, reduciendo el consumo energético del motor entre un 20 y un 70%.” Así, posibilita el control de la velocidad y el rendimiento de un motor eléctrico mediante la variación de frecuencia y el voltaje de la corriente que le proporciona. Este equipo es esencial en aplicaciones industriales y comerciales donde es necesario regular la velocidad de un motor para optimizar procesos, controlar de mejor manera la maquinaria y reducir el consumo de energía. Al variar la frecuencia de la corriente alterna, el variador de frecuencia ajusta la velocidad de rotación del motor, lo que permite adaptar el funcionamiento del equipo a las necesidades específicas del proceso en curso.

En el presente proyecto se reemplazará el variador Micro máster 420 con un variador SINAMICS G120 con un módulo de poder PM240-2, este variador de frecuencia se encontraba disponible en stock dentro de la bodega de repuestos de la empresa, por lo que se utilizó en el presente proyecto. Cumple con las especificaciones que se desea para el motor actual que se tiene en el puesto de trabajo. La entrada de voltaje es de 380V – 480V soporta hasta 36A y su potencia nominal para un motor es de 15 kW, dichos valores están dentro de la placa de datos que posee el motor. Se muestra el variador del catálogo de Siemens en la figura 8.

### Figura 8.

Variador de frecuencia SINAMICS PM240-2



Nota: tomada de Siemens (2020, p. 15)

Se escogió el módulo de variador debido a que tiene entradas y salidas analógicas, lo que permitirá poder tener el control de la variable que se desea controlar ya que se puede elegir si se utilizará en voltaje (0-10VDC) o corriente (4-20mA), en este caso se controlará la velocidad

del motor, además se desea visualizar qué valor de corriente está consumiendo el motor al momento que cargan los troncos, y para ello se ha configurado que las señales analógicas sean enviadas en corriente. Las características deseadas que son entradas y analógicas se muestran con mayor información en el anexo 1.

El Control Unit o CPU del variador se eligió debido a que las características que se necesita para el proyecto en funciones de seguridad integrada no es de alta complejidad por lo que éste CU es el correcto, en la figura 9 se muestra una imagen comparativa entre los CU que dispone el proveedor Siemens.

**Figura 9.**

Comparativa de CU de variadores de frecuencia SIEMENS.

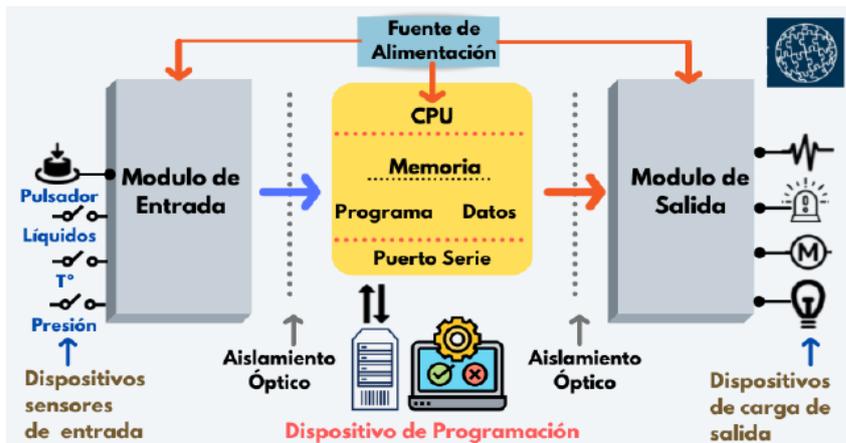
Nombre	CU240E-2	CU240E-2 F	CU240E-2 DP	CU240E-2 DP-F	CU240E-2 PN	CU240E-2 PN-F
Referencia	6SL3244-0BB12-1BA1	6SL3244-0BB13-1BA1	6SL3244-0BB12-1PA1	6SL3244-0BB13-1PA1	6SL3244-0BB12-1FA0	6SL3244-0BB13-1FA0
Bus de campo	USS, Modbus RTU	USS, Modbus RTU	PROFIBUS DP	PROFIBUS DP mit PROFI-safe	PROFINET IO	PROFINET IO mit PROFI-safe
Funciones de seguridad integradas	Funciones básicas	Funciones ampliadas	Funciones básicas	Funciones ampliadas	Funciones básicas	Funciones ampliadas

Nota: tomada de Siemens (2020, p. 14)

### **Controlador Lógico Programable PLC**

De acuerdo con Orbe (2023) el PLC es un computador utilizado en industrias para el ámbito de la automatización. Es un dispositivo esencial en la automatización industrial, diseñado para controlar y gestionar procesos y máquinas mediante la programación de secuencias lógicas. Funcionando como una computadora robusta y resistente a condiciones adversas, un PLC recibe señales de entrada de diversos sensores y dispositivos, procesa esta información mediante un programa predefinido y luego envía señales de salida a actuadores y otros componentes para ejecutar acciones específicas. Su capacidad de programarse para realizar tareas complejas y adaptarse a cambios en el proceso lo hace fundamental en la automatización de fábricas, líneas de producción y sistemas de control de infraestructura. Los PLC se destacan por su flexibilidad, fiabilidad y facilidad para integrarse con otros sistemas de control y monitoreo, facilitando la optimización de procesos y la mejora de la eficiencia operativa. La estructura que conforma el PLC está ilustrada en la figura 10.

**Figura 10.**  
*Estructura física de un PLC*



Nota: tomada de Orbe (2023)

Existen varios PLC en el mercado actual, pero para este proyecto se va a utilizar el S7-1200C de la marca Siemens, gracias a su versatilidad en cuanto a las diversas entradas y salidas digitales y analógicas, permite adaptarlo a una amplia gama de aplicaciones sin necesidad de un controlador adicional, capacidad de expansión y facilidad de uso, además cabe recalcar este equipo existía en stock en la bodega de repuestos de la empresa por lo que se utilizó este PLC, dentro de la empresa se usa el software TIA Portal por lo que es el adecuado con compatibilidad de programas, el limitante de ésta y muchos PLC radica en que tiene un limitado número de entradas y salidas por lo que se tiene que incrementar módulos de expansión para cubrir las entradas y salidas que se requieren en la programación. En la figura 11, se tiene una alimentación externa de 24VDC y una fuente interna de 24VDC, 14 entradas digitales y 10 salidas digitales. También consta de una entrada analógica que dependiendo sea el caso puede ser utilizada, la comunicación que se va a utilizar es mediante LAN- ETHERNET.

**Figura 11.**  
*PLC S7-1200 SIEMENS*



Nota: tomada de SIEMENS (2017, p. 86)

Existen módulos de expansión de entradas y salidas, en este caso en la figura 12 se va a poder observar el módulo de 16 entradas digitales que ha sido utilizado en el presente proyecto.

**Figura 12.**  
*Módulos de entradas y salidas digitales*



En la figura 13 se muestra el módulo respectivo que se va a utilizar para el control de la señal de entrada analógica que el variador de frecuencia G120 va a generar al momento de controlar la velocidad del motor.

**Figura 13.**  
*Módulo de entradas analógicas*



La visualización de la variable de corriente del motor de la mesa de alimentación horizontal se va a utilizar el módulo de expansión de salidas analógicas que se ilustra en la figura 14.

**Figura 14.**  
*Módulo de salidas analógicas*



## Fuente de Voltaje

Para hacer posible el funcionamiento del PLC se ha integrado al sistema una fuente de voltaje en corriente continua, en este punto se ha utilizado una fuente SITOP PSU200M que tiene como fuente de alimentación a 220V y entrega un voltaje de salida de 24VDC con 10A de capacidad de corriente, como muestra la figura 15.

**Figura 15.**

*Fuente de voltaje SITOP PSU 200M*

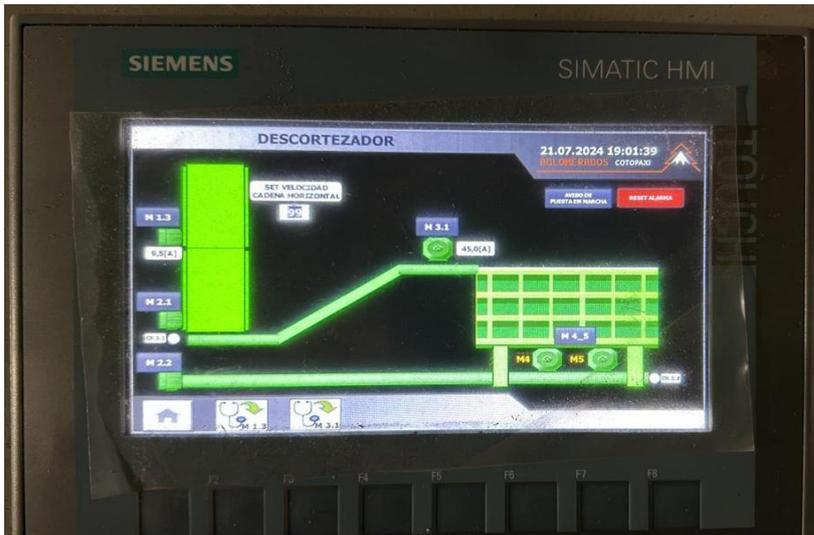


## HMI (Human Machine Interface)

De acuerdo con Quintana (2023) el HMI que en castellano significa Interfaz Hombre Máquina es un dispositivo capaz de desarrollar aplicaciones basadas en gráficos que ayudan a interactuar entre un sistema de proceso industrial automatizado y los operarios que la manejan. Se compone de una pantalla Touch de diferentes tamaños de acuerdo a la necesidad que se necesite, mediante éste se puede controlar y visualizar variables que mediante gráficos simulan el comportamiento de todo un proceso. En éste se puede simular mediante gráficos, interacción con pulsadores, animaciones de motores y válvulas, llenado y vaciado de tanques, datos de temperatura, nivel, luces pilotos, entre otros.

Dada a la no complejidad en las gráficas y variables que se va a utilizar se ha elegido el HMI KTP700 BASIC como muestra la figura 16, este equipo se encontraba también dentro de la empresa como stock.

**Figura 16.**  
*SIPLUS HMI KTP700 BASIC*

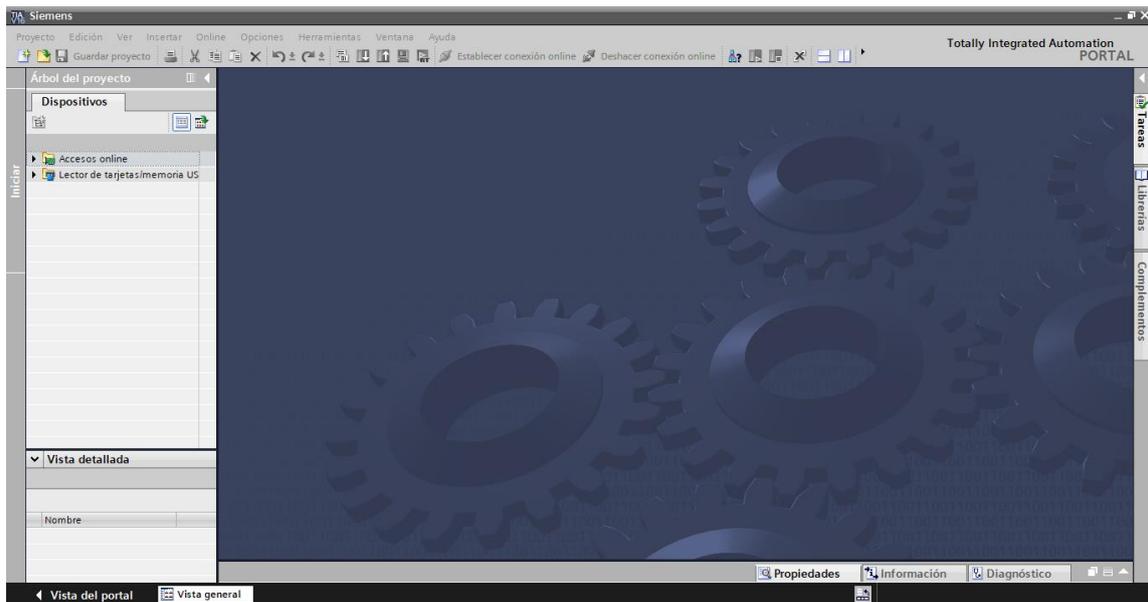


En el anexo 2 se puede ver la comparación que proporciona el proveedor sobre los diferentes datos técnicos que poseen los 3 tipos de versiones que existen actualmente en el mercado. Dependerá de la complejidad que se requiera para poder escoger el adecuado, en este caso no se necesita un HMI tan completo para visualizar y controlar lo que se requiere, además se debe aprovechar los dispositivos electrónicos que se encuentran en stock dentro de la planta industrial.

### **Software TIA PORTAL**

Este software es una herramienta desarrollada por Siemens que facilita el diseño, la programación y la gestión de sistemas de automatización industrial. Ofrece una plataforma integrada donde se puede desarrollar y configurar proyectos completos de automatización, desde el diseño de hardware y la programación de controladores hasta la configuración de dispositivos de campo y la visualización de procesos. Gracias a TIA Portal, se puede trabajar de manera más eficiente al tener todas las herramientas necesarias en un solo entorno, lo que reduce el tiempo y los errores en el desarrollo de proyectos. Su interfaz intuitiva y sus capacidades de simulación también permiten probar y ajustar sistemas antes de la implementación real, esto contribuye a mejorar tanto el rendimiento como la fiabilidad de las soluciones automatizadas.

**Figura 17.**  
*Interfaz de TIA Portal V16*

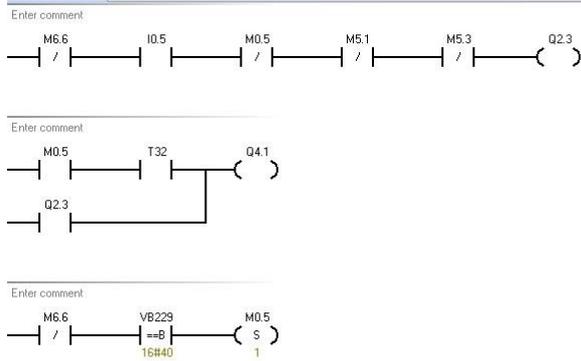


### **Lenguaje de programación**

Orbe (2023) Establece que en el campo de los PLC, cada fabricante ha creado distintos lenguajes de programación. Uno de los lenguajes más utilizados es el Ladder o lenguaje de escalera, éste ayuda con la programación y es popular por su simplicidad y su capacidad para ser interpretado fácilmente por técnicos e ingenieros, especialmente aquellos con experiencia en sistemas eléctricos.

Dado el conocimiento que se tiene sobre la programación en escalera o el llamado Ladder se ha optado por usar este lenguaje para la programación en este proyecto, gracias a la facilidad de comprensión por tener similitud con los esquemas eléctricos y poseer sus contactos y bobinas representadas gráficamente lo que ayuda a visualizar el flujo de control y la lógica del sistema de manera clara y directa. Además, dentro de la empresa está estandarizado en todos los demás PLC este lenguaje de programación. En la figura 18 se puede revisar una parte de la programación en este tipo de lenguaje.

**Figura 18.**  
Operaciones Lógicas del TIA Portal

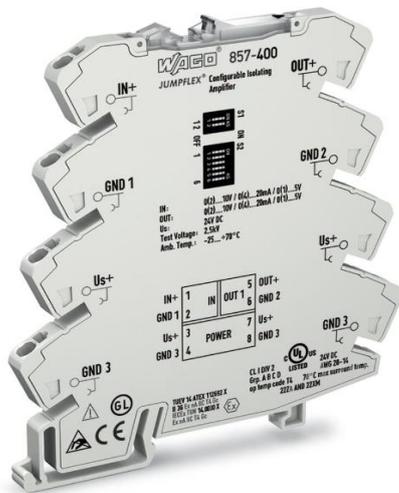


Nota: tomada de la interfaz del software TIA Portal V16

### Amplificador de Aislamiento

Según la página oficial del proveedor WAGO (2024) “Este convertidor de señal configurable convierte, amplifica, filtra y aísla galvánicamente señales analógicas normalizadas” WAGO (2024).

**Figura 19.**  
Amplificador de señal WAGO857-400



Nota: Tomada de catálogo oficial de WAGO

Los datos técnicos que posee este dispositivo electrónico son los presentados en los anexos 3 y 4 respectivamente. Donde se visualiza que tanto en voltaje como corriente en entrada y salida se tienen los valores deseados para que pueda ser leído por el PLC, que en este caso será de 4-20 mA.

En el anexo 5 se puede observar los datos de alimentación que necesita el convertidor para que pueda entrar en funcionamiento, su valor es de 24 VDC.

### **Sensor de rotación**

Como mejora en el presente proyecto se ha colocado un sensor de rotación al final de la banda de corteza con el motivo de asegurar el funcionamiento de la misma, evitando una acumulación innecesaria de la corteza si por alguna anomalía llegara a fallar el reductor del motor. Para ello se ha utilizado el sensor de serie XSVAV11201EX de la marca Telemecanique.

#### **Figura 20.**

*Sensor de rotación inductivo*



Nota: Tomada de su página web TELEMECANIQUE

Es un sensor inductivo con una distancia de medición de 10mm regulable, posee una alimentación de 24VDC perfecto para esta aplicación, para más detalle de sus características revisar el Anexo 6.

### **Transformador de corriente**

Según Campos (2015) define como “Los transformadores de corriente tienen como misión reducir la corriente de la red a valores tolerables por los instrumentos de medida o protección” (p. 17). Para lograr la medición de corriente del motor denominado cadena grande, se tomó en cuenta la corriente que pasa por el conductor en su punto máximo de carga, en este caso se toma en cuenta la corriente nominal de placa del motor que es 40A, a este valor se le considera un factor de sobrecarga del 20%.

$$I = 40A \times 1.20$$

$$I = 48A$$

Al tener este valor por un cable se multiplica por las 3 fases que va a medir el TC, teniendo de esta manera.

$$I = 48A \times 3$$

$$I = 144A$$

Según las especificaciones de los transformadores de corriente que se lo puede revisar en el anexo 7 por corriente primaria se debería elegir el de 150/5 pero se utilizó un transformador que estaba en stock sin utilizarse, como muestra la figura 21.

**Figura 21.**

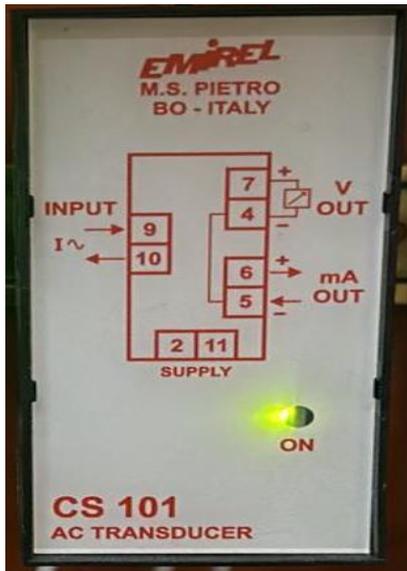
TC utilizado para medición de corriente del motor cadena grande



### **Transductor estático de corriente alterna**

Es un dispositivo utilizado para medir corriente alterna por medio de un transformador de corriente y convertirla en una señal eléctrica que el PLC pueda interpretar como una señal medible. En la figura 22 se puede apreciar el convertidor y en el anexo 8 se puede revisar la hoja técnica del dispositivo.

**Figura 22.**  
*Transductor estático de corriente alterna*



## 2.2 Descripción de la propuesta

La propuesta del proyecto es la migración y automatización del proceso de descortezado de madera, se encontró con un equipo discontinuado y los planos desactualizados del proceso, además no cuenta con ninguna representación gráfica de cómo funciona el sistema en sí.

Para llevar a cabo el diseño de una interfaz en un HMI se tomó en consideración un repaso visual por el sitio y para animar el sistema se va a tomar gráficas del TIA Portal para cumplir con el objetivo.

Además, se va a incorporar una nueva variable en el sistema, que es la de revisar la corriente que está consumiendo el motor de alimentación de madera, el cual se relaciona con la cantidad de carga que van a colocar en la mesa, pudiendo tener como dato referencial este valor para no sobrecargar el sistema.

### a. Estructura general

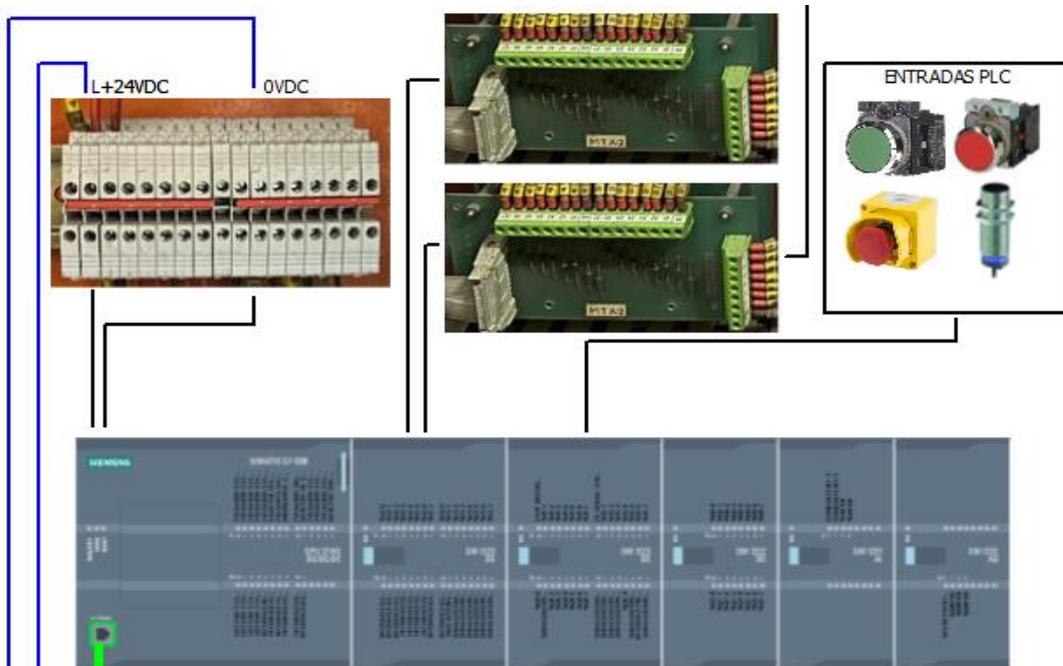
La automatización de un proceso en general consta de varios elementos eléctricos y electrónicos que hacen posible el arranque del sistema. Dentro del cual se tiene como principal equipo al controlador lógico programable PLC, es quien comanda toda la comunicación y en el cual se encuentra diseñado el programa con sus condiciones de funcionamiento. En él se conectan las entradas y salidas programadas como se ilustra la figura 23.

**Figura 23.**  
*Diagrama del PLC y sus módulos de expansión*



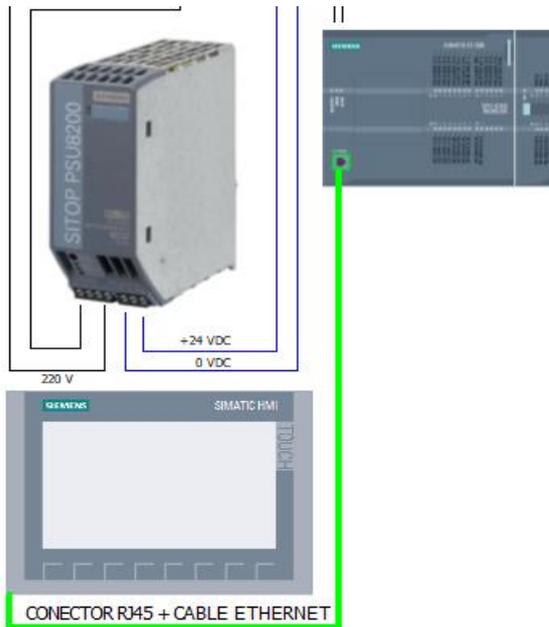
También consta de un grupo de salidas hacia dos multiplexores que ayuda a reducir el número de entradas y cableado. En éste, mediante las salidas Q0.0, Q0.1, Q0.2, Q0.3 donde se encuentran todas las entradas desde la I2.0 hasta la I2.7 que consta de: protección del sistema actual, selectores, finales de carrera y protección del sistema anterior que envían una señal al PLC indicando que no se encuentra ninguna de ellas en falla para poder proceder con el arranque del circuito. De igual manera ocurre con el Multiplexor número dos que engloba el grupo de entradas desde la I3.0 hasta la I3.7 como muestra la figura 24.

**Figura 24.**  
*Diagrama de conexión de los multiplexores*



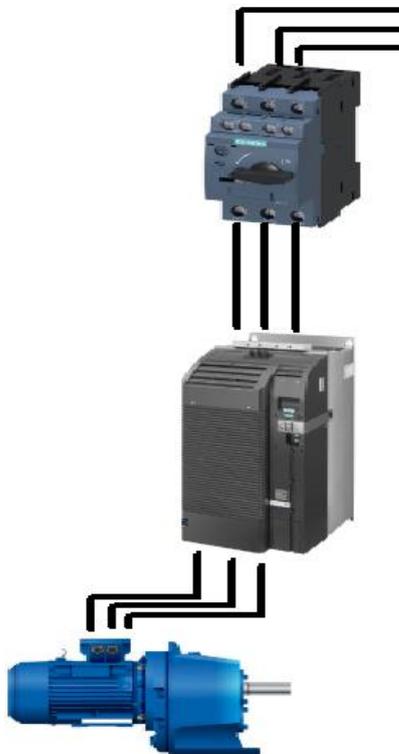
Mediante comunicación ethernet se realizó la conexión entre el módulo PLC y el HMI, como muestra la figura 25.

**Figura 25.**  
*Diagrama de comunicación entre PLC – HMI*



Y para la parte de fuerza se colocó un variador G120 que permite controlar la velocidad del motor de la cadena de entrada de materia como se visualiza en la figura 26.

**Figura 26.**  
*Diagrama de conexión del variador G120*



Y la parte final se trata del grupo de motores que tienen arranques directos y que se pueden visualizar en la figura 27.

**Figura 27.**  
*Diagrama de conexión de motores.*

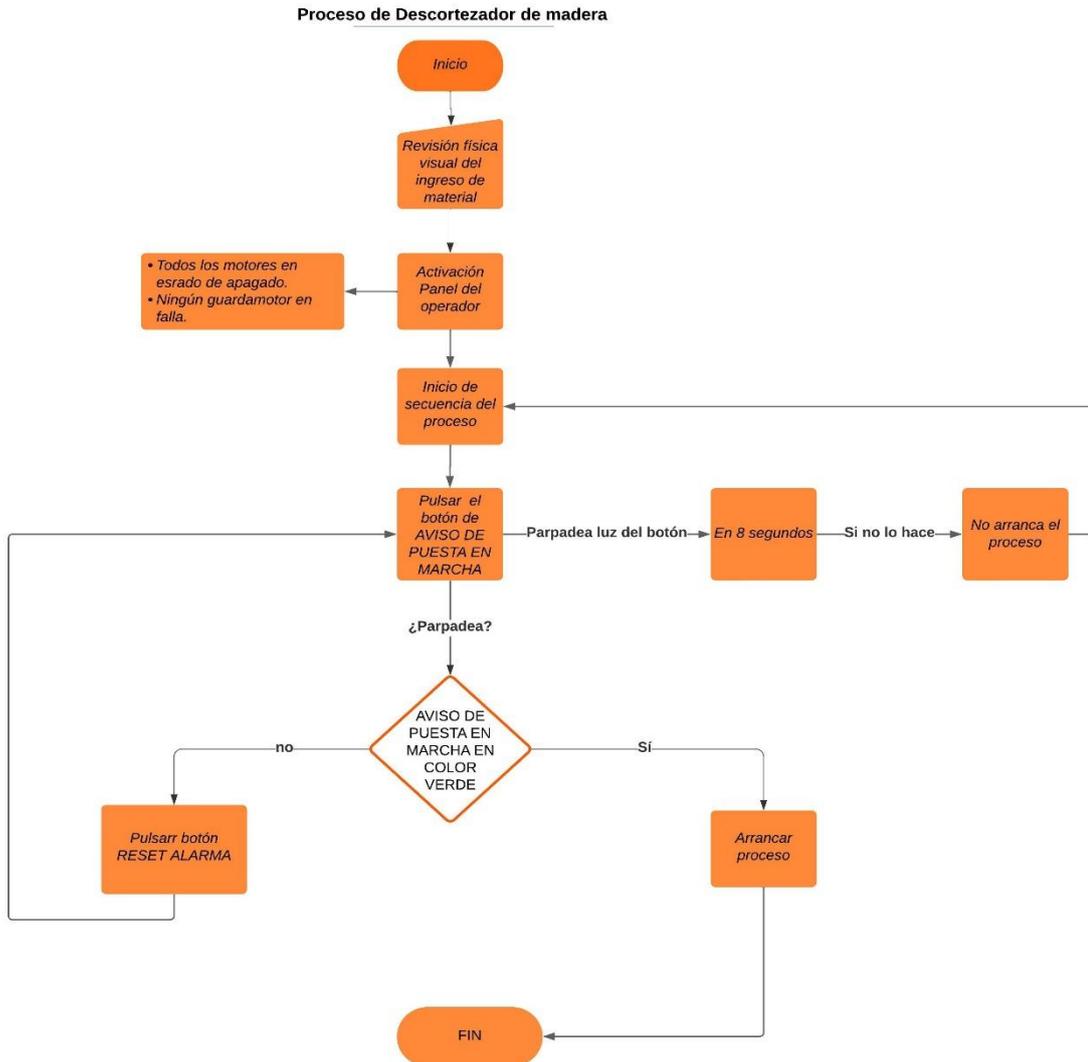


Para poder observar el diagrama completo, se puede hacer mediante el anexo 16.

