



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA



**DESARROLLO DE LA INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA EL
DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE
TELA DE FIBRA DE VIDRIO (MAT) DE LA EMPRESA VITROREFUERZOS
VENEZOLANOS C.A.**

LUIS A. MACHUCA R.

BÁRBULA, NOVIEMBRE 2011



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA



**DESARROLLO DE LA INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA EL
DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE
TELA DE FIBRA DE VIDRIO (MAT) DE LA EMPRESA VITROREFUERZOS
VENEZOLANOS C.A.**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
ELÉCTRICISTA**

Autor:

Luis Alberto Machuca Rojas

Tutor:

Ing. Antonio Franchi

BÁRBULA, NOVIEMBRE 2011



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del jurado asignado para evaluar el trabajo especial de grado titulado **“DESARROLLO DE LA INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA EL DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TELA DE FIBRA DE VIDRIO (MAT) DE LA EMPRESA VITROREFUERZOS VENEZOLANOS C.A.”**, realizado por el bachiller. Luis Alberto Machuca Rojas, C.I.: 15.863.893, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo de grado.

Prof. Antonio Franchi.

TUTOR

Prof. Wilmer Zans.

JURADO.

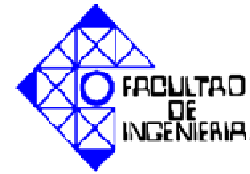
Prof. Ander Miranda.

JURADO

Bárbula, Noviembre 2011



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA



AVAL DEL TUTOR

Dando cumplimiento a lo establecido en el Reglamento de Trabajo Especial de Grado de la Universidad de Carabobo, quien suscribe, **Antonio Franchi**, titular de la cedula de identidad N° 13.128434, en mi carácter de tutor del trabajo especial de grado titulado: **DESARROLLO DE LA INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA EL DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TELA DE FIBRA DE VIDRIO (MAT) DE LA EMPRESA VITROREFUERZOS VENEZOLANOS C.A**, presentado por el bachiller **Luis Alberto Machuca Rojas**, C.I: **15.86.893**, para optar al título de Ingeniero Electricista, hago constar que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador asignado por el departamento.

Prof. Antonio Franchi.

TUTOR

Bárbula, Noviembre 2011



DEDICATORIA

Este trabajo de grado, ha sido la culminación de una de las etapas más grandes de mi vida y esta dedicado especialmente a mi madre y a mi abuela, por todo su apoyo incondicional y a Daniel Hernández por ayudarme a crecer como persona y profesionalmente. Gracias los amo



AGRADECIMIENTOS

Primero a Dios, por darme la fortaleza de seguir adelante en los momentos difíciles y guiar mis pasos.

A mi madre, Elda Rojas; por todo el apoyo incondicional que siempre me ha brindado, por estar a mi lado día a día, por ser no solo mi madre si no también mi guía y esa mano amiga que siempre estará.

A mi abuela, Graciela Rojas; por cada momento de ayuda y apoyo que me has dado, por todo el esfuerzo de criarnos y enseñarnos.

A mi Tío, Bernard Rojas, por ser mi ejemplo a seguir y mostrarme el buen camino, por toda la ayuda que me has dado durante todos mis estudios.

A mi Tía, Indira Rojas, por ser siempre solidaria y por toda la ayuda que brindas y por cada momento de apoyo cuando te he necesitado.

A mi amiga incondicional, Isabel Gómez (Chabela), por ser esa mano amiga, por ser no solo mi amiga si no mi madre y por cada consejo y enseñanza que me distes. Gracias

A toda mi Familia y Hermanos, por siempre apoyarme y enseñarme que luchando todo se puede. Gracias por siempre los llevo en el corazón

A Daniel Hernández, por enseñarme cada día el valor de la vida, por ser una persona especial en mi vida, por creer en mi y de enseñarme a luchar.

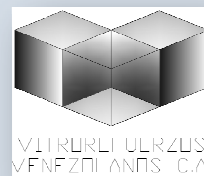
A mis amigos y compañeros de estudio, quienes me acompañaron durante toda mi carrera y con quienes compartí tantos momentos de risa y de amarguras.

A mi tutor Ing. Antonio Franchi, por toda la ayuda prestada, por darme las herramientas necesarias y por creer en mi, mil gracias.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA





CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La tela de fibra de vidrio (MAT), es una tela formada por hilos cortados de fibra de vidrio laminados uniformemente, la cual está destinada para el uso en procesos de producción de lanchas, gabinetes, cavas, tanques resistentes a la corrosión, piscinas, componentes para camiones, paneles para la construcción, ductos, tuberías, entre otras [1]. La producción de esta tela requiere de un proceso continuo y supervisado con un control automatizado, que pueda garantizar la calidad del producto final.

VITROREFUERZOS VENEZOLANOS C.A, cuenta con una línea de producción para fabricar MAT, conformada por equipos tales como: transportadoras, motores, rodillos, tanques, bombas, hornos, etc.

En la actualidad, la línea productiva de MAT se encuentra inoperativa, pues no posee los sistemas de control necesarios para su correcto funcionamiento, y la instrumentación instalada no garantiza su control productivo. Los dispositivos de seguridad de los equipos involucrados y los que resguardan la integridad física de los operarios se encuentra en condiciones deficientes y el control de las variables críticas para la producción como la tensión y velocidad de la máquina se realizaba por medio de selectores manuales dependiendo de los operarios la calidad del producto final.

Por lo expuesto se pretende el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle para el correcto desempeño productivo de la fabricación de MAT. El diseño presentará el



CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

sistema de control que permita la puesta en marcha de la línea de producción de MAT, la selección de los diferentes equipos e instrumentos para controlar y medir las variables involucradas en el proceso productivo basado en las normas y estándares para el desarrollo de la automatización (Código Eléctrico Nacional, Normas ISO, COVENIN, etc.). Un sistema de monitoreo en tiempo real (SCADA) me permitirá la simulación del proceso en todas sus fases antes de la puesta en marcha, que luego será incorporado para el control y adquisición de datos en el cuarto de control de la línea productiva de MAT.

1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La automatización de procesos industriales requiere de un previo diseño en el cual se puedan realizar las bases que permitan dar a conocer las necesidades reales del proceso y los requerimientos mínimos necesarios para la selección y aplicación de un autómata programable (PLC), los cuales solo pueden ser definidos por medio de un análisis detallado del sistema o proceso completo. [2]

VITROREFUERZOS VENEZOLANOS C.A, empresa dedicada a la producción de algunos derivados de fibras sintéticas, cuenta con una línea productiva de tela de fibra de vidrio (MAT), que requiere de la incorporación de un autómata programable PLC y una serie de controles e instrumentos que permitan la operatividad del proceso de forma automatizada, es por ello que se hace imprescindible, el desarrollo de una ingeniería básica y de detalle a fin de dar a conocer la descripción del proceso y la identificación de la diferentes variables involucradas, para el logro de un diseño que permita la automatización de la máquina de MAT, con la incorporación de un PLC, los sistemas de control para las diferentes variables, la canalización y ubicación de la instrumentación requerida por el proceso, que le brinden a la empresa:



CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- ✓ Mejor tiempo de respuesta ante las diferentes variables involucradas.
- ✓ Aumento de la producción ya que disminuye el tiempo de trabajo.
- ✓ Mejorar el tiempo de detección de fallas para garantizar la seguridad de la planta y del personal.
- ✓ Medición, control y visualización de las diferentes variables en tiempo real.
- ✓ Capacidad de expansión a futuro, con menores costos de inversión.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la ingeniería básica y de detalle para el diseño de la automatización de la línea de producción de tela de fibra de vidrio (MAT), de la empresa VITROREFUERZOS VENEZOLANOS C.A. Ubicada en la Zona Industrial I, San Vicente. Maracay, Estado Aragua.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Estudiar el proceso de producción, para determinar las variables asociadas, mediante investigaciones documentales y recopilación de la información técnica en la planta.
- ✓ Seleccionar el controlador lógico programable (PLC) y los instrumentos que se adapten para la automatización del proceso.
- ✓ Diseñar los planos de control y fuerza, DTI, gabinetes, y sistemas de comunicaciones del proceso.
- ✓ Simular el proceso automatizado de la producción, mediante la aplicación del PLC seleccionado y el sistema SCADA.



1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES

En la presente investigación se llevará a cabo el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle para la automatización de la línea de producción de tela de fibra de vidrio (MAT) de la empresa VITROREFUERZOS VENEZOLANOS C.A, con la incorporación de un autómata programable (PLC) del tipo modular, y una serie de controles dedicados para la medición y maniobra de las diferentes variables involucradas en el proceso de producción.

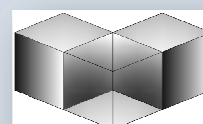
Para el diseño automatizado propuesto, se cuenta con los equipos físicos instalados; motores, hornos, rodillos, transportadora, etc. Será tarea de este proyecto todo lo referente al control de las variables: temperatura, velocidad, presión, tensión, entre otras variables de interés para el proceso de producción de tela de fibra de vidrio. Así como el desarrollo de un sistema SCADA para la simulación del proceso.

Los recursos económicos para la presente investigación serán competencia de la empresa VITROREFUERZOS VENEZOLANOS C.A. la cual destinara a futuro para la implementación del diseño propuesto y para la adquisición de los diferentes equipos de control, protección, e instrumentos de medición y montaje, siendo esto la principal limitante del proyecto, motivo por el cual la presente investigación se limita solo al diseño y propuesta de automatización.



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO



VITRUVI USLZUS
VENEZOLANUS S.A



CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En cuanto a al diseño de automatización de una máquina de MAT, en específico no se encontró antecedente del funcionamiento automatizado de este tipo de maquinaria, sin embargo se puede hacer referencia a estudios previos sobre el control de algunas variables de interés en el proceso y objetivos similares.

En trabajo realizado por. Lanza G. (2002) **“DISEÑO DE LA INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA REINSTRUMENTACIÓN DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO DE LA REFINERÍA EL PALITO PDVSA”**, el cual tuvo como objetivo diseñar la ingeniería básica y de detalle para actualizar los equipos de instrumentación y los esquemas de control existentes en las unidades de tratamiento de la refinería El Palito de la empresa PDVSA. Para ello, primero realizó un análisis del funcionamiento del proceso de las plantas de tratamiento, luego procedió realizando una revisión de los equipos de instrumentación y una evaluación de los esquemas de control existentes en las plantas de tratamiento. Una vez culminadas las revisiones de los equipos realizó un análisis Costo-Beneficio de los materiales y equipos requeridos para posteriormente realizar la ingeniería básica y de detalle siguiendo las normas y estándares de PDVSA [4]. Este trabajo proporcionó información relativa al diseño de los planos normalizados de instrumentación y selección de equipos de medición.

Por otra parte VIÑA, Cruz M (2005): **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL TREN DE SECADO DE LA MAQUINA**



CORRUGADORA DE LA EMPRESA CARTÓN DE VENEZUELA S.A SMURFIT USANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)”, presentado ante la escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Carabobo. Venezuela, Edo. Carabobo [5]. En el cual se realiza el sistema de control de la máquina corrugadora para detectar con mayor rapidez las fallas, minimizar los tiempos improductivos en la planta haciendo uso de un controlador lógico programable (PLC) SLC500 de la familia Allen Bradley (AB) y simulando el correcto funcionamiento del sistema mediante el software Intouch de Factory Suite 2000 de Wonderware. El aporte de esta investigación se refiere a las bases teóricas tanto de los PLC como del software a utilizar para la simulación, así como también con relación al esquema a seguir para la elaboración del proyecto.

CRUZ P, Erick A y SALCEDO, Rainier (2008): **“DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN Y MEJORAS EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE ASFALTO”**, presentado ante la escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Carabobo. Venezuela, Edo. Carabobo [6]. Principalmente este trabajo especial de grado propone diseñar un sistema de control basado en nuevas tecnologías para sustituir equipos defectuosos o antiguos mejorando la seguridad y optimizando el proceso. El aporte a esta investigación es concerniente a los antecedentes teóricos de los controladores lógicos programables (PLC) y sistemas de control industrial.

DE SOUSA, Luis y GARCÉS, Pedro. (2011): **“DESARROLLO LA INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA EL DISEÑO DE LA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL REQUERIDO PARA LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA PILOTO DE DISIPACIÓN DE CALOR EN COJINETES DE UNA TURBINA A GAS”**. Universidad de Carabobo. [7]. El proyecto desarrolla el diseño del sistema de control e instrumentación que se requiere para llevar a cabo la posterior puesta en marcha de



una planta piloto, en el cual se realizó el dimensionamiento, la selección y ubicación de los instrumentos pertinentes así mismo como del PLC a usarse, el objetivo principal fue el de la realización del diseño para su futura implementación. El aporte de este proyecto es en cuanto a la selección de los diferentes instrumentos de medición para las variables involucradas en el proceso y de la selección del controlador lógico programable PLC, para una futura implementación.

MORENO, Sofía y VELÁSQUEZ, Minia. (2011): **“DESARROLLO DE LA INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA EXPERIMENTAL DE BOMBEO Y MANEJO DE FLUIDOS”**. Universidad de Carabobo [8]. Este proyecto desarrolla la ingeniería básica y de detalle para diseño de una planta experimental, para su futura implementación en el cual se realizó un dimensionamiento y selección de una serie de instrumentos con la finalidad de llevar a cabo el buen funcionamiento de la planta experimental. En relación con el presente trabajo sirvió de guía para el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle y el sistema de control mediante la manipulación de variables físicas relacionadas con el proceso.

Castillo, Alfredo y Hernández José. (2004): **“DIDÁCTICA DE UN SISTEMA SCADA PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL”**. Universidad De Carabobo. Trabajo especial de grado, Presentado ante la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la facultada de Ingeniería núcleo Valencia [9]. El cual desarrolla la aplicación de un sistema SCADA, para la manipulación y simulación de los bancos de procesos del laboratorio de Automatización Industrial perteneciente a dicha casa de estudio, en relación a esta investigación es sobre la información teórica acerca de los sistemas SCADAS y sus aplicaciones para la simulación de procesos en tiempo real.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 FUNDAMENTOS DEL CONTROL DE PROCESOS

Los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los diversos productos obtenidos. Estos son muy variados y abarcan muchos tipos de productos: la fabricación de los productos derivados del petróleo, de los productos alimenticios, la industria papelera, la siderúrgica, la industria textil, etc.,

En todos estos procesos es absolutamente necesario controlar y mantener constante algunas magnitudes, tales como: la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, la velocidad, la humedad, la conductividad, etc. Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y regulación de estas magnitudes, en condiciones más idóneas que las que el propio operador podría realizar. [10]

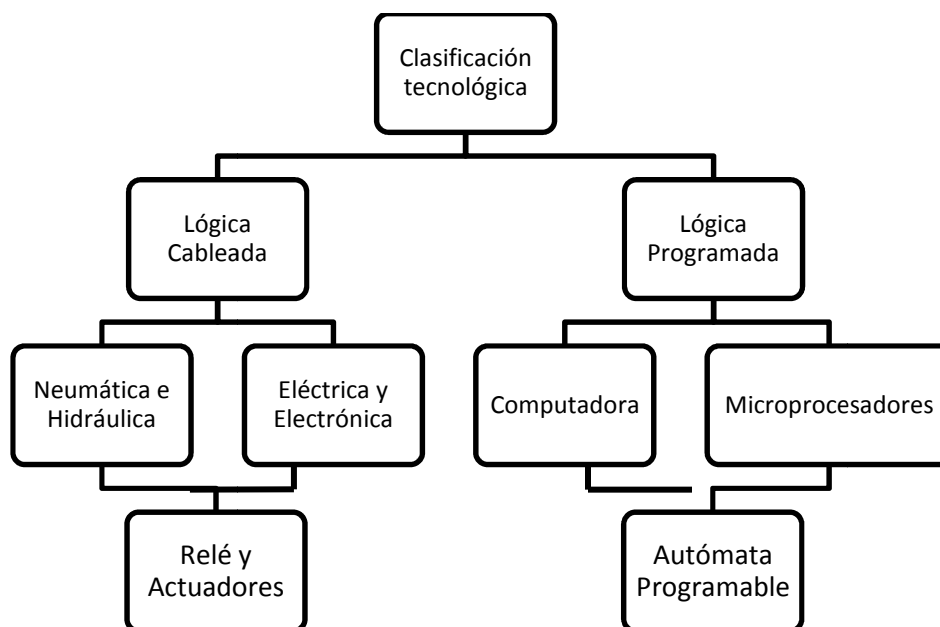


Figura 2.1. Diagrama de Automatización

Fuente: Elaboración Propia

2.2.2 PRODUCCIÓN DE TELA DE FIBRA DE VIDRIO (MAT)

El MAT es una tela formada por hilos cortados de fibra de vidrio distribuidos multidireccionalmente y en forma uniforme sobre un solo plano. Se utiliza en sistemas de moldeo, laminado manual y laminado continuo. Está destinado para procesos de producción de lanchas, gabinetes, cavas, tanques resistentes a la corrosión, piscinas, componentes para camiones, paneles para la construcción, ductos, tuberías, entre otras. [2]

La elaboración de la Tela de Fibra de Vidrio (MAT) es un proceso de producción continua, que consiste en el suministro de los hilos de fibra de vidrio cortados sobre una superficie a la cual se le agrega una pequeña cantidad de agua y resina, y que posteriormente se calienta en un horno a altas temperaturas formándose una pasta, que se comprime y se somete a un proceso de transferencia de calor para posteriormente ser cortada y estirada con una tensión determinada.