#### **Diagrama de Bloque del proceso descortezador**

En el siguiente diagrama de bloques se establece el funcionamiento de control del proceso, donde se inicia con el operario visualizando el entorno en el que trabaja, se enfocará en revisar el HMI y constatar que no presenta ninguna falla, entonces comienza con el proceso donde tiene que pulsar el botón de ARRANQUE DE PUESTA EN MARCHA, esperar los 8 segundos hasta que el botón se quede encendido completamente con color verde, al tener esta señal de arranque el operario puede comenzar a encender los equipos, caso contrario tiene que volver al proceso de secuencia donde tiene que pulsar el botón de RESET para empezar con la puesta en marcha nuevamente así como muestra la figura 28.

**Figura 28.**  
*Diagrama de proceso Descortezador de madera*



**b. Explicación del aporte**

Para dar inicio con la explicación del aporte se define la dirección IP que van a tomar los dos elementos electrónicos para el desarrollo del proceso. En la Tabla 2 se aprecia con detalle los equipos y la dirección respectiva.

**Tabla 2**  
*Dirección IP de los equipos*

Ítem	Equipo	Dirección IP
1	PLC	192.168.0.20
2	HMI	192.168.0.21

El sistema está compuesto por dos mesas de alimentación que para identificar en la figura 29 se los ha nombrado con esta numeración:

- 1 mesa horizontal
- 2 mesa vertical

**Figura 29.**  
*Mesas de alimentación*



El motor llamado cadena grande es el encargado de transportar el material hacia el tambor. Y en la figura 30 se lo representa con el número 3.

**Figura 30.**  
*Cadena Grande transportadora de madera*



Mediante la cadena grande llegan los troncos hacia el tambor descortezador el cuál es el encargado de sacar toda la corteza del tronco. Los motores para la interpretación se los muestra como 4 y 5 respectivamente en la figura 31.

**Figura 31.**  
*Motores del tambor descortezador*



Al desprender la corteza de los troncos que están dentro del tambor, éstas por gravedad caen hacia una banda denominada: Transporte de corteza (para su interpretación gráfica se encuentra con el número 6), que se encarga de transportar esta corteza fuera del sistema, para que una máquina rodante las recoja y lleve hacia su respectivo proceso donde será tratada como fuente de energía térmica. La representación de la banda se la puede ver en la figura 32.

**Figura 32.**  
*Transporte Banda de corteza*



Y el motor de la banda de corteza se encuentra en el comienzo de la banda como muestra la figura 33.

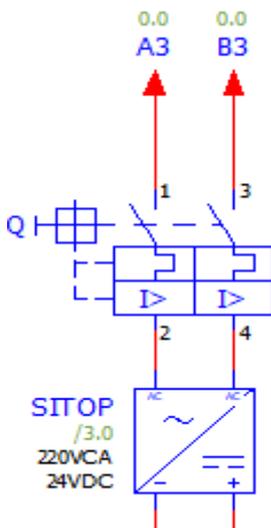
**Figura 33.**  
*Motor banda de corteza*



### Diagrama eléctrico

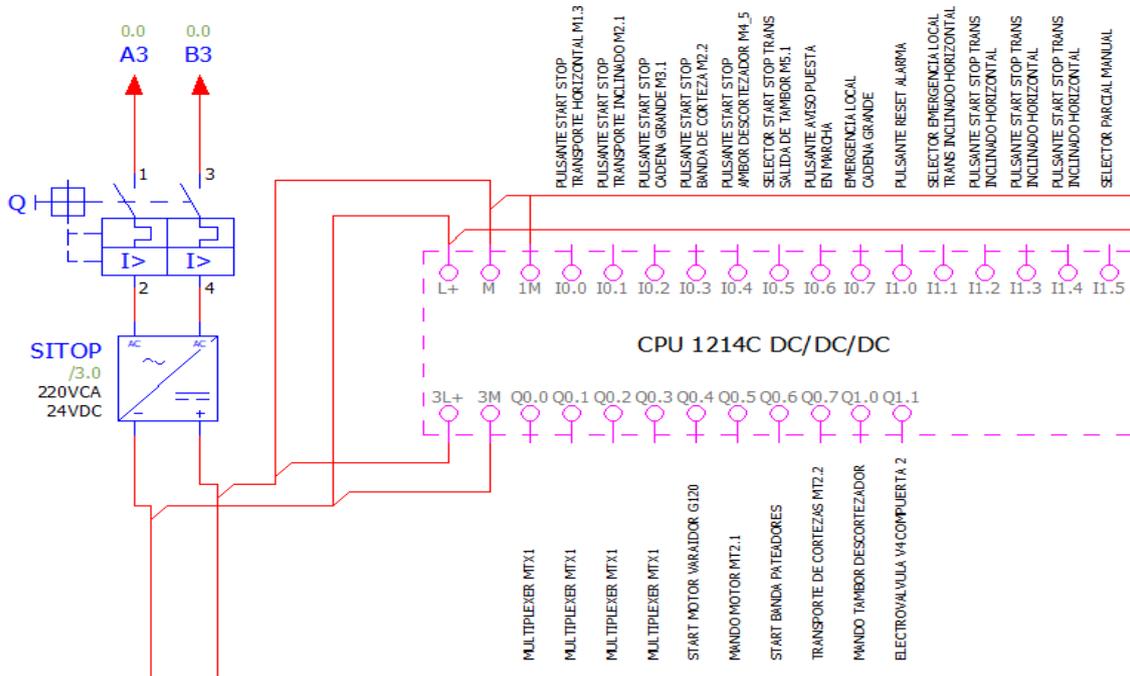
Dado a conocer cómo trabaja el sistema de descortezador se ha optado por diseñar un diagrama eléctrico en el cual representa parte del diseño que se va a realizar la migración, para el PLC S7-1200 se necesita una fuente externa por lo que se ha implementado una fuente SITOP de 24VDC – 10A en su output, y en su input será alimentado con 220 V que se visualiza en la figura 34.

**Figura 34.**  
*Diagrama eléctrico de alimentación de la fuente SITOP*



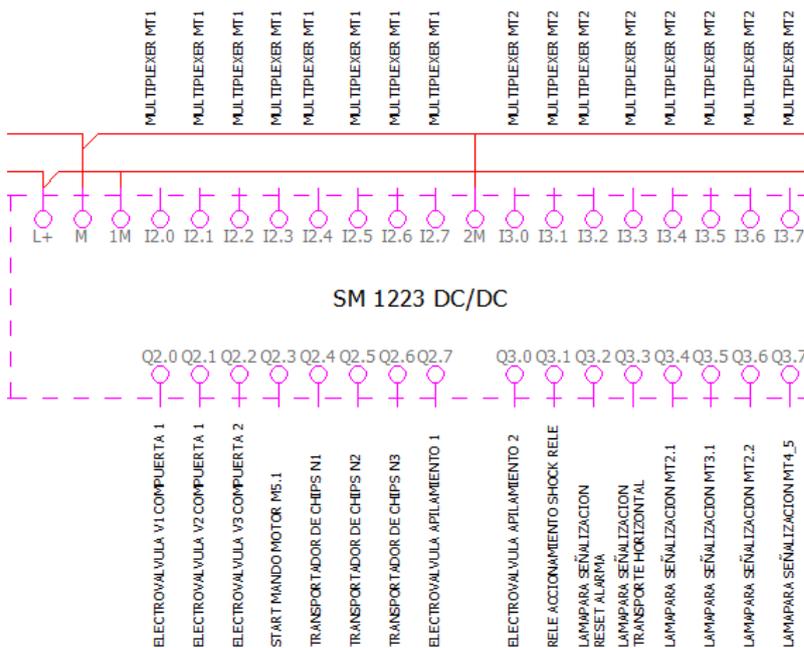
Una vez alimentado la fuente de voltaje que servirá como suministro de energía para el PLC como se muestra en la figura 35, se muestra la conexión de dicho equipo con sus entradas y salidas.

**Figura 35.**  
Diagrama eléctrico alimentación PLC



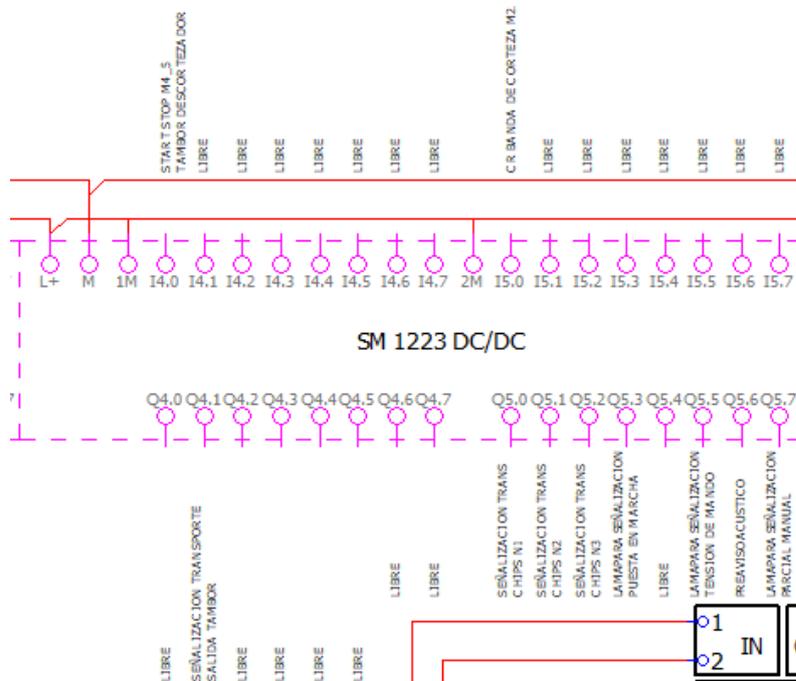
A continuación, se muestra el módulo de expansión con sus entradas y salidas correspondientes, como se detalla en la figura 36.

**Figura 36.**  
Diagrama eléctrico módulo de expansión 1



El siguiente módulo de expansión muestra la continuación de las entradas y salidas que posee este proyecto como muestra la figura 37.

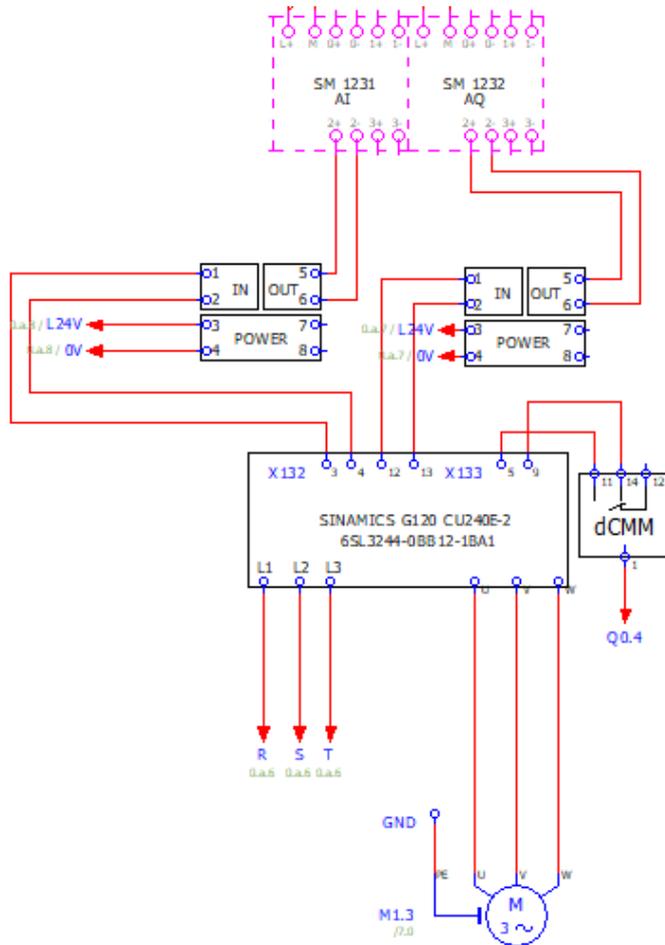
**Figura 37.**  
Diagrama eléctrico módulo de expansión 2



Se implementó un módulo de entradas y salidas analógicas que permiten controlar y visualizar las variables de control de velocidad y corriente del motor respectivamente, aquí se implementan los dos amplificadores de señal que se conectaron, se observa que son alimentados por la fuente SITOP a 24VDC y se interconectan desde el variador G120 hacia el módulo de entradas y salidas analógicas por lo que en la figura 38 se puede observar cómo está conectado eléctricamente.

**Figura 38.**

*Diagrama eléctrico módulo de entradas y salidas analógicas.*



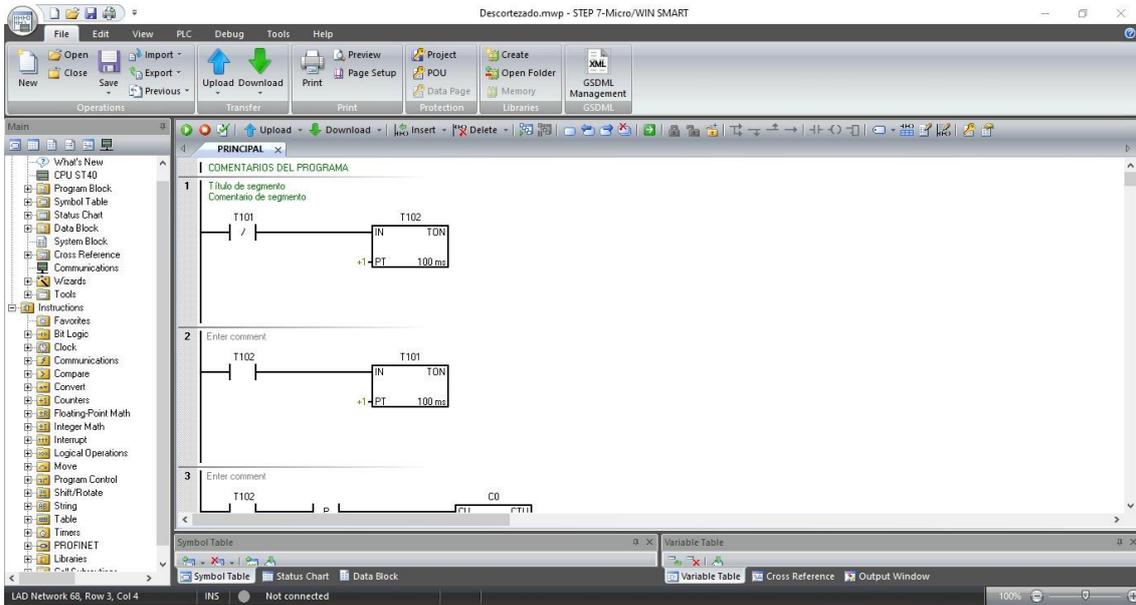
El diagrama completo de toda la parte eléctrica se puede observar en el Anexo 17.

### **Proceso de migración del PLC S7-200 AL PLC S7-1200**

Para la migración del programa del PLC S7 200 se utilizaron dos programas, el primero que es el STEP 7 Micro/WIN SMART ayudó a poder respaldar y poder descargar la información de la programación que se tenía en dicho PLC y con éste poder migrar mediante TIA PORTAL hacia la versión actual con la que se utilizó qué es la V16.

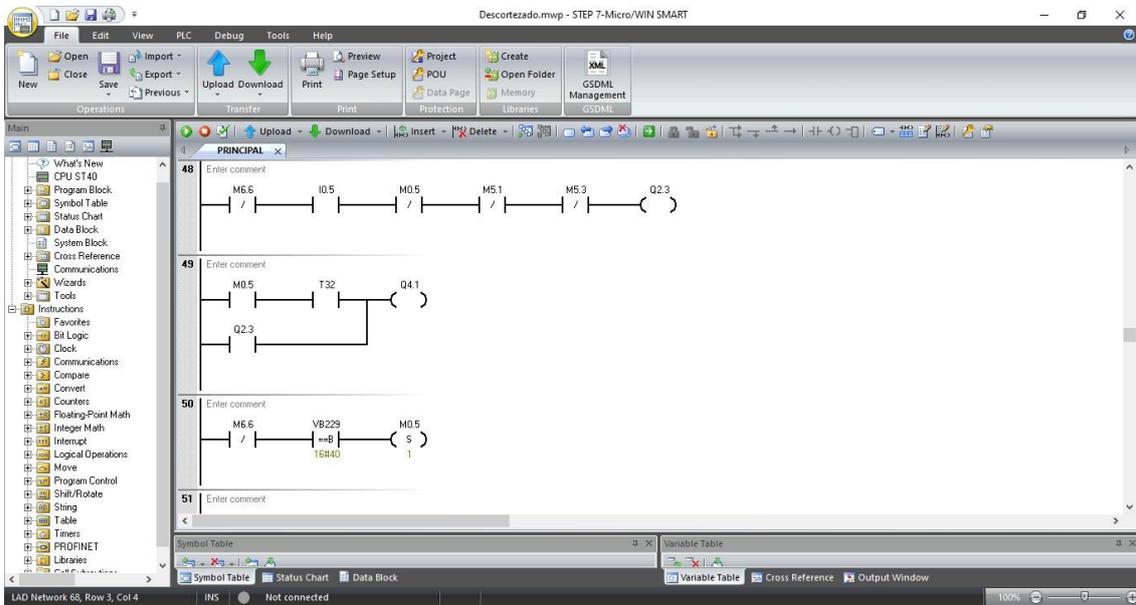
En la figura 39 se muestra la lectura de la interfaz del programa actual que posee el sistema con el Micro/WIN SMART.

**Figura 39.**  
*Lectura de programación PLC S7 200*



Se muestra también parte de la programación que este equipo tenía en su controlador, como ejemplo de visualización se ha mostrado en la figura 40 la salida Q2.3 que es la perteneciente a la banda de trozas.

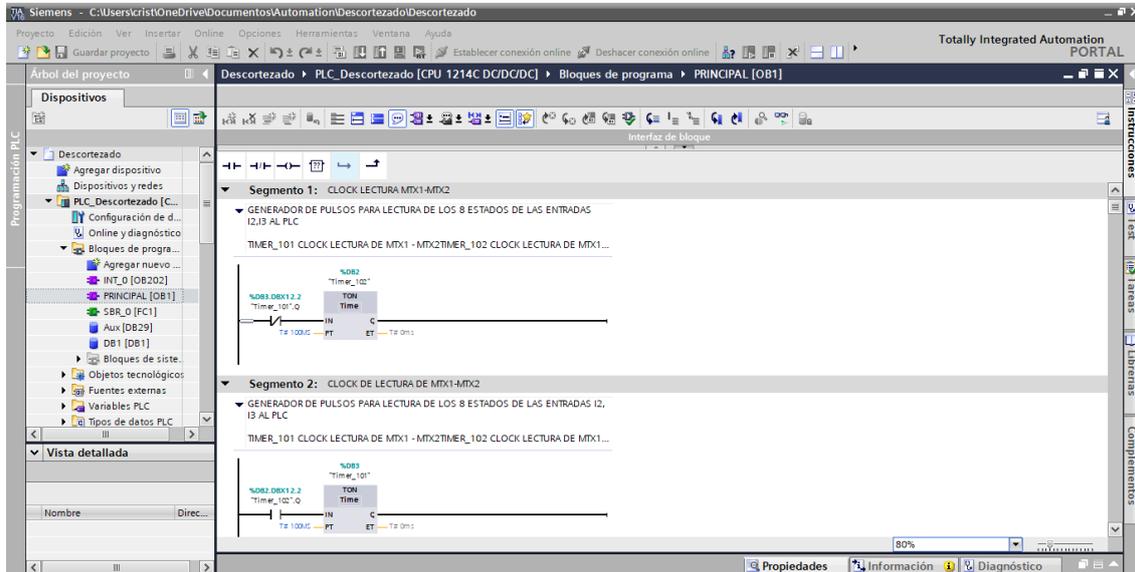
**Figura 40.**  
*Lectura de programación PLC S7 200*



Como se muestra en las figuras 41 y 42, el programa no consta de ningún tipo de información sobre la programación actual que presenta el PLC por lo que al migrar al TIA Portal V16 se tuvo que analizar cada uno de los segmentos y colocarlo de una manera más informática con la descripción de su funcionamiento.

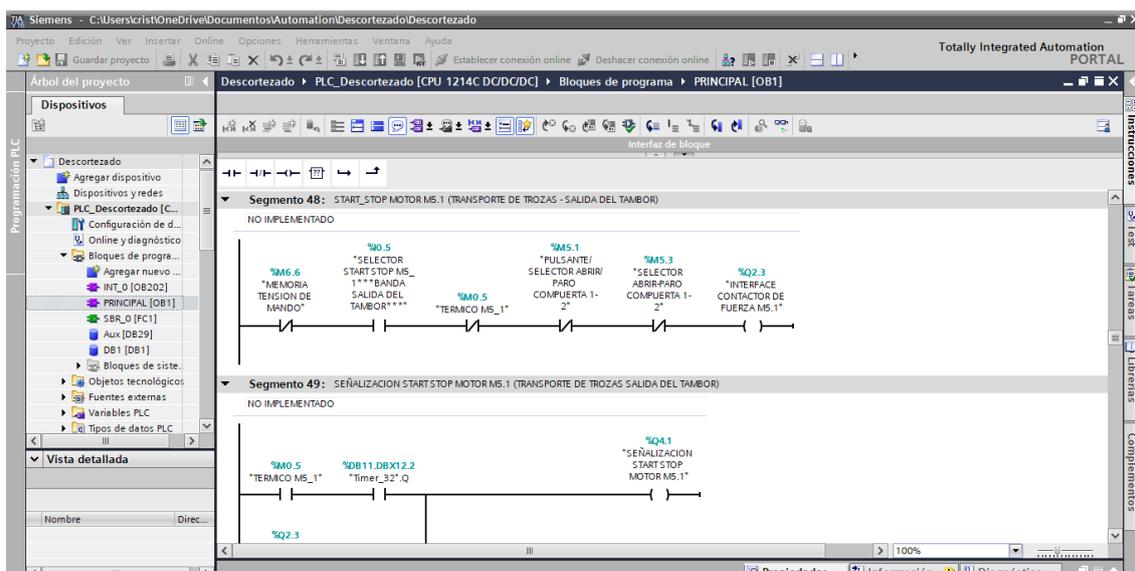
Así es como se muestra en la figura 43 donde se ha colocado la información pertinente para que cualquier técnico eléctrico que desee realizar modificaciones tenga conocimiento del que hace cada uno de los segmentos.

**Figura 41.**  
*Detalle de los segmentos dentro de la programación*



De igual manera se ha colocado un ejemplo de la salida Q2.3 con información del proceso como comentario en el segmento y cada variable con su respectivo significado, como muestra la figura 42.

**Figura 42.**  
*Demostración de una salida de la migración del programa en TIA Portal V16*



## Lectura de variables

Al poder entender el funcionamiento, se procede a describir cada una de las entradas y salidas que tiene el PLC, en él también se ingresan los cambios de mejora que tendrá el sistema como ya se lo había descrito, en la figura 43 se muestran la tabla de variables de las entradas.

**Figura 43.**

*Tabla de variables de Entradas PLC*

DI				
		Nombre	Tipo de datos	Dirección
1		PULSADOR START STOP M1.3***TRANSPORTE HORIZONTAL***	Bool	%I0.0
2		PULSADOR START STOP M2.1***TRANSPORTE INCLINADO***	Bool	%I0.1
3		PULSADOR START STOP M3.1***CADENA GRANDE***	Bool	%I0.2
4		PULSADOR START STOP M2.2***BANDA DE CORTEZA***	Bool	%I0.3
5		PULSADOR START M4_5***TAMBOR DESCORTEZADOR***	Bool	%I0.4
6		SELECTOR START STOP M5_1***BANDA SALIDA DEL TAMBOR***	Bool	%I0.5
7		PULSANTE AVISO PUESTA EN MARCHA	Bool	%I0.6
8		EMERGENCIA LOCAL CADENA GRANDE_TRANS. INCLINADO Y HORIZONTAL	Bool	%I0.7
9		PULSADOR RESET ALARMA	Bool	%I1.0
10		SELECTOR DE EMERGENCIA TRANS. INCLINADO/HORIZONTAL	Bool	%I1.1
11		PULSADOR START STOP M9	Bool	%I1.2
12		PULSADOR START STOP M10	Bool	%I1.3
13		PULSADOR START STOP M11_1 ***CHIPS 3*** SILO ABIERTO***	Bool	%I1.4
14		SELECTOR PARCIAL_MANUAL	Bool	%I1.5
15		Tag_28	Byte	%IB2
16		Tag_29	Byte	%IB3
17		STOP MOTOR M4_5 ***TAMBOR DESCORTEZADOR***	Bool	%I4.0
18		CR BANDA CORTEZA M2.2	Bool	%I5.0

De la misma manera se muestra la tabla de variables de las salidas que posee el PLC mostrada en la figura 44.

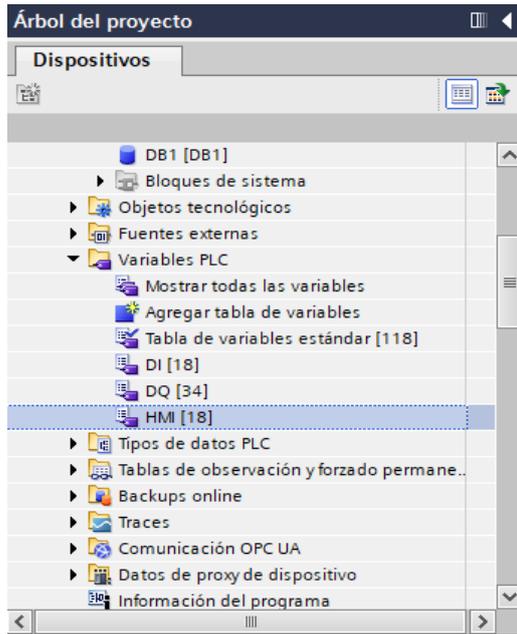
**Figura 44.**

*Tabla de variables de Salidas PLC*

DQ			
	Nombre	Tipo de datos	Dirección
1	LECTURA Y CARGA DATO DE ENTRADA DE MTX1 Y MTX2 EN VB100 Y V...	Bool	%Q0.0
2	LECTURA Y CARGA DATO DE ENTRADA DE MTX1 Y MTX2 EN VB102 Y V...	Bool	%Q0.1
3	LECTURA Y CARGA DATO DE ENTRADA DE MTX1 Y MTX2 EN VB104 Y V...	Bool	%Q0.2
4	LECTURA Y CARGA DATO DE ENTRADA DE MTX1 Y MTX2 EN VB106 Y V...	Bool	%Q0.3
5	INTERFACE MIDI MASTER M1.3	Bool	%Q0.4
6	INTERFACE CONTACTOR DE FUERZA M2.1	Bool	%Q0.5
7	INTERFACE PARA BANDA SALIDA DE TAMBOR (SIN TENSION DE 220V)	Bool	%Q0.6
8	INTERFACE CONTACTOR DE FUERZA M2.2	Bool	%Q0.7
9	INTERFACE CONTACTOR FUERZA M4-M5	Bool	%Q1.0
10	INTERFACE ELECTROVALVULA V4 (PATEADOR 2)	Bool	%Q1.1
11	INTERFACE ELECTROVALVULA V1 (COMPUERTA 1)	Bool	%Q2.0
12	INTERFACE ELECTROVALVULA V2 (PATEADOR 1)	Bool	%Q2.1
13	INTERFACE ELECTROVALVULA V3 (COMPUERTA 2)	Bool	%Q2.2
14	INTERFACE CONTACTOR DE FUERZA M5.1	Bool	%Q2.3
15	INTERFACE CONTACTOR DE FUERZA M9 (TRANS. CHIPS #1)	Bool	%Q2.4
16	INTERFACE CONTACTOR DE FUERZA M10 (TRANS. CHIPS #2)	Bool	%Q2.5
17	INTERFACE CONTACTOR DE FUERZA M11.1 (TRANS. CHIPS #3)	Bool	%Q2.6
18	INTERFACE ELECTROVALVULA APILAMIENTO 1	Bool	%Q2.7
19	INTERFACE ELECTROVALVULA APILAMIENTO 2	Bool	%Q3.0
20	RELE ACCIONAMIENTO SHOCK RELE	Bool	%Q3.1
21	SEÑALIZACION RESET ALARMA	Bool	%Q3.2
22	SEÑALIZACION START STOP MOTOR M1.3	Bool	%Q3.3
23	SEÑALIZACION START STOP MOTOR M2.1	Bool	%Q3.4
24	SEÑALIZACION START STOP MOTOR M3.1	Bool	%Q3.5
25	SEÑALIZACION START STOP MOTOR M2.2	Bool	%Q3.6
26	SEÑALIZACION START STOP MOTOR M4_5	Bool	%Q3.7
27	SEÑALIZACION START STOP MOTOR M5.1	Bool	%Q4.1
28	SEÑALIZACION START STOP MOTOR M9	Bool	%Q5.0
29	SEÑALIZACION START STOP MOTOR M10	Bool	%Q5.1
30	SEÑALIZACION START STOP MOTOR M11.1 CHIPS3***SILO ABIERTO***	Bool	%Q5.2
31	SEÑALIZACION AVISO PUESTA EN MARCHA	Bool	%Q5.3
32	SEÑALIZACION TENSION DE MANDO	Bool	%Q5.5
33	INTERFACE PREAVISO ACUSTICO	Bool	%Q5.6
34	SEÑALIZACION PARCIAL_MANUAL	Bool	%Q5.7

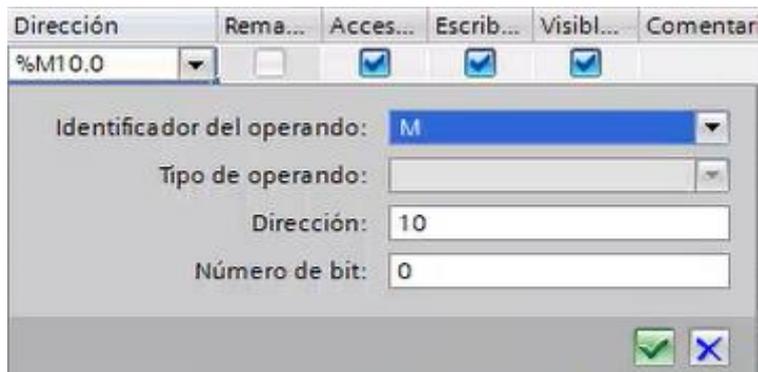
Al incorporarse la interfaz HMI hace que se deban crear variables para poder programar el sistema, por lo que se procede a crear las mismas. En la parte izquierda del TIA PORTAL donde indica el Árbol del proyecto, en la sección de variables PLC se debe hacer click en agregar tabla de variables y se procede a colocar el nombre que en este caso se llamará HMI, así como muestra la figura 45.