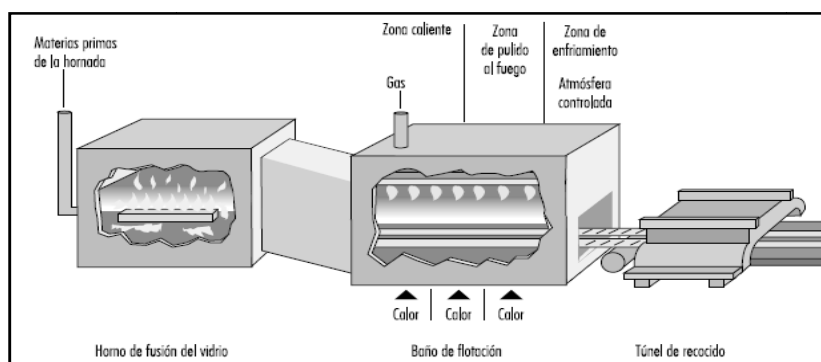


Figura 2.2. Proceso de Elaboración de fibras Sintéticas de Vidrio

Fuente: <http://www.peocities.com/automatizacion industrial/>

Los tipos de MAT se clasifican de acuerdo a su peso por metro cuadrado y de acuerdo a la aplicación donde se utilizará la tela, la cual dependerá del tipo de resina con la que se procese la fibra de vidrio. [2]



2.2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de producción de tela de fibra de vidrio (MAT), se divide en 5 zonas, que se enumeran a continuación:

1. Zona de Formación
2. Zona de Impregnación
3. Zona de Horno
4. Zona de Enfriamiento
5. Zona de Corte y Embobinado

2.2.3.1 ZONA DE FORMACIÓN

Es la primera zona, en donde se ubican aproximadamente 11 rollos de hilo de fibra de vidrio que conforman la materia prima. Al inicio de la máquina, se tienen dos barras rectangulares de 1 ½ metro de largo que poseen sobre ellas orificios equidistantes entre sí, por los cuales se encuentran enhebrados los hilos de fibra, permitiendo que la misma se distribuya uniformemente hasta llegar a un juego de tres rodillos que retienen estos hilos y con su giro los atraen hacia sí.

Estos rodillos se caracterizan por ser metálicos, de 1 ½ metro de largo y 11 centímetros de diámetro, el primero de ellos es liso y los otros dos tienen estrías horizontales y se ubican bajo el primero. Los tres rodillos se encuentran acoplados a un motor (M111) que los hace girar a una velocidad máxima de 300 RPM.

Para asegurar que los hilos de fibra no se regresen, los tres rodillos deben prensar estos hilos con una presión determinada, la cual será ejercida a través de un



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

pistón (P110), que requiere de un control que se realizará mediante un convertidor I/P (PY-110) y una válvula auto-reguladora. (PCV-110).

A continuación, existe otro rodillo activado por un motor (M112) que conforma la sección de corte dentro de la Zona de Formación. Se caracteriza por ser metálico, de 1 ½ metro de largo y 11 centímetros de diámetro, y es conocido como SPINER ya que posee espinas de 1/8" de diámetro y 5 centímetros de largo, distribuidas por toda su superficie, y su función es recibir los hilos de fibra de vidrio suministrados por los tres rodillos del motor (M111), y cortarlos en trozos milimétricos, al tiempo que los dosifica sobre una malla transportadora para pasar a la zona de impregnación.

La malla transportadora es una red o tela metálica de 1 ½ metro de ancho, que se desplaza sobre un juego de rodillos acoplados a un motor (M401) y traslada la fibra de vidrio por las diferentes zonas del proceso. Cada zona posee una red independiente, sin embargo los rodillos que hacen posible el movimiento de estas redes son activados por el mismo motor (M401).

Continuando con el proceso, una vez que los trozos de hilo caen sobre la malla transportadora, son adheridos a la misma con una distribución uniforme generada por una succión de aire en toda el área bajo la malla.

Esta succión de aire es producida por un extractor activado por un motor (M113) que gira a una velocidad constante, y que debe ser puesto en marcha antes de iniciar el proceso de producción.

Para finalizar esta zona, es importante mencionar que la malla transportadora está propensa a desalinearse como consecuencia de las vibraciones de los motores,



por esta razón posee un control de posición que consiste en un par de sensores capacitivos y un par de finales de carrera, ubicados en el extremo inicial de la malla de la siguiente manera:

Del lado derecho de la malla se tiene un sensor capacitivo (ZS-120) que detecta desalineación hacia la derecha y habilita el funcionamiento de un pistón (P120) mediante una válvula solenoide (ZY-120) que regresa la malla a su posición correcta. Adicionalmente, existe un final de carrera (ZS-121) ubicado más a la derecha del sensor recién mencionado, que detecta que la malla ha continuado desalineándose, indicando una falla en el sistema de control de posición, que producirá que se apague la máquina.

Igualmente, del lado izquierdo de la malla se tiene un sensor capacitivo (ZS-123) que detecta desalineación hacia la izquierda y habilita el funcionamiento del pistón (P121) mediante una válvula solenoide (ZY-123) que regresa la malla a su posición adecuada.

También, existe un final de carrera (ZS-124) ubicado más a la izquierda del sensor antes mencionado, que detecta que la malla ha continuado desalineándose, indicando una falla en el sistema de control de posición, que también produce que se apague la máquina.

2.2.3.2 ZONA DE IMPREGNACIÓN

Comprende el área donde los trozos de hilo de fibra de vidrio, trasladados por la malla transportadora, son impregnados de agua y resina. Al inicio de esta zona, se tiene una tubería de agua dispuesta transversalmente a la malla transportadora, que



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

posee 7 válvulas manuales distribuidas equidistantes entre sí, por donde sale el agua que rocía los hilos de fibra.

A continuación, se encuentran dos tolvas que contienen la resina que forma parte de la materia prima del proceso. Ambas tolvas están ubicadas de forma transversal sobre la malla, y tienen un largo de 1 ½ metro. Sin embargo, la capacidad de la primera tolva es mayor.

Cada una de las tolvas posee, en su parte inferior, un rodillo de 1 ½ metro de largo que se caracteriza por tener toda su superficie estriada, y al girar permite la salida de la resina, para caer por gravedad sobre los hilos de fibra adheridos a la malla transportadora.

El rodillo de la primera tolva se encuentra acoplado a un motor (M201), mientras que el rodillo de la segunda tolva está acoplado a un motor (M202). La frecuencia con que giran estos rodillos determina la cantidad de resina que se proporcionará al proceso, y dependerá directamente de la velocidad de la malla transportadora. Por esta razón, cada uno de estos motores será manipulado por un variador de velocidad.

Se debe mencionar que tanto la primera tolva, como la segunda, poseen un sensor de nivel bajo (LSL-200 y LSL-211 respectivamente), que detecta cuando se está agotando la resina, para que a través de la HMI y del panel de señalización se dé a conocer la situación y puedan ser abastecidas de forma manual por un operador, para mantener la continuidad del proceso y la calidad del producto.



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Por otro lado, en esta zona también se encuentra un motor (M205) que genera una vibración sobre la malla transportadora, la cual hace que la resina se distribuya uniformemente sobre la tela.

La velocidad de este motor está asociada a la de la malla transportadora, ya que si la malla aumenta la velocidad de su desplazamiento, se deberán aumentar la intensidad de las vibraciones, es por ello que M205 es manipulado a través de un variador de velocidad.

Al finalizar esta zona, se tiene otra tubería de agua dispuesta de forma transversal a la malla transportadora, que también posee 7 válvulas manuales distribuidas equidistantes entre sí, por donde sale el agua que rocía los hilos de fibra.

El agua que pasa por las tuberías que se encuentran al principio y al final de esta zona, es suministrada a través de la bomba (M203) y proviene de un tanque de almacenamiento que se encuentra en el área anterior a la planta. Esta tubería posee un control de presión formado por un interruptor de baja presión (PLS-203), que garantiza que existe suficiente agua en la tubería para el correcto funcionamiento de la bomba. Cabe señalar, que dicha bomba se encenderá automáticamente al inicio del proceso y mientras las condiciones lo permitan, permanecerá así hasta apagarse la máquina.

Por último, se tiene una segunda bomba de agua (M204) que se encarga de recoger el agua que se acumula bajo la cinta transportadora, y se arranca de manera manual, sólo cuando es necesario.



2.2.3.3 ZONA DE HORNO

Luego de que la malla es rociada con la resina, pasa a la zona de horno, la cual está dividida en Horno 1 y Horno 2.

Estos hornos miden 1 ½ metro de ancho por 6 metros de largo cada uno, y a través de ellos pasa la malla transportadora con la tela de fibra de vidrio, resina y agua. Cada horno, posee 6 indicadores de temperatura ubicados equidistantemente en sus paredes laterales (TI-301, TI-302, TI-303,... TI-306, para el Horno 1; TI-307, TI-308, TI-309,... TI-313 para el Horno 2).

De la misma manera, cada horno tiene un sistema que incluye un quemador (BE-300 para Horno 1 y BE-311 para Horno 2), una válvula solenoide de bajo fuego (ZY-300 y ZY-311), una válvula solenoide de alto fuego (ZY-301 y ZY-312), y un detector de llama (BE-300).

El tren de gas que alimenta a los quemadores posee un par de interruptores de presión baja (PSL-300 y PSL-311), que permiten el monitoreo y control de si se tiene la presión de gas necesaria para encender cada quemador. (Requiero válvula reguladora PCV-300 y PCV-311)

Por otra parte, cada horno posee una turbina (M303 en Horno 1 y M304 en Horno 2) que hace circular el aire dentro del mismo. Los motores de estas turbinas poseen variadores de velocidad debido a que su giro dependerá de la temperatura de horneado requerida para el tipo de MAT que se desea producir.

Al inicio de la Zona de Horno, se encuentra una termocupla tipo K (TE-300) que mide la temperatura en el Horno 1 y está conectada a un controlador dedicado



(TIC-300) que realiza un control ON/OFF, en el cual se fija un punto de ajuste, que es de 200°C, y no permite que la temperatura se salga de un rango predeterminado alrededor de este punto.

De igual modo, al final de la Zona de Horno, se encuentra otra termocupla tipo K (TE-311) que mide la temperatura en el Horno 2 y está conectada a un controlador dedicado (TIC-311) que realiza un control ON/OFF, en el cual se establece un punto de ajuste, que es de 200°C, y asegura que ésta se mantenga dentro de un rango predeterminado alrededor de este set point.

Se requiere que la temperatura del horno sea controlada dependiendo de la producción deseada, debido a que la velocidad de la malla transportadora hace que varíe el tiempo de horneado.

Al finalizar la zona de horno, se consigue un motor (M305) que activa un par de rodillos metálicos de 1 ½ metro de largo y 11 centímetros de diámetro, forrados en cepillo, uno de ellos está ubicado junto al motor, y el otro al comienzo de esta zona, cuya función es limpiar de la malla transportadora los restos de hilo de fibra de vidrio, conocidos como FUS. Este motor es encendido automáticamente al inicio de la producción y trabaja a una frecuencia constante.

2.2.3.4 ZONA DE ENFRIAMIENTO

En el inicio de esta zona se hallan cuatro rodillos metálicos de 1 ½ metro de largo y 20 centímetros de diámetro, que se encuentran acoplados a la malla transportadora, por lo cual, son activados con el movimiento de la misma.



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Estos rodillos están separados en dos pares, cada par dispuesto en forma vertical, es decir, un rodillo sobre otro. Su función es compactar la tela de fibra que sale del horno, y a su vez someter al producto a una transferencia de calor para que la resina, que viene en estado líquido, se solidifique formando una película sobre la tela.

La compactación se produce por una presión mecánica ejercida por los rodillos superiores sobre los inferiores. La intensidad de esta presión es graduada manualmente, a través del ajuste de tornillos que aprietan el rodillo superior contra el inferior en cada par.

Por otra parte, la transferencia de calor consiste en que la tela que ha sido horneada a una elevada temperatura, traspasa calor a los rodillos al ponerse en contacto físico con ellos, ya que éstos se encuentran constantemente fríos, debido a que poseen cada uno una tubería que atraviesa su área interior, y por la cual pasa agua a una temperatura de aproximadamente 13°C. El agua de enfriamiento se encuentra en un CHILLER ubicado junto a la planta, y es trasladada mediante tuberías y una bomba (M402).

En la tubería se encuentra un interruptor de presión baja (PSL-400) que verifica la circulación de agua para garantizar el correcto funcionamiento de la bomba. Adicionalmente, allí también se tiene una RTD PT-110 (TE-411) que permite monitorear la temperatura del agua.

Para concluir el proceso de enfriamiento, la tela es transportada sobre un juego de ocho ventiladores (M403, M404... M411) que son encendidos al iniciar la producción y giran a una velocidad constante.



2.2.3.5 ZONA DE CORTE Y EMBOBINADO

Al inicio de esta zona existen un par de cuchillas circulares de 6 centímetros de diámetro, que se encuentran desmanteladas y se encargan de hacer el corte de la tela de MAT lateralmente.

Sobre los ventiladores de la zona de enfriamiento se encuentran unos ejes metálicos transversales a la malla transportadora, donde se ubican las dos cuchillas. Es importante mencionar que éstas se pueden desplazar sobre el eje en el que se encuentren, para realizar el corte de la tela generando diferentes anchos de la misma, según el producto deseado. Este desplazamiento o reubicación de las cuchillas debe efectuarse de modo manual antes de comenzar la producción.

Actualmente, las cuchillas están fijadas a una de las bases por donde se desplaza la malla, mediante una instalación mecánica basada en tornillos que ejercen una presión que permite el corte.

Cada cuchilla precisa de un sistema basado en un pistón (P500 y P511, para la cuchilla izquierda y derecha respectivamente) accionado por una válvula solenoide (ZY-500 izquierda y ZY-511 derecha) que se activa automáticamente cuando la tela de MAT empieza a atravesar esa área dentro del proceso de producción.

A continuación, esta zona posee una guillotina que mide 1 ½ metro de largo, y se encuentra dispuesta perpendicular a la malla transportadora. Está ubicada justo antes de la sección de embobinado y su función es realizar el corte de la tela cuando se ha producido un rollo completo de MAT. La guillotina está sujeta por una base metálica que se desplaza verticalmente a causa de un accionamiento neumático



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

producido por un pistón (P520), que a su vez es accionado por una válvula solenoide (ZY-520).

Para finalizar esta zona, se tiene la sección de embobinando, la cual posee un balancín que tiene un rodillo en un cada uno de sus extremos. Estos rodillos son metálicos y miden 1 ½ metro de largo y 11 centímetros de diámetro, y facilitan la continuidad de la producción, ya que una vez completado el embobinado de material en un rollo de cartón en uno de los extremos, se activa un motor (M501) que gira el balancín y permite que la tela empiece a enrollarse en el extremo opuesto, ya cargado con un nuevo cartón, mientras un operador está descargando el producto.

A continuación se muestran las figuras 2.3 y 2.4, de los planos de instrumentación y tuberías junto con el esquema de distribución de la línea de producción de tela de fibra de vidrio (MAT), en los cuales se pueden observar los diferentes lazos de control y ubicación de los diferentes instrumentos de medición.

De igual forma se identifican en los planos las diferentes zonas descritas anteriormente de vista lateral y vista superior de la línea de producción de MAT de la empresa VITROREFUERZOS VENEZOLANOS.

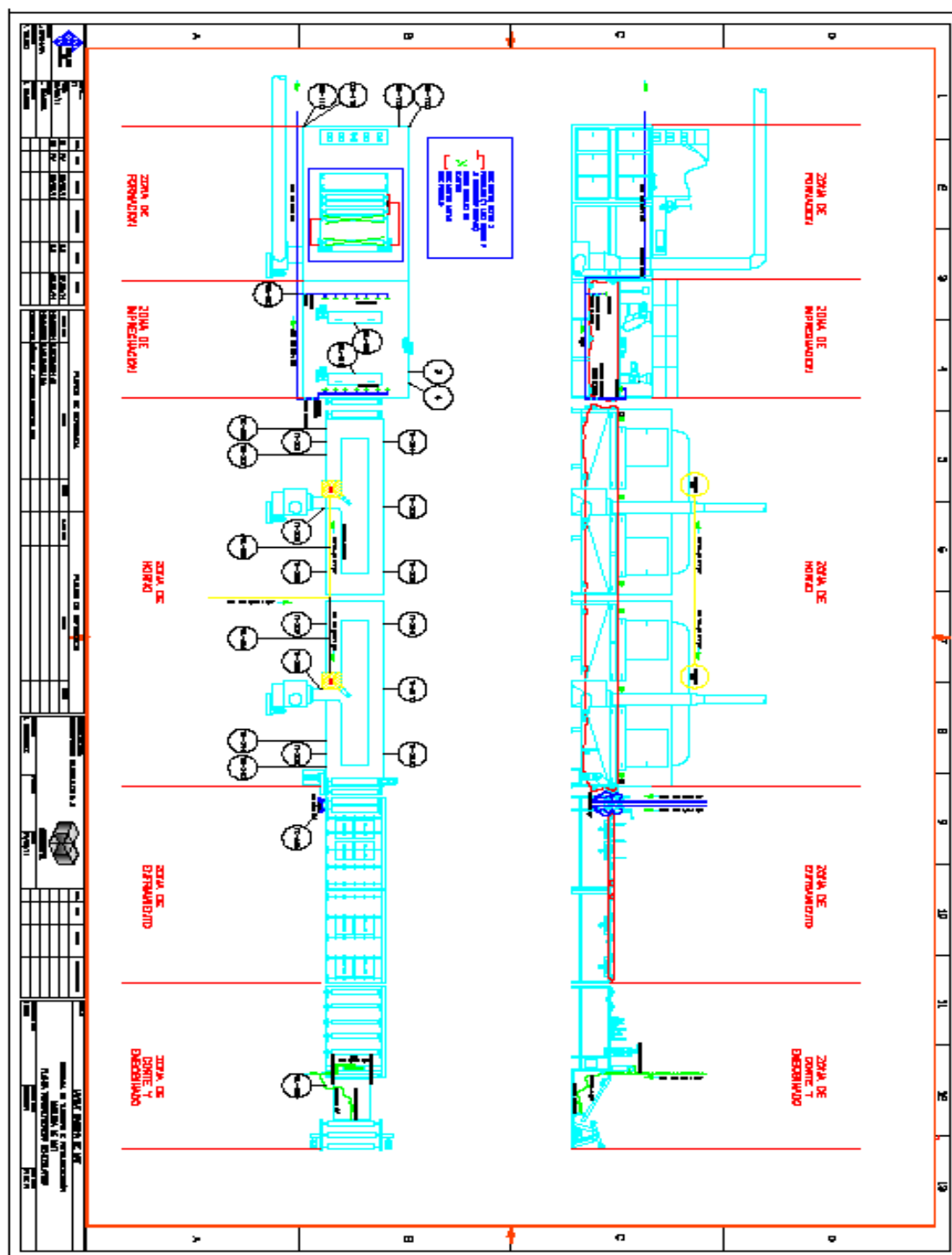


Figura 2.3. Esquema de Distribución de la máquina de MAT.

Fuente: Elaboración Propia

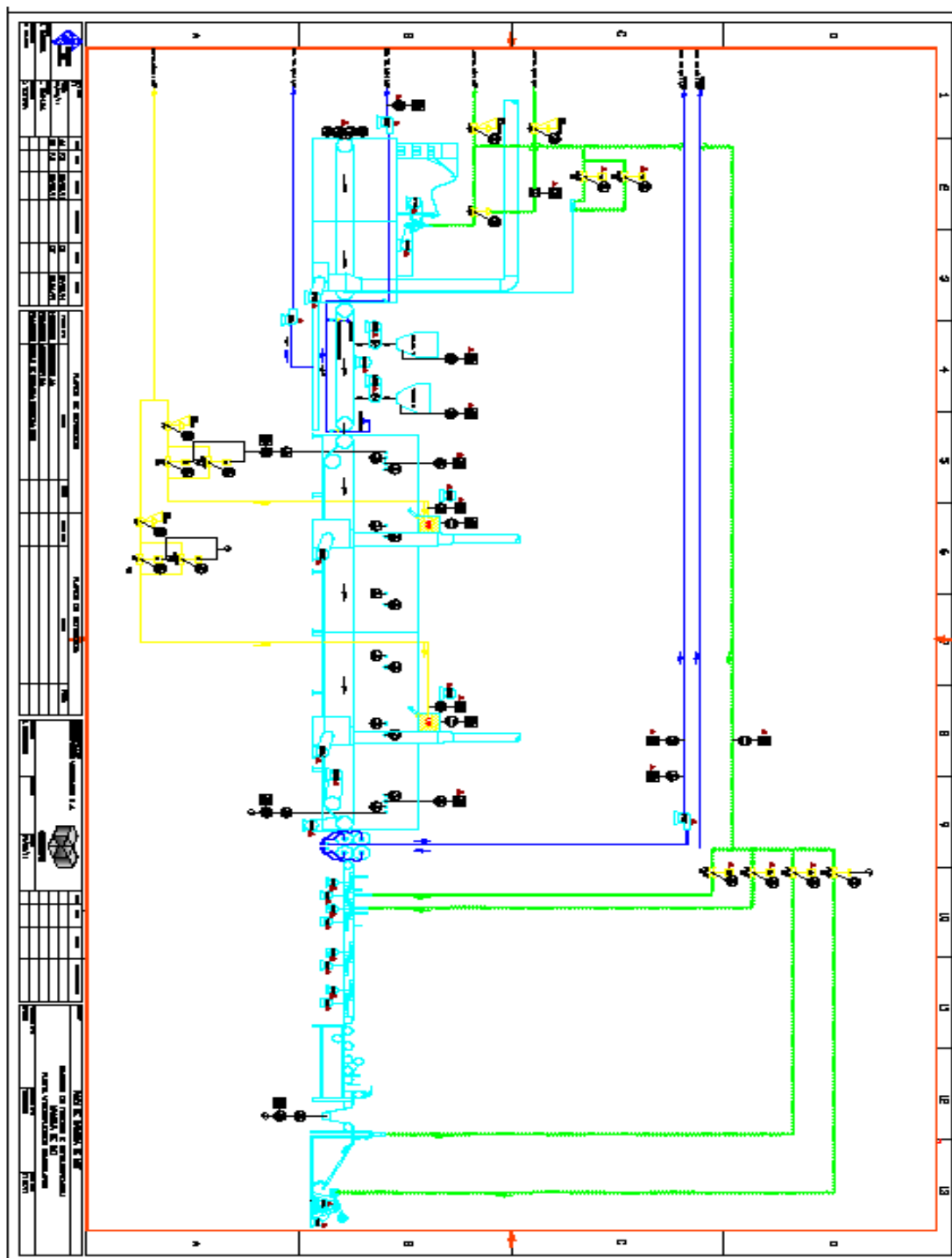


Figura 2.4. Plano DTI de la máquina de MAT.

Fuente: Elaboración Propia.



2.2.4 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Los instrumentos de control empleados en las industrias de procesos tales como; Química, Petroquímica, Alimentaria, Metalúrgica, Energética, Textil, Papel, Plástico, etc., tienen su propia terminología y los términos empleados, definen las características propias de medida y de control junto con las estadísticas y dinámicas de los diversos instrumentos utilizados (Indicadores, Registradores, Controladores, Transmisores y Válvulas de Control), dicha terminología se ha unificado con el fin de que los fabricantes, los usuarios y los organismos o entidades que intervienen directa o indirectamente en el campo de la instrumentación industrial empleen el mismo lenguaje y para ello se hace uso de formatos característicos de cada instrumento [10]

2.2.4.1 MEDICIÓN DE TEMPERATURA

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios. [10]

El control de temperatura consiste básicamente en una regulación de intercambio de calor y debido a la naturaleza de este intercambio, los procesos de temperatura requieren un control específico dada su lentitud de respuesta en comparación a los procesos de caudal, nivel y presión. La velocidad de la reacción del proceso es lenta y el tiempo muerto es frecuentemente grande. [10]



Dentro de los sensores de temperatura, las termocuplas y termorresistencias son de amplio uso en la industria. Las exigencias de los procesos industriales hacen necesario una selección cuidadosa del tipo, rango, exactitud deseada y accesorios que complementan la unidad sensora. [11]

2.2.4.1.1 TERMOCUPLAS (TT):

Son los sensores más comunes y versátiles usados para medir temperatura. Una termocupla está constituida por 2 alambres metálicos de diferente composición química, soldados en un extremo (junta caliente), que al ser sometido a temperatura generan una fuerza electromotriz (Fem), acorde con dicha temperatura. Cada tipo de termocupla (o termopar) responde de acuerdo a su calibración, en forma siempre igual. Los valores de Fem. Vs TEMPERATURA han sido tabulados bajo normas internacionales (ANSI). [11]

A cada tipo de termopar se le ha asignado una letra identificadora. Las termocuplas más comunes y usualmente utilizadas en la industria, están listadas en Tabla 2.1. Hay otras además de las descritas, aptas para altas temperaturas y servicios especiales. La termocupla debe ser conectada a un instrumento que lea la diferencia de potencial generada (en mili-Voltios), o su equivalente en °C. La interconexión entre la termocupla y el instrumento (indicador, registrador, etc.), se hace con cables especiales (cables de extensión o compensados). El punto de conexión entre dicho cable y la termocupla es la “Junta fría” TJ. [12]

Con el fin de distinguir polaridad y tipo de termopar, se han establecido normas internacionales en base a los colores. Los más usuales responden a ANSI y DIN. Es importante determinar el origen del material y sobre qué norma se están

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

identificando, a fin de evitar confusiones. Se utiliza el código de colores para termopares, mostrado en la tabla 2.2. [12]



Figura 2.5. Termocuplas Industriales

Fuente: www.tecnoindusil.com.es

Tabla 2.1. Clasificación de Termopares

ANSI C96.1 - CÓDIGO DE TIPOS Y ESPECIFICACIONES					
TIPO	TERMOPAR		RANGO DE USO (C°)	LÍMITE DE ERROR (1)	
	+	-		Calidad standard	Calidad especial
J	Hierro Fe	Constantan Co	0 a 760	$\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ ó $\pm 0.75\%$	$\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ ó $\pm 0.4\%$
K (2)	Cromel Cr	Alumel Al	0 a 300 300 a 1260	$\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ ó $\pm 0.75\%$	$\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ ó $\pm 0.4\%$
T	Cobre Cu	Constantan Co	-200 a -67 -67 a +133 133 a 350	$\pm 1.5\%$ $\pm 1^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.75\%$	- - $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm 0.4\%$
E	Cromel Cr	Constantan Co	0 a 900	$\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ ó $\pm 0.5\%$	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ ó $\pm 0.4\%$
R	Platino Rodio 13%	Platino Pt	1000 a 1400	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm 0.25\%$	$\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ ó $\pm 0.1\%$
S	Platino Rodio 10%	Platino Pt	1000 a 1400	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm 0.25\%$	$\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ ó $\pm 0.1\%$

Fuente: www.instructec.com.es

Cables de Extensión: Los cables de extensión están fabricados con la misma aleación que el termopar correspondiente. Se designan mediante la letra “X” detrás del tipo de termopar, por ejemplo “JX”. [11]



Cables de Compensación: Los cables de compensación están fabricados con conductores cuya aleación es distinta a la del termopar correspondiente. Se designan mediante la letra “C” detrás del tipo de termopar, por ejemplo “KC”. Se pueden usar distintas aleaciones para el mismo tipo de cable de compensación y se distinguen con letras adicionales, por ejemplo “KCA” ó “KCB”. [11]

Tabla 2.2. Código de colores Para Termocuplas

CÓDIGO DE COLORES PARA TERMOCUPLAS						
TIPO	ANSI		DIN		MAGNETISMO	
	+	-	+	-	+	-
J	Blanco	Rojo	Rojo	Azul	Si	No
K	Amarillo	Rojo	Rojo	Verde	No	Si
T	Azul	Rojo	Rojo	Marrón	No	No
E	Púrpura	Rojo	Rojo	Negro	No	No
R/S	Negro	Rojo	Rojo	Blanco	No	No

Fuente: www.instructec.com.es

2.2.4.1.2 TERMORESISTENCIAS (RTD)

Se basa en el principio según el cual la resistencia de todos los metales depende de la temperatura. Los metales que se usan más comúnmente son platino, níquel, tungsteno y cobre. El elemento consiste usualmente en un arrollamiento de hilo muy fino del conductor adecuado bobinado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o de cerámica. [11]

Se ha generalizado el uso RTD en temperaturas hasta 750°C, siendo muy conveniente su adopción para rangos entre -110° y 400°C. Sus ventajas son: mayor exactitud en la medición, no se necesitan cables especiales, no hay posible



incremento del error por “Junta fría” como en la TC y tienen estabilidad y repetitividad en el tiempo. Se limita su uso para altas temperaturas y por su mayor fragilidad en presencia de vibraciones mecánicas. [11]

Una RTD es un hilo metálico de platino, cobre, níquel o aleación que varía su resistencia óhmica con la temperatura en relación con su “Coeficiente de Temperatura Alfa” (Ohm/Ohm/°C). Constructivamente este hilo está encapsulado en vidrio o cerámica. En general las RTD se entregan protegidas en tubos de acero inoxidable, (sondas). En la tabla 2.3, están listadas las RTD y sus características. Salvo RTD especiales, todas tienen una resistencia de 110 Ohms a 0°C. (Se exceptúa Cu11 que tiene 11 Ohms a 25°C). [11]

Tabla 2.3. Termorresistencias y Características

Material del elemento	Resistencia a 0°C (Ohms)	Coeficiente Temperatura	Rango de uso °C	Especificación según norma
Platino Pt100	100	0.00385	-200 a 750	DIN
Platino Pt100	100	0.003916	-100 a 550	SAMA
Platino Pt1000	1000	0.00385	-100 a 200	DIN
Cobre CU-10	10 (25°C)	0.00427	-100 a 200	DIN
Níquel Ni-100	100	0.00672	-100 a 200	DIN

Fuente: www.instructec.com.es

El material que forma el conductor se caracteriza por el llamado "coeficiente de temperatura de resistencia" que expresa, a una temperatura especificada, la variación de la resistencia en ohmios del conductor por cada grado que cambia su temperatura. [10]

La relación entre estos factores puede verse en la expresión lineal siguiente:
[10]

$$R_t = R_0 (1 + \alpha T)$$

(Ecu. 2.1)

En la que:

R_0 = Resistencia en ohmios a 0°C .