**Figura 45.**  
*Creación de tabla de variable HMI*



Al ser variables del sistema se las debe colocar como marcas dentro de ellas, al ser un programa migrado y para evitar duplicar el número de dirección se comenzó por la número 10 así como se observa en la figura 46.

**Figura 46.**  
*Creación de una variable para el HMI*



Se coloca el nombre con el que va a estar identificada dicha variable y se completa el listado con las que se va a trabajar en el presente proyecto, se crea toda la tabla de variables como muestra la figura 47.

**Figura 47.**  
*Tabla de variables para interfaz HMI*

HMI									
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...		
1	START STOP M1.3 HMI	Bool	%M10.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	START STOP M2.1 HMI	Bool	%M10.1		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	START STOP 2.2 HMI	Bool	%M10.2		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	START STOP M3.1 HMI	Bool	%M10.3		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	START STOP M4_5 HMI	Bool	%M10.4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	AVISO PUESTA EN MARCHA HMI	Bool	%M10.5		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	RESET ALARMA HMI	Bool	%M10.6		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	SELECTOR PARCIAL MANUAL HMI	Bool	%M10.7		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	STOP MOTOR M4_5 HMI	Bool	%M11.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	SET VELOCIDAD M1.3	Real	%MD30		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	CORRIENTE M1.3	Int	%IW100		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	CORRIENTE M3.1	Int	%IW102		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	TAG M1.3	Real	%MD34		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	VISUAL I M1.3	Real	%MD38		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	TAG M3.1	Real	%MD42		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	VISUAL I M3.1	Real	%MD46		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	SALIDA VELOCIDAD	Int	%QW160		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	TAG VEL M1.3	Real	%MD50		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	TAG COMPARADOR DE CORRIE...	Bool	%M11.1		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

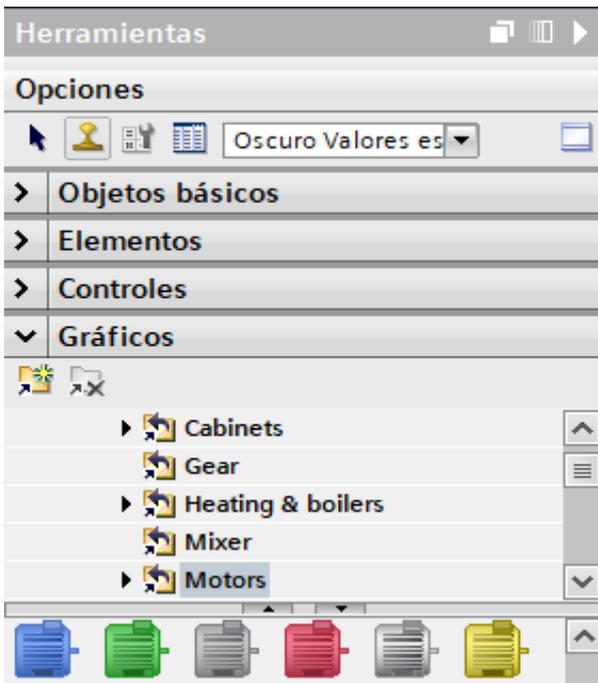
Una vez que se han obtenido las variables del sistema, se procede con la creación de la interfaz del proceso en general, colocando las gráficas que más se asemeje al proceso que se ha mostrado en el presente documento, de esta manera se empieza colocando las estructuras que se las puede obtener desde la parte derecha en herramientas y en la sección gráficos en industries con su subnivel de Mining está el gráfico que se va a colocar como muestra la figura 48.

**Figura 48.**  
*Diseño del proceso descortezador de madera*



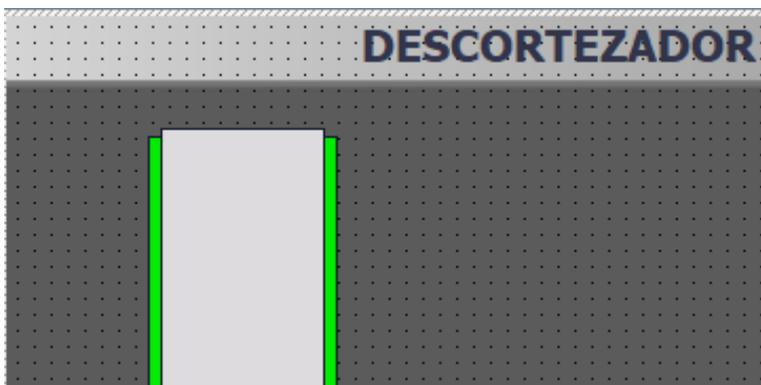
Continuando con la interfaz se colocan motores de diferente color debido a que se les asignará diferentes acciones a la hora de programar, en el mismo apartado derecho donde están herramientas y gráficos, se busca la sección Automation y en el subnivel motors se encuentra los gráficos de motores que se desea colocar dentro de la interfaz como muestra la figura 49.

**Figura 49.**  
*Elección del gráfico motor para la interfaz HMI*



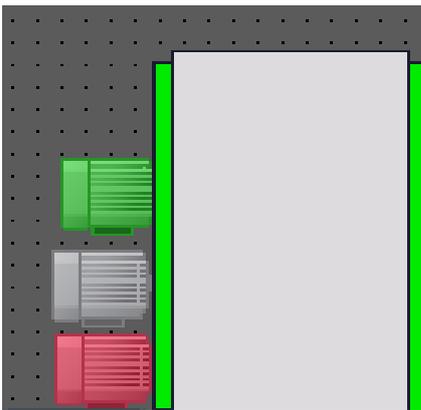
Para poder graficar las mesas de alimentación se utilizó la herramienta de Objetos Básicos y se utilizó rectángulos para poder recrear una mesa de alimentación vista desde la parte superior como se representa en la figura 50.

**Figura 50.**  
*Gráfica de la mesa de alimentación*



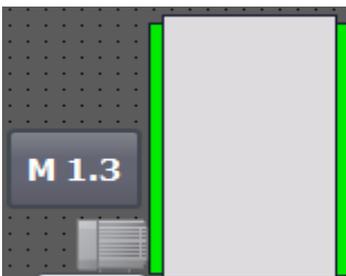
Se ubicaron 3 tipos motores de diferente color por cada motor que representa al proceso, el color plomo representa el motor no accionado o pagado, el color verde cuando el motor esté encendido y el motor rojo cuando el guardamotor esté desactivado (para simular que el motor está en alarma por alguna eventualidad que se haya presentado), estos motores están sobrepuestos entre sí y solo se activarán cuando el bit de activación sea 1. Así es como se ilustra en la figura 51.

**Figura 51.**  
*Colocación de motores dentro de la interfaz HMI*



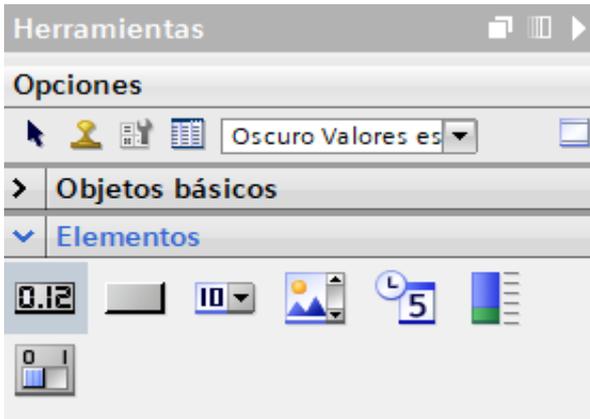
Se coloca el botón que servirá como información y a su vez como un pulsante para poder arrancar el motor al cual sea direccionado. Como muestra la figura 52.

**Figura 52.**  
*Colocación de pulsantes*



Para la entrada y salida analógica se coloca en elementos en el campo E/S la para poder controlar las variables que se van a colocar. Como muestra la figura 53.

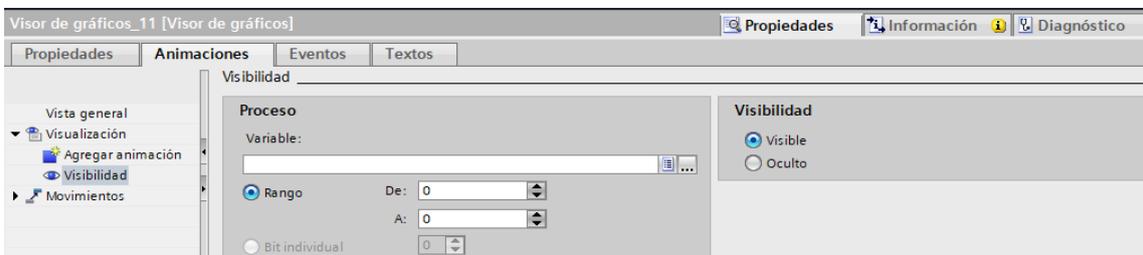
**Figura 53.**  
Ubicación del botón para visualización de entrada y salida analógica



### Asignación de variables

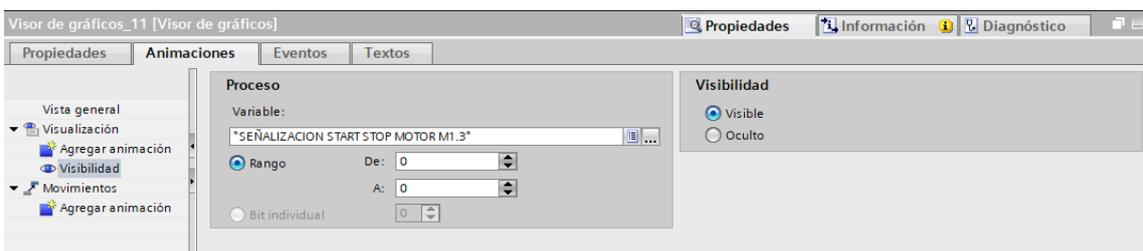
Se va a dar ejemplo de cómo se asigna variables a los objetos que se utilizaron en este proyecto, a continuación, para colocar la variable en el motor se da doble click en el objeto, entonces se abre una ventana de propiedades del objeto, desplazar hacia la parte de animaciones y se colocó una visualización en el objeto, para lo cual se debe asignar la variable. En la figura 54 se aprecia lo mencionado.

**Figura 54.**  
Apertura de pestaña para asignar variable a un objeto



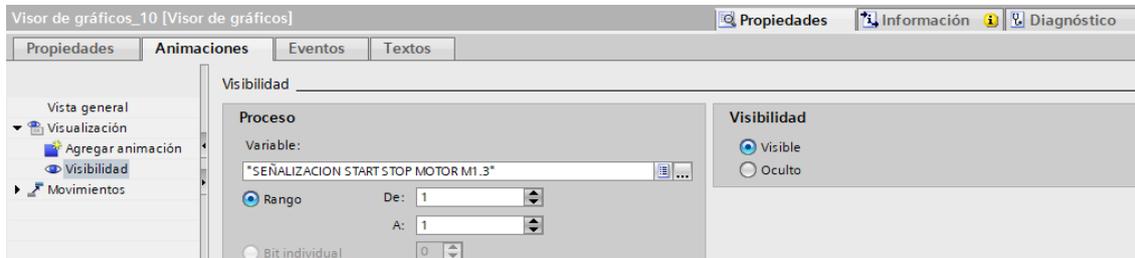
Una vez que se encuentra en la pestaña de animaciones dar click en variable y asignar la deseada desde la tabla de variables que se creó con anterioridad, el rango de 0 a 0 indica si la variable se encenderá dependiendo el bit que se configure, siendo 0 para este caso. Así lo muestra la figura 55.

**Figura 55.**  
Asignación de variable en el objeto



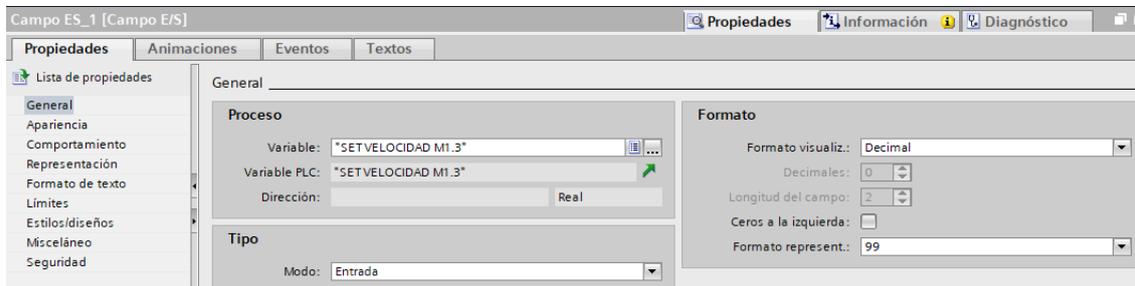
Para las demás figuras de motores solo cambiará el rango, puesto que se ha colocado la opción para que se sobreponga la imagen cuando la variable se encienda, por lo que el rango será 1, como muestra la figura 56.

**Figura 56.**  
*Asignación de rango a la variable seleccionada*



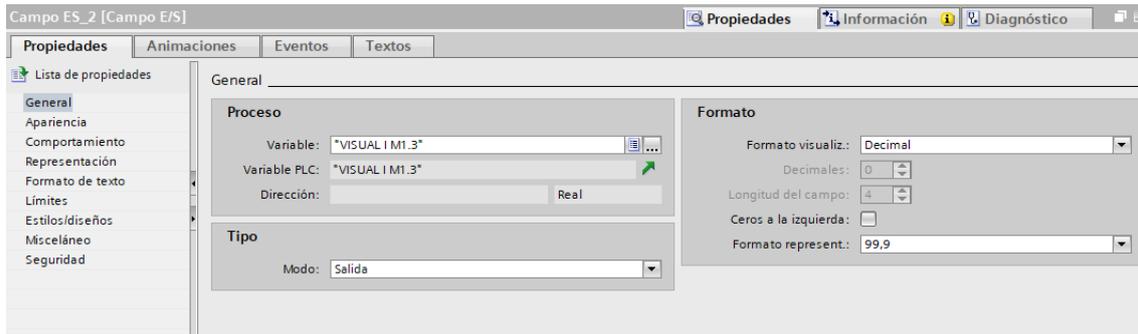
Para el caso de la entrada analógica al haber utilizado otro objeto al darle doble click despliega la pantalla de propiedades, y en general colocar la variable que se ha creado con anterioridad, en el menú de Tipo se coloca si es una entrada o es una salida. En Formato se pondrá el tipo de visualización que en este caso será décima y con dos dígitos, así como muestra la figura 57.

**Figura 57.**  
*Asignación de una entrada analógica*



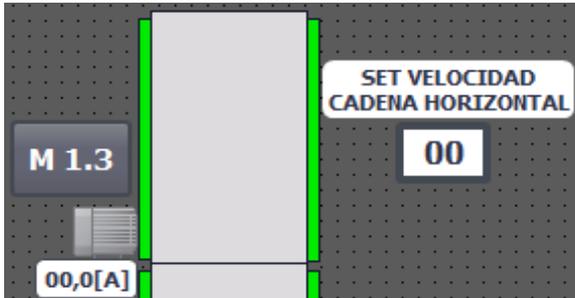
De la misma manera que una entrada se coloca para una salida como visualización y en este caso se cambia el tipo colocando que sea como salida, así como muestra la figura 58.

**Figura 58.**  
*Asignación de una salida analógica M1.3*



Estas entradas y salidas analógicas se las ha colocado dentro del interfaz del diseño del HMI como muestra la figura 59.

**Figura 59.**  
*Diseño en la interfaz de entrada y salida analógica dentro del HMI*



La visualización y lectura de las variables analógicas se las representa en el bloque del programa principal con un convertidor que permite leer un valor entero y transformarlo en real, de esa misma salida se escala el valor de real a real con el mínimo y máximo según las características de placa del motor, y el valor es visualizado con el variador de frecuencia. Se realizó la prueba de comparación con un multímetro para poder escalar con exactitud como muestra la figura 60.

**Figura 60.**

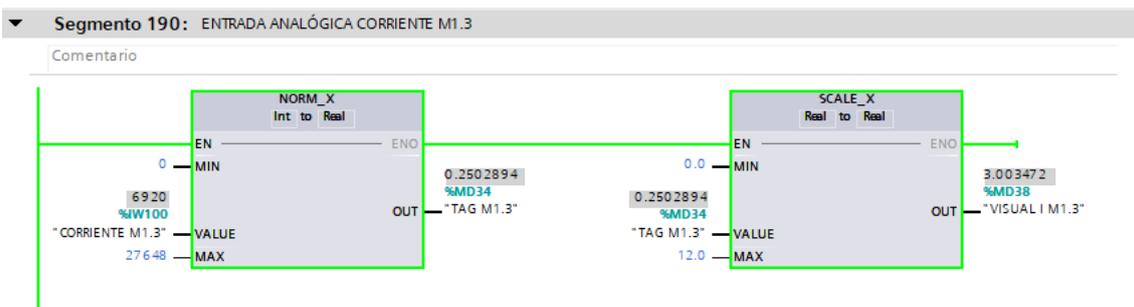
Validación de medición de corriente entre el variador G120 y multímetro



Con esta prueba se logra comprobar que el valor de corriente que envía el variador de frecuencia hacia el PLC es el correcto, se puede apreciar que como ejemplo se tomó el valor que de 3ª que marcaba en ese momento, por lo que se procede a escalar dicho valor en la programación, en este caso los límites son de 0 a 12 y da como resultado 3.003 A, como muestra la figura 61.

**Figura 61.**

Creación en el programa la visualización de la corriente del motor M1.3



Además, se añade una ventana de visualización en tiempo real de la curva de corriente que el motor está consumiendo, así como se lo demuestra en la figura 62.

**Figura 62.**

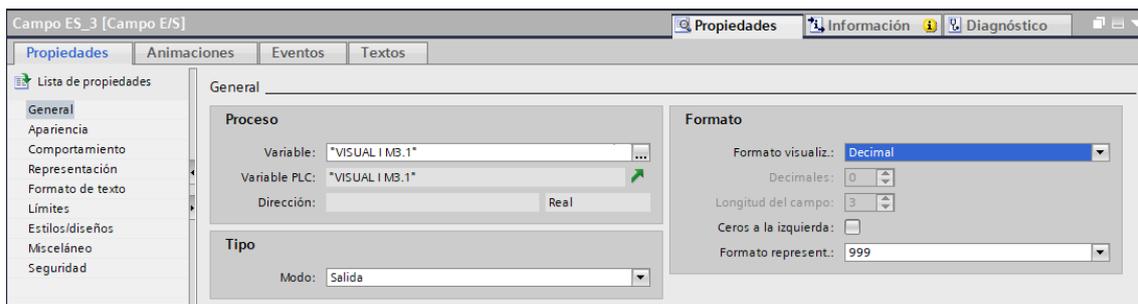
*Ventana de visualización de corriente en tiempo real del motor M1.3*



De la misma manera se coloca la variable de visualización de corriente para el motor cadena grande M3.1 como se observa en la figura 63.

**Figura 63.**

*Asignación de salida analógica motor M3.1*



Se coloca la visualización respectiva en la pantalla principal de la interfaz HMI como muestra la figura 64.

**Figura 64.**

*Diseño en la interfaz HMI de la salida analógica motor M3.1*



Al colocar un TC dentro del diagrama de conexión para poder observar el comportamiento de corriente que tiene este motor con respecto a la carga que se introduce en él, se ha configurado la entrada analógica en TIA PORTAL, de esta primero se revisa el valor de consumo de corriente con un multímetro como muestra la figura 65.

**Figura 65.**

*Validación de corriente entregada por el motor cadena grande*



Una vez se tenga el valor de corriente medido con el multímetro se procede a escalar en el programa TIA PORTAL, se utiliza como ejemplo en el documento la medida tomada que es de 14.96A y se procede a escalar los límites por lo que para obtener el resultado exacto es 0 a 58, como muestra la figura 66.

**Figura 66.**

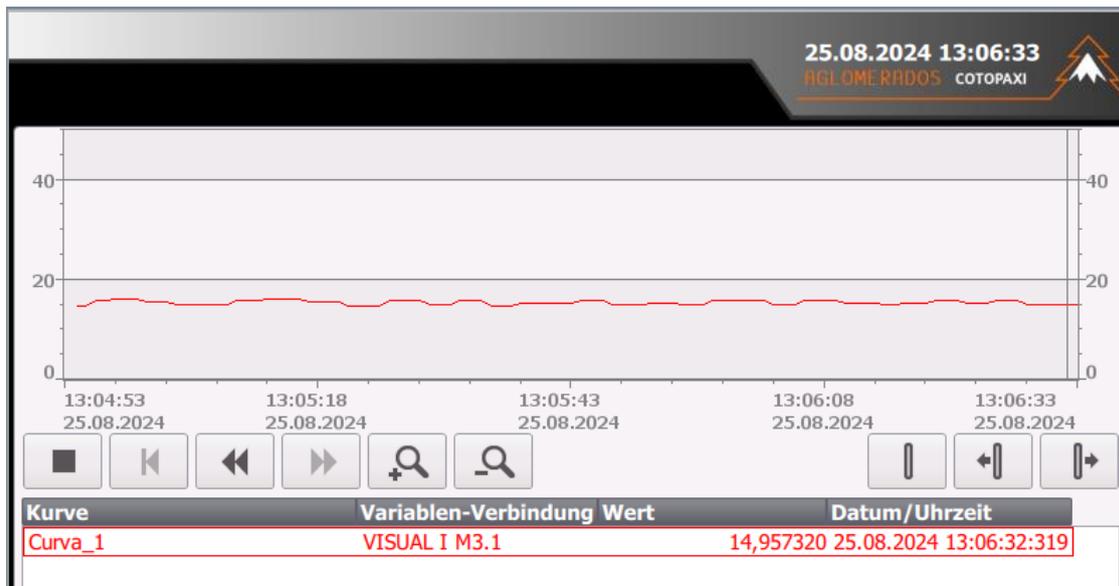
*Creación en el programa la visualización de la corriente del motor M3.1*



También se coloca una ventana de visualización con el comportamiento de la corriente del motor en tiempo real como se observa en la figura 67.

**Figura 67.**

*Ventana de visualización de corriente en tiempo real del motor M3.1*



### **Programación de control de corriente mediante transductor estático de corriente alterna**

Con este dato de corriente se procede a realizar una mejora en el sistema, donde al poseer un medidor de corriente instalado en el circuito de fuerza del motor denominado cadena grande M3.1, y dada la inclusión de variables analógicas ya mencionadas se procede con la programación que consta de incluir un comparador entre la variable analógica con un valor dado. En condiciones de carga normal la corriente de este motor consume entre 13 y 15 Amperios que es la tercera parte de su consumo nominal.

Para poder dimensionar el límite de comparación para que se detengan las bandas de alimentación se tomaron 10 datos en condiciones normales de operación con un set de velocidad de la cadena horizontal de 60% como muestra la tabla 3.

**Tabla 3.**

*Mediciones del comportamiento de carga del motor M3.1*

Potencia (kW)	Voltaje (V)	Corriente (I)	cos fi	mediciones
9,02	438	14,5	0,52	1
8,64	436	13,96	0,48	2
8,40	438	13,5	0,45	3
8,46	438	13,6	0,46	4
8,55	436	13,8	0,47	5
9,16	436	14,8	0,54	6
8,96	438	14,4	0,51	7
8,65	438	13,9	0,48	8
8,46	438	13,6	0,46	9
8,24	436	13,3	0,44	10
8,65	<b>437,20</b>	<b>13,94</b>	<b>0,48</b>	<b>promedio</b>

Al tener los valores medidos de corriente en condiciones normales de trabajo, se mide la corriente que consume el motor de cadena grande de acuerdo con la velocidad de seteo que tiene la mesa alimentadora, dado que el motor tiene un reductor de 1700/20 RPM se tienen los valores que muestra la tabla 4.

**Tabla 4.**

*Corriente de motor cadena grande con respecto a la velocidad de alimentación*

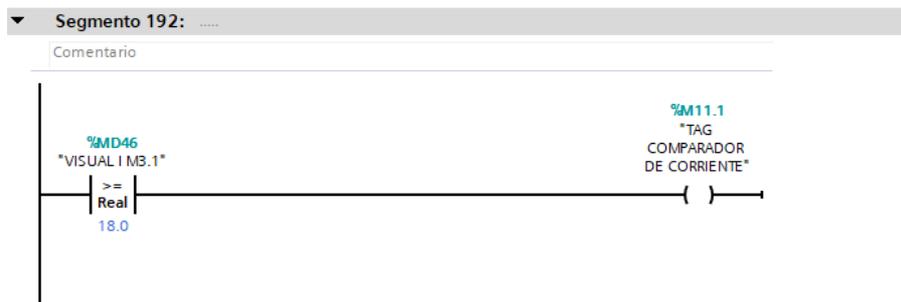
Set Variador	RPM motor	vuelas por minuto	Corriente M1,3	Corriente M3,1
10	1030	12	3,14	13,70
20	1030	12	3,16	13,70
30	1030	12	3,16	13,70
40	1075	12	3,10	13,75
50	1239	15	3,15	13,80
60	1405	16	3,26	13,94
70	1570	18	3,21	14,25
80	1735	20	2,95	14,8
90	1900	22	2,71	15,19
99	2205	24	2,62	16,9

Con estos datos se observa que la el motor trabaja en una corriente normal en comparación a su nominal de placa de datos del motor, pero al momento que suben la velocidad de seteo

empiezan los troncos de madera a atocharse en el inicio de la cadena, por lo que se hace relación la velocidad de seteo con la corriente que empieza a consumir el motor de cadena, por lo que se considera de esta forma que para mantener una alimentación adecuada sin problema de atochamiento el motor debe consumir máximo 18 A de corriente.

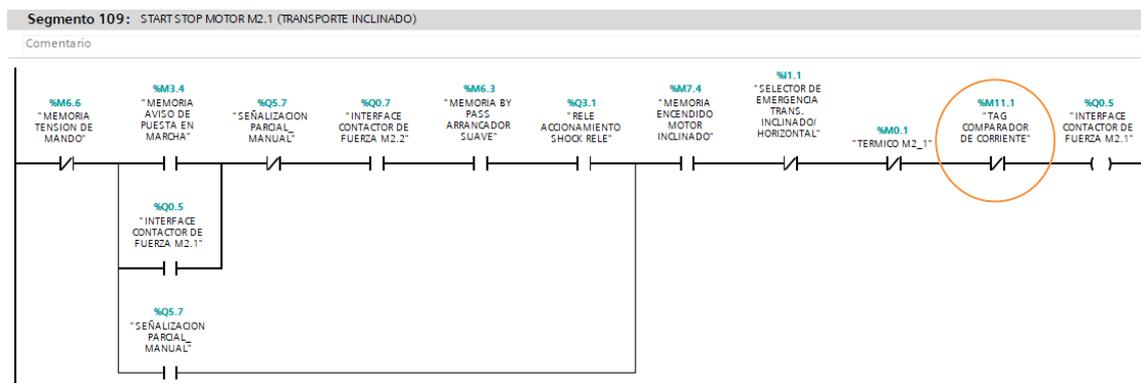
De esta forma se encontró el límite para la comparación y poder colocarlo en la programación como muestra la figura 68.

**Figura 68.**  
*Comparador de corriente para mantener una alimentación de troza adecuada*



De esta forma se ha creado una marca la cual será colocada en la mesa de alimentación inclinada para cuando suceda un exceso de carga éstas se detengan, así como se muestra en la figura 69.