R_t = Resistencia en ohmios a $T^\circ\text{C}$.

α = Coeficiente de temperatura de la resistencia.

T = Temperatura.

La elección del platino en los RTD de la máxima calidad permite realizar medidas más exactas y estables hasta una temperatura de aproximadamente 500°C . Los RTD más económicos utilizan níquel o aleaciones de níquel, pero no son tan estables ni lineales como los que emplean platino. [10]

El platino es el material más adecuado desde el punto de vista de precisión y de estabilidad en comparación con los otros tipos de metales. En la figura 2.6 se ilustra un RTD del tipo Pt-110. [11]



Figura 2.6. Detector de Temperatura de Resistencia tipo PT-110.

Fuente: www.mueller-ie.com

En cuanto a las desventajas, el platino encarece los RTD, y otro inconveniente es el auto calentamiento. Para medir la resistencia hay que aplicar una corriente, que, por supuesto, produce una cantidad de calor que distorsiona los resultados de la medida. [11]

El conexionado de una RTD, es normal utilizar 2 cables ó 3 cables para su conexión al instrumento de medición. En el primer caso debe compensarse en dicho instrumento el valor de la resistencia agregada por la línea. En el 2º caso (3 cables), el instrumento deberá aceptar este conexionado, compensando automáticamente el error de línea. [11]

Eventualmente para mediciones de máxima precisión se utiliza conexión 4 cables aunque no es usual este sistema en las plantas industriales. [11]

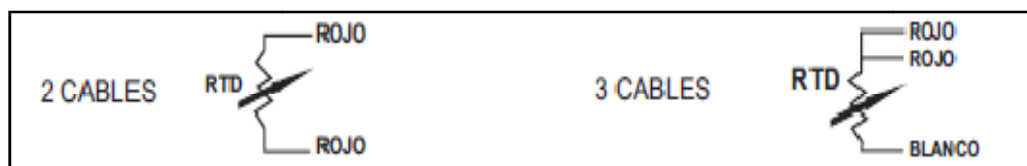


Figura 2.7 Conexionado de una RTD

Fuente: Elaboración Propia

2.2.4.2 MEDICIÓN DE NIVEL

Dentro de los procesos industriales, la medición y el control de nivel son necesarios cuando se pretende tener una producción continua, mantener una presión hidrostática, se requiere de control y medición de volúmenes de líquidos ó; bien para evitar que un líquido se derrame. La medición de nivel de líquidos, puede convertirse en un problema, sobre todo cuando el material es corrosivo ó abrasivo, se mantiene a altas presiones, es radioactivo ó se encuentra en un recipiente sellado en el que no



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

conviene tener partes móviles. El control de nivel entre dos puntos, uno alto y otro bajo, es una de las aplicaciones más comunes de los instrumentos para controlar y medir el nivel. Estos niveles se pueden medir y mantener mediante dispositivos mecánicos de caída de presión, eléctricos y electrónicos. [10]

Los instrumentos mecánicos de medición y control de niveles ó cargas hidrostáticas, incluyen dispositivos visuales e indicadores, el dispositivo común para medir niveles es una varilla graduada, que se pueda insertar en un recipiente, la profundidad real del material se mide por la parte mojada de la varilla, este método es muy utilizado para medir el nivel en los tanques de una gasolinera, este método es simple pero efectivo, no es muy práctico, sobre todo si el material es tóxico ó corrosivo, ya que el individuo que lo aplica tiene que estar de pie sobre la abertura manejando la varilla con las manos. [10]

En la industria, la medición de nivel es importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso como de la consideración del balance adecuado de materias primas o de productos finales. [10]

Los instrumentos de nivel pueden dividirse en medidores de nivel de líquidos y de sólidos que son dos mediciones claramente diferenciadas por sus distintas peculiaridades y las aplicaciones particulares de las que son objeto. [13]

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, bien directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, bien la presión hidrostática, bien el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, o bien aprovechando características eléctricas del líquido. [13]

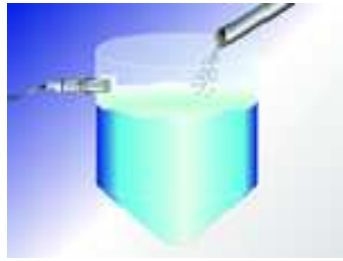


Figura 2.8. Interruptor de Nivel de Líquidos

Fuente: Elaboración Propia

2.2.4.3 MEDICIÓN DE PRESIÓN

El medidor manométrico consiste en un manómetro conectado directamente a la parte inferior del tanque. El manómetro mide la presión debida a la altura de líquido h que existe entre el nivel del tanque y el eje del instrumento. Así pues, el campo de medida del instrumento corresponderá a: [13]

$$P = \gamma * g * h$$

(Ec 2.2)

Con:

h = altura de líquido en m

γ = densidad del líquido en kg/m³

g = 9,8 m/s²

Como las alturas son limitadas, el campo de medida es bastante pequeño, de modo que el manómetro utilizado tiene un elemento de medida del tipo fuelle.

El instrumento sólo sirve para fluidos limpios ya que si el líquido es corrosivo, coagula o bien tiene sólidos en suspensión, el fuelle puede destruirse o bien bloquearse perdiendo su elasticidad; por otra parte, como el campo de medida es pequeño no es posible utilizar sellos de diafragma. La medida está limitada a tanques

abiertos y el nivel viene influido por las variaciones de densidad del líquido. La transmisión o indicación del nivel a través de una comunicación RS-232 permite conectar con la interfaz de un computador. [13]



Figura2.9. Medidor Manométrico.

Fuente: <http://www.automation.siemens.com/w1/automation-technology>

2.2.4.4 MEDICIÓN Y CONTROL DE VELOCIDAD

La medición de velocidad en la industria se efectúa de dos formas: con tacómetros mecánicos y con tacómetros eléctricos. Los primeros detectan el número de vueltas del eje de la máquina por medios exclusivamente mecánicos, pudiendo incorporar o no la medición conjunta del tiempo para determinar el número de revoluciones por minuto (rpm). Mientras que los segundos captan la velocidad por sistemas eléctricos. [10]

Para usos industriales se suele usar tacómetros eléctricos, porque permiten la transformación directa de la señal para alimentar los instrumentos registradores o controladores de panel. [10]

2.2.4.4.1 Tacómetros Mecánicos:

El tacómetro mecánico mas utilizado, es el típico contador de revoluciones empleado para medir localmente la velocidad de rotación de toda clase de máquinas



o dispositivos giratorio. Este contador consiste básicamente en un eje elástico terminado en punta que se apoya sobre el centro de la pieza giratoria, el eje elástico al girar mueve a través de engranajes dos diales calibrados concéntricos. [10]

2.2.4.4.2 Tacómetros Eléctricos:

Los tacómetros eléctricos emplean un transductor que produce una señal analógica o digital como conversión de la velocidad de giro del eje de la máquina. Existen varios tipos de tacómetros eléctricos dependiendo del tipo de transductor: tacómetros de corriente AC, tacómetros de corriente continua, tacómetro de frecuencia o frecuencímetro, los cuales pueden medir la frecuencia por medio de señales electromagnéticas o por señales ópticas. [10]

2.2.4.4.3 Variadores de Velocidad y Convertidores de Frecuencia

La mayoría de los sistemas de control de motores desperdician energía. El método más eficiente para controlar la carga de los mismos resultando en un consumo mínimo de energía, es un inversor de más de 50% menos energía consumida que los demás tipos de control. [10]

En el corazón de un motor eléctrico están el estator y el rotor. Estos contienen pares de polos bobinados. Cuando se aplica corriente, el campo magnético se genera y rota en el estator mientras el rotor gira para intentar alinearse con dicho campo. El giro del motor provee el torque necesario para mover una carga. [11]

Un motor eléctrico gira a una velocidad determinada dependiendo de su número de polos y la frecuencia de la corriente AC aplicada. Dicha velocidad puede ser cambiada modificando esta frecuencia y es precisamente esto lo que realiza un



inversor, usando el método de PWM (Pulse Width Modulation) o ancho de pulso modulado. [10]

Los inversores contienen circuitería electrónica que convierte los 60Hz o 50Hz de la línea a corriente DC y luego genera el voltaje de salida por tiempos de longitud variable. El Inversor permite controlar la velocidad de motores AC trifásicos, sus pulsos de salida de alta frecuencia permiten una operación silenciosa del motor. [10]



Figura 2.10. Convertidos de Frecuencia

Fuente: Elaboración Propia

2.2.5 EL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE “PLC”

El controlador lógico programable puede ser definido como una unidad electrónica diseñada para controlar procesos secuenciales en tiempo real, principalmente en ambientes industriales. El PLC es un aparato electrónico, programable por un usuario y destinado a gobernar, máquinas o procesos lógicos secuenciales. El término PLC significa Controlador Lógico Programable aunque una definición más exacta sería “Sistema Industrial de Control Automático” que trabaja bajo una secuencia de instrucciones lógicas, almacenada en memoria. [14]

El PLC recibe señales provenientes de elementos de entrada que pueden ser digitales o analógicos, como por ejemplo pulsadores, finales de carrera o sensores, y



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

por otro lado, genera señales que permiten controlar la activación de dispositivos de salida, tales como: relés, electroválvulas, lámparas, entre otros. La activación de salidas queda definida en función del estado de las entradas mediante un conjunto de instrucciones lógicas programadas y almacenadas en la memoria del PLC. [14]

A diferencia de los sistemas de control basados en lógica de relés, los elementos intermedios como relés auxiliares, Contactores o temporizadores son internos en el PLC. La tarea del usuario se reduce a la realización del programa para establecer las relaciones entre la activación de las entradas y la activación de las salidas. [14] Actualmente, la tecnología de los PLC se caracterizan por:

- ✓ Tiempos de procesamiento rápidos.
- ✓ Tamaños pequeños y bajo costo.
- ✓ Altas densidades de entradas/salidas.
- ✓ Comunicación directa con otros PLC.
- ✓ Integración a sistemas supervisores y de adquisición de datos (SCADA).

2.2.5.1 ARQUITECTURA BÁSICA DE UN PLC

Los componentes de un PLC básico son los siguientes:

- a. Rack principal
- b. Fuente de alimentación
- c. CPU
- d. Memoria
- e. Tarjetas entradas/salidas analógicas y digitales
- f. Tarjetas especiales.

En la figura 2.11, se muestra un esquema de las partes de un PLC.

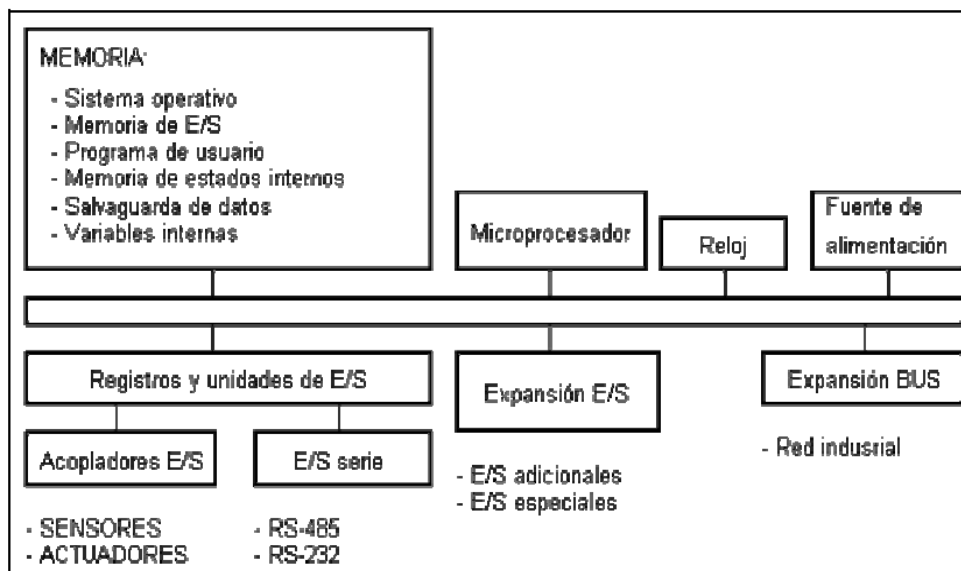


Figura 2.11. Esquema de la Arquitectura interna del PLC.

Fuente: <http://isa.umh.es/temas/plc/doc/tema2.pdf>

2.2.5.2 VENTAJAS DEL USO DE PLC

Entre las ventajas que tiene del uso del PLC se pueden nombrar [15]:

- ✓ Funcionamiento bajo condiciones críticas industriales.
- ✓ Menor tiempo empleado en la elaboración de un proyecto.
- ✓ Listas de materiales considerablemente menor.
- ✓ Mínimo espacio de ocupación.
- ✓ Menor costo de mano de obra para la instalación y mantenimiento.
- ✓ Posibilidad de manejar varios procesos con un mismo PLC.
- ✓ Reducción del tiempo de cableado (puesta en marcha).
- ✓ Modos de programación gráficos muy sencillos.
- ✓ Capacidad de reutilización.

2.2.5.3 DESVENTAJAS DEL USO DE PLC

- ✓ Requiere de un programador, lo que obliga a adiestrar algunos técnicos.
- ✓ El costo inicial puede o no ser un inconveniente, según las características del automatismo; es conveniente que el proyectista conozca al PLC tanto en sus ventajas como en sus limitaciones [15].

2.2.5.4 CLASIFICACIÓN DE LOS PLC

Debido a la gran variedad de tipos distintos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en su aspecto físico y otros elementos, es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías:

PLC tipo Nano: Generalmente PLC de tipo compacto (fuete, CPU e I/O integradas) que puede manejar un conjunto reducido de I/O (Entradas/Salidas), normalmente en un número inferior a 110. Permite manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales [1]. En la figura 2.12 se muestra un modelo de PLC compacto.



Figura 2.12. Ejemplo de PLC Nano.

Fuente: <http://www.miconindia.com/products.asp>

PLC tipo Compacto: Estos PLC tienen incorporado la fuente de alimentación, su CPU y módulos de I/O en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas I/O, hasta varios cientos (alrededor de 500 I/O), su tamaño es superior a los PLC Nanos y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como: Entradas y salidas analógicas, Módulos de contadores rápidos, Módulos de comunicación, Interfaces de operador y Expansiones de I/O [1]. En la figura 2.13 se observa un ejemplo de PLC modular.



Figura 2.13. Ejemplo de un PLC Compacto.

Fuente: <http://www.schneiderelectric.es>

PLC tipo Modular: Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son: Rack, Fuente de alimentación, CPU, Módulos de I/O. de estos tipos existen desde los denominados Micro PLC, que soportan gran cantidad de I/O, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de I/O [1]. En la figura 2.14 se observa un ejemplo de PLC tipo modular.

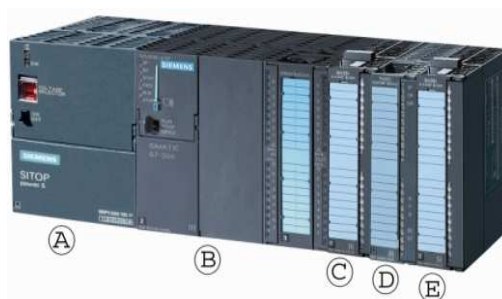


Figura 2.14. Ejemplo de PLC modular.

Fuente: <http://distribuidor-siemens.control-technics.com>



2.2.5.5 USOS Y APLICACIONES DE LOS PLC

Los PLC se utilizan en ambientes donde se requiere realizar procesos de maniobras, control, señalización, etc. Su aplicación abarca procesos de fabricación industrial de cualquier tipo: alimenticio, textil, automotriz, químicos, y cualquier otra área que requiera de un control secuencial [15].

Aunque los PLC fueron originalmente diseñados como dispositivos de control industrial, también se les emplea para automatizar procesos sencillos, como por ejemplo, la puerta de un garaje o las luces de una casa. [15]

El diseño modular de los PLC facilita su expansión y aumenta su rango de aplicación en la industria. Los PLC suelen emplearse en el proceso industriales que tengan requerimientos como [15]:

- ✓ Espacio reducido.
- ✓ Procesos de producción variables.
- ✓ Procesos de producción secuenciales.
- ✓ Instalaciones de procesos Industriales.

2.2.6 BUS DE CAMPO

Dentro de la terminología actual de Control de Procesos, existe el término “Bus de Campo”. Su nombre deriva de la expresión inglesa “FieldBus”. Es un estándar que denomina a un nuevo tipo de redes de comunicaciones digitales bidireccionales. Estas redes son usadas para interconectar instrumentos o dispositivos inteligentes localizados en el campo o en cuartos de control, tales como controladores, transductores, actuadores y sensores, realizando funciones de control y



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

monitoreo de procesos y en estaciones de control a través de software de supervisión Fieldbus está basado en el desarrollo alcanzado por OSI (Open System Interconnect), para representar las funciones requeridas en cualquier red de comunicación. [16]

La principal innovación es el cambio de un control centralizado por un control con redes distribuidas, donde cada periférico es un dispositivo activo que puede tener las funciones de control, mantenimiento y diagnóstico, lo cual aumenta la eficiencia del sistema completo como al protocolo de comunicaciones, por lo tanto, los módulos adaptadores, los drivers y las interfaces no son intercambiables entre sí, dando lugar a diferentes modelos de “Bus de Campo”, cada uno con su propio nombre y definición: Fieldbus-Foundation, Modbus, Interbus-S, Controlnet, Profibus, Canbus, etc. [16]

Pasados algunos años, muchas aplicaciones han adoptado el bus de campo. Esta espina dorsal de la arquitectura del automatismo pasa a ser un medio extraordinariamente potente de intercambio, de visualización y de flexibilidad para los equipos conectados a él. El bus de campo lleva a una modificación progresiva de la arquitectura de los automatismos: [16]

- ✓ Supresión de cables de entrada/salida,
- ✓ Desaparición de interfaces entrada/salida,
- ✓ Desaparición de la conexión serie de cada entrada/salida.

Más allá de estos detalles de arquitectura, hay que destacar otros dos puntos: La descentralización y el reparto de la inteligencia y la aparición de nuevas tecnologías (Internet). En la figura 2.15 se observa la topología de conexión de un bus de campo en red industrial, con una interfaz de comunicación entre los dispositivos bus de campo un autómatas programable y un computador.

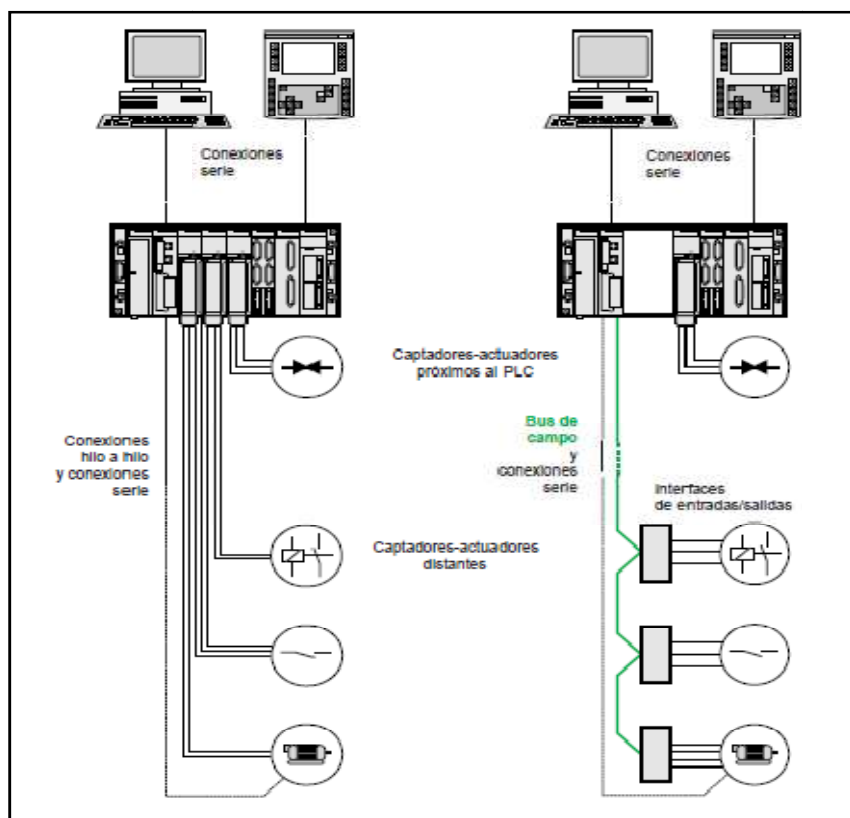


Figura 2.15. Estructura de conexión de un Bus de Campo

Fuente: <http://www.aisa.uvigo.es/joaquin>

2.2.7 RED PROFIBUS

PROFIBUS es un estándar internacional de bus de campo abierto con un amplio rango de aplicaciones en la automatización de procesos y fabricación. La independencia del fabricante y su carácter de bus abierto quedan garantizados mediante la normativa internacional IEC 61268. [17]

Es un sistema de bus abierto y robusto para la comunicación de proceso y de campo en redes de célula con pocas estaciones y para la comunicación de datos, trabajando con nodos maestros y esclavos. [17]

Los dispositivos de automatización tales como PLC, PC, HMI, sensores u actuadores pueden comunicarse a través de este sistema de bus. Puede aplicarse, entre otros, en las siguientes áreas: [17]

- ✓ Automatización manufacturera.
- ✓ Automatización de procesos.
- ✓ Automatización de edificio.

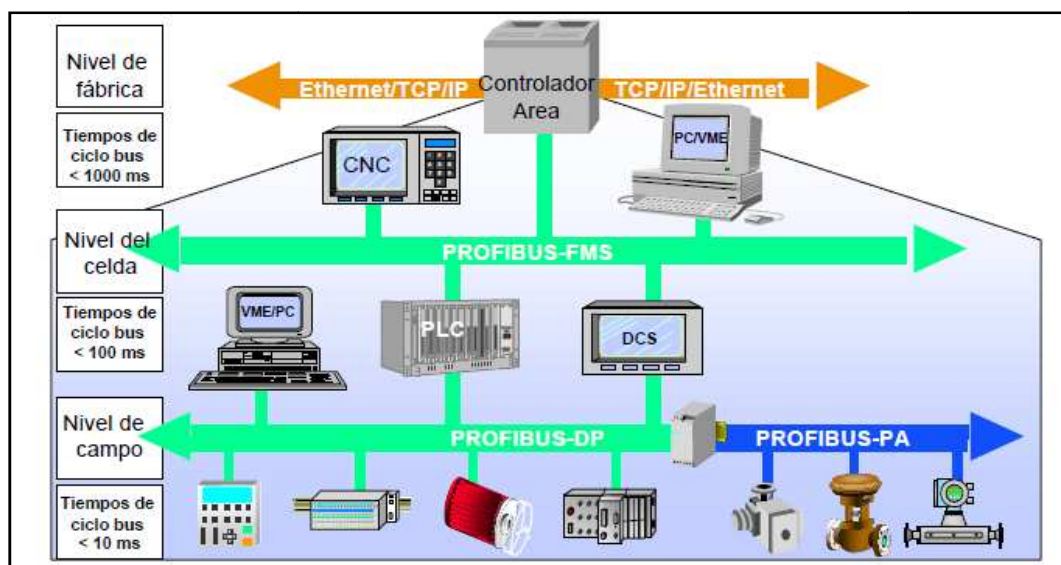


Figura 2.16. Descripción de la Red PROFIBUS

Fuente: <http://www.aisa.uvigo.es/joaquin>

PROFIBUS-DP es un perfil de comunicación de PROFIBUS. Está optimizado para una transmisión rápida y crítica a nivel de campo con costes de conexión pequeños. [17]

Es apropiado tanto como sucedáneo de la transmisión convencional en paralelo con 24 V en automatización de fabricación como de la transmisión analógica con señales 4 - 20 mA en automatización de procesos. [17]



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

PROFIBUS es un sistema multimaestro y permite gracias a ello el funcionamiento en conjunto de varios sistemas de automatización, ingeniería o visualización con equipos de campo conectados de forma descentralizada a un bus. PROFIBUS diferencia entre equipos maestros (maestro) y equipos esclavos.

Los equipos maestros determinan el tráfico de datos por el bus y se denominan en la bibliografía como estaciones o nodos activos. Un maestro puede emitir mensajes sin solicitarlo externamente si posee autorización de acceso al bus. Con respecto a los maestros cabe distinguir dos clases diferenciadas: [17]

Maestro de clase 1: Entran dentro de esta categoría aquellas estaciones de automatización centrales (p. ej. SIMATIC S5, S7 y SIMADYN D) que intercambian información con los esclavos en ciclos de comunicación fijados.

Maestro de clase 2: A este tipo pertenecen aquellos aparatos o equipos de programación, configuración o control/seguimiento que se utilizan para la configuración, puesta en marcha o seguimiento de equipos durante el servicio.

Los esclavos son equipos de campo como, por ejemplo, accionamientos (MICROMASTER 4), periféricos de entrada/salida y válvulas. No se recibe autorización para acceso al bus, es decir, uno sólo puede acusar recibo de los mensajes o ante la consulta de un maestro transmitirle a éste mensajes. Los aparatos esclavos se denominan también estaciones o terminales pasivos. [17]

La velocidad de transferencia de información de una red Profibus, es más alta que en una comunicación serial con protocolos RS232 o RS485, lo que permite una mayor capacidad de transferencia de comandos y mandos entre los equipos maestros y los equipos esclavos. En la figura 2.17 se puede observar la conexión de una red.

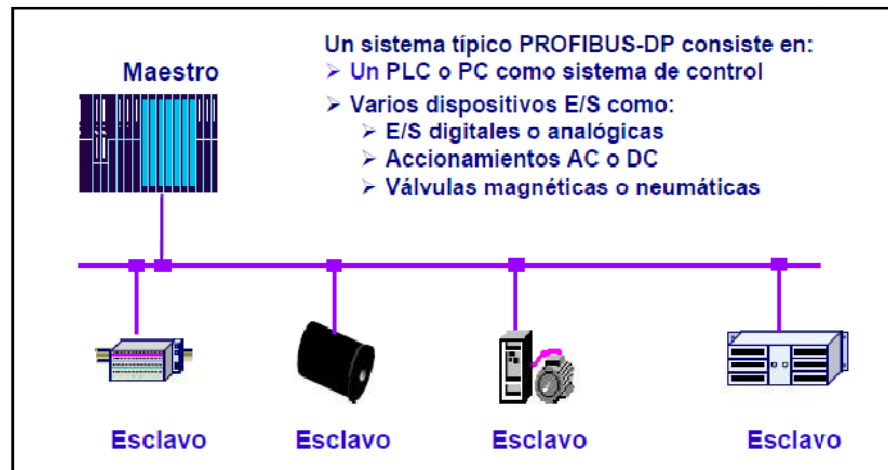


Figura 2.17. Modelo de Conexión de una Red PROFIBUS-DP

Fuente: <http://www.aisa.uvigo.es/joaquin>

2.2.8 CONTROLADORES

El controlador es un calculador de propósitos especiales que usa la señal de error de un comparador como entrada o función forzante. El calcula los cambios necesarios en las variables manipuladas. [10]

2.2.8.1 CONTROLADOR DE Tensión

En cualquier proceso de fabricación o acabado de materiales flexibles en banda, hay dos factores críticos para conseguir una producción de calidad: que la tensión del material y su posición lateral sean constantes durante el proceso. [18]

Los sistemas de bucle cerrado, aseguran que la tensión y guiado del material sean siempre constantes y acordes con los parámetros elegidos. Al mismo tiempo, estos parámetros pueden ser grabados y ser utilizados para el Aseguramiento de la Calidad. [18]



2.2.8.1 Medición de la Fuerza de Tensión:

La tensión de la banda crea una fuerza resultante en dirección de la bisectriz del ángulo de abrazamiento. La medición de esta fuerza es una medida directa de la tensión de la banda. Este valor se puede enviar a un control de bucle cerrado, el cual regulará el motor, el freno o el embrague, asegurando la tensión constante de la banda a lo largo de todo el proceso. [18]

2.2.8.2 Guiado de la Banda:

La posición de la banda se detecta mediante un sensor. El control compara la posición con la ya preestablecida de referencia y acciona el guiador que al pivotar sus rodillos, guía la banda hasta la posición requerida. [18]

2.2.8.3 Ventajas del Control de Tensión y Guiado:

- ✓ Aumento de la velocidad de la línea de producción
- ✓ Reducción de tiempos muertos
- ✓ Minimización de rechazos
- ✓ Mejores períodos de amortización

2.2.8.4 Control de Embobinado:

Sea para su venta o para un proceso adicional, es necesario que las bobinas estén perfectamente rebobinadas, esto será el resultado si se utiliza un control de tensión de alta calidad también en el enrollado. En el ejemplo, la tensión del material se detecta utilizando las células de carga y el controlador de tensión. Este calcula la señal de salida adecuada para el accionamiento sea embrague o motor.



2.2.8.5 Celdas de carga (sensores de fuerza):

El tipo de proceso, el material, y factores como la temperatura, la humedad y el cambio de diámetros de bobina provocan variaciones continuas en la tensión del material. [18]

Las celdas de carga determinan la tensión del material y envían una señal proporcional a la unidad electrónica. Están dotadas de topes mecánicos internos que protegen contra las sobrecargas, y al empleo de cuatro galgas de tensión instaladas en configuración de puente de Wheatstone completo en cada sensor para garantizar las máximas prestaciones. [18]

El enrollado mediante el sistema de celdas de carga es un sistema digital donde el control de la tensión real de enrollado es máximo, debido a que la tensión de enrollado se lee continuamente realizando ajustes automáticos e inmediatos manteniendo la tensión constante durante todo el enrollado. [18]

2.2.8.6 Unidades Electrónicas Controladores:

Los Amplificadores de Medidores de Tensión y los Controles de Tensión, han sido desarrollados específicamente para su empleo en aplicaciones de control de tensión. Los amplificadores proporcionan una señal, mientras que los controles generan una señal y además un valor de salida para una transmisión, freno o embrague. Estos valores pueden configurarse como señales analógicas estándar o transmitirse a través de conexión BUS. [18]

En la figura 2.18 se muestra un sistema de control de tensión por medio de la utilización de celdas de carga.

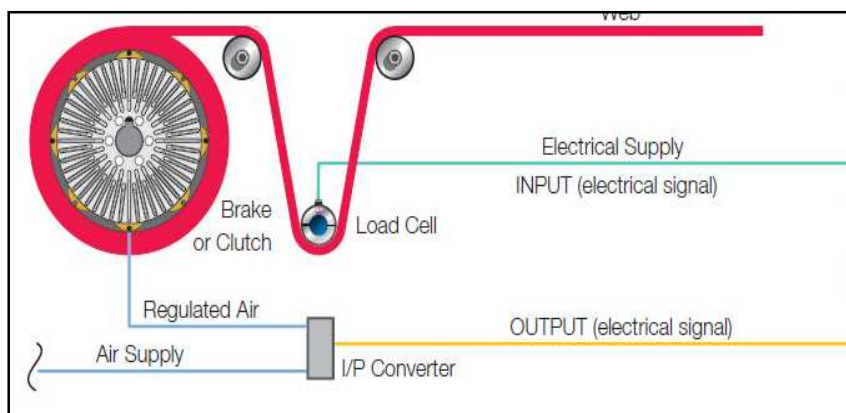


Figura 2.18. Esquema del Control de Tensión.