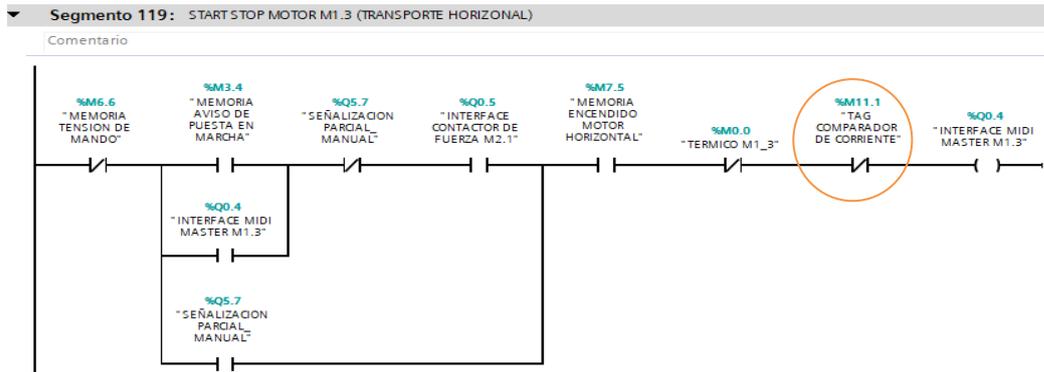
**Figura 69.**  
*Marca para seguridad de atochamiento en la mesa de alimentación inclinada*



Y de igual manera se ha colocado esta marca en el segmento de alimentación de la mesa horizontal como muestra la figura 70.

**Figura 70.**

*Marca para seguridad de atochamiento en la mesa de alimentación horizontal*



Finalmente se ha colocado un pre aviso para cuando esté empezando a cargar demasiado las mesas de alimentación y automáticamente éstas se detengan, en la pantalla HMI saldrá un símbolo de stop con un mensaje para que el operario pueda darse cuenta de lo que está sucediendo, tal como se muestra en la figura 71.

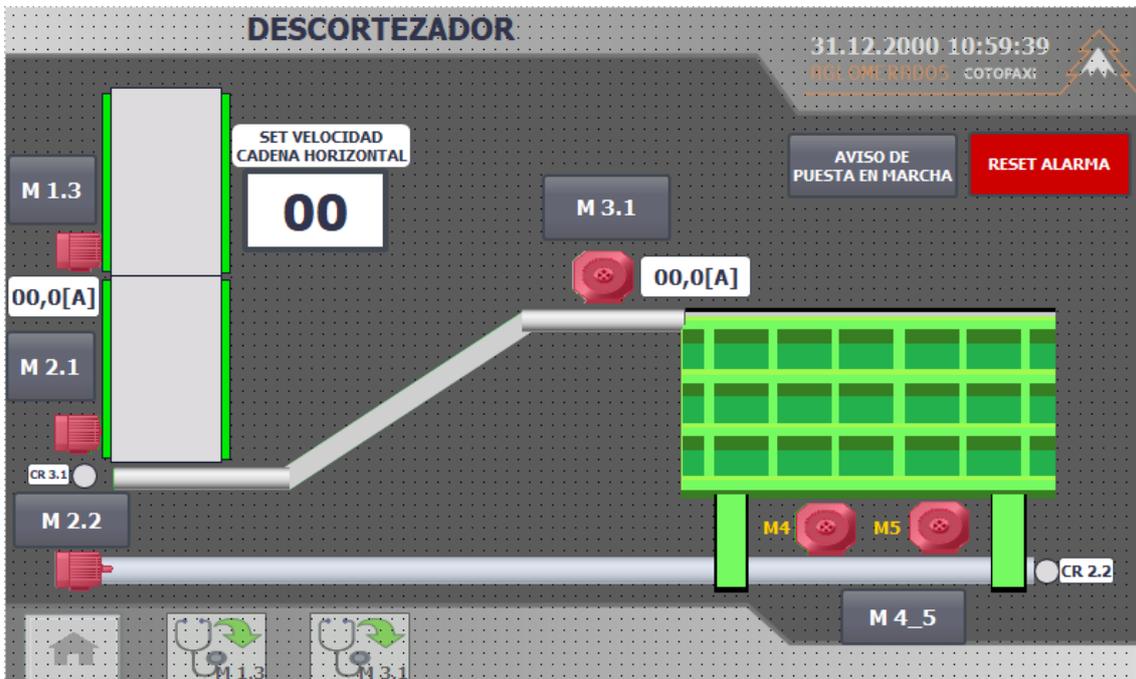
**Figura 71.**

*Pantalla HMI con seguridades de cadena grande*



En la figura 72 se muestra cómo queda el proceso de Descortezado en la interfaz de diseño del HMI finalizado.

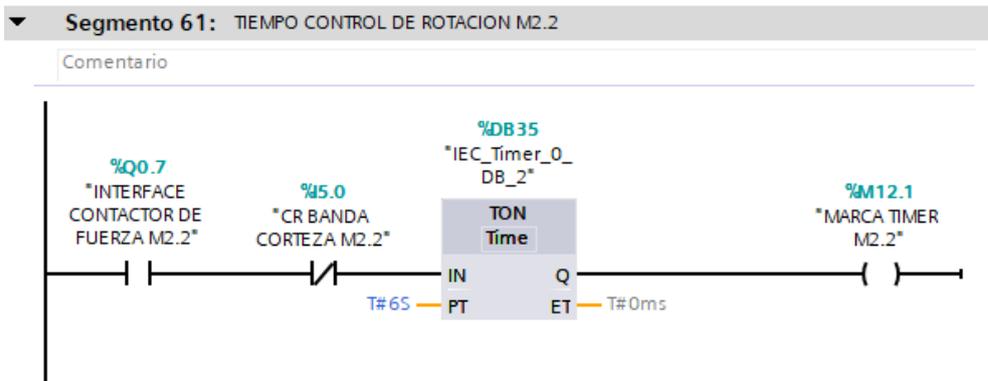
**Figura 72.**  
*Interfaz HMI del proceso descortezador de madera*



### **Programación Sensor de rotación en el sistema**

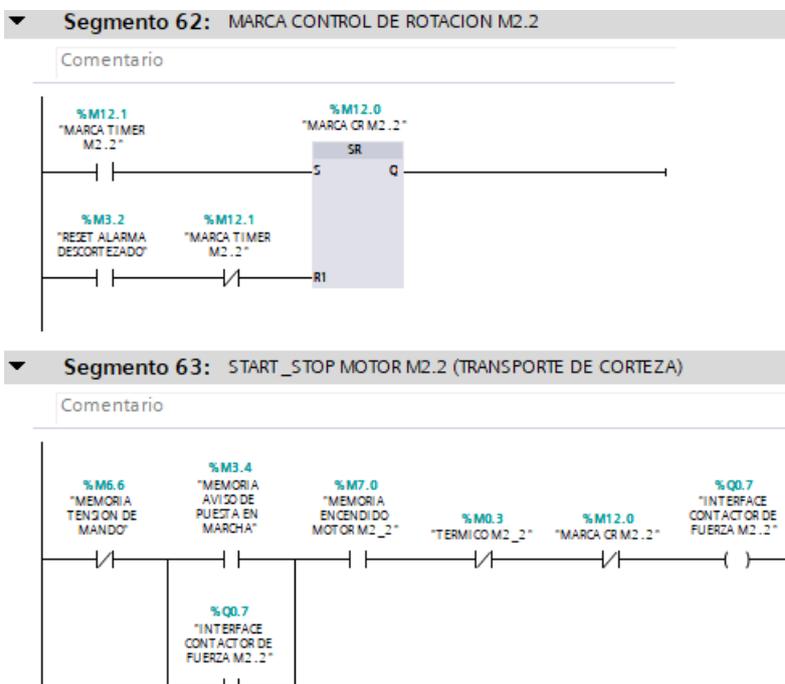
Cuando se migró el programa a un PLC S7-1200 se tiene ya la posibilidad de realizar mejoras en el programa, por lo que se ha optado y se ha incluido un sensor de rotación al otro costado de la banda en el rodillo final para prevenir atochamientos en la banda de corteza, por si se tiene problemas de acoplamiento entre el reductor y el motor, se visualizará con un parpadeo en color rojo que se tiene problemas en dicho sensor y por consiguiente la banda se detendrá, la programación consta en colocar un timer con la entrada digital del sensor, el cual al momento de arrancar el motor tiene que encenderse la entrada si por a o b se apaga tiene 6 segundos para volver a encenderse así como se muestra en la figura 73.

**Figura 73.**  
*Timer de control de rotación*



La marca que sale del timer se coloca en un flip flop de set y reset para que éste se setee en cuanto se desconecte el sensor y se active la marca 12.1 perteneciente al timer colocado, teniendo así una nueva marca M12.0 que se coloca en el segmento 63 perteneciente al arranque del motor, si en un caso llegue a activarse esta marca se tiene resetear mediante el pulsante reset y que la marca timer M12.1 esté desactivada. Así como muestra la figura 74.

**Figura 74.**  
*Programación de sensor de rotación*



En la interfaz HMI también se ha colocado la gráfica de un círculo que representa la visualización del sensor mencionado como muestra la figura 75.

**Figura 75.**

*Visualización del sensor de rotación en la interfaz HMI*



Una vez identificado las variables, haber analizado el programa, se procede a realizar pruebas antes de ponerlo en marcha dentro del proceso. Para lo cual se energiza mediante la fuente de voltaje que se va a colocar y se carga el programa para que entre en funcionamiento.

### **c. Estrategias y/o técnicas**

Para cumplir con el proyecto se presenta a continuación las etapas necesarias que se realizó en la implementación y puesta en funcionamiento del sistema.

#### **Etapas I. Análisis de la operación del sistema**

Previo a la selección de equipos se observó cómo trabaja el sistema en operación normal, sus condiciones de arranque fueron esenciales para identificar las variables que deben ingresar en el panel HMI para que sea similar al funcionamiento habitual que tiene el operario en sí. Además, se observó el estado en el que se encontraba el armario del PLC S7 200 para poder ubicar el nuevo PLC S7 1200, el lugar que va a ocupar y que equipos se va a añadir.

Con esta información se levantó el diagrama eléctrico y el diagrama de proceso del sistema de control.

#### **Etapas II. Selección de equipos a utilizar**

Una vez realizado el diagrama eléctrico y de flujo se elige los equipos adecuados que se van a acoplar en el PLC S7 1200, entre ellos se acopla los dos módulos de 16 entradas y 16 salidas, un módulo de entradas analógicas y un módulo de salidas analógicas, se cambia de fuente de voltaje DC por una SITOP DE 10A con entrada a 220V y con una salida de 24VDC, se revisa cable, conectores RJ45, cable ethernet para la comunicación.

#### **Etapas III. Migración del PLC S7 200 y Programación del PLC s71200**

Con ayuda de softwares discontinuados y softwares actuales se migra la programación, se corrige errores y se realiza mejoras en el programa como es la inclusión de un sensor de rotación, poner la seguridad en la carga de la cadena grande, modificar el porcentaje de velocidad de la mesa de ingreso de material.

#### **Etapa IV. Creación del Diseño en la interfaz HMI**

Se realiza el diseño del proceso en una interfaz HMI en el cual se puede evidenciar cómo funciona el sistema en línea, se colocan las variables del proceso y las mejoras que se requerían para controlar de mejor manera la carga de madera en la mesa horizontal de ingreso de material, se coloca seguridades para evitar el atochamiento de material dentro de la cadena, avisos visuales de anomalías en cada uno de los motores y proceso.

#### **Etapa V. Pruebas de funcionamiento.**

- Se realizan pruebas en el cuarto eléctrico donde se evidenció que:
- El programa funciona sin problema,
- Se colocó las IP con las que van a trabajar los elementos,
- Gracias al software TIA PORTAL que permite la simulación virtual del PLC se realizaron pruebas de simulación de las entradas y salidas analógicas,
- Funcionamiento de puesta en marcha del HMI.

#### **Etapa VI. Montaje del nuevo sistema**

Se procede a desconectar el PLC antiguo con sus módulos de expansión, se limpia el armario de doble fondo y se coloca el nuevo PLC, al tener diferentes modelos se cablea nuevamente todos las entradas y salidas. Se reemplaza el variador de frecuencia Micromáster 420 por un Siemens con CU 240 E, se realiza la conexión del sensor de rotación y se pasa cable de comunicación para enlazar el PLC con el HMI.

### **2.3 Validación de la propuesta**

Para la elección de especialistas se ha considerado un perfil acorde a los siguientes criterios: formación académica relacionada con el tema investigativo, experiencia académica y/o laboral orientada a la gestión administrativa y motivación para participar. La tabla 5 presenta información detallada de los actores seleccionados para la validación del modelo y su respectiva validación se encuentra en los anexos 13, 14 y 15 respectivamente.

**Tabla 5.**

Descripción del perfil de validadores

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Años de experiencia</b>	<b>Titulación Académica</b>	<b>Cargo</b>
Johana Chiliquinga	7 años	MG. Gestión de sistemas Energéticos en edificaciones.	Coordinadora de la carrera universitaria en electricidad.
Xavier Guano	7 años	MG. Electricidad mención en	Gerente general de la empresa Guano ingeniería

		redes eléctricas inteligentes.	eléctrica.
Maryory Urdaneta	20 años	PhD en Ingeniería eléctrica	Directora de docencia, investigación y vinculación con la sociedad

#### **2.4 Matriz de articulación de la propuesta**

En la presente matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

**Tabla 6.***Matriz de articulación*

<b>Ejes o partes principales del proyecto</b>	<b>Breve descripción de los resultados de cada parte</b>	<b>Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto</b>	<b>Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon</b>
<b>1</b> Definición: Evaluación del sistema actual que poseía el proceso de descortezado de madera y elección de materiales	1.1 Visualización y modificación de planos eléctricos. 1.2 Equipos que cumplan con parámetros establecidos. 1.3 Comparación entre tipos de PLC	Instrumentación Industrial. Teoría de PLC Electrónica Digital	Fuentes Bibliográficas Estado del arte
<b>2</b> Diseño: Migración de la programación hacia PLC S7 1200, se realiza mejoras en la programación y creación de la interfaz HMI	2.1. Softwares para la migración del sistema actual. 2.2 Programación en TIA PORTAL en base a necesidades del sistema mediante lengua ladder. 2. Diseño de pantalla HMI con alarmas visuales del sistema en cuanto se presente alguna anomalía	Conocimientos en programación de PLC. Habilidades para la Programación del HMI.	Software TIA PORTAL
<b>3</b> Implementación: Cambio de variador de frecuencia y PLC, modificación del cableado de entradas y salidas del PLC, pruebas operativas de funcionamiento.	3.1 Montaje de variador y cableado de salidas y entradas analógicas. 3.2 Montaje del PLC con su fuente de alimentación externa de 24V. 3.3 Protocolo de comunicación entre PLC y HMI.	Cableado estructurado Instalaciones eléctricas industriales Sistemas de comunicaciones	Manual de operación variador de frecuencia G120. Técnicas de cableado para señales de control.

## 2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.

Con des desarrollo de la migración del PLC S7 200 y la implementación del PLC S7 1200 en el proceso de descortezado de madera el cual es el eje principal de producción de materia prima para toda la planta se consigue tener una fiabilidad del 99% debido a que desde que se puso en marcha el equipo no se ha tenido ningún paro intempestivo y el PLC ha entregado datos sin cortes de ningún tipo.

Se utiliza el tiempo Medio entre Fallos (MTBF) que es una métrica utilizada en fiabilidad para estimar el tiempo promedio que transcurre entre fallos sucesivos del sistema, bajo el criterio que siemens da como MTBF para 60 años es de 500.000 horas, pero bajo la experiencia y debido a varias formas en que se reduce la vida útil de un PLC, se toma un tiempo de 20 años. Entonces relacionando lo que dice el fabricante y la experiencia en los 20 años se tiene una MTBF de 175 200 horas. Entonces se tiene:

$$MTBF = 175\ 200 \text{ horas}$$

Desde la implementación del proyecto se tiene en consideración 36 días.

$$36 \text{ días} = 864 \text{ horas}$$

La tasa de fallo se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

$$\lambda = \frac{1}{175\ 200}$$

$$\lambda = 5,7078e^{-06} \text{ por hora}$$

Entonces con el dato de la tasa de fallo previsto en los 20 años que se espera que el PLC trabaje en condiciones normales se calcula la fiabilidad y el resultado es entregado en porcentaje.

$$R(t) = e^{-\lambda t} \times 100$$

$$R(144) = e^{-5,7078^{-06} \times 144} \times 100$$

$$R(144) = 99 \%$$

Esto significa que la fiabilidad del PLC después de 144 horas de operación es de 99 %.

Para poder determinar la probabilidad de falla que tenga el PLC en estos 20 años que se ha tomado como dato de vida útil se tiene que:

$$F(t) = 1 - e^{-\frac{\lambda}{t}} \times 100$$

$$F(20) = 1 - e^{-\frac{1}{20}} \times 100$$

$$F(20) = 0,04877058 \times 100$$

$$F(20) = 4,88 \%$$

$F(t)= 0,04877058$  significa que la probabilidad de falla de los componentes es del 4,88% para los 154 componentes que se encuentran en el programa, por lo que probabilísticamente 7 componentes pueden fallar dentro de estos 20 años, Sin embargo, en la práctica en el caso de los componentes electrónicos pueden variar de acuerdo al uso que éstos presenten.

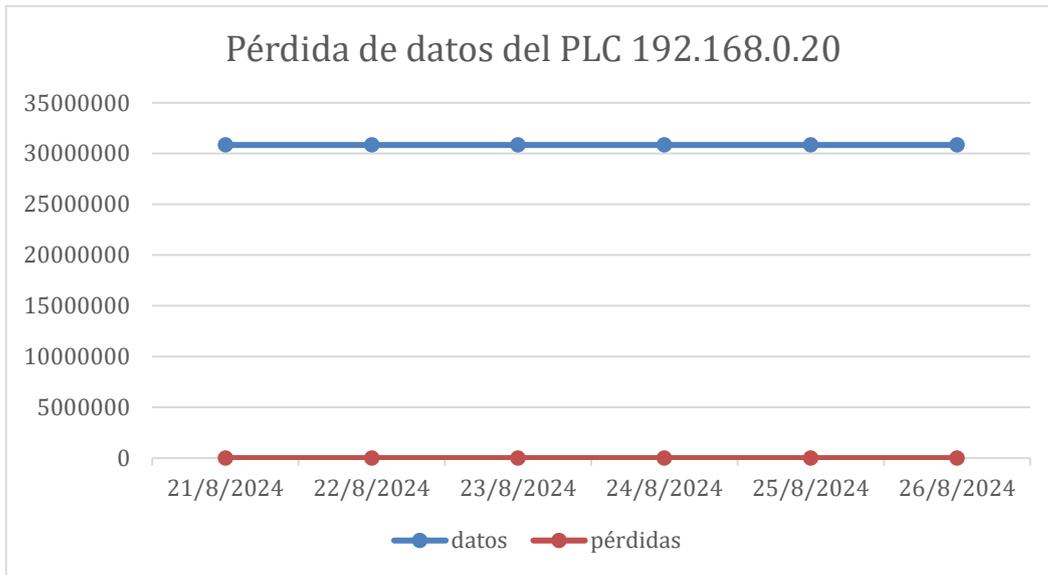
Se sabe que el PLC no tuvo pérdida de datos debido a que se realizó un ping entre la conexión con el HMI, de esta forma se evidenció que la conexión es estable y los datos de entrega se presentan en la tabla 7.

**Tabla 7.**  
*Pérdida de datos del PLC*

Pérdida de datos del PLC					
FECHA	MINUTOS	DATOS	BYTES	Pérdida de datos	
21/8/2024	10	357	32	0	
	60	21420	32	0	
	1440	30844800		0	
fecha	minutos	datos	bytes	pérdidas	
21/8/2024	1440	30844800	32	0	
22/8/2024	1440	30844800	32	0	
23/8/2024	1440	30844800	32	0	
24/8/2024	1440	30844800	32	0	
25/8/2024	1440	30844800	32	0	
26/8/2024	1440	30844800	32	0	

Y en la figura 76 se aprecia la gráfica de entrega de datos del PLC que indica que durante las 24 horas del día entrega un total de 30844800 veces los 32 bytes, teniendo una pérdida de 0 bytes en los 1440 minutos.

**Figura 76.**  
Gráfico de entrega de datos del PLC



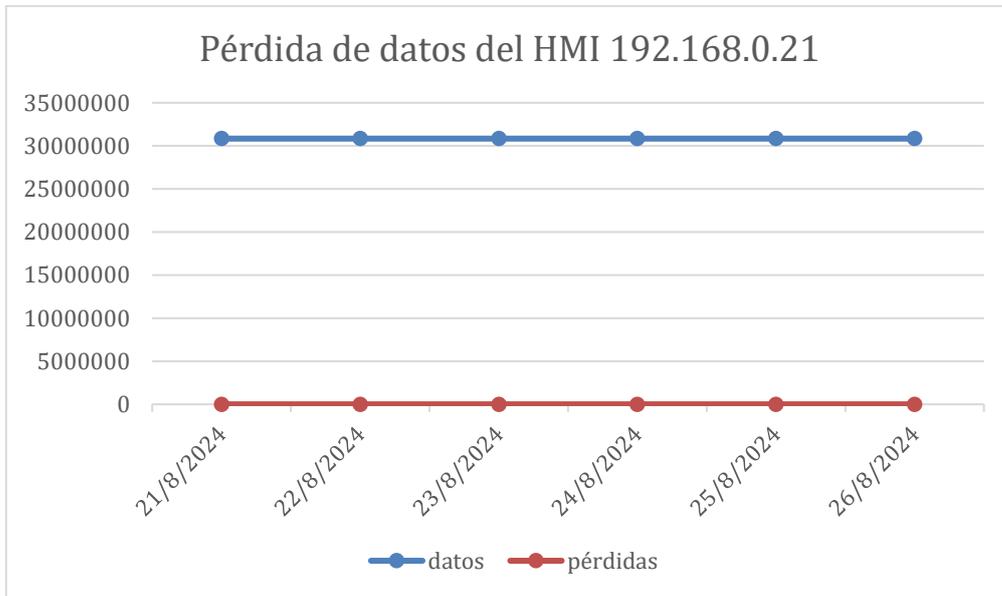
De la misma manera se muestra en la tabla 8 la pérdida de datos hacia el HMI con una IP de 192.168.0.21.

**Tabla 8.**  
Pérdida de datos del HMI

Pérdida de datos del HMI				
FECHA	MINUTOS	DATOS	BYTES	Pérdida de datos
<b>21/8/2024</b>	10	357	32	0
	60	21420	32	0
	1440	30844800		0
fecha	minutos	datos	bytes	pérdidas
<b>21/8/2024</b>	1440	30844800	32	0
<b>22/8/2024</b>	1440	30844800	32	0
<b>23/8/2024</b>	1440	30844800	32	0
<b>24/8/2024</b>	1440	30844800	32	0
<b>25/8/2024</b>	1440	30844800	32	0
<b>26/8/2024</b>	1440	30844800	32	0

Y por consiguiente se muestra en la figura 77 las pérdidas de datos del HMI donde se observa que es cero al igual que el PLC.

**Figura 77.**  
Gráfico de entrega de datos del PLC

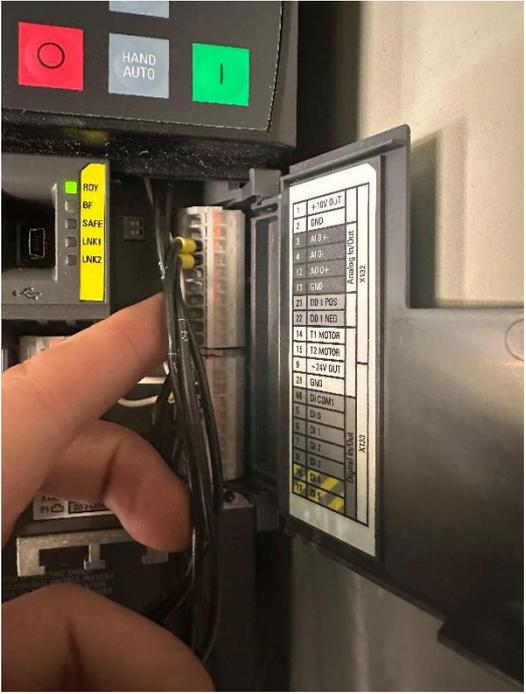


La comprobación de inicio y fin de toma de datos puede visualizarse en los anexos 9 y 10.

#### REEMPLAZO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA Y COMPROBACIÓN

A continuación, se presentan fotografías de cómo quedó la implementación del variador de frecuencia.

Armario donde se ubica Variador de frecuencia	Selección del variador de frecuencia
	

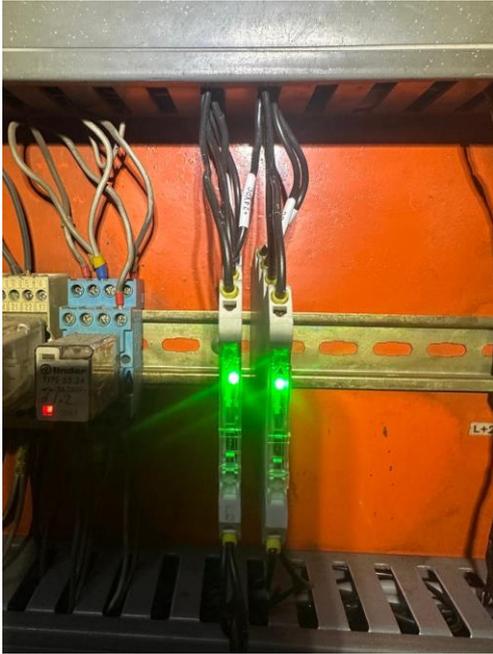
<p><b>Desconexión del variador Micromáster 420</b></p>	<p><b>Colocación del nuevo variador</b></p>
	
<p><b>Instalación de señales analógicas</b></p>	<p><b>Verificación de envío de señal hacia PLC</b></p>
	

<p><b>Comprobación con corriente que entrega el variador</b></p>	<p><b>Demostración con tacómetro las RPM del variador en comparación de tabla 4 de este proyecto cuando el set está en 40 tiene que marcar 12 RPM</b></p>
	

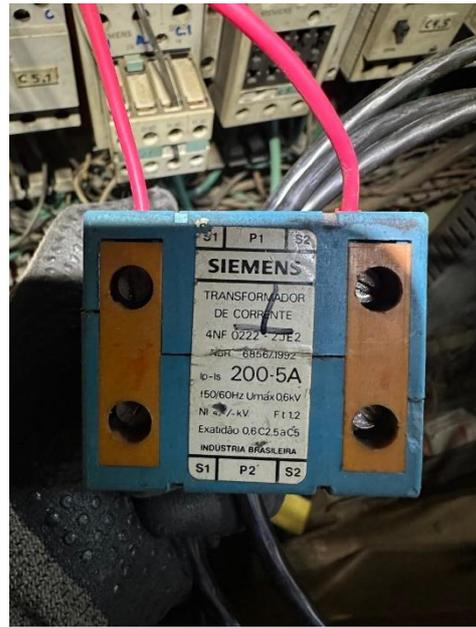
### **IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO**

A continuación, se muestra una breve representación geográfica de las etapas que se tuvo para la realización del proyecto.

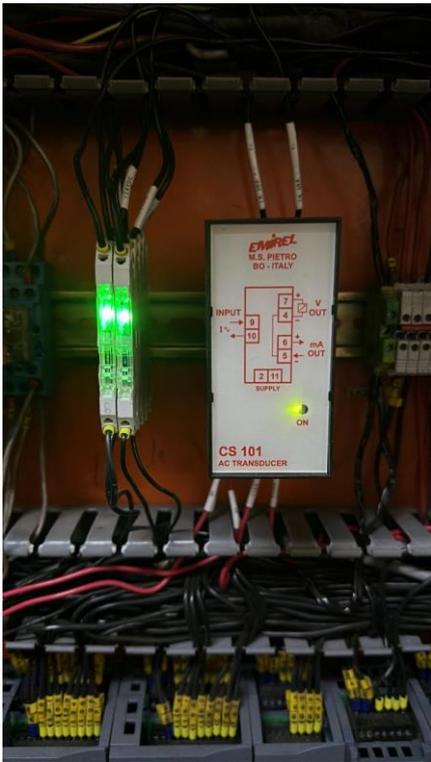
<p><b>Antes de la implementación</b></p>	<p><b>Pruebas de migración en taller eléctrico</b></p>
 <p>A photograph showing a rack of Siemens PLC modules before implementation. The modules are arranged in a row, and the rack is filled with a dense network of cables. The modules are labeled with numbers 1 through 5.</p>	 <p>A photograph showing PLC modules on a desk for migration tests. The modules are connected to a computer keyboard and mouse, and a blue Ethernet cable is plugged into one of the modules.</p>
<p><b>Pruebas de comunicación con HMI</b></p>	<p><b>Implementación en armario eléctrico</b></p>
 <p>A photograph of a SIMATIC HMI screen displaying a conveyor belt simulation. The screen shows a green conveyor belt with a green grid pattern, and the text 'DESCORTEZADOR' and 'SIMATIC HMI' is visible on the screen.</p>	 <p>A photograph showing PLC modules installed in an electrical cabinet. The modules are arranged in a row, and the cabinet is filled with a dense network of cables. A power supply unit is visible on the left side of the rack.</p>
<p><b>Colocación de amplificador de señal</b></p>	<p><b>Colocación de transformador de corriente</b></p>



Colocación de convertidor de señal de CA



Colocación de HMI en cuarto de operación



**PLC implementado en armario eléctrico**



**HMI implementado y en funcionamiento**



Las pruebas de funcionamiento tuvieron ciertos detalles en demora para poder escalar los valores y puedan ser comprobados que estén enviando las medidas correctas, al colocar el PLC nuevo se tuvo que volver cablear todo el circuito debido a que los modelos no eran iguales.