Fuente: Elaboración Propia.

2.2.9 SISTEMAS SCADA

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Adquisition) son aplicaciones de software, diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia. Se basan en la adquisición de datos de los procesos remotos.

Se trata de una aplicación de software, especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde una computadora. Además, envía la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores dentro de la empresa, es decir, que permite la participación de otras áreas como por ejemplo: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc. [9]

Cada uno de los ítems del SCADA, involucran muchos subsistemas, por ejemplo, la adquisición de los datos puede estar a cargo de un PLC (Controlador Lógico Programable) el cual toma las señales y las envía a las estaciones remotas



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

usando un protocolo determinado, otra forma podría ser que una computadora realice la adquisición vía un hardware especializado y luego esa información la transmita hacia un equipo de radio vía su puerto serial. [9]

Las tareas de Supervisión y Control generalmente están mas relacionadas con el software SCADA, en él, el operador puede visualizar en la pantalla del computador de cada una de las estaciones remotas que conforman el sistema, los estados de ésta, las situaciones de alarma y tomar acciones físicas sobre algún equipo lejano, la comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN.

Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.

Estos sistemas actúan sobre los dispositivos instalados en la planta, como son los controladores, autómatas, sensores, actuadores, registradores, etc. Además permiten controlar el proceso desde una estación remota, para ello el software brinda una interfaz gráfica que muestra el comportamiento del proceso en tiempo real. [9]

Generalmente se vincula el software al uso de una computadora o de un PLC, la acción de control es realizada por los controladores de campo, pero la comunicación del sistema con el operador es necesariamente vía computadora. Sin embargo el operador puede gobernar el proceso en un momento dado si es necesario. Un software SCADA debe ser capaz de ofrecer al sistema: [9]

- ✓ Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- ✓ Generación de datos históricos de las señale de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

- ✓ Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómatas, bajo ciertas condiciones.
- ✓ Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Todo sistema debe tener arquitectura abierta, es decir, debe permitir su crecimiento y expansión, así como deben poder adecuarse a las necesidades futuras del proceso y de la planta. La programación e instalación no debe presentar mayor dificultad. [9]

- ✓ Debe contar con interfaces gráficas que muestren un esquema básico y real del proceso.
- ✓ Deben permitir la adquisición de datos de todo equipo, así como la comunicación a nivel interno y externo (redes locales y de gestión)
- ✓ Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables para el usuario.



Figura 2.19. Ejemplo de un Sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia



2.2.9.1 Funciones de los Sistemas SCADA

Supervisión remota de instalaciones y equipos: Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.

Control remoto de instalaciones y equipos: Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc. [19]

Procesamiento de datos: El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz. [19]

Visualización gráfica dinámica: El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo. [19]

Generación de reportes: El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador. [19]

Representación de señales de alarma: A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras. Los



datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.

Programación de eventos: Esta referido a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, etc. [19]

2.2.9.2 Transmisión de Datos mediante SCADA

Los sistemas SCADA necesitan comunicarse vía red, puertos GPIB, telefónica o satélite, es necesario contar con computadoras remotas que realicen el envío de datos hacia una computadora central, esta a su vez será parte de un centro de control y gestión de información. [19]

Para realizar el intercambio de datos entre los dispositivos de campo y la estación central de control y gestión, se requiere un medio de comunicación, existen diversos medios que pueden ser cableados (cable coaxial, fibra óptica, cable telefónico) o no cableados (microondas, ondas de radio, comunicación satelital). [19]

Cada fabricante de equipos para sistemas SCADA emplean diferentes protocolos de comunicación y no existe un estándar para la estructura de los mensajes, sin embargo existen estándares internacionales que regulan el diseño de las interfaces de comunicación entre los equipos del sistema SCADA y equipos de transmisión de datos. [19]

Un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas y procedimientos que permite a las unidades remotas y central, el intercambio de información. Los sistemas SCADA hacen uso de los protocolos de las redes industriales. [19]

La comunicación entre los dispositivos generalmente se realiza utilizando dos medios físicos: cable tendido, en la forma de fibra óptica o cable eléctrico, o radio. En cualquiera de los casos se requiere un MODEM, el cual modula y desmodula la señal. Algunos sistemas grandes usan una combinación de radio y líneas telefónicas para su comunicación. Debido a que la información que se transmite sobre un sistema SCADA debería ser pequeña generalmente la velocidad de transmisión de los modem suele ser baja. Muchas veces 300bps (bits de información por segundo) es suficiente. Pocos sistemas SCADA, excepto en aplicaciones eléctricas, suelen sobrepasar los 2400bps, esto permite que se pueda usar las líneas telefónicas convencionales, al no superar el ancho de banda físico del cable. [19]

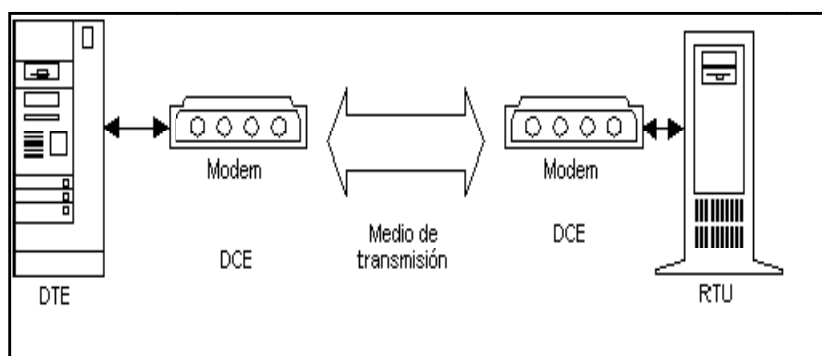


Figura 2.20. Ejemplo de conexiones de un SCADA

Fuente: <http://hamd.galeon.com>

2.2.9.3 Ventajas y Desventajas de los Sistemas SCADA

2.2.9.3.1 Ventajas:

- ✓ Actualización en línea del sistema de inventario de materias primas como resultado de la medición de variables de entrada de cada proceso.
- ✓ Se dejan intactos los lazos de control de forma tal que cualquier falla en el sistema del computador no afecta la operación tradicional de los procesos.



- ✓ Se pueden hacer modificaciones dinámicas de las señales de referencia.
- ✓ El incremento de inversión es bajo. En la mayoría de los casos las modificaciones se restringen a expansión de memoria e interfaz digital/analógica en el sistema de adquisición de datos.

2.2.9.3.2 Desventajas:

- ✓ En caso de falla del computador o su sistema, la pérdida del valor de referencia del o los lazos de control.
- ✓ Se requiere de personal calificado que pueda diseñar y modificar programas de optimización, con dominio de modelos físicos-económicos.

2.2.9.4 Beneficios del uso del Sistema SCADA

- ✓ Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- ✓ Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- ✓ Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso el programa total sobre el autómatas, bajo ciertas condiciones.



CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO





CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1. METODOLOGÍA

La metodología se refiere al conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica, la cual incluyen las técnicas, las estrategias y los procedimientos que se utilizarán para lograr los objetivos de su estudio. [20]

3.2 DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según las distintas características que presenta esta investigación es considerada un proyecto factible.

Al respecto la Universidad Experimental Libertador [20], manifiesta que:

“El proyecto factible consiste en la elaboración de una propuesta de un modelo operativo viable, o una solución posible a un problema de tipo práctico para satisfacer necesidades de una institución o grupo social. La propuesta debe referirse a la formulación de políticas, programas, métodos y procesos. El proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambos modalidades”. (p.7) [20]

En relación con los proyectos de investigación la UPEL se refiere a las investigaciones de campo y documental de la siguiente forma:



Investigación de Campo:

“El análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. La fuente principal de datos es el sitio donde se presenta el problema y los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad, en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originarios o primarios”. (p.8)

En el caso de este proyecto, la fuente principal de información la constituye la línea de producción de tela de fibra de vidrio (MAT). De la empresa VITROREFUERZOS VENEZOLANOS C.A.

Investigación Documental:

“El estudio de un problema con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza principal, en trabajos previos, así como información y datos divulgables por medios impresos”. (p.6) [21]

Por lo anterior expuesto, el trabajo de grado presentado es de tipo factible y apoyará su investigación en un diseño de campo y documental. Es factible ya que se propone la elaboración de un conjunto de planos, lógica de control y simulación del proceso, para facilitar la futura implementación del sistema con un estimado de producción y costos económicos de los diferentes equipos de control requeridos e instrumentación asociada a las diferentes variables del proceso.



Por otro lado forma parte de una recopilación teórica y documental para el conocimiento de estos sistemas de control por parte de los estudiantes y profesores de la facultad de ingeniería de la Universidad de Carabobo y mas específicamente a los pertenecientes a la escuela de Ingeniería Eléctrica.

3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Análisis Documental:

En la recopilación de datos se efectuará un análisis bibliográfico, en donde se encontrará la documentación necesaria sobre la producción de tela de fibra de vidrio (MAT) y de la automatización del proceso industrial por medio de proyectos previos relacionados.

También se recopilará información de los trabajos de redes industriales con PLC anteriormente estudiados que permita dar evidencia del funcionamiento de estas redes en conjunto con los dispositivos de campo.

Además se consultarán publicaciones y páginas de Internet, libros y revistas técnicas especializadas en la materia de redes industriales, automatización, sistemas SCADAS y controles de procesos, que faciliten la obtención de información.

Observación Directa:

Se realizarán observaciones directas de la línea de producción para comprobar el estado actual en que se encuentran y de esta forma verificar sus respectivas fallas y tenerlas en cuenta al momento del diseño y futura implementación. [21]

3.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS FASES DEL PROYECTO

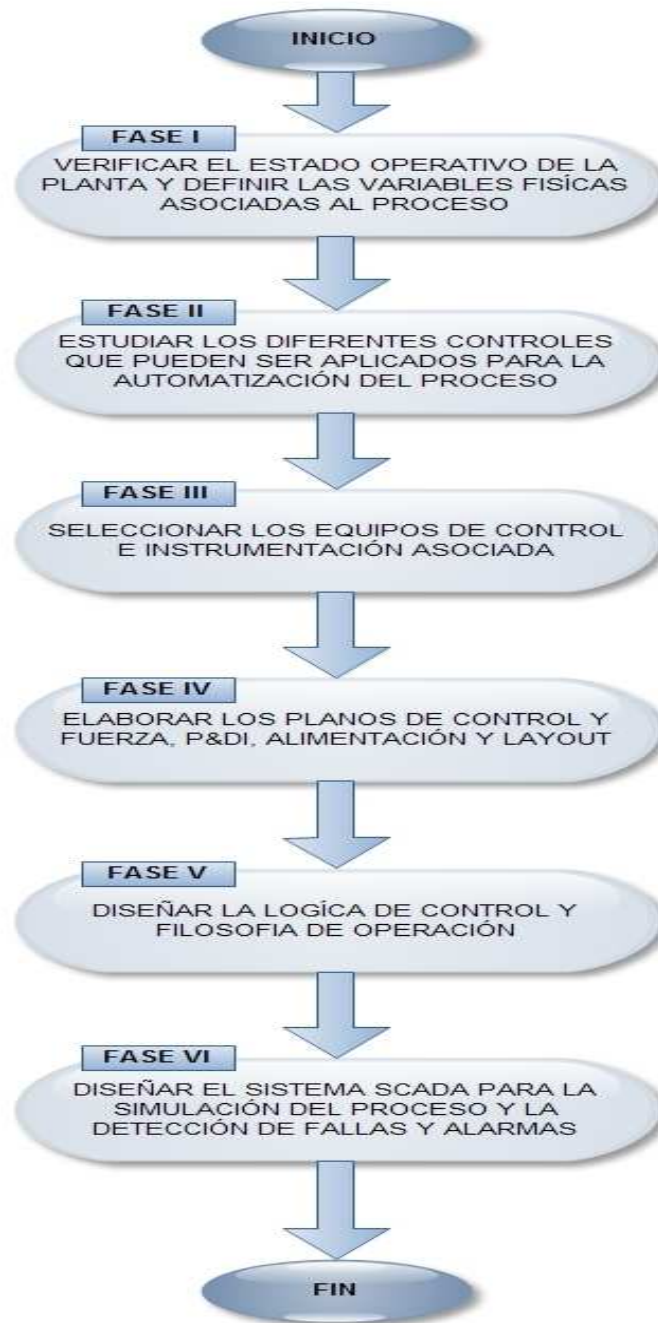


Figura 3.1. Diagrama de Flujo de las Fases del Proyecto

Fuente: Elaboración Propia



3.5 DESCRIPCIÓN DE LAS FASES DEL PROYECTO

Para el logro de los objetivos planteados en la presente investigación, se hará uso de un diagrama de flujo que describa la metodología a emplear, el cual comprende una serie de fases:

- ✓ **FASE I: Verificar el estado operativo de la planta y definir las variables físicas asociadas al proceso de producción de tela de fibra de vidrio.**

En esta primera fase del proyecto, se divide en dos sub-etapas:

- ✓ **Etapa 1.1:** Análisis documental de toda la información relacionada a la máquina de MAT, y levantamiento de la información directa desde la planta a fin de conocer el estado actual de la planta.
 - ✓ **Etapa 1.2:** Recopilar la documentación relacionada con el proceso, a través de diferentes medios, información técnica (textos, internet y otros) e investigaciones prácticas, para obtener las variables físicas que intervienen.
- ✓ **FASE II: Estudiar los diferentes controles que se puedan aplicar para la automatización del proceso de producción de tela de fibra de vidrio.**

Para esta fase del proyecto, basados en la información obtenida del análisis documental, se realizara un estudio detallado de los posibles controles que se pueden utilizar para el control de las diferentes variables asociadas al proceso, para ello se tomara en cuenta, el uso de controladores dedicados, al igual que la incorporación de un controlador lógico programable PLC.



- ✓ **FASE III: Seleccionar los equipos de control e instrumentación requerida para la automatización de máquina de tela de fibra de vidrio.**

En base al estudio de la anterior, se hará la selección de todos los equipos requeridos para el diseño de la automatización.

- ✓ Selección de los Equipos de Control e instrumentación asociada a las variables, (Temperatura, Nivel, Presión, Velocidad, y otras variables relacionadas con el proceso). PLC, Controladores y equipos de maniobra y seguridad para los motores y accionamientos.
- ✓ **FASE IV: Elaborar los planos de control y fuerza, P&DI, planos de alimentación y comunicación, Descripción de la máquina y de los gabinetes de control y fuerza requeridos.**

Para esta fase del proyecto, teniendo el dimensionando y selección de los diferentes equipos requeridos para el diseño automatizado de la planta, se podrá elaborar el compendio de planos, que permitirá la futura implementación y servirá de base para futuros cambios en el proceso. El cual constara de la los siguientes:

- ✓ Layout de la Máquina de MAT
- ✓ P&DI del proceso
- ✓ Layout del Gabinete de Potencia
- ✓ Layout del Gabinete de Control
- ✓ Diagrama Eléctrico de Alimentación AC
- ✓ Diagrama Eléctrico de Alimentación DC
- ✓ Diagrama Eléctrico de Conexiones al PLC
- ✓ Esquemas de Fuerza de los Motores



- ✓ Diagrama Eléctrico de Control de los Quemadores
 - ✓ Diagrama Eléctrico de Control de Tensión de Embobinado
 - ✓ Diagrama de Comunicación PROFIBUS
-
- ✓ **FASE V: Diseñar la lógica de Control y filosofía de operación del sistema automatizado para el proceso de producción de tela de fibra de vidrio.**

La elaboración del diseño de control, basados en el uso de un PLC. Es posible por medio de la aplicación de un software de programación, desarrollado en forma secuencial de acuerdo con las etapas del proceso y las variables relacionadas con el, se cuenta con el uso de un computador y la instalación del software del PLC. Que permita la comunicación con los dispositivos de campo.