## CONCLUSIONES

Proveer un contexto teórico sobre los elementos clave del proceso de automatización del descortezador de madera, como motores, sensores y variadores de frecuencia, es fundamental para entender cómo cada componente contribuye en el sistema. Los motores impulsan los mecanismos del descortezador, asegurando la potencia necesaria para operar de manera continua. El sensor juega un papel crucial en la detección y monitoreo de las condiciones del proceso, permitiendo ajustes en tiempo real para mantener la seguridad. Los variadores de frecuencia optimizan el control de velocidad de los motores permitiendo controlarlos. Juntos, estos elementos forman un sistema integrado que mejora la automatización del descortezador.

El determinar la programación del PLC utilizando TIA Portal V16 y el diseño del sistema de interfaz HMI es crucial para establecer un control automatizado y eficiente del proceso. Mediante la programación del PLC en TIA Portal V16, se asegura una gestión precisa de las operaciones. Esto resulta en un sistema de automatización robusto, intuitivo y adaptable a las necesidades del proceso, reduciendo errores humanos.

El diseño de la automatización del descortezador de madera mediante la implementación de un PLC S7-1200 junto con una pantalla HMI Basic tiene como objetivo mejorar significativamente la forma de trabajar. Al integrar un PLC robusto como el S7-1200, se garantiza un control preciso y adaptable de las operaciones, mientras que la pantalla HMI facilita una interfaz intuitiva para el monitoreo y ajuste del sistema en tiempo real. Minimiza el riesgo de fallos y reduce la intervención manual, asegurando un proceso más seguro y continuo.

Validar que el sistema actualizado funcione de acuerdo con las exigencias de los operarios es un paso crucial para asegurar que la automatización implementada cumpla con las expectativas y facilidad de uso. Este proceso de validación garantiza que el sistema no solo opere eficientemente bajo las condiciones reales de trabajo, sino que también sea intuitivo y accesible para los operarios, facilitando su adopción y reduciendo el riesgo de errores. Al confirmar que el sistema responde adecuadamente a las necesidades operativas, se asegura una integración exitosa que optimiza tanto la productividad como la satisfacción del personal.

## RECOMENDACIONES

Es importante asegurar que el contexto teórico sobre los elementos clave del proceso de automatización del descortezador de madera sea actualizado y detallado, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de cada componente y su compatibilidad dentro del sistema. Además, se sugiere realizar simulaciones y pruebas de integración tempranas para verificar cómo interactúan estos elementos en situaciones reales de operación.

Es esencial invertir tiempo en el diseño y prueba exhaustiva de la programación del PLC en TIA Portal V16 para garantizar que todas las posibles situaciones operativas sean consideradas. Incluir simulaciones dentro del entorno del TIA Portal puede ayudar a visualizar el comportamiento del sistema antes de su implementación en el entorno real.

Realizar un análisis detallado de las necesidades específicas del descortezador de madera antes de diseñar la automatización con el PLC S7-1200 y la pantalla HMI Basic. Esto incluye una evaluación de los posibles puntos de fallo y las condiciones operativas extremas para asegurar que el sistema pueda manejarlas eficazmente. Además, para implementar un plan de mantenimiento preventivos que se base en los datos recopilados por la HMI es importante incorporar un IoT para poder obtener los valores a la nube, evaluar la posibilidad de poder colocar una balanza en la mesa de alimentación horizontal podría ayudar a obtener datos más precisos y por ende ayudará a controlar de mejor manera la alimentación de materia prima a los demás procesos.

Es importante involucrar a los operarios desde las etapas tempranas del proceso de validación para recoger sus opiniones y sugerencias, lo que ayudará a ajustar el sistema de acuerdo con sus necesidades y expectativas reales. Es útil realizar pruebas piloto en condiciones controladas antes de la implementación completa, para identificar y resolver cualquier problema técnico o de usabilidad. Además, ofrecer sesiones de capacitación práctica para familiarizar a los operarios con el nuevo sistema y garantizar que se sientan cómodos y competentes en su uso.

## BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía

- ABB. (2024). *newabb*. <https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>
- Campos, S. (2015). *Metodologogía para la identificación de transformadores de corriente saturados en un sistema de potencia*.
- Chapman, S. (2012). *Máquinas Eléctricas*.
- Garcés, M. (2023). Automatización del sistema de control de la unidad de bombeo horizontal centrífugo multi-etapa número dos de reinyección de agua de Tpi A.
- Granda, F. A. (2021). *Automatización de la máquina trituradora de bagazo de caña de azúcar*. Latacunga.
- Lanchimba, P. (2023). Sistema de bombeo a presión constante y riego programado de un invernadero en la parroquia de cangahua, comuna carrera.
- Mullo, H. (2022). *Sistema de control y monitoreo de parámetros eléctricos de la subestación de*. Quito.
- Oñate, J. (2022). Automatización del sistema de corte de laminado para la empresa NOVACERO.
- Orbe, E. (2023). Diseño e implementación de una fábrica virtual en 3D controlada por HMI y tablero de control para entrenamiento de operadores.
- Quinaloa, A. (2024). Sistema IoT de monitoreo de calidad de aire de una bodega de productos químicos.
- Quintana, G. (2024). *Implementación de una interfaz HMI basado en software libre Node Red para el control, monitoreo local y remoto del sistema de bombeo en el conjunto habitacional Rivotorto*.
- Siemens. (2017). *Productos para Totally Integrated Automation*.
- SIEMENS. (2017). *Productos para Totally Integrated Automation*.
- Siemens. (2019). *Manual del sistema Simatic Step 7 y WinCC Engineering V16*.
- Siemens. (2020). *Instrucciones de servicio SINAMICS G120C*.
- Telemecanique. (2024). *Telemecanique.com*.  
<https://telemecaniquesensors.com/es/es/product/reference/XSAV11801EX>

- Triana, M. (Diciembre de 2001). Factor de conversión de unidades "estereo" a m3 para cuantificar volúmenes de leña . pág. 8.  
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/view/3206/4685>
- WAGO. (2024). *wago.com*. <https://www.wago.com/es/convertidores-de-se%C3%B1al-y-amplificadores-de-aislamiento/amplificador-de-aislamiento/p/857-400>
- Zambrano, E. (2023). *Desarrollo de un prototipo para el monitoreo y control de parámetros de un variador de frecuencia en tiempo real usando Gateway IOT*. Latacunga.

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### CARACTERÍSTICAS DE ENTRADAS Y SALIDAS ANALÓGICAS DEL VARIADOR G120

Entrada analógica (entrada diferencial, resolución de 12 bits)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al 0, conmutable:           <ul style="list-style-type: none"> <li>0 V ... 10 V o -10 V ... +10 V: consumo típico: 0,1 mA, tensión máxima 35 V</li> <li>0 mA ... 20 mA: Tensión máxima 10 V, intensidad máxima 80 mA</li> </ul> </li> <li>Tiempo de reacción: 10 ms ± 2 ms</li> <li>Si Al 0 está configurada como entrada digital adicional: Tensión máxima 35 V, low &lt; 1,6 V, high &gt; 4,0 V, tiempo de reacción 13 ms ± 1 ms con tiempo de inhibición de rebote p0724 = 0.</li> </ul>
Salidas digitales/salidas de relé	<ul style="list-style-type: none"> <li>DO 0: Salida de relé, 30 V DC ≤ 0,5 A con carga óhmica</li> <li>DO 1: Salida de transistor, 30 V DC ≤ 0,5 A con carga óhmica, protección contra inversión de polaridad</li> <li>Tensión de salida de DO1 con estado "low": ≤ 0,5 mA</li> <li>Tiempo de actualización de todas las DO: 2 ms</li> </ul>
Salida analógica	<ul style="list-style-type: none"> <li>AO 0           <ul style="list-style-type: none"> <li>0 V ... 10 V o 0 mA ... 20 mA</li> <li>Resolución 16 bits</li> <li>Tiempo de actualización: 4 ms</li> <li>&lt;400 mV offset con 0 %</li> </ul> </li> </ul>

### ANEXO 2

#### DATOS TÉCNICOS DE LOS HMI

Datos técnicos			
Referencia	6AG1123-2DB03-2AX0	6AG1123-2GB03-2AX0	6AG1123-2GA03-2AX0
Based on	6AV2123-2DB03-0AX0	6AV2123-2GB03-0AX0	6AV2123-2GA03-0AX0
	SIPLUS HMI KTP400 BASIC	SIPLUS HMI KTP700 BASIC	SIPLUS HMI KTP700 BASIC DP
<b>Condiciones ambientales</b>			
Apto para uso en interiores	Si	Si	Si
Apto para uso en exteriores	No	No	No
<b>Temperatura ambiente en servicio</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>En servicio (montaje vertical)           <ul style="list-style-type: none"> <li>en posición de montaje vertical, mín.</li> <li>en posición de montaje vertical, máx.</li> </ul> </li> </ul>	-20 °C  50 °C	-20 °C  50 °C	-20 °C; = Tmin  50 °C
<b>Condiciones ambientales aumentadas</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Referida a temperatura ambiente-presión atmosférica-altitud de instalación</li> </ul>	Tmín ... Tmáx a 1080 hPa ... 795 hPa (-1000 m ... +2000 m) // Tmín ... (Tmáx - 10 K) a 795 hPa ... 658 hPa (+2000 m ... +3500 m) // Tmín ... (Tmáx - 20 K) a 658 hPa ... 540 hPa (+3500 m ... +5000 m)	Tmín ... Tmáx a 1080 hPa ... 795 hPa (-1000 m ... +2000 m) // Tmín ... (Tmáx - 10 K) a 795 hPa ... 658 hPa (+2000 m ... +3500 m) // Tmín ... (Tmáx - 20 K) a 658 hPa ... 540 hPa (+3500 m ... +5000 m)	Tmín ... Tmáx a 1080 hPa ... 795 hPa (-1000 m ... +2000 m) // Tmín ... (Tmáx - 10 K) a 795 hPa ... 658 hPa (+2000 m ... +3500 m) // Tmín ... (Tmáx - 20 K) a 658 hPa ... 540 hPa (+3500 m ... +5000 m)
<b>Humedad relativa del aire</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Con condensación, ensayado según IEC 60068-2-38, máx.</li> </ul>	100 %; HR incl. condensación/ congelación (sin puesta en marcha si hay condensación)	100 %; HR incl. condensación/ congelación (sin puesta en marcha si hay condensación)	100 %; HR incl. condensación/helada (sin puesta en marcha si hay condensación), posición de montaje vertical
<b>Resistencia</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>a sustancias biológicamente activas/conforme con EN 60721-3-3</li> <li>a sustancias químicamente activas/conforme con EN 60721-3-3</li> <li>a sustancias mecánicamente activas/conforme con EN 60721-3-3</li> </ul>	Si  Si; clase 3C4 (HR < 75 %) incl. niebla salina según EN 60068-2-52 (grado de severidad 3). ¡Las tapas de conectores suministradas deben permanecer en las interfaces no utilizadas durante el servicio!  Si; clase 3S4 incl. arena, polvo. ¡Las cubiertas de conectores suministradas deben permanecer en las interfaces no utilizadas durante el servicio!	Si  Si; clase 3C4 (HR < 75 %) incl. niebla salina según EN 60068-2-52 (grado de severidad 3). ¡Las tapas de conectores suministradas deben permanecer en las interfaces no utilizadas durante el servicio!  Si; clase 3S4 incl. arena, polvo. ¡Las cubiertas de conectores suministradas deben permanecer en las interfaces no utilizadas durante el servicio!	Si  Si; clase 3C4 (HR < 75 %) incl. niebla salina según EN 60068-2-52 (grado de severidad 3). ¡Las tapas de conectores suministradas deben permanecer en las interfaces no utilizadas durante el servicio!  Si; clase 3S4 incl. arena, polvo. ¡Las cubiertas de conectores suministradas deben permanecer en las interfaces no utilizadas durante el servicio!

### ANEXO 3

#### DATOS DE ENTRADA DEL AMPLIFICADOR DE SEÑAL

Entrada	
Tipo de señal de entrada	Tensión Corriente Tensión Corriente
Señal de entrada (tensión)	0 ... 5 V; 1 ... 5 V; 0 ... 10 V; 2 ... 10 V (conmutación calibrada) 0 ... 5 V; 1 ... 5 V; 0 ... 10 V; 2 ... 10 V (conmutación calibrada)
Señal de entrada (corriente)	0 ... 20 mA; 4 ... 20 mA (conmutación calibrada) 0 ... 20 mA; 4 ... 20 mA (conmutación calibrada)
Resistencia de entrada (entrada de corriente)	≤ 50 Ω
Resistencia de entrada (entrada de tensión)	≥ 100 kΩ
Corriente de entrada (máx.)	50 mA
Tensión de entrada (máx.)	30V
Ajuste de cero y «span»	± 3 % del valor superior del rango

### ANEXO 4

#### DATOS DE SALIDA DEL AMPLIFICADOR DE SEÑAL

Salida analógica	
Tipo de señal de salida	Corriente Tensión Corriente Tensión
Señal de salida (tensión)	0 ... 5 V; 1 ... 5 V; 0 ... 10 V; 2 ... 10 V (calibrated (default setting), switching) 0 ... 5 V; 1 ... 5 V; 0 ... 10 V; 2 ... 10 V (conmutación calibrada)
Señal de salida (corriente)	0 ... 20 mA; 4 ... 20 mA; 0 ... 10 mA; 2 ... 10 mA (calibrated (default setting), switching) 0 ... 20 mA; 4 ... 20 mA; 0 ... 10 mA; 2 ... 10 mA (conmutación calibrada)
Impedancia de carga (salida de tensión)	≥ 2 kΩ
Impedancia de carga (salida de corriente)	≤ 600 Ω

## ANEXO 5

### DATOS DE ALIMENTACIÓN DEL CONVERTIDOR

#### Alimentación



Tipo de fuente de alimentación	24 VCC (SELV)
Tensión nominal de alimentación $U_S$	DC 24 V
Rango de tensión de alimentación	$\pm 30\%$
Current consumption (default)	$\leq 30$ mA
Current consumption (max.)	$\leq 40$ mA ( $I_{out}$ 20 mA; Load impedance: 600 $\Omega$ ; $U_S$ : 16,8 V)

## ANEXO 6

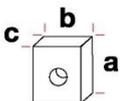
### DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE ROTACION

#### Main

Range of product	Telemecanique Inductive proximity sensors XS
Series name	Application
Product or component type	Sensor
Sensor type	Inductive proximity sensor
Device application	Rotation monitoring
Sensor name	XSA
Sensor design	Cylindrical M30
Size	81 mm
Body type	Fixed
Detector flush mounting acceptance	Flush mountable
Material	Metal
Enclosure material	Nickel plated brass
Type of output signal	Discrete
Wiring technique	2-wire
[Sn] nominal sensing distance	10 mm
Discrete output function	1 NC
Output circuit type	AC/DC
Electrical connection	Cable
Cable length	2 m
[Us] rated supply voltage	24...210 V DC 24...240 V AC 50/60 Hz
Switching capacity in mA	5...200 mA DC 5...350 mA AC
IP degree of protection	IP67 conforming to IEC 60529

**ANEXO 7**

**TABLA DE RELACIÓN DE CORRIENTE DE LOS TC EN EL MERCADO**

Tipo	TD4				TD5				TD6			
Dimensiones a x b x c (mm)	80 x 50 x 48				84 x 58 x 53				91 x 66 x 53			
	80 x 50 x 48				84 x 58 x 53				91 x 66 x 53			
Diámetro Ø (mm)	21				21				30			
Pletina (mm)	-				15 x 15 20 x 10 25 x 5				20 x 25 30 x 15 40 x 10			
A \ VA	Clase			Código	Clase			Código	Clase			Código
	0,5	1	3		0,5	1	3		0,5	1	3	
40/5A	-	-	1,25	M75011.								
50/5A	-	1	1,5	M75012.	-	0,5	1,5	M75022.				
60/5A	-	1,25	2,5	M75013.	-	1	2,5	M75023.				
75/5A	-	1,5	3,75	M75014.	-	1,5	3,5	M75024.				
100/5A	1,5	2,5	5	M75015.	1,5	2,5	3,75	M75025.				
125/5A	2,5	3,75	5	M75016.	1,5	2,5	3,75	M75026.				
150/5A	3,75	5	5	M75017.	1,5	2,5	3,75	M75027.	1	2,5	3,5	M75047.
200/5A	5	7,5	7,5	M75018.	2,5	3,75	5	M75028.	1,5	3,5	5	M75048.
250/5A					2,5	3,75	5	M75029.	2,5	5	5	M75049.
300/5A									2,5	5	5	M7504A.
400/5A									2,5	5	5	M7504B.
500/5A									5	7,5	7,5	M7504C.
600/5A									5	7,5	7,5	M7504D.
750/5A									5	7,5	10	M7504E.
800/5A									5	7,5	10	M7504F.
1000/5												
1200/5												
1250/5												
1500/5												
1600/5												

## ANEXO 8

### HOJA DE DATOS DEL CONVERTIDOR ESTÁTICO DE CORRIENTE ALTERNA

#### CONVERTITORE STATICO DI CORRENTE ALTERNATA

##### DEFINIZIONE

Il dispositivo misura la corrente sinusoidale entrante (fattore di forma 1,11). Il legame con le grandezze di uscita è rappresentato in Fig.1.

##### NOTA:

sostituisce CS 01, cambiando i collegamenti (V. Tab. A).

##### INGRESSO

pin 9-10 Trasformatore di corrente interno. Sovraccarico permanente: 200%.

Per correnti maggiori di 5A collegare un TA esterno (Fig. 3).

USCITE: (errore max 1%).

Corrente: 4-20mA/0-20 mA a richiesta-500Ω massimi - pin 5-6 (corrente uscente dal pin 6).

Tensione: 0÷10V, pin 7-4 (+ sul 7) carico maggiore di 10kΩ.

##### VISUALIZZAZIONI

ON LED VERDE: alimentazione presente.

##### SEPARAZIONE GALVANICA

TA interno.

##### RISPOSTA AL GRADINO:

(10÷90%)< 100 ms

##### INSTALLAZIONE: seguire fig.2.

(Collegamento a un quadro elettrico con differenziale e sezionatore).

La lunghezza di ogni collegamento deve essere minore 30m.

##### ALIMENTAZIONE: 2VA - 50-60Hz

Tolleranza: ± 15%

Pin 2-11: 230 Vac o 115Vac o 24 Vac. (24 Vdc a richiesta).

DIMENSIONI: 48x96x90 mm

innesto per zoccolo undecal.

Accessori disponibili a richiesta:

E 171: ganci per montaggio da incasso.

E 172: zoccolo femm. undecal per DIN

M 13A: protezione plexiglas piombabile IP54 (per montaggio a pannello).

E 346: molla di sostegno antisfilamento.

Dima di Foratura: 45x92 mm.

PESO: 0,300 kg COLORE: nero

TEMP. DI FUNZIONAMENTO: 0÷70°C

Per la pulizia usare un panno imbevuto con detergenti privi di: Alcool denaturato, Benzene, Alcool isopropilico.

##### Tab. A

CORRISPONDENZA COLLEGAMENTI MATCHES CONNECTIONS		
FUNZIONE FUNCTION	MORSETTI / PINS	
	CS 01	CS 101
ALIMENTAZIONE SUPPLY	1-2-11	2-11
ING. CORRENTE CURRENT INPUT	6-7	9-10
USCITA / OUTPUT 0÷10V	9 (+) 10	7 (+) 4
USC. CORRENTE CURRENT OUT.	3 (+) 4	6 (+) 5

#### CS 101

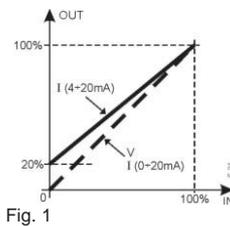


Fig. 1

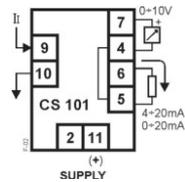


Fig. 2

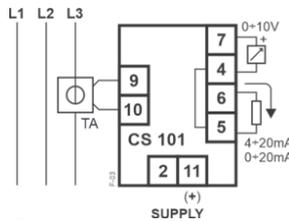


Fig. 3

CODICE CODE	GAMMA RANGE
CS 101 A	5A
CS 101 B	2A
CS 101 C	1A

**COMPATIBILITA' ELETTRICA  
MAGNETICA**  
Electromagnetic compatibility  
CEI-EN 61326-1

"BASSA TENSIONE" - LVD  
LVD - "LOW VOLTAGE"  
CEI-EN 61010-1

#### ALTERNATING CURRENT TRANSDUCER

Release 17/11/22

##### FUNCTION

The device measures the input sinusoidal current; (form factor 1,11). Fig.1 shows the relation between the input current and the outputs (voltage, current).

##### REMARK:

it replaces CS 01 changing the wirings (See Tab. A).

##### INPUT

pin 9-10 with built-in current transformer.

Permanent overload: 200%.

For currents greater than 5A, an external CT must be connected (Fig. 3).

OUTPUTS: (max error 1%).

Current: 4-20mA/0-20mA on request-500Ω max - pin 5-6 (current outgoing from pin 6).

Voltage: 0-10Vdc - pin 7-4 (+on pin 7) load higher than 10kΩ.

##### VISUALIZZAZIONI

ON GREEN LED: supply on.

##### GALVANIC SEPARATION

Ensured by built-in current transformer.

##### STEP RESPONSE:

(10÷90%)< 100 ms

##### INSTALLATION: see fig. 2.

(Wiring to an electrical board with a differential relay and a sectionalizing switch).

The length of every wiring must be less than 30m.

##### SUPPLY: 2VA - 50-60Hz

Tolerance: ± 15%

Pin 2-11: 230 Vac, 115 Vac or 24 Vac.

(24 Vdc on request).

##### SIZE: 48x96x90 mm

undecal male base.

Accessories available on request:

E 171: hooks for flush mounting.

E 172: undecal female base for DIN.

M 13A: plexiglas protection IP 54-tight closure (for flush mounting).

E 346: spring protecting from vibrations.

Template: 45x92 mm.

WEIGHT: 0,300 kg COLOUR: black

WORKING TEMPERATURE: 0÷70°C

For cleaning use a cloth soaked with

detergents *without*: Denaturated alcohol,

Benzene, Isopropyl Alcohol.

##### COME ORDINARE

##### HOW TO ORDER

GAMMA RANGE	USCITA (V) OUTPUT (V)	USCITA (mA) OUTPUT (mA)	ALIMENTAZIONE SUPPLY
A 5A	A 0-10	1 4-20	MA 230VAC
B 2A		2 0-20	GA 115VAC
C 1A			CA 24VAC
			CD 24VDC

Esempio:  
Example:  
CS 101 - A - A - 1 - MA

ATTENZIONE: Verranno riparati in garanzia, franco ns sede, i dispositivi guasti per difetti sui materiali, entro 24 mesi dalla data di consegna. Emirel non è in alcun caso responsabile per danni, diretti o indiretti, a persone o cose, che derivano da: mancato funzionamento, manomissioni, uso errato od improprio dei propri dispositivi di Protezione e Controllo. Per le applicazioni "in SICUREZZA" si consiglia l'uso di sistemi di "RIDONDANZA".

WARNING: Repairs in guarantee are made free our factory, within 24 months from the delivery date, for the devices not working due to defects of the components. In no case Emirel can be held responsible for damages, direct or indirect, occurred to things or people in consequence of wrong connections, accidents, not correct use or not operation of the Protection and Control devices of its own production. For the "safety applications", it is suggested to apply SAFETY systems or REDUNDANCY engineering."



# MANUAL FUNCIONAMIENTO DESCORTEZADOR DE MADERA

Aglomerados Cotopaxi avanzando en la renovación tecnológica,  
rodeado de un entorno industrial moderno, con elementos gráficos que  
simbolizan la automatización.

*Elaborado  
por: Cristian  
Villa*

## ANEXO 12

### MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DESCORTEZADOR DE MADERA

#### INTRODUCCIÓN

- **Propósito del Manual:** Este manual proporciona instrucciones detalladas para la operación segura y eficiente de la máquina descortezadora de madera equipada con una interfaz HMI.
- **Alcance:** Describe las funciones de la HMI, los procedimientos de operación, y las medidas de seguridad.

#### DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

Componentes Principales:

- **Descortezadora de Madera:** Línea de proceso.
- **PLC S7-1200:** Controlador lógico programable que gestiona las operaciones de la máquina.
- **HMI Basic:** Pantalla táctil que permite la interacción del operador con el sistema.
- **Diagrama de Bloques:** Incluye un diagrama simple que muestra cómo están conectados el PLC, la HMI y los componentes de la máquina.

#### SEGURIDAD

- **Precauciones Generales:**

Siempre use equipo de protección personal (EPP).

Nunca opere la máquina sin las guardas de seguridad en su lugar.

- **Advertencias en la HMI:**

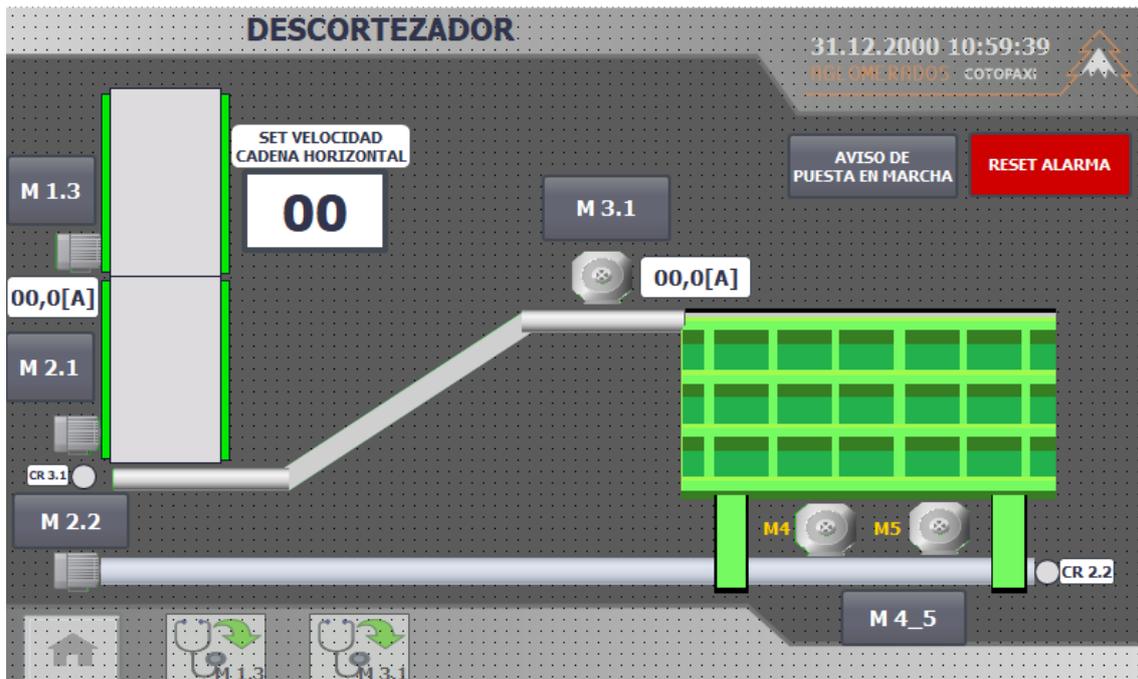
Explicación de las alertas de seguridad que pueden aparecer en la pantalla HMI.

- **Procedimientos en Caso de Emergencia:**

Pulsar el paro de emergencia lo más pronto posible.

#### OPERACIÓN DE LA MÁQUINA

Con la máquina detenida fijarse en la pantalla HMI que todos los motores se encuentren en color gris que ninguno se encuentre parpadeando en color rojo. Si se encuentra de esa manera proceder a arrancar, debe estar de acuerdo a la imagen siguiente.

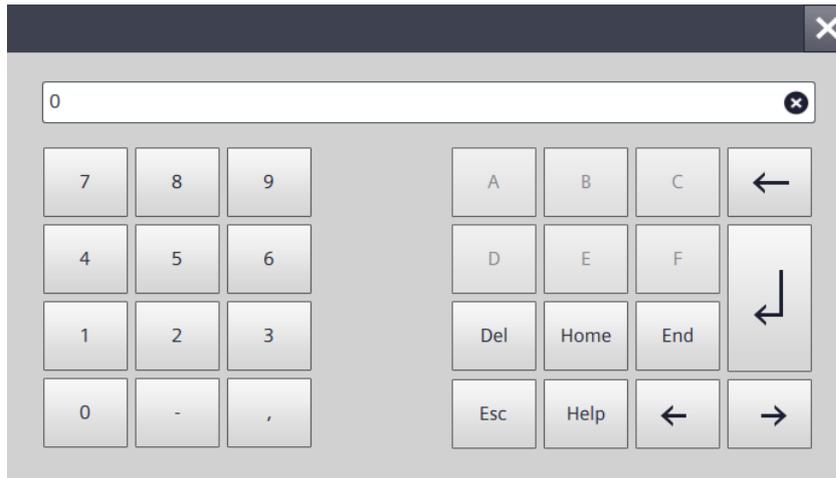


Pulsar el botón de RESET ALARMA conjuntamente con el botón de AVISO DE PUESTA EN MARCHA y esperar que el botón se ponga de color verde, como muestra la figura siguiente.



Una vez esté de color verde proceder a arrancar el proceso pulsando cada uno de los botones que se encuentran en la pantalla, desde el tambor descortezador M4\_5, cadena grande M3.1, banda de corteza M2.2. y las mesas de alimentación 2.1 y M1.3

Para el caso de la cadena horizontal se ha colocado un botón en el que se debe colocar el valor que se necesite para alimentar la cadena grande, se tiene que pulsar en el botón donde se encuentra un valor debajo de SET VELOCIDAD CADENA HORIZONTAL y se desplegará la siguiente pantalla.



El valor que se va a colocar viene fundamentado con la siguiente tabla, en donde se muestra la corriente que pasará por el motor horizontal y Cadena grande a plena carga. En la tabla se puede observar las vueltas por minuto con la que se alimenta la cadena grande.

<b>Set Variador</b>	<b>RPM motor</b>	<b>vueltas por minuto</b>	<b>Corriente M1,3</b>	<b>Corriente M3,1</b>
10	1030	12	3,14	13,70
20	1030	12	3,16	13,70
30	1030	12	3,16	13,70
40	1075	12	3,10	13,75
50	1239	15	3,15	13,80
60	1405	16	3,26	13,94
70	1570	18	3,21	14,25
80	1735	20	2,95	14,8
90	1900	22	2,71	15,19
99	2205	24	2,62	16,9

Los valores de corriente de cadena grande M3.1 variará conforme al trabajar con un set de 99 ya que se acumulará material en el inicio de la cadena, además si se alimenta de manera directa con la máquina Bell, también se acumulará material. Por lo que se ha colocado un aviso dentro de la Pantalla HMI para que el operario se de cuenta de la carga de material.

Este aviso se mostrará debido a que el motor de cadena grande está cargado demasiado y eso se ve reflejado en la corriente que circula en él, cuando esta corriente es superior a 18 A las dos cadenas de alimentación se detendrán de manera automática hasta que pueda regresar a su valor nominal de trabajo que es entre 13 y 14 Amperios con un set de alimentación de 60 hasta 90 % de la cadena horizontal.

Para poder visualizar la corriente de la cadena grande se lo hará mediante la figura siguiente:



El aviso que se presenta al ocurrir este suceso y se lo identificará de la siguiente manera:



De igual manera si tiene problemas con el CR de la banda de corteza se podrá visualizar en la pantalla HMI, si está trabajando de manera correcta será de color verde, caso contrario será de color rojo y tendrá un parpadeo, como muestra la figura siguiente.

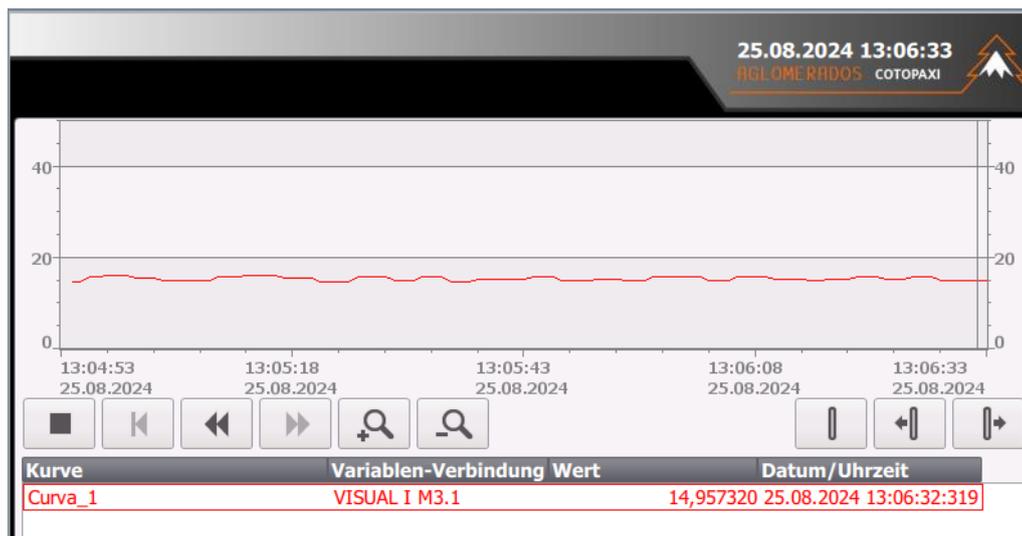


En la parte inferior de la pantalla HMI se encuentran dos botones que servirán para poder observar las gráficas del comportamiento de las dos corrientes nombras que son de la cadena horizontal y la cadena grande, como muestran las figuras siguientes:

### Corriente de motor cadena horizontal



### Corriente de motor cadena grande



### APAGADO DE LA MÁQUINA

Para dejar el descortezado apagado se debe pulsar los botones de la pantalla con los que se los prendieron, visualizar que los motores se coloquen en color gris y de esta manera estaría la máquina detenida hasta que se requiera nuevamente su arranque.

## ANEXO 13

### DATOS DEL VALIDADOR MG. JOHANA CHILQUINGA

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Johana Chilquinga	7	MG. Gestión de sistemas Energéticos en edificaciones	Coordinadora de la carrera universitaria en electricidad.

#### *Escala de evaluación Mg. Johana Chilquinga*

EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD					
Criterios	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
JOHANA GABRIELA  
CHILQUINGA TAÍPE

## ANEXO 14

### DATOS DEL VALIDADOR MG. XAVIER GUANO

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Xavier Guano	7 años	MGs. Electricidad mención en redes eléctricas inteligentes	Gerente general de la empresa Guano Ingeniería Eléctrica

#### *Escala de evaluación Mg. Xavier Guano*

EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD					
Criterios	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
XAVIER ARMANDO  
GUANO SINCHIGUANO

**ANEXO 15**

**DATOS DEL VALIDADOR PHD. MARYORY URDANETA**

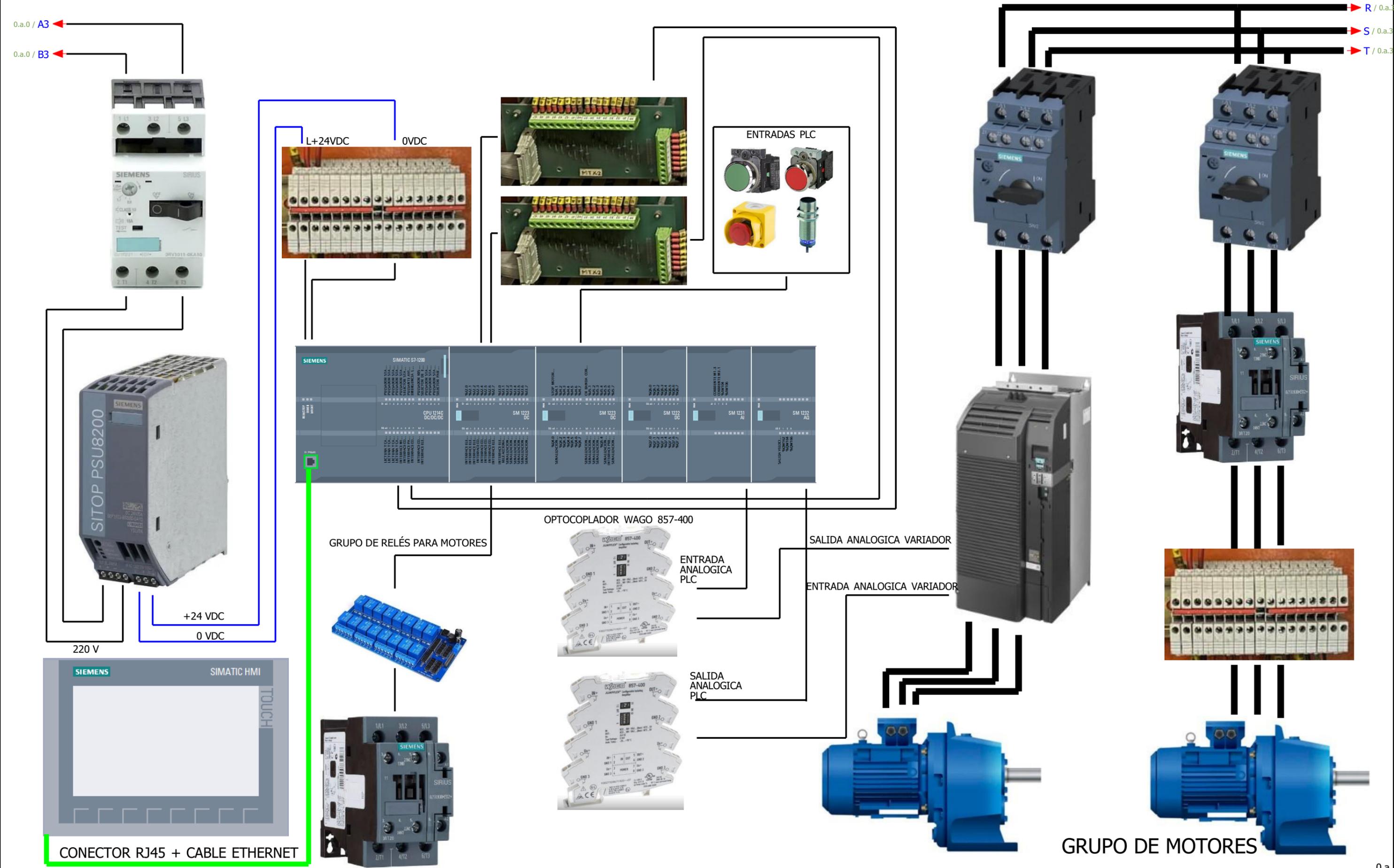
<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Años de experiencia</b>	<b>Titulación Académica</b>	<b>Cargo</b>
Maryory Urdaneta	20	PhD en Ingeniería eléctrica	Directora de docencia, investigación y vinculación con la sociedad

*Escala de evaluación PhD. Maryory Urdaneta*

<b>EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD</b>					
<b>Criterios</b>	<b>En Total Desacuerdo</b>	<b>En Desacuerdo</b>	<b>Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo</b>	<b>De Acuerdo</b>	<b>Totalmente Acuerdo</b>
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Firma: 

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

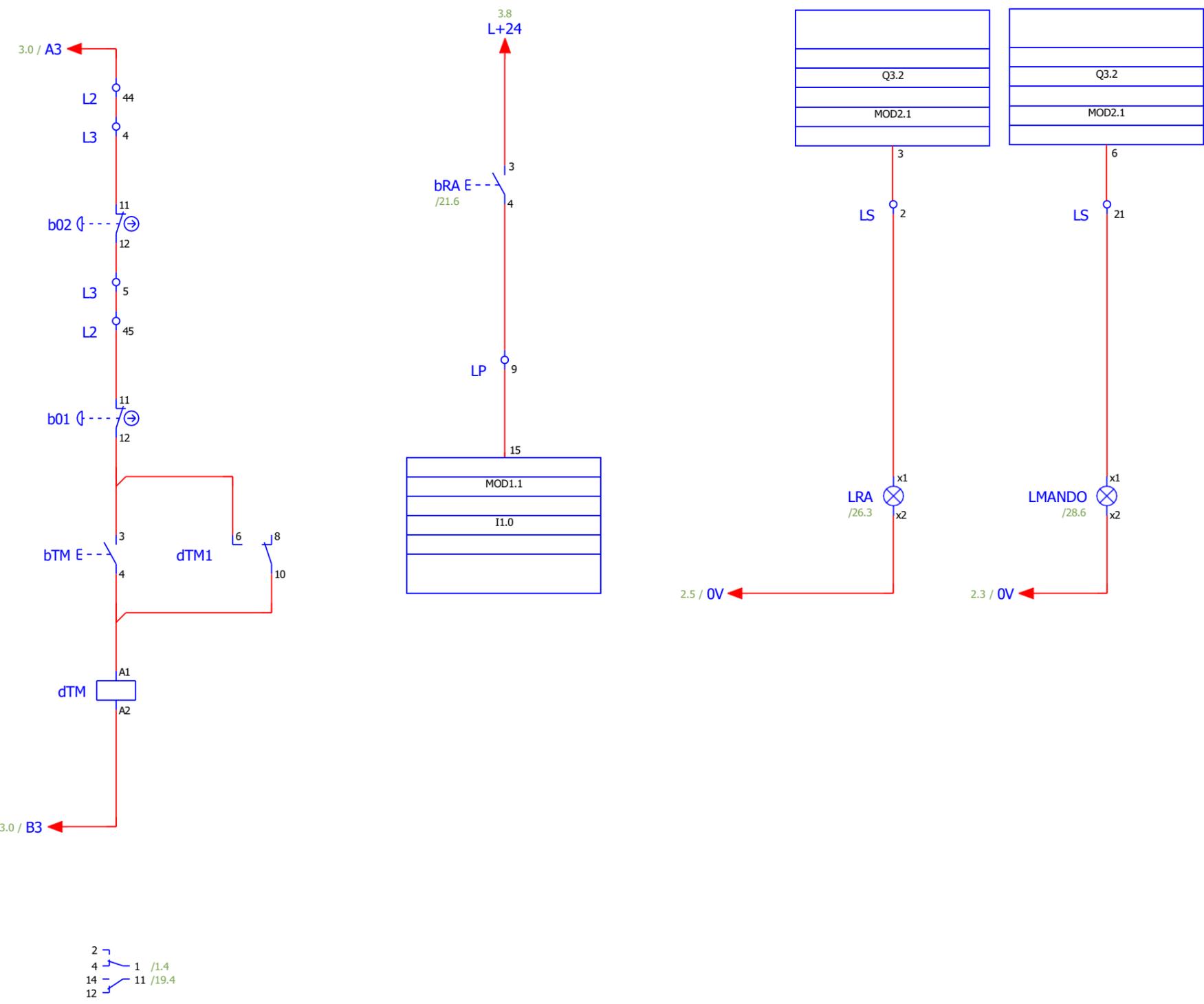


Fecha		23/8/2024	<b>ANEXO 16</b> <b>DIAGRAMA CONEXIÓN GENERAL DE ELEMENTOS</b>	Aglomerados Cotopaxi	Diagrama de bloques	=	+ TE1	Hoja 0
Resp.		CRIST						
Probado			Sustitución por	Sustituido por			IEC_tpl001	Página 1 / 31
Cambio	Fecha	Nombre						



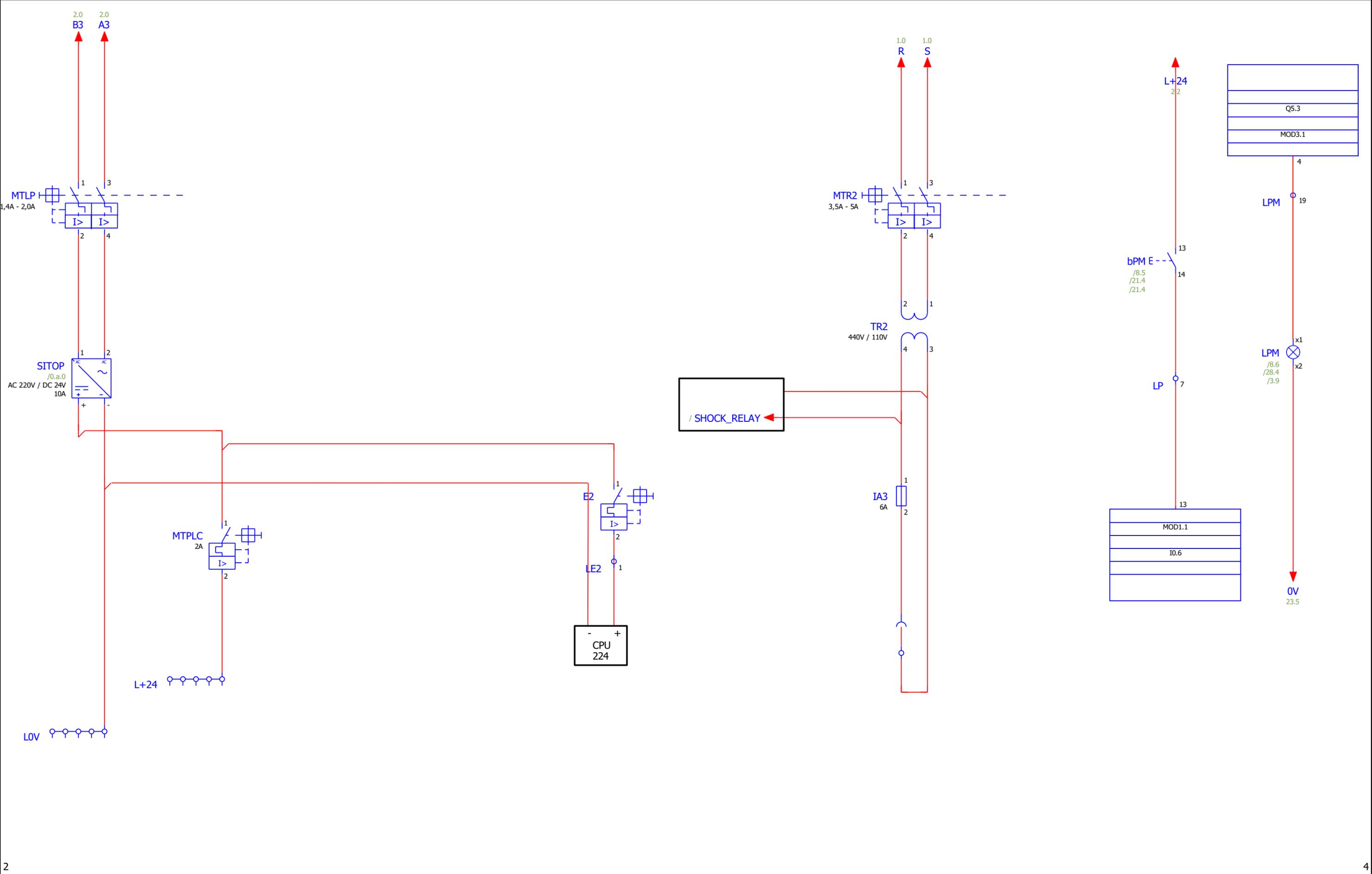


0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TENSION DE MANDO		PULSADOR RESET ALARMA		LAMPARA SENALIZACION RESET ALARMA	LAMPARA SENALIZACION TENSION DE MANDO				



1			Fecha	2/8/2024	<b>ANEXO 19</b> <b>TENSION DE MANDO</b>	Aglomerados Cotopaxi	Tension de mando	=	+ TEL	Hoja 2
			Resp.	CRIST						
			Probado							
Cambio	Fecha	Nombre	Original		Sustitución por	Sustituido por				Página 4 / 31

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ALIMENTACION 0VCC	ALIMENTACION 24VCC			ALIMENTACION 24VCC PARA PLC	ALIMENTACION 115VAC SHOCK RELAY	TOMA DE ENERGIA PARA PC 115 VAC		PULSADOR MANUAL AVISO PUESTA EN MARCHA	LAMPARA SENALIZACION PUESTA EN MARCHA



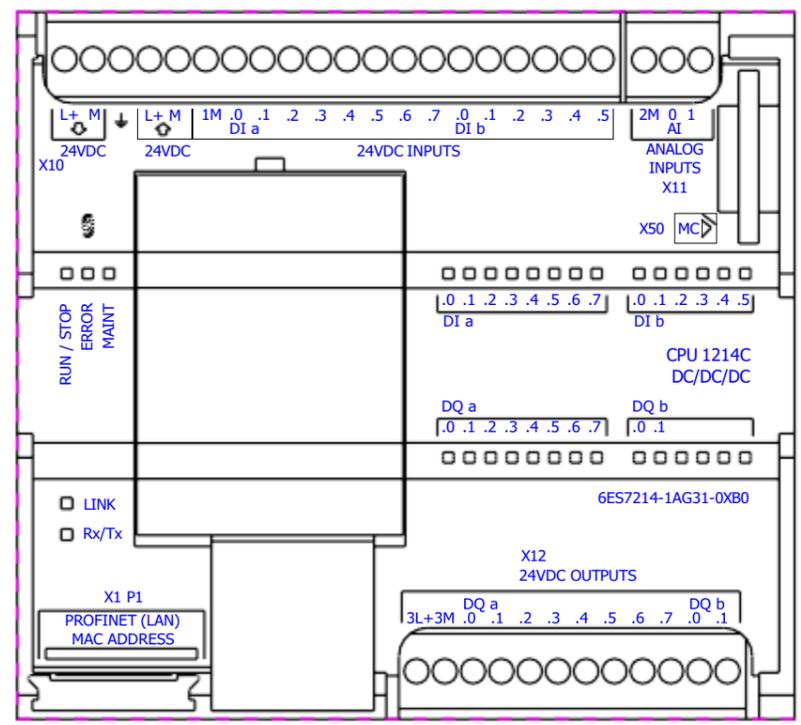
2				Fecha	5/8/2024	<b>ANEXO 20</b>	Aglomerados Cotopaxi	Alimentación 24V	=	+ TE1
				Resp.	CRIST					
				Probado						
Cambio	Fecha	Nombre	Original	Original		Sustitución por	Sustituido por		IEC_tpl001	Hoja 3
										Página 5 / 31

MOD1.1

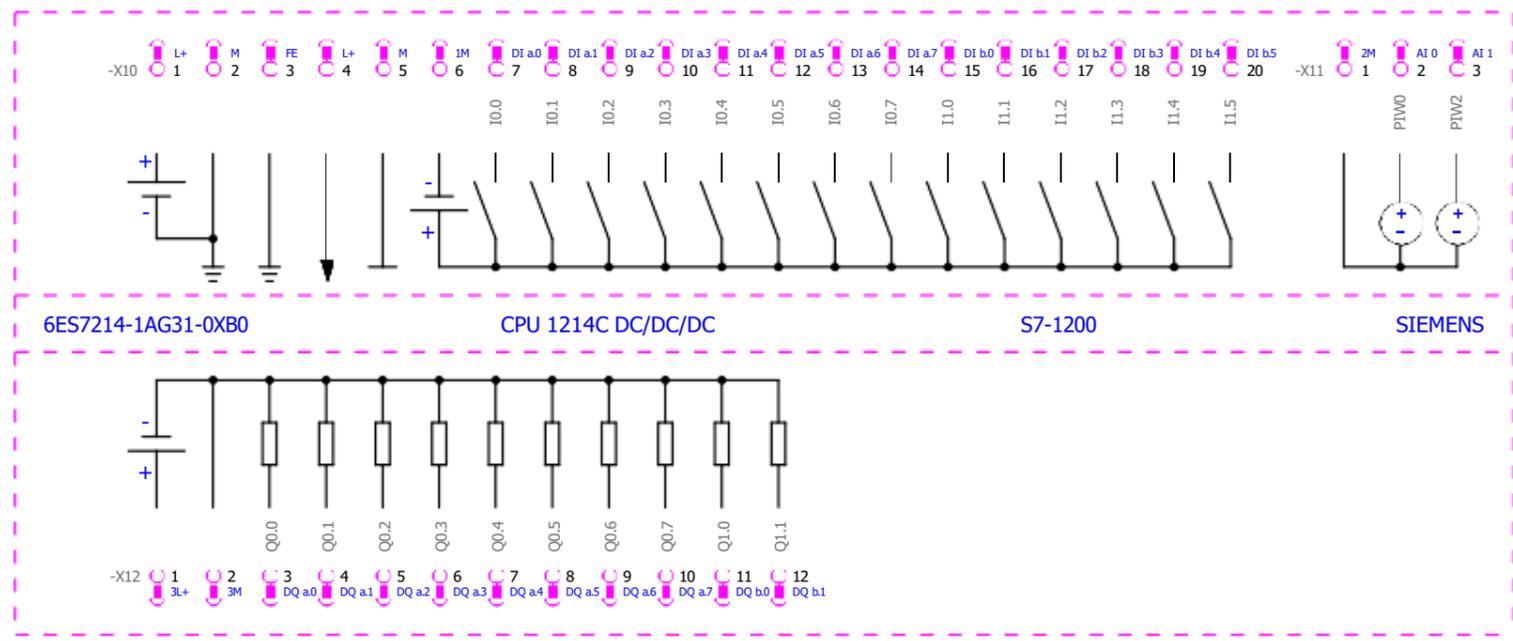
- /21.0
- /22.0
- /23.0
- /16.0
- /11.2
- /13.4
- /17.1
- /19.1
- /7.9
- /9.4
- /16.5
- /16.6
- /18.0
- /20.0
- /12.0
- /13.5
- /7.5
- /8.3
- /9.2
- /9.6
- /12.2
- /13.2
- /13.6
- /15.0
- /16.8
- /8.5
- /12.6
- /9.9
- /12.4
- /16.1

- PULSANTE START/STOP TRANSPORTE HORIZONTAL
- PULSANTE START/STOP TRANSPORTE INCLINADO
- PULSANTE START/STOP CADENA GRANDE
- PULSANTE START/STOP BANDA DE CORTEZA
- PULSANTE START/STOP TAMBOR DESCORTEZADOR
- PULSANTE START/STOP BANDA SALIDA TAMBOR
- PULSANTE AVISO PUESTA EN MARCHA
- EMERGENCIA LOCAL CADENA GRANDE
- PULSANTE RESET ALARMA
- EMERGENCIA TRANS. INCLINADO/HORIZONTAL
- PULSANTE START/STOP CHIPS 1 (PEQUEÑA)
- PULSANTE START/STOP CHIPS 12 (TRANSVERSAL)
- PULSANTE START/STOP CHIPS 12 (SILO ABIERTO)
- SELECTOR PARCIAL - MANUAL
- RESERVE
- RESERVE

MOD1



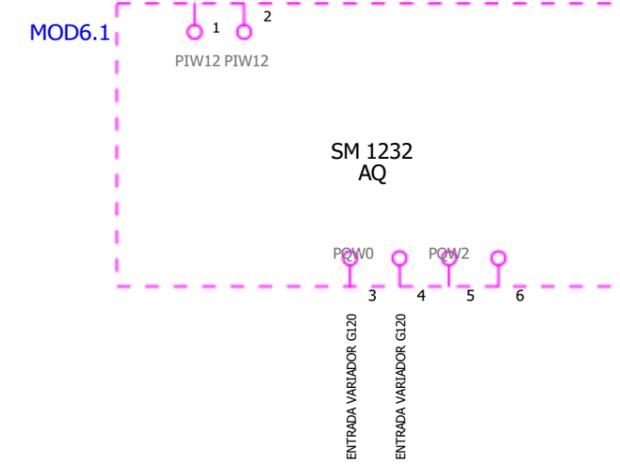
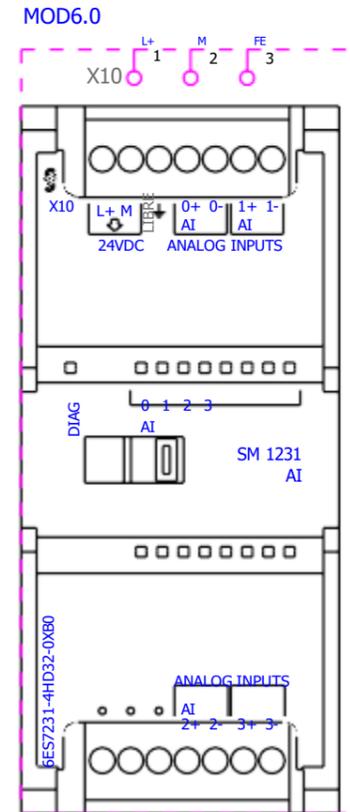
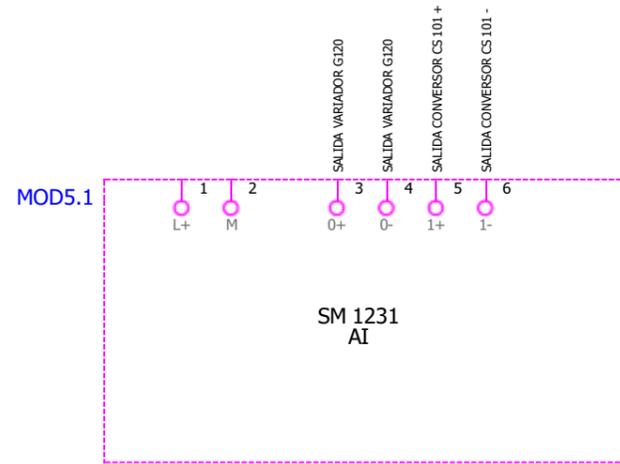
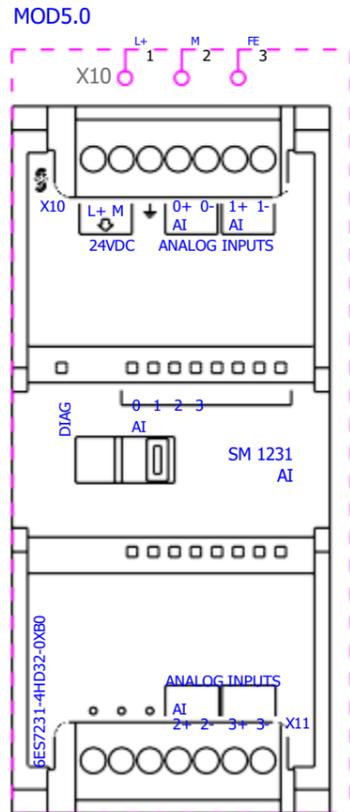
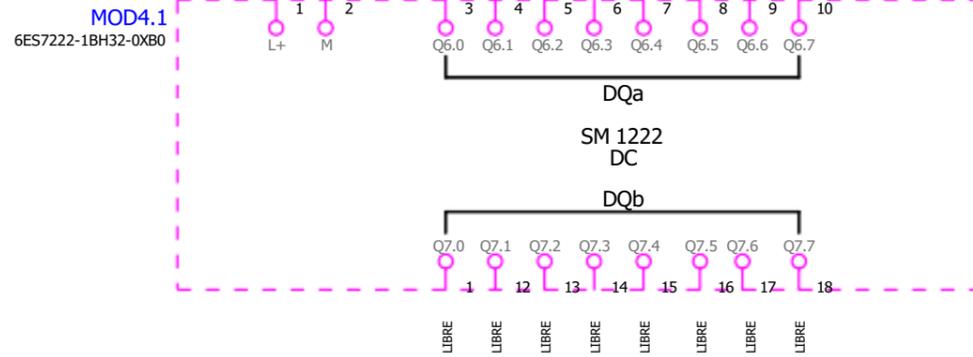
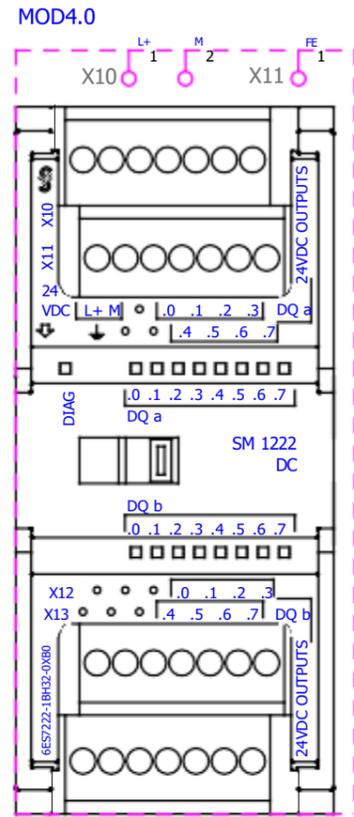
SIE.6ES7214-1AG31-0XB0