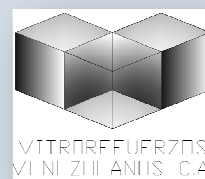
- ✓ **FASE VI: Diseñar el Sistema SCADA, para la simulación del proceso en tiempo real y la detección de fallas y alarmas.**

La fase final de este proyecto, se abocara al desarrollo de un sistema SCADA (Sistema Supervisorio de Control y Adquisición de Datos). El cual será posible con el uso de un software SCADA instalado en un computador, contendrá no solo una pantalla visual del proceso si no también gráficos de eventos y alarmas y un menú contextual que permita la navegación del operario por el sistema de control. Y finalmente se realizara un análisis detallado de todos los resultados obtenidos y las posibles recomendaciones para la futura implementación del sistema de control automatizado para la máquina de producción de tela de fibra de vidrio.



CAPITULO IV

MARCO OPERACIONAL





CAPÍTULO IV MARCO OPERACIONAL

4.1. Ingeniería Básica y de Detalle para el proceso de Automatización de la máquina de MAT. (Tela de Fibra de Vidrio)

4.1.1 Condiciones actuales

La línea de producción de tela de fibra de vidrio se encuentra actualmente inoperativa debido al deterioro de algunos equipos y falta de un sistema de control automatizado que permita ejercer un control óptimo sobre las diferentes variables asociadas y de los equipos e instrumentos.

Anteriormente la máquina operaba con lógica cableada y medidores analógicos locales, y algunas de variables de mando eran manipuladas de forma manual por los operadores de la máquina, lo cual produjo una serie de fallos, que ocasionaron el deterioro de algunos equipos tanto mecánicos como dispositivos eléctricos, de igual manera la carencia de un adecuado mantenimiento preventivo, en las siguientes figuras se detalla el estado actual de la máquina:



Figura 4.1. Parte superior de la máquina de MAT

Fuente: Elaboración Propia



Figura 4.2. Vista frontal de la máquina de MAT

Fuente: Elaboración Propia

En Las figuras 4.1 y 4.2, se puede observar el estado actual de la máquina en cuanto a su estructura física y equipos principales ya instalados, como lo son la transportadora, rodillos, y hornos.



Figura 4.3. Lógica cableada y Control analógico

Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte en la figura 4.3, se puede observar un tablero de control con lógica cableada en el cual se detalla un controlador de temperatura y un medidor de temperatura, y algunos dispositivos cableados, los cuales se encuentran en muchos casos quemados, y otros defectuosos, y en cuanto a la canalización eléctrica se observa que no posee ninguna.



4.1.2 Descripción de equipos y características eléctricas de bombas y motores

La máquina de MAT, cuenta con una serie de equipos mecánicos y eléctricos, como motores, rodillos, quemadores, y una serie de instrumentos los cuales permitan el funcionamiento de la máquina, para realizar su descripción se tendrá en cuenta cada una de las zonas que la conforman:

4.1.2.1 Zona de Formación

La conforman los siguientes equipos, que se encargan de la dosificación de la materia prima:

4.1.2.1.1 Suministro de Hilo de Fibra de Vidrio

La dosificación de los hilos de fibra de vidrio, materia prima del proceso, se realiza por medio de dos barras metálicas rectangulares de 1 ½ metro de largo las cuales poseen 10 orificios equidistantes por los cuales se enhebran los hilos de fibra de vidrio provenientes de los rollos de materia prima, ubicados en un estante. Después de pasar por las barras los hilos de fibra de vidrio son atraídos por unos rodillos metálicos que se encargan de dosificar la fibra sobre la malla transportadora, en la figura 4.4, se detalla esta parte del proceso.



Figura 4.4. Dosificación de Hilos de Fibra de Vidrio

Fuente: elaboración Propia.



4.1.2.1.2 Rodillos de Suministro y Dosificación de Fibra de Vidrio

Estos 3 rodillos son accionados por motores y poseen las siguientes características, en la figura 4.5 se detalla su ubicación

Material: Hierro Fundido

Longitud: 1 ½ metros

Diámetro: 10 Centímetros

Tag Motor: M101

Tensión: 220 VAC

Amperaje: 4,43 A

Fases: 3 fases

Potencia: 1,35 KW

Velocidad: 300 rpm

Actualmente estos equipos requieren de la adaptación de un variador de velocidad (VV101), para la maniobrabilidad de los rodillos, el cual permita obtener un control sobre la cantidad de fibra de vidrio dosificada. Al igual que los equipos de protección como guarda motores. En la figura 4.5 se observa el motor M101. Anteriormente funcionaba por medio de un accionamiento manual.



Figura 4.5. Motor (M101) y Rodillos de Suministro

Fuente: Elaboración Propia.



4.1.2.1.3 Rodillo Spiner

Este rodillo se encuentra ubicado debajo de los rodillos de dosificación y tiene como función pulverizar los hilos de fibra de vidrio, ya que posee una serie de espinas metálicas en todo su contorno.

Material: Hierro Fundido

Longitud: 1 ½ metros

Diámetro: 5 Centímetros

Espinas: 5 Centímetros

Diámetro Espinas: 1/8"

Tag Motor: M102

Tensión: 220 VAC

Amperaje: 2,46 A

Potencia: 0,75 KW

Velocidad: 450 rpm

Debido a que el corte de los hilos de fibra de vidrio debe ser uniforme y sincronizado con los rodillos de suministro, se requiere de un variador de velocidad (VV102), para el funcionamiento del motor de este rodillo y los equipos de protección y maniobra, en la figura 4.6, se observa el motor y el spiner.



Figura 4.6. Motor (M102) y Rodillo Spiner

Fuente: Elaboración Propia.



4.1.2.1.4 Malla Transportadora

La malla transportadora es una red o tela metálica, que se desplaza sobre un juego de rodillos acoplados a un motor y traslada la fibra de vidrio por las diferentes zonas del proceso. Cada zona posee una red independiente, sin embargo los rodillos que hacen posible el movimiento de estas redes son activados por el mismo motor. En la figura 4.7, se muestra la malla.

Longitud: 1 ½ metros

Tag Motor: M401

Tensión: 220 VAC

Amperaje: 24,6 A

Fases: 3 fases

Potencia: 7,5 KW

Velocidad: 2400 rpm



Figura 4.7. Malla Transportadora

Fuente: Elaboración Propia

Cabe destacar, que la producción final dependerá directamente de la velocidad del motor de la malla transportadora (M401), la cual será manipulada por un variador de velocidad (VV401), cuya frecuencia determinará a su vez la relación de velocidad de los demás motores involucrados en el control de producción.



Figura 4.8. Motor (M401) Transportadora

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2.1.5 Extractor de Aire

Una vez que los trozos de hilo caen sobre la malla transportadora, son adheridos a la misma con una distribución uniforme generada por una succión de aire en toda el área bajo la malla. Esta succión de aire es producida por un extractor activado por un motor que gira a una velocidad constante, y que debe ser puesto en marcha antes de iniciar el proceso. En la figura 4.9, se observa el motor.

Tag Motor: M103

Tensión: 220 / 440 VAC

Amperaje: 50 / 9,5 A

Fases: 3 fases

Potencia: 15 KW

Velocidad: 0/3600 rpm

El encendido y maniobra de este motor se realizara por medio de un arranque Estrella – Triangulo, se debe adecuar los diferentes dispositivos de seguridad y maniobra (Contactores, Térmicos y guarda Motores).



Figura 4.9. Motor (M103) Extractor de Aire

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2.2 Zona de Impregnación

En esta zona se encuentran los diferentes elementos y equipos para el suministro de la resina que recubrirá los filamentos de fibra de vidrio que transporta la malla, se tienen:

4.1.2.2.1 Tubería y Bombas de Rociado de Agua

Dispuesta transversalmente a la malla transportadora, posee 7 válvulas manuales distribuidas equidistantes entre sí, por donde sale el agua que rocía los hilos de fibra. Por medio de este sistema se forma una película de agua por debajo de los hilos de fibra de vidrio transportados en la malla a fin de estos se mantengan superficialmente mientras se adhieren a la resina y otra capa de agua es rociada por encima de la resina para su cocción en el horno

Para el reciclaje del agua se dispone de otra bomba, que permite por medio de tuberías la recolección del agua de vuelta a un tanque de tratamiento.



Material Tubería: Acero galvanizado

Diámetro: ½"

Tag Motor Rociado/Reciclaje: M203/M204

Tensión: 220 VAC

Amperaje: 3,4 A

Fases: 3 fases

Potencia: 1,5 HP

Caudal: 20 gpm

Temperatura de Operación: 30 °C

En la figura 4.10 se muestra la bomba de rociado, y las tuberías instaladas en la sección de la máquina. Se requiere de dispositivos de seguridad y maniobra para los motores de las bombas (Contactores, Térmicos, Guarda Motores)



Figura 4.10. Bomba (M203) de Rociado de Agua

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2.2.2 Tolvas de Resina (TR201) y (TR202)

Cada una de las tolvas posee, en su parte inferior, un rodillo, que se caracteriza por tener toda su superficie estriada, y al girar permite la salida de la resina, para caer por gravedad sobre los hilos de fibra adheridos a la malla transportadora. Ver Figura 4.11 y 4.12



Tolva 1 (TR201): 2000 litros

Tag Motor (TR201): M201

Tensión: 220 VAC

Amperaje: 1,8 A

Potencia: 0,55 KW

Velocidad: 1200 rpm

Tolva 2 (TR202): 1500 litros

Tag Motor (TR202): M202

Tensión: 220 VAC

Amperaje: 1,8 A

Potencia: 0,55 KW

Velocidad: 800 rpm



Figura 4.11. Rodillos Tolva de Resina 1 (TR201)

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 4.12. Motores (M201) y (M202) Rodillos Tolvas de Resina

Fuente: Elaboración Propia.



Debido a que la cantidad de resina que suministran las tolvas dependerá de la velocidad de la malla transportadora, cada uno de los motores de las tolvas se le dimensionara un Variador de Velocidad (VV201) y (VV202) respectivamente.

4.1.2.2.3 Motor de Vibración

En esta zona también se encuentra un motor que genera una vibración sobre la malla transportadora, la cual hace que la resina se distribuya uniformemente sobre la tela. La velocidad de este motor está asociada a la de la malla transportadora, ya que si la malla aumenta la velocidad de su desplazamiento, se deberán aumentar la intensidad de las vibraciones.

Tag Motor Vibración: M205

Tensión: 220 VAC

Amperaje: 1,8 A

Potencia: 0,55 KW

Fases: 3 fases

Velocidad: 1800 rpm



Figura 4.13. Motor (M205) de Vibración

Fuente: Elaboración Propia



En la figura 4.13, se muestra el motor que realiza el movimiento de vibración de la malla transportadora, el cual al depender directamente de la velocidad de la malla deberá ser contralado por un Variador de Velocidad (VV205), y los diferentes dispositivos de seguridad y maniobra.

4.1.2.3 Zona de Hornos

Luego de que la malla es rociada con la resina, pasa a la zona de horno, la cual está dividida en Horno 1 y Horno 2, y a través de ellos pasa la malla transportadora con la tela de fibra de vidrio, resina y agua.

4.1.2.3.1 Hornos y Quemadores

En esta sección de la máquina se encuentran los dos hornos, los cuales poseen cada uno un quemador a gas y un extractor de aire, el tiempo de cocción de la tela de fibra de vidrio dependerá directamente de la velocidad de la malla para lo cual se ha establecido un rango de entre (10 a 15 min) y una temperatura de (195 °C – 205 °C). En la figura 4.14 se pueden observar los hornos, y a los lados cada extractor de aire.

Dimensiones de los Hornos (H301) y (H302)

Largo: 6 metros

Ancho: 1 ½ metros

Alto: 2 metros

Tren de Gas Quemador Horno (H301) y (H302)

Material: Acero al Carbón

Diámetro Tubería: ½”

Célula: 80



Figura 4.14. Hornos (H301) y (H302)

Fuente: Elaboración Propia.

Tag Quemador 1: BE301

Tag Motor Quemador 1: M301

Tensión: 110 VAC

Amperaje: 5,6 A

Potencia: 1/3 HP

Fases: monofásico

Velocidad: 3450 rpm

Tag Quemador 2: BE302

Tag Motor Quemador 1: M302

Tensión: 110 VAC

Amperaje: 5,5 A

Potencia: 0,5 HP

Fases: monofásico

Velocidad: 3450 rpm



Figura 4.15. Quemadores (BE301) y (BE302)

Fuente: Elaboración Propia.



4.1.2.3.2 Turbinas de Aire

Por otra parte, cada horno posee una turbina que hace circular el aire dentro del mismo. Los motores de estas turbinas poseen variadores de velocidad debido a que su giro dependerá de la temperatura de horneado requerida para el tipo de MAT que se desea producir. Ver Figura 4.16

Tag Turbina 1: M303

Tensión: 220/380/440 VAC

Amperaje: 50/31/27 A

Potencia: 15 KW

Fases: trifásico

Velocidad: 3530 rpm

Tag Turbina 2: M304

Tensión: 220/380/440 VAC

Amperaje: 50/31/27 A

Potencia: 15 KW

Fases: trifásico

Velocidad: 3530 rpm

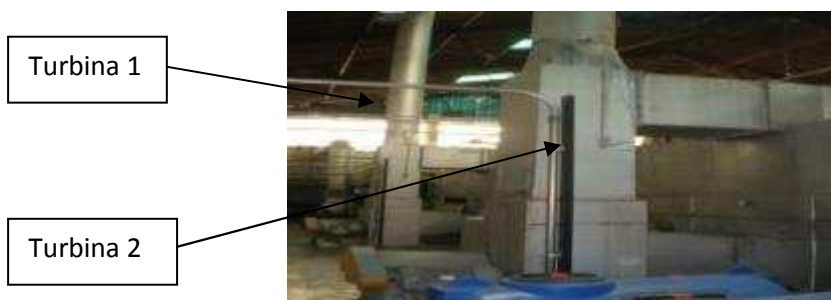


Figura 4.16. Motor (M303) y (M304) Turbinas Horno

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2.3.3 Cepillo Limpiador

Al finalizar la zona de horno, se consigue un motor que activa un par de rodillos metálicos, forrados en cepillo, uno de ellos está ubicado junto al motor, y el otro al comienzo de esta zona, cuya función es limpiar de la malla transportadora los restos de hilo de fibra de vidrio, conocidos como FUS. Figura 4.17



Material Rodillos: Acero al Carbón

Longitud Rodillos: 1 ½ metros

Diámetro Rodillos: 10 centímetros

Tag Motor Cepillo: M305

Tensión: 220 VAC

Amperaje: 5 A

Potencia: 1.5 KW

Fases: trifásico

Velocidad: 600 rpm



Figura 4.17. Motor (M305) Rodillos Cepillo Limpiador

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2.4 Zona de Enfriamiento

En esta zona se realiza el proceso de enfriado del MAT, por medio de unos rodillos huecos por dentro de los cuales circula agua fría a una temperatura establecida proveniente de un chiller, para luego pasar por una serie de ventiladores ubicados de bajo de la malla a fin de llevar la tela a temperatura ambiente y se compacte.



4.1.2.4.1 Rodillos de Enfriamiento

Estos rodillos están separados en dos pares, cada par dispuesto en forma vertical, es decir, un rodillo sobre otro. Su función es compactar la tela de fibra que sale del horno, y a su vez someter al producto a una transferencia de calor para que la resina, que viene en estado líquido, se solidifique formando una película sobre la tela. Se encuentran acoplados a la malla transportadora, por lo cual, son activados con el movimiento de la misma. Ver Figura 4.18.

Material: Acero Inoxidable

Longitud: 1 ½ metros

Diámetro: 20 centímetros



Figura 4.18. Rodillos de Enfriamiento

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2.4.2 Bomba de Agua de Enfriamiento

Por otra parte, la transferencia de calor consiste en que la tela que ha sido horneada a una elevada temperatura, traspasa calor a los rodillos al ponerse en contacto físico con ellos, ya que éstos se encuentran constantemente fríos, debido a



que poseen cada uno una tubería que atraviesa su área interior, y por la cual pasa agua a una temperatura de aproximadamente 12°C.