- HABILITACION 1 BYTE MULTIPLEXER MX1 Y MX2
- HABILITACION 2 BYTE MULTIPLEXER MX1 Y MX2
- HABILITACION 3 BYTE MULTIPLEXER MX1 Y MX2
- HABILITACION 4 BYTE MULTIPLEXER MX1 Y MX2
- TRANSPORTE HORIZONTAL START G120
- TRANSPORTE INCLINADO M2.1
- START BANDA PATEADORES
- TRANSPORTE DE CORTEZAS
- TAMBOR DESCORTEZADOR
- ELECTROVALVULA V4 COMPUERTA 2

				Fecha	3/8/2024	<b>ANEXO 21</b>	Aglomerados Cotopaxi	Conexión PLC		
				Resp.	CRIST					
				Probado						
Cambio	Fecha	Nombre	Original	Sustitución por		<b>CONEXION PLC</b>				
				Sustituido por						
									=	
									+ TE1	
									IEC_tpl001	
									Hoja	4
									Página	6 / 31

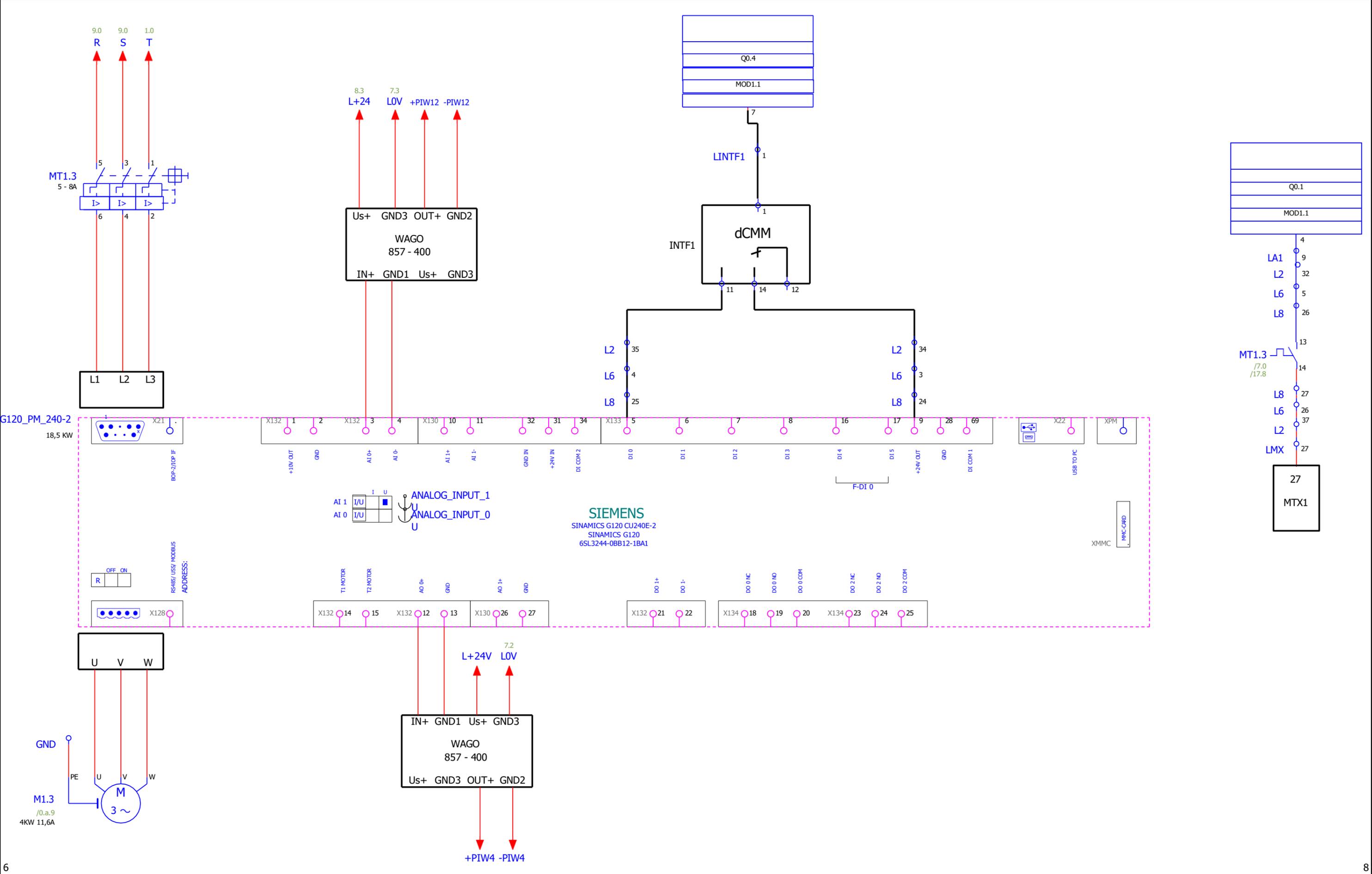




5

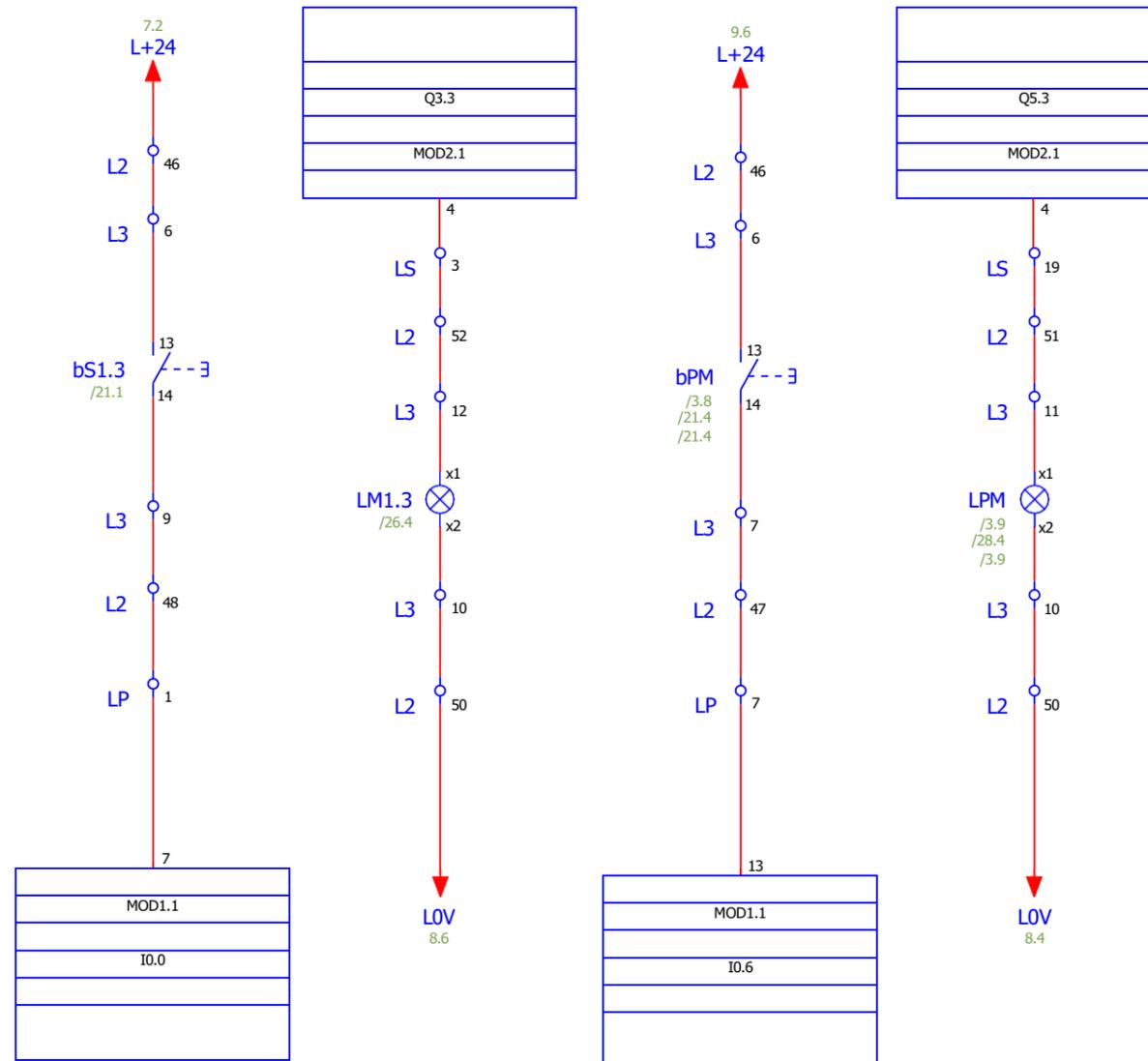
Fecha	Nombre	Fecha Dada	CRIST	<b>ANEXO 23</b> <b>MODULOS PLC 2</b> Sustitución por	Sustituido por
CamBio		Probado	24/8/2024		
		Original			

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TRANSPORTE HORIZONTAL		ENTRADA ANALOGICA	SALIDA ANALOGICA		START MOTOR				PROTECCION MOTOR
M1.3		VARIADOR	VARIADOR		VARIADOR				



Fecha				3/8/2024	ANEXO 24 TRANSPORTE		Aglomerados Cotopaxi		Transporte horizontal Fuerza M1.3		=	
Resp.				CRIST	HORIZ. FUERZA M1.3						+ TE1	
Probado					Sustitución por		Sustituido por				Hoja 7	
Original											Página 9 / 31	

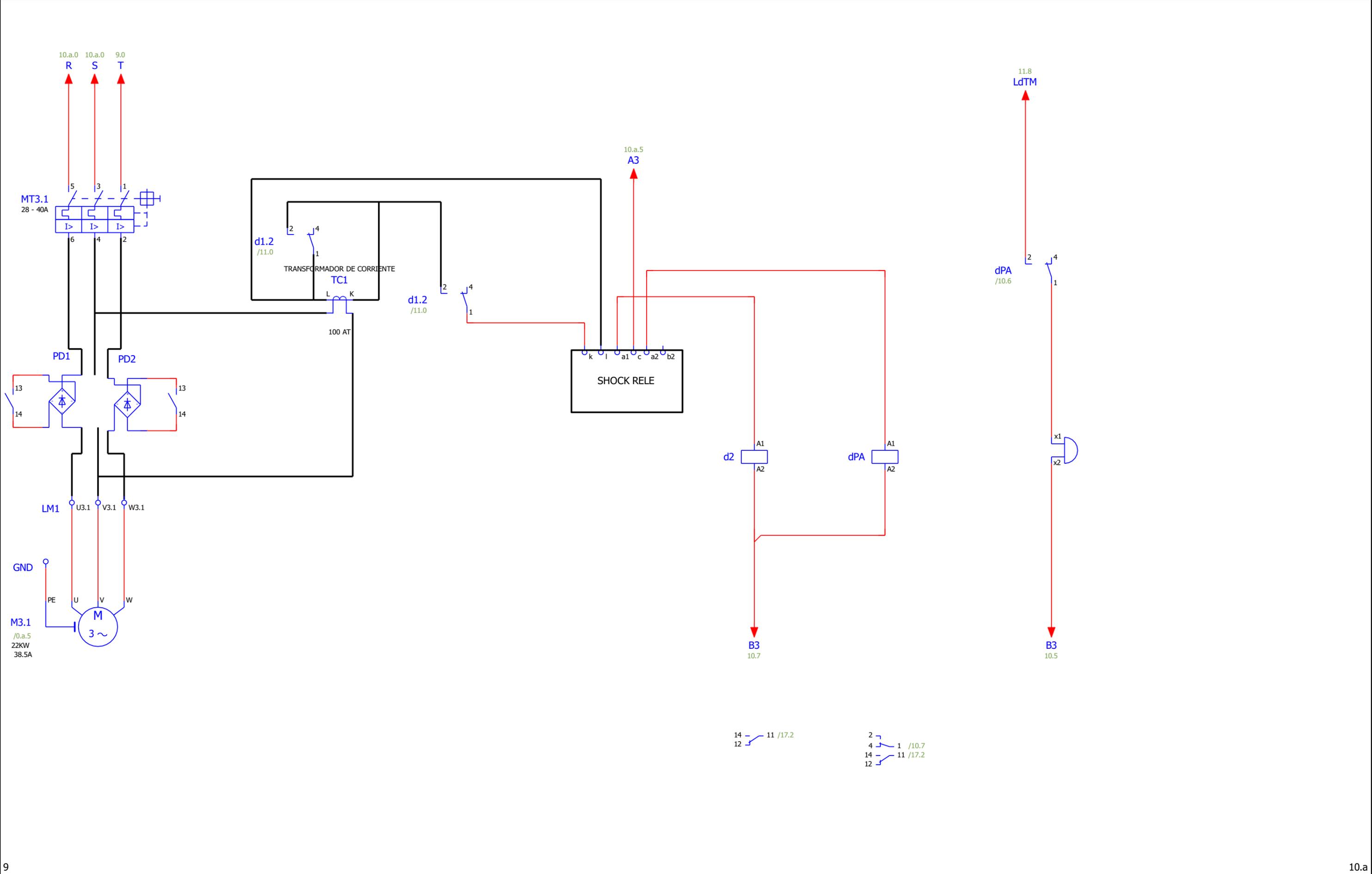
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
			PULSADOR MANUAL START STOP	LAMPARA SENALIZACION	PUESTA EN MARCHA TRANSPORTE INCLINADO HORIZONTAL	LAMPARA SENALIZACION AVISO PUESTA EN MARCHA			



				Fecha	3/8/2024	<b>ANEXO 25</b> <b>TRANSPORTE HORIZONTAL MANDO M1.3</b>	Aglomerados Cotopaxi	Transporte horizontal Mando M1.3			=		
				Resp.	CRIST								+ TEL
				Probado									
Cambio	Fecha	Nombre	Original	Sustitución por	Sustituido por					IEC_tp1001	Hoja 8		
											Página 10 / 31		



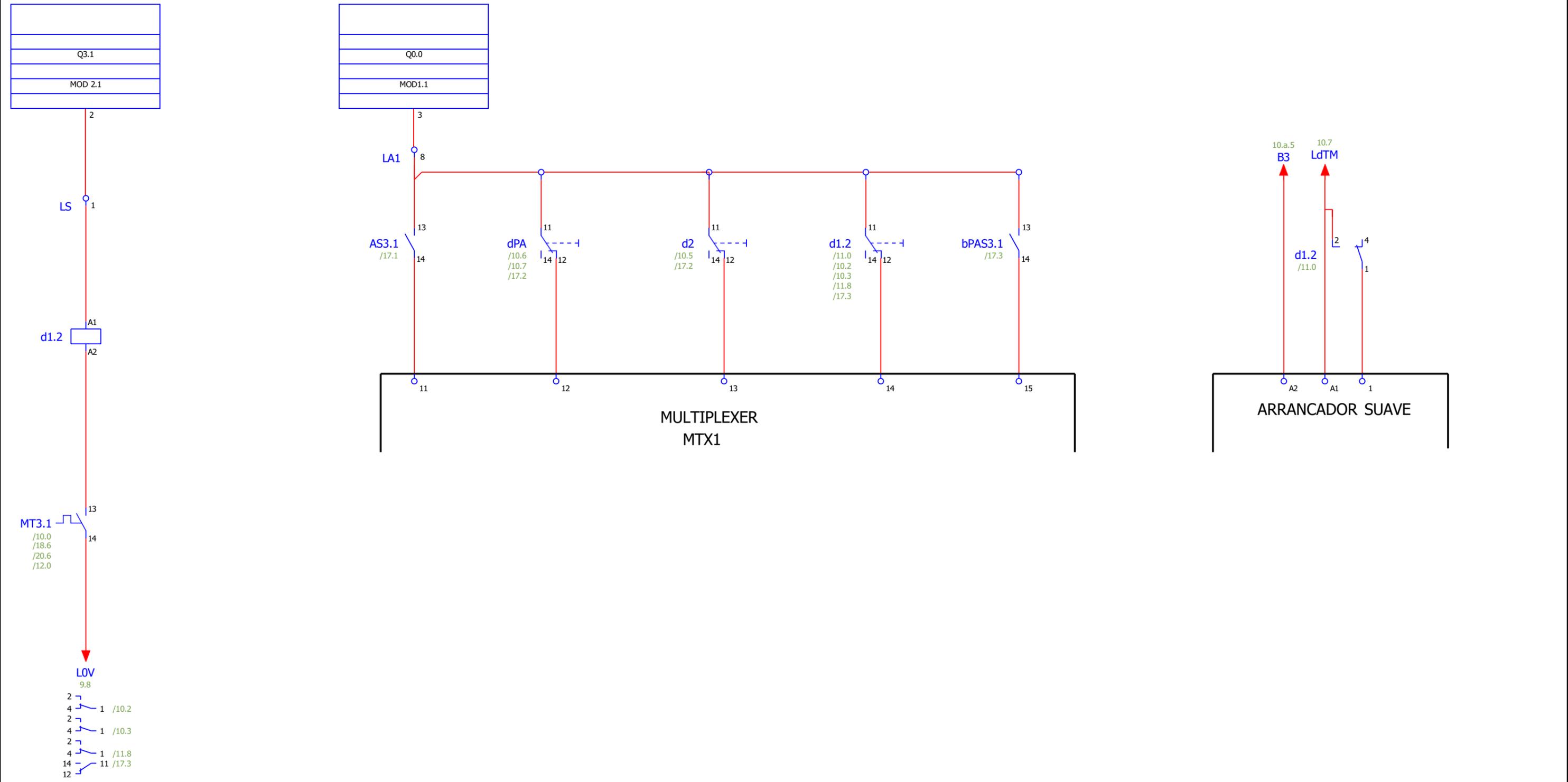
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CADENA GRANDE					PROTECCION SHOCK RELE	PRE - ALARMA	PRE - ALARMA SHOCK RELE		
M3.1						SHOCK RELE	SIRENA		



				Fecha	24/8/2024	<b>ANEXO 27</b>	Aglomerados Cotopaxi	Cadena Grande TC				
				Resp.	CRIST						=	
				Probado							+ TE1	
Cambio	Fecha	Nombre	Original	Sustitución por		Sustituido por			IEC_tp1001	Hoja 10		
									Página	12 / 31		



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MANDO MOTOR		SEÑALIZACION OK	PRE - ALARMA SHOCK RELE	PROTECCION SHOCK RELE	START OK	BY-PASS		START	
		ARRANCADOR SUAVE			ARRANCADOR SUAVE	ARRANCADOR SUAVE		ARRANCADOR SUAVE	

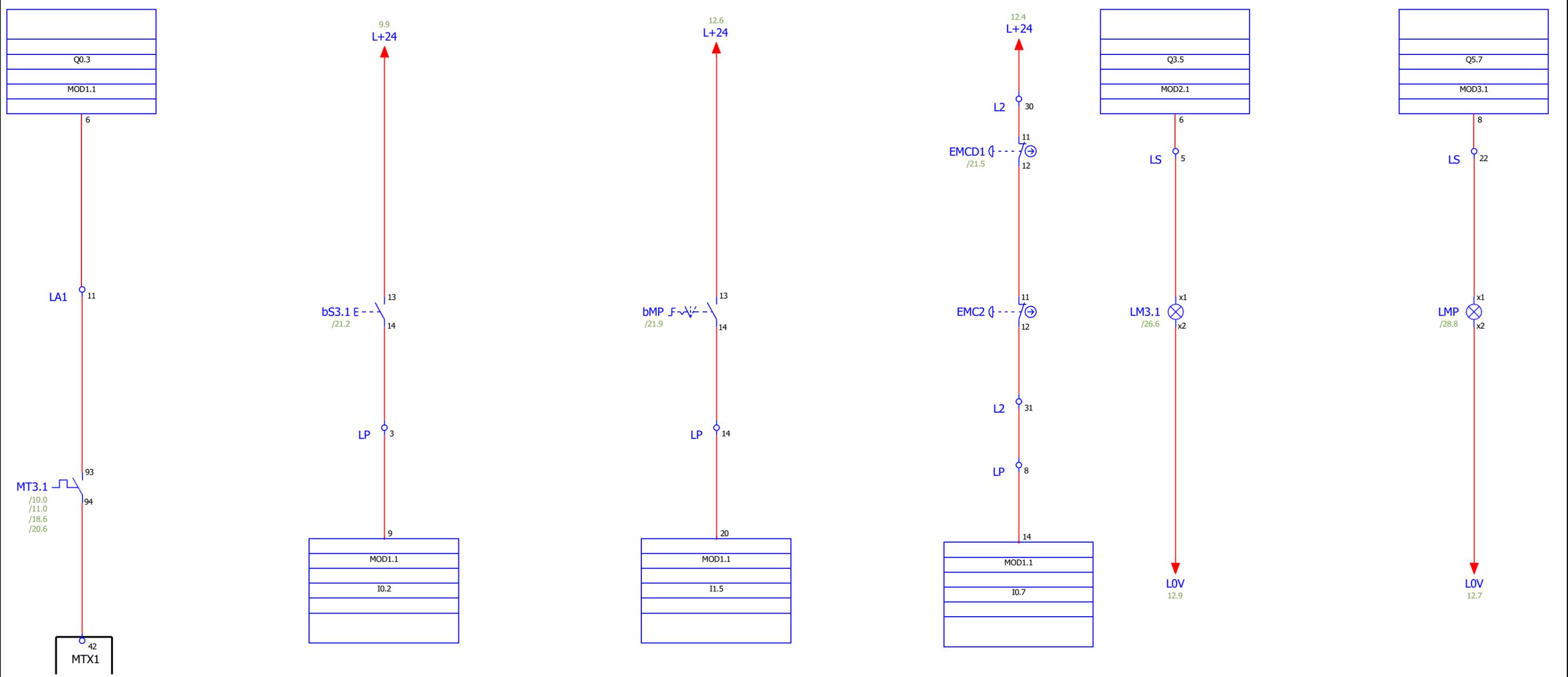


10.a

12

			Fecha	3/8/2024	<b>ANEXO 29</b>	Aglomerados Cotopaxi	Cadena Grande Shock Relé	=	
			Resp.	CRIST				+ TE1	
			Probado						
Cambio	Fecha	Nombre	Original		Sustitución por	Sustituido por	IEC_tpl001		Hoja 11
									Página 14 / 31

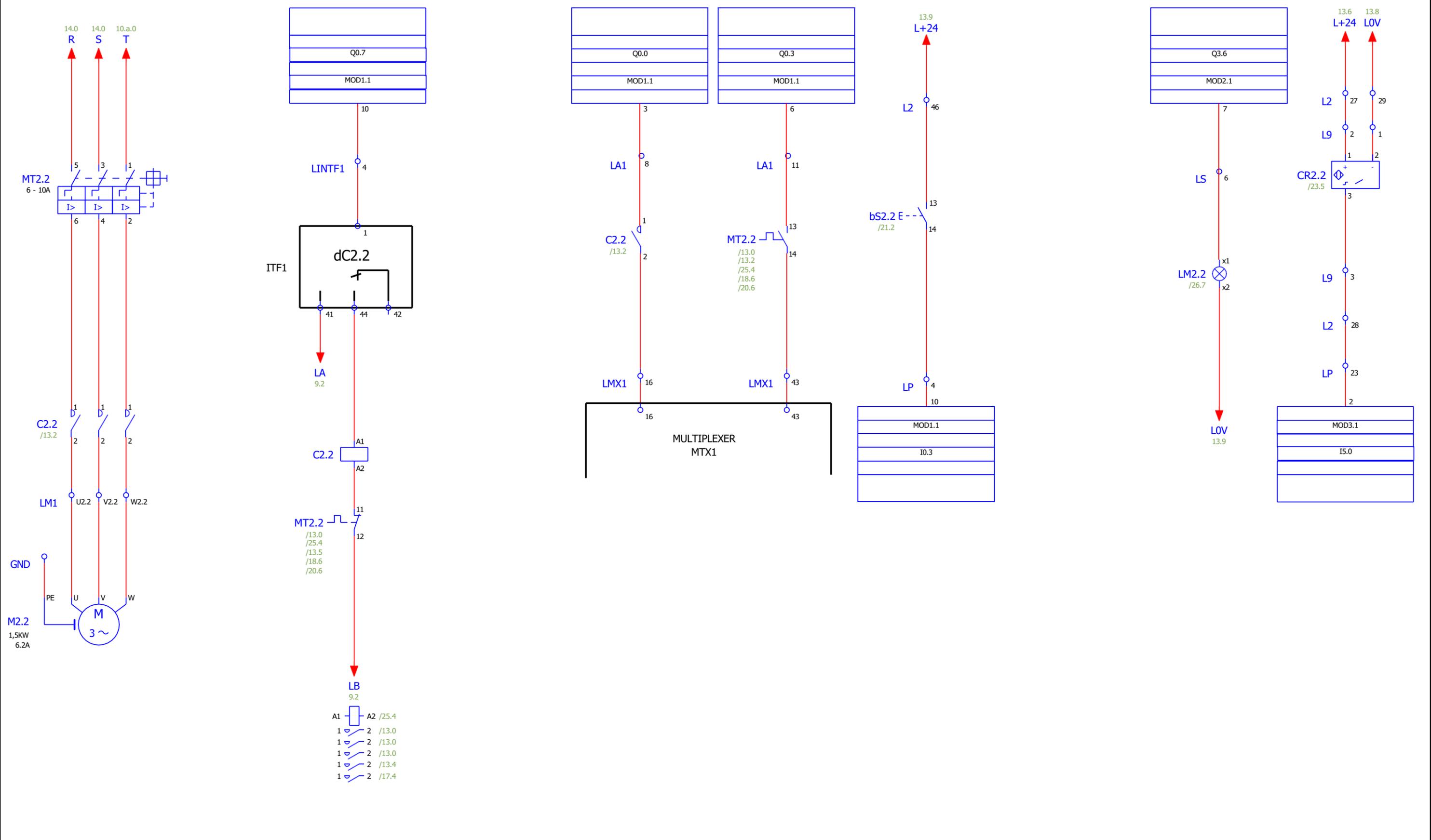
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PROTECCION MOTOR		PULSADOR START/STOP		SELECTOR PARCIAL MANUAL		EMERGENCIA LOCAL CADENA GRANDE	LAMAPRA SENALIZACION M3.1		LAMAPRA SENALIZACION PARCIAL MANUAL



11 13

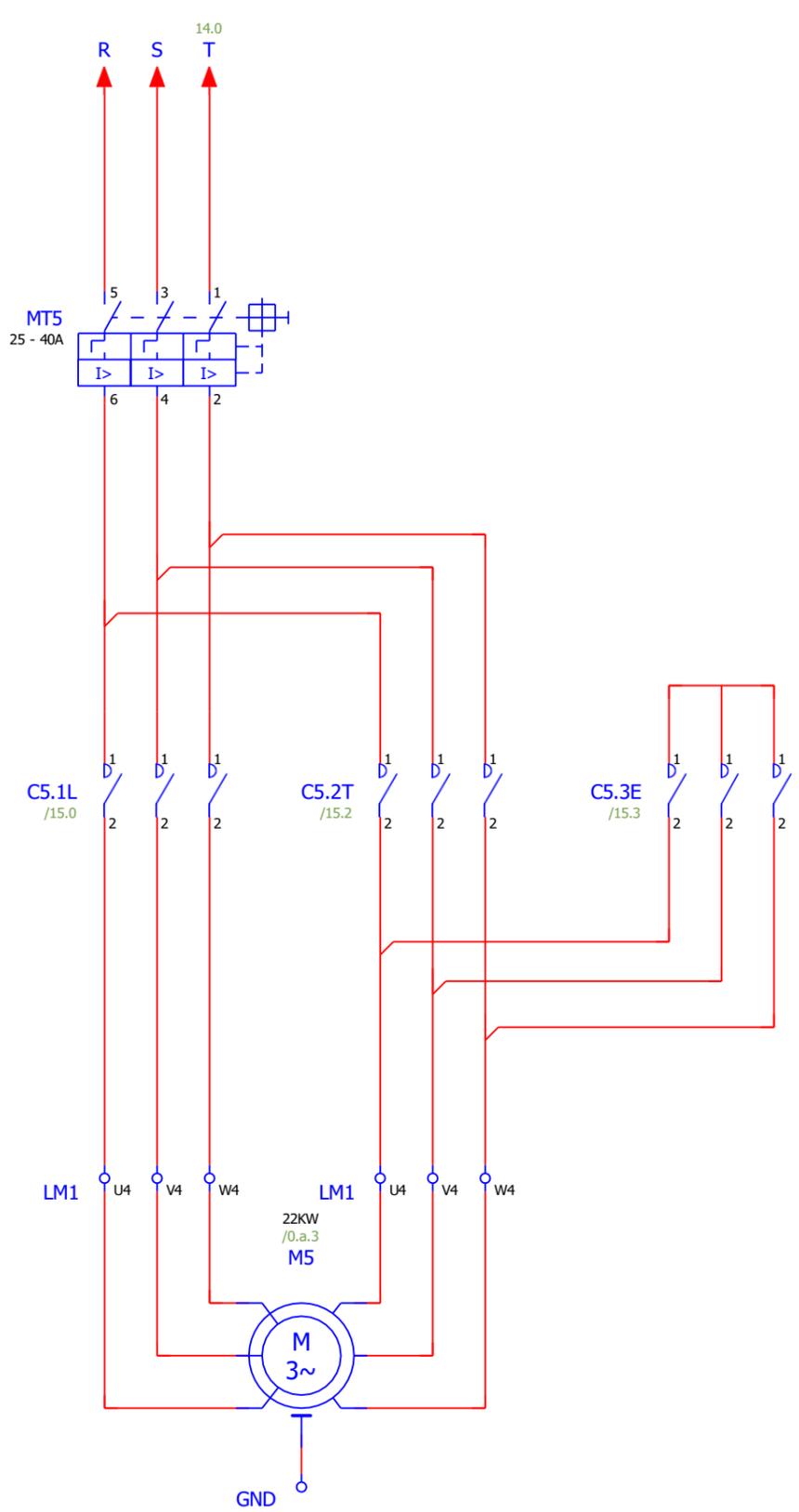
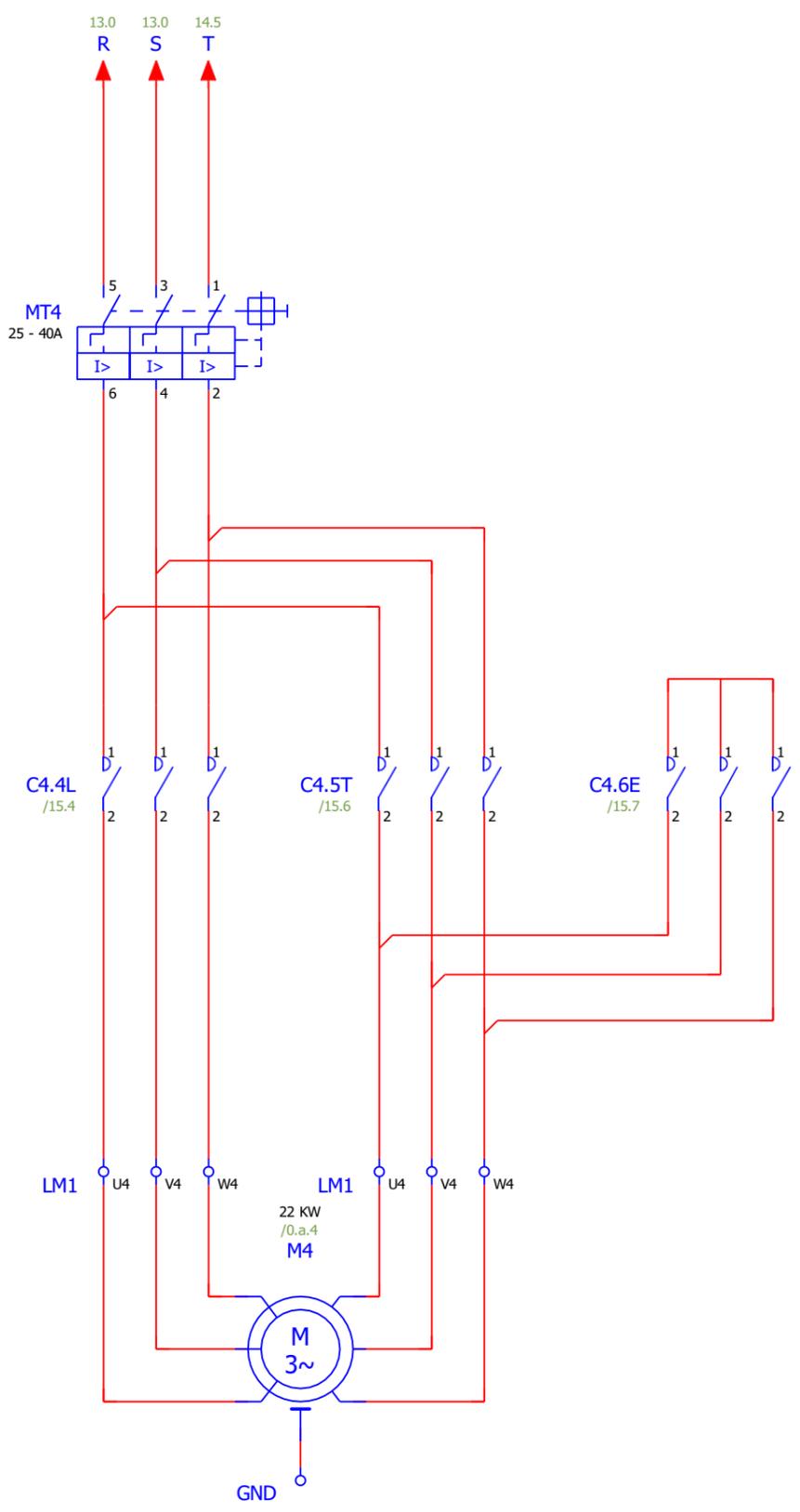
				Fecha	3/8/2024	<b>ANEXO 30</b>	Aglomerados Cotopaxi	Cadena Grande mando	=	
				Resp.	CRIST				+ TE1	
				Probado						
Cambio	Fecha	Nombre	Original	Sustitución por		Sustituido por			IEC_tp1001	Hoja 12
									Página 15 / 31	

0	1	3	4	5	6	7	8	9
BANDA DE CORTEZA M2.2		MANDO MOTOR		CONTACTOR	PROTECCION MOTOR	PULSADOR START/STOP	LAMPARA SENALIZACION	CONTROL DE ROTACION



12			Fecha	24/8/2024	<b>ANEXO 31</b>	Aglomerados Cotopaxi	Banda de Corteza	=	+ TE1	Hoja 13
			Resp.	CRIST						
			Probado							
			Original		<b>BANDA DE CORTEZA</b>					
Cambio	Fecha	Nombre	Original		Sustitución por	Sustituido por			IEC_tp1001	Página 16 / 31

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TAMBOR DESCORTEZADOR M4 ORIENTE					TAMBOR DESCORTEZADOR M5 OCCIDENTE				



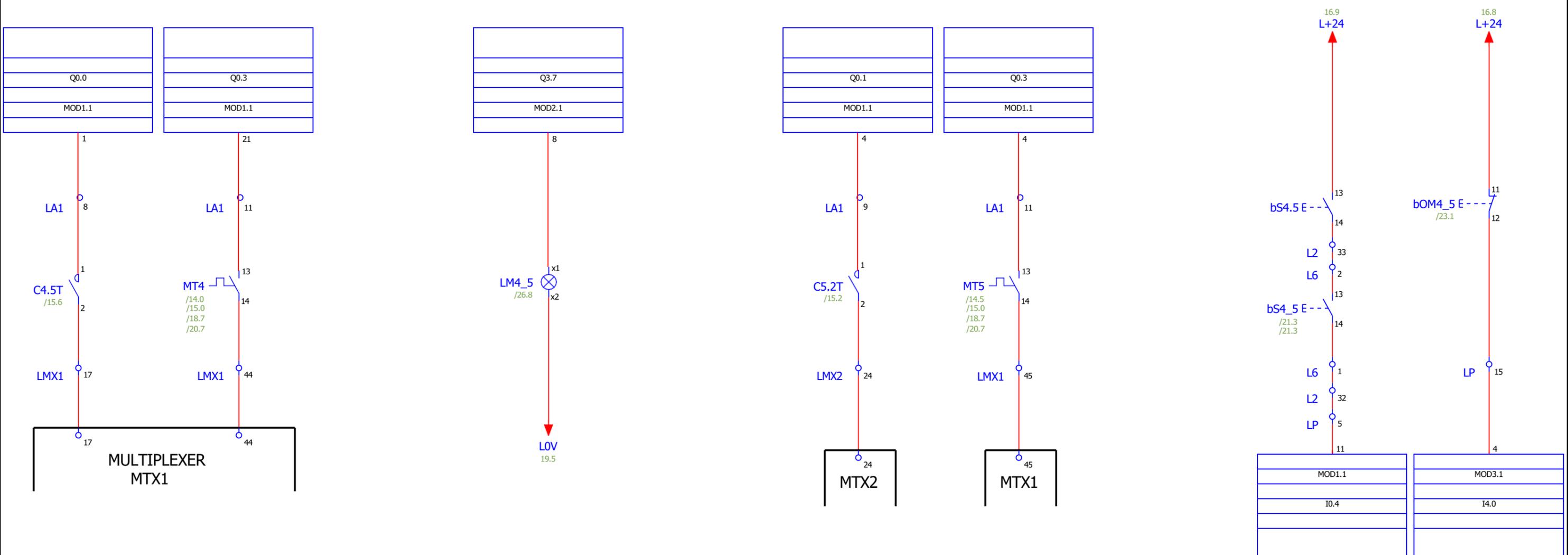
13

15

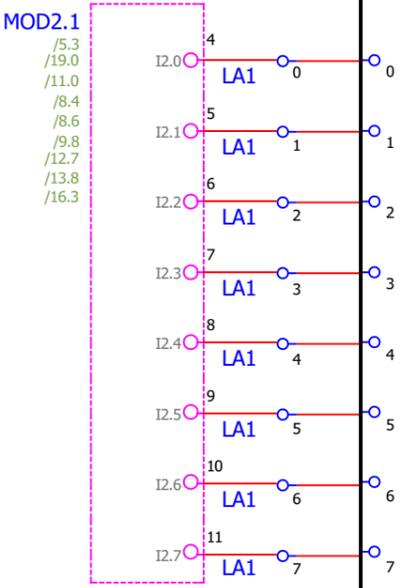
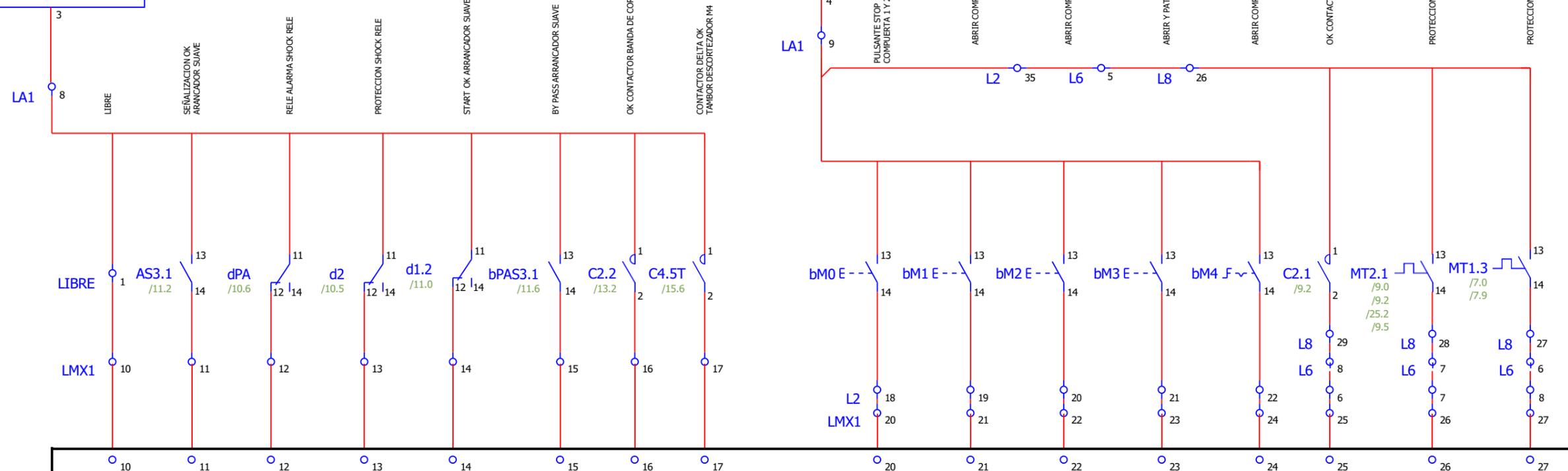
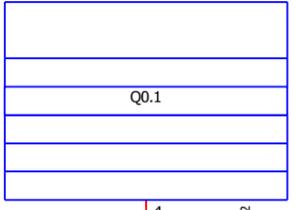
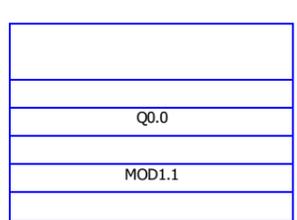
				Fecha	3/8/2024	ANEXO 32	Aglomerados Cotopaxi	Tambor Decortezador fuerza		
				Resp.	CRIST					
				Probado						
Cambio	Fecha	Nombre	Original	Sustitución por		Sustituido por			IEC_tp1001	Hoja 14
									+ TE1	Página 17 / 31



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CONTACTOR M4	PROTECCION MOTOR M4		LAMPARA SENALIZACION M4_M5		CONTACTOR M5	PROTECCION MOTOR M5		PULSADOR MANUAL M4_M5	PULSADOR STOP M4_M5



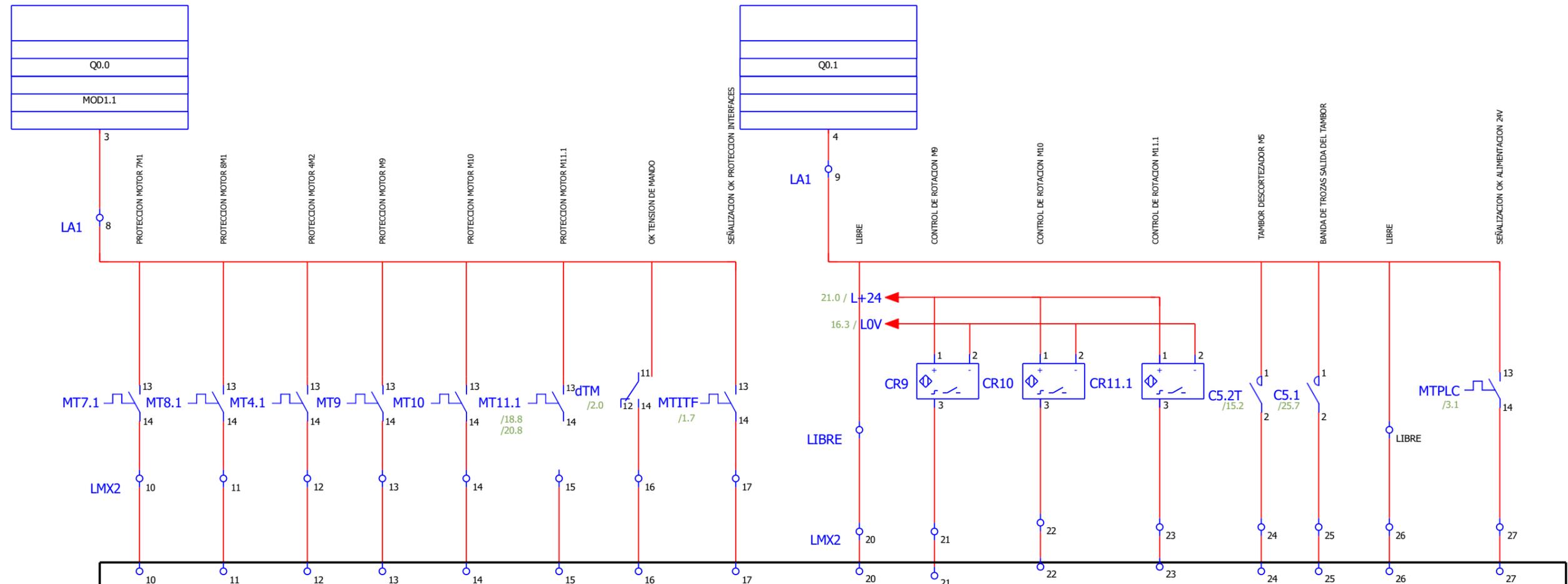
				Fecha	3/8/2024	<b>ANEXO 34</b>	Aglomerados Cotopaxi	Tambor Descortezador contactor M4-M5			=		
				Resp.	CRIST								+ TE1
				Probado									
Cambio	Fecha	Nombre	Original	Sustitución por		Sustituido por			IEC_tpl001		Hoja 16		
										Página 19 / 31			



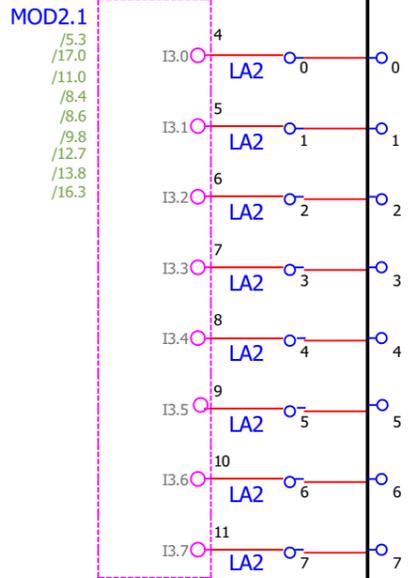
# MULTIPLEXER MTX1

				Fecha	4/8/2024	<b>ANEXO 35</b>	Aglomerados Cotopaxi	Multiplexer 1		
				Resp.	CRIST					
				Probado						
Cambio	Fecha	Nombre	Original	Sustitución por		Sustituido por			IEC_tpl001	
									=	
									+ TE1	
									Hoja 17	
									Página 20 / 31	





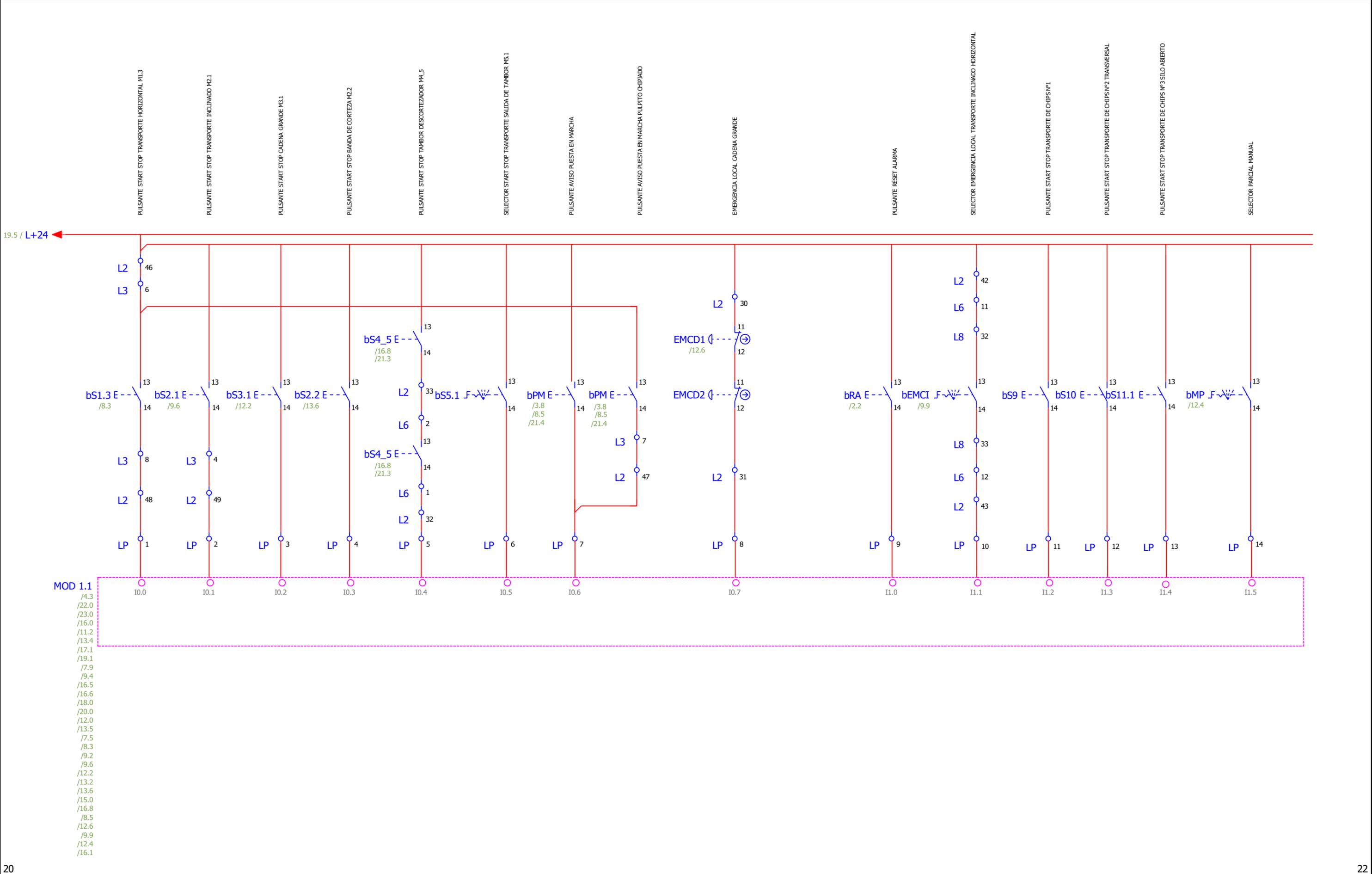
## MULTIPLEXER MTX2



				Fecha	4/8/2024	<b>ANEXO 37</b>	Aglomerados Cotopaxi	Multiplexer 2				
				Resp.	CRIST						=	
				Probado							+ TE1	
Cambio	Fecha	Nombre	Original	Sustitución por		Sustituido por			IEC_tpl001	Hoja 19		
									Página 22 / 31			



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

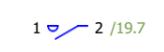
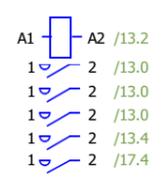
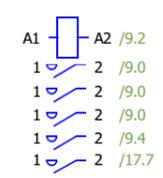
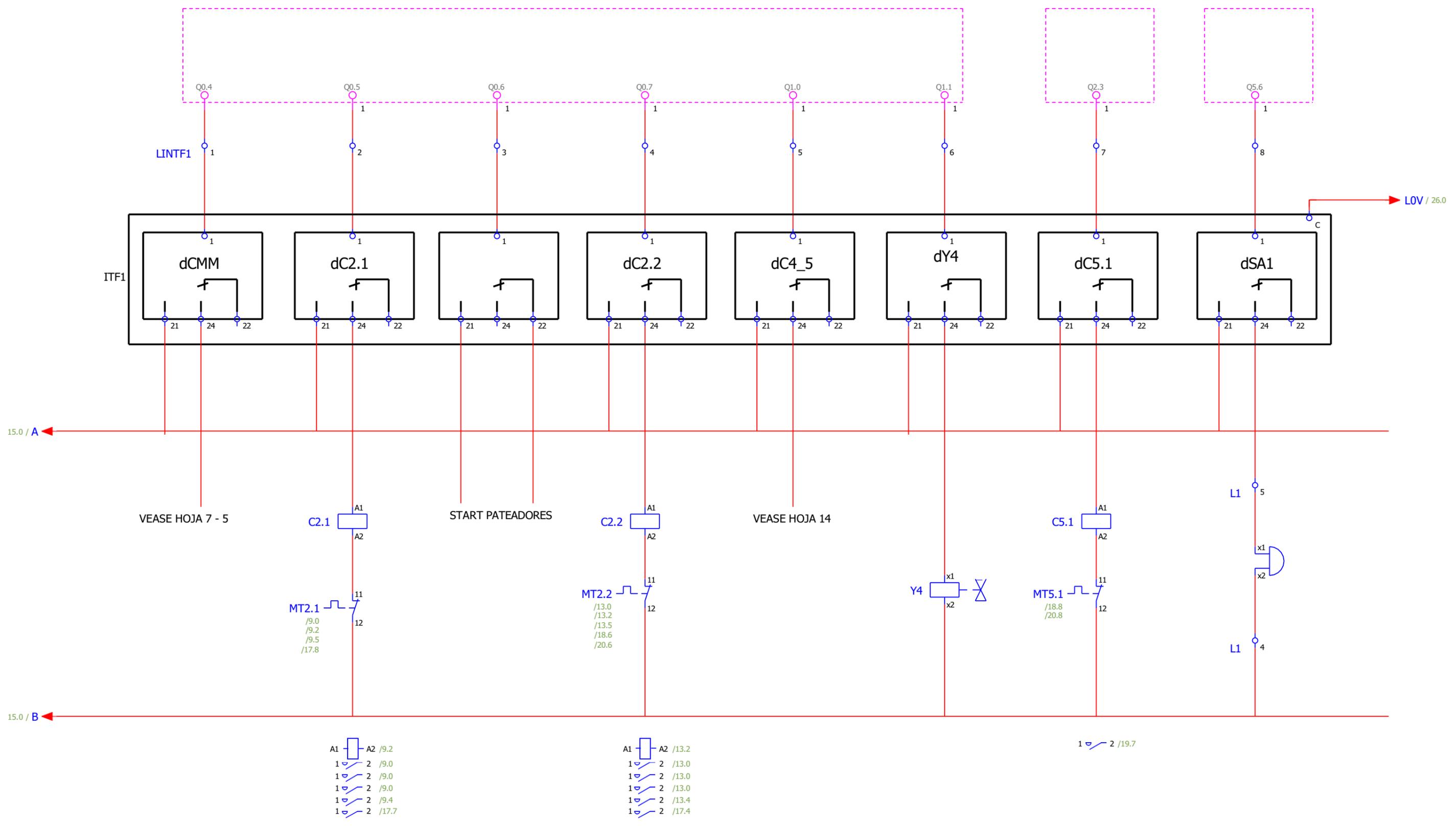


			Fecha	5/8/2024	<b>ANEXO 39</b>	Aglomerados Cotopaxi	Entradas PLC 1	=	
			Resp.	CRIST				+ TEL	
			Probado						
Cambio	Fecha	Nombre	Original		Sustitución por	Sustituido por		IEC_tp1001	Hoja 21
								Página 24 / 31	





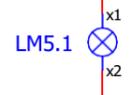
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	TRANSPORTE HORIZONTAL START VARIADOR G120	TRANSPORTE INCLINADO M2.1		BANDA DE CORTEZA M2.2	TAMBOR DESCORTEZADOR M4_M5	ELECTROVALVULA V4_COMPUERTA 2	BANDA TROZAS SALIDA TAMBOR M5.1	PRE AVISO ACUSTICO SALIDA	



				Fecha	5/8/2024	<b>ANEXO 22</b>	Aglomerados Cotopaxi	Salidas PLC 1			=		
				Resp.	CRIST								+ TE1
				Probado									
Cambio	Fecha	Nombre	Original	Sustitución por		Sustituido por			IEC_tpl001		Hoja 25		
										Página 27 / 31			



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		SEÑALIZACION	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	
		TRANS. SALIDA TAMBOR							



28.0 / LOV ←