El agua de enfriamiento se encuentra en un *chiller* ubicado junto a la planta, y es trasladada mediante tuberías y una bomba. Ver Figura 4.19.

Material Tubería: Hierro Galvanizado y Mangueras plásticas

Diámetro: ½"

Tag Bomba de Enfriado: M402

Tensión: 220 VAC

Amperaje: 3,94 A

Fases: 3 fases

Potencia: 1,5 HP

Caudal: 30 gpm

Temperatura de Operación: 12 °C



Figura 4.19. Chiller y Bomba (M402) de Enfriado

Fuente: Elaboración Propia.



4.1.2.4.3 Ventiladores de Enfriado

Para concluir el proceso de enfriamiento, la tela es transportada sobre un juego de ocho ventiladores que son encendidos al iniciar la producción y giran a una velocidad constante. Ver Figura 4.20.

Tag Ventiladores: [M403, M404, M405, M406, M407, M408, M409, M410]

Tensión: 220 VAC

Amperaje: 1,8 A

Fases: 3 fases

Potencia: 0,55 KW



Figura 4.20. Ventiladores de Enfriado

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2.5 Zona de Corte y Embobinado

Esta es la zona final del proceso, en donde se realiza el corte de la tela de fibra de vidrio (MAT), y el Embobinado de la misma, para ellos se dispone de un sistema de corte lateral y uno horizontal al final, y una balanza de embobinado.



4.1.2.5.1 Cuchillas Laterales

Sobre los ventiladores de la zona de enfriamiento se encuentran unos ejes metálicos transversales a la malla transportadora, donde se ubican las dos cuchillas. Es importante mencionar que éstas se pueden desplazar sobre el eje en el que se encuentren, para realizar el corte de la tela generando diferentes anchos de la misma, según el producto deseado. Este desplazamiento o reubicación de las cuchillas debe efectuarse de modo manual antes de comenzar la producción.

Material: Acero Inoxidable

Forma: Circular

Diámetro: 6 centímetros

Accionamiento: Presión

Cada cuchilla precisa de un sistema basado en un pistón (P501 y P502, para la cuchilla izquierda y derecha respectivamente) accionado por una válvula solenoide (ZY-501A izquierda y ZY-501B derecha) que se activa automáticamente cuando la tela de MAT empieza a atravesar esa área dentro del proceso de producción.

4.1.2.5.2 Guillotina de Corte

A continuación, esta zona posee una guillotina dispuesta perpendicular a la malla transportadora. Está ubicada justo antes de la sección de embobinado y su función es realizar el corte de la tela cuando se ha producido un rollo completo de MAT. Ver Figura 4.21.



Figura 4.21. Guillotina de Corte

Fuente: Elaboración Propia.

La guillotina está sujeta por una base metálica que se desplaza verticalmente a causa de un accionamiento neumático producido por un pistón (P503), que a su vez es accionado por una válvula solenoide (ZY-502).

4.1.2.5.3 Balanza de Embobinado

Para finalizar esta zona, se tiene la sección de embobinando, la cual posee un balancín que tiene un rodillo en un cada uno de sus extremos. Estos facilitan la continuidad de la producción, ya que una vez completado el embobinado de material en un rollo de cartón en uno de los extremos, se activa un motor que gira el balancín y permite que la tela empiece a enrollarse en el extremo opuesto, ya cargado con un nuevo cartón, mientras un operador está descargando el producto final del otro lado. Ver Figura 4.22.

Material Rodillos: Acero

Longitud: 1 ½ metro

Diámetro: 10 centímetros

Tag Motor de Embobinado: M501



Tensión: 220 VAC

Amperaje: 4,92 A

Fases: 3 fases

Potencia: 1,5 KW

El motor de embobinado requiere de un variador de velocidad (VV501) a fin de control la velocidad de embobinado de la tela.

Tag Motor Balanza: M502

Tensión: 220 VAC

Amperaje: 4,92 A

Fases: 3 fases

Potencia: 1,5 KW

El motor de la balanza de carga requiere de un arranque con inversión de giro y los dispositivos de protección y maniobra asociados (Contactores, Térmicos, Guarda motores)



Figura 4.22. Motor (M501) y (M502) Balanza de Carga y Embobinado

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla 4.1. Resumen de Equipos y características de motores

TAG	ELEMENTO DE CAMPO	SERVICIO	TENSIÓN (VAC)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (Kw)
M101	MOTOR	RODILLO SUMINISTRO	220	4,43	1,35
M102	MOTOR	RODILLO SPINER	220	2,46	0,75
M103	MOTOR	EXTRACTOR DE AIRE	220	50	15
M201	MOTOR	RODILLO TOLVA DE RESINA 1	220	1,8	0,55
M202	MOTOR	RODILLO TOLVA DE RESINA 2	220	1,8	0,55
M203	MOTOR	BOMBA DE AGUA DE ROCIADO	220	3,94	1,2
M204	MOTOR	BOMBA DE RECICLAJE DE AGUA	220	3,94	1,2
M205	MOTOR	VIBRACIÓN	220	1,8	0,55
M303	MOTOR	TURBINA DE HORNO 1	220	50	15
M304	MOTOR	TURBINA DE HORNO 2	220	50	15
M305	MOTOR	RODILLO DE CEPILLO LIMPIADOR	220	5	1,5
M401	MOTOR	MALLA TRANSPORTADORA	220	24,6	7,5
M402	MOTOR	BOMBA DE ENFRIADO	220	3,94	1,2
M403	MOTOR	VENTILADOR 1	220	1,8	0,55
M404	MOTOR	VENTILADOR 2	220	1,8	0,55
M405	MOTOR	VENTILADOR 3	220	1,8	0,55
M406	MOTOR	VENTILADOR 4	220	1,8	0,55
M407	MOTOR	VENTILADOR 5	220	1,8	0,55
M408	MOTOR	VENTILADOR 6	220	1,8	0,55
M409	MOTOR	VENTILADOR 7	220	1,8	0,55
M410	MOTOR	VENTILADOR 8	220	1,8	0,55
M501	MOTOR	RODILLO DE EMBOBINADO	220	4,92	1,5
M502	MOTOR	BALANZA DE EMBOBINADO	220	4,92	1,5
M301	MOTOR	QUEMADOR DE HORNO 1	110	5,6	0,3
M302	MOTOR	QUEMADOR DE HORNO 2	110	5,5	0,37

4.1.3. Instrumentación de la Máquina de Tela de Fibra de Vidrio (MAT)

Para un control de las variables operativas del proceso, se requiere la instrumentación que se observa en el plano de instrumentación de la planta (Ver Anexos), dichos equipos de instrumentación se detallan por lazos de control:



- ✓ Zona de Formación e Impregnación (Ver Figura 4.23)
- ✓ Zona de Hornos (Ver Figura 4.24)
- ✓ Zona de Enfriado, Corte y Embobinado (Ver Figura 4.25)

De acuerdo con el P&DI del proceso se pueden detallar 4 líneas de tuberías importantes de control, que permiten seleccionar los diferentes lazos de control como lo son: (Ver Anexo A)

- ✓ Tubería de Agua de rociado y reciclaje (Azul Oscuro)
- ✓ Tubería de Agua de Enfriado (Azul Oscuro)
- ✓ Tubería de Aire a Presión (Verde)
- ✓ Tubería de Gas (Amarillo)

4.1.3.1 Lazos de Control para la Máquina de MAT.

Lazo (101): Control de la presión en la línea de aire hacia los cilindros neumáticos

Lazo (102): Control de posición de la cinta transportadora (sistema de guiado)

Lazo (201): Control de nivel en las tolvas de resina

Lazo (202): Control de Presión en la línea de agua de rociado y reciclaje

Lazo (301): Control de temperatura y llama en el horno 1

Lazo (302): Control de temperatura y llama en el horno 2

Lazo (402): Control de presión y temperatura de enfriado

Lazo (501): Control de presión de aire en cuchillas de corte lateral

Lazo (502): Control de presión de aire en guillotina

Lazo (503): Control de tensión de embobinado

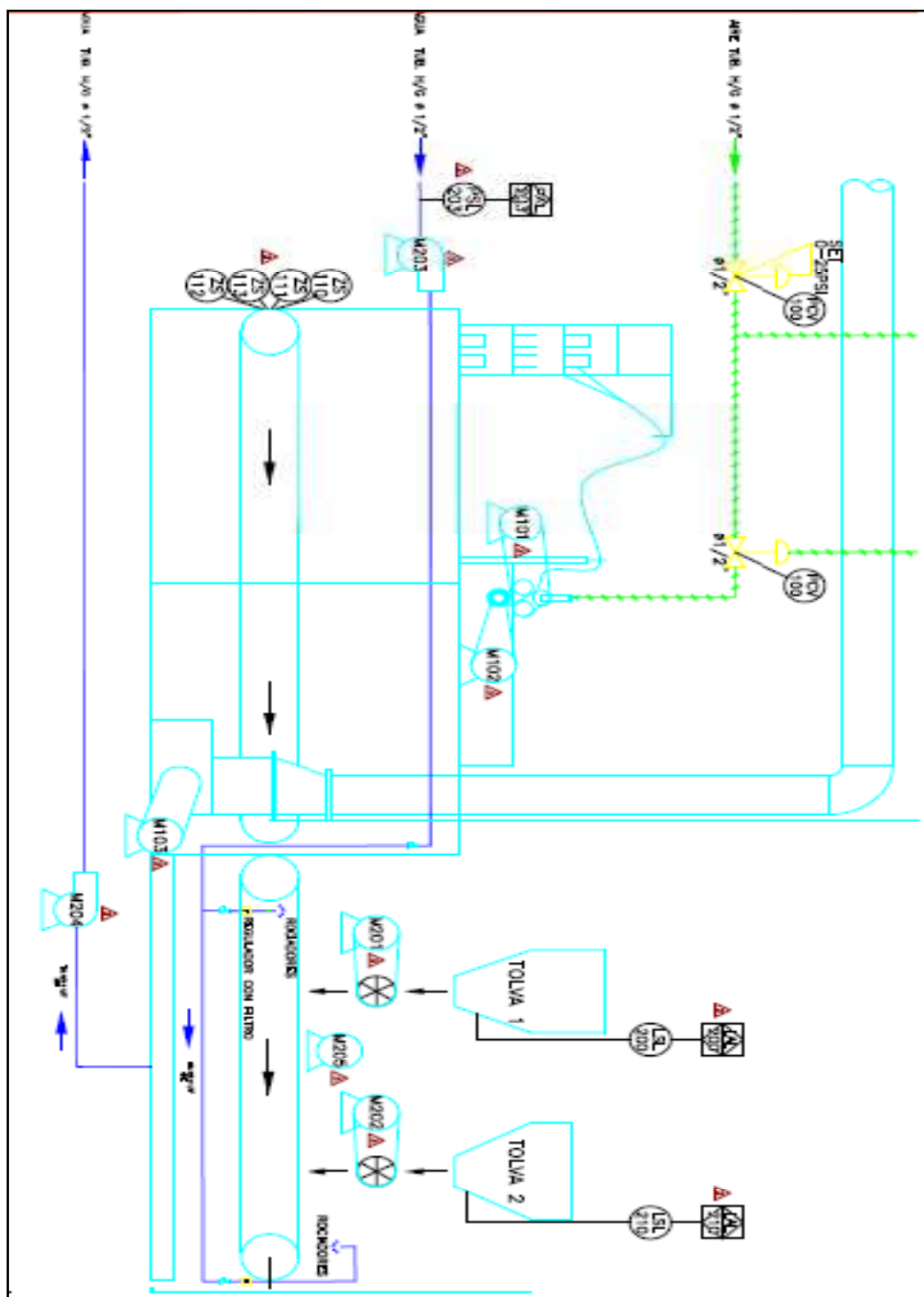


Figura 4.23. P&DI Zona de Formación e Impregnación

Fuente: Elaboración Propia.

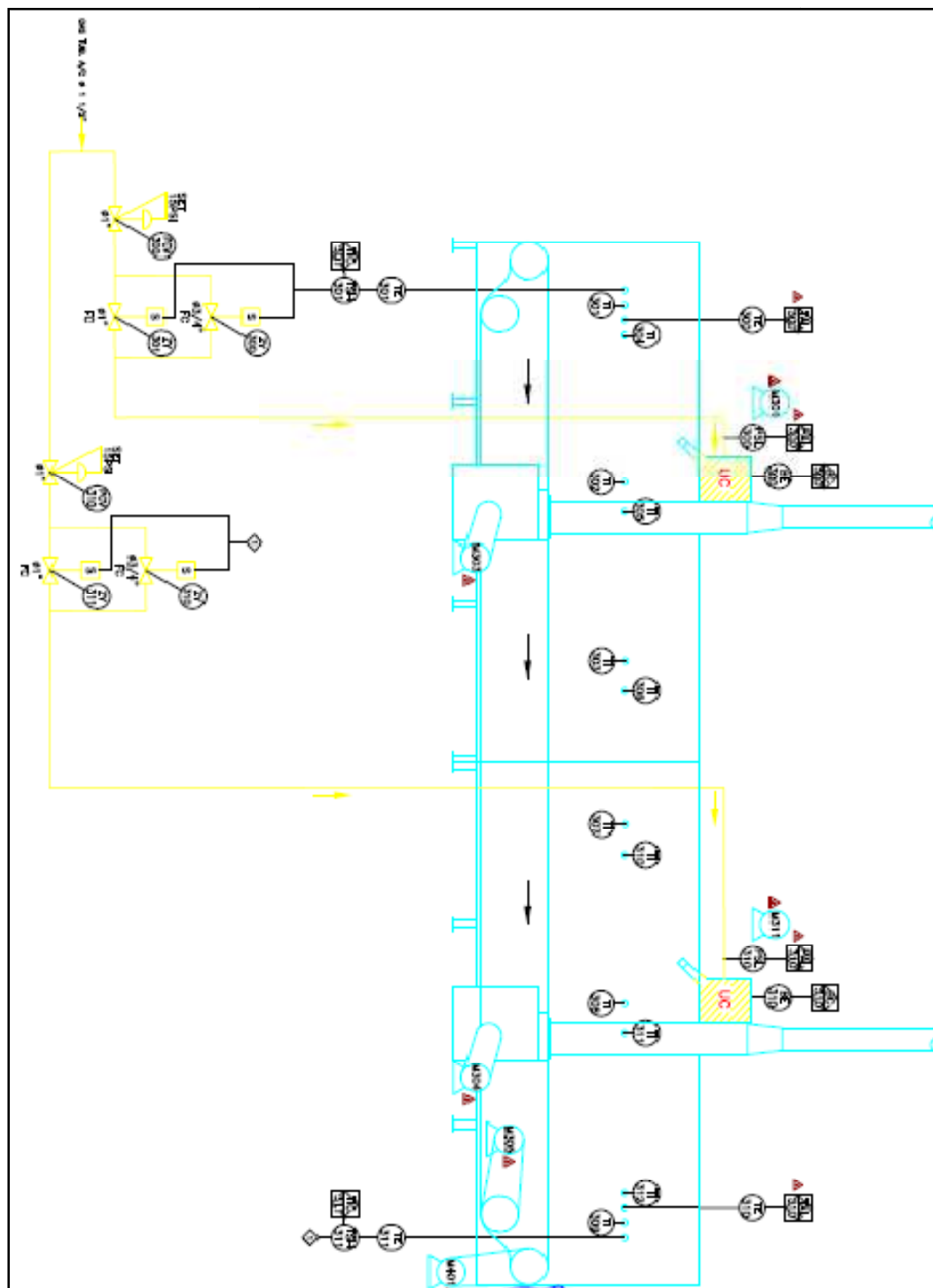


Figura 4.24. P&DI Zona de Hornos

Fuente: Elaboración Propia.

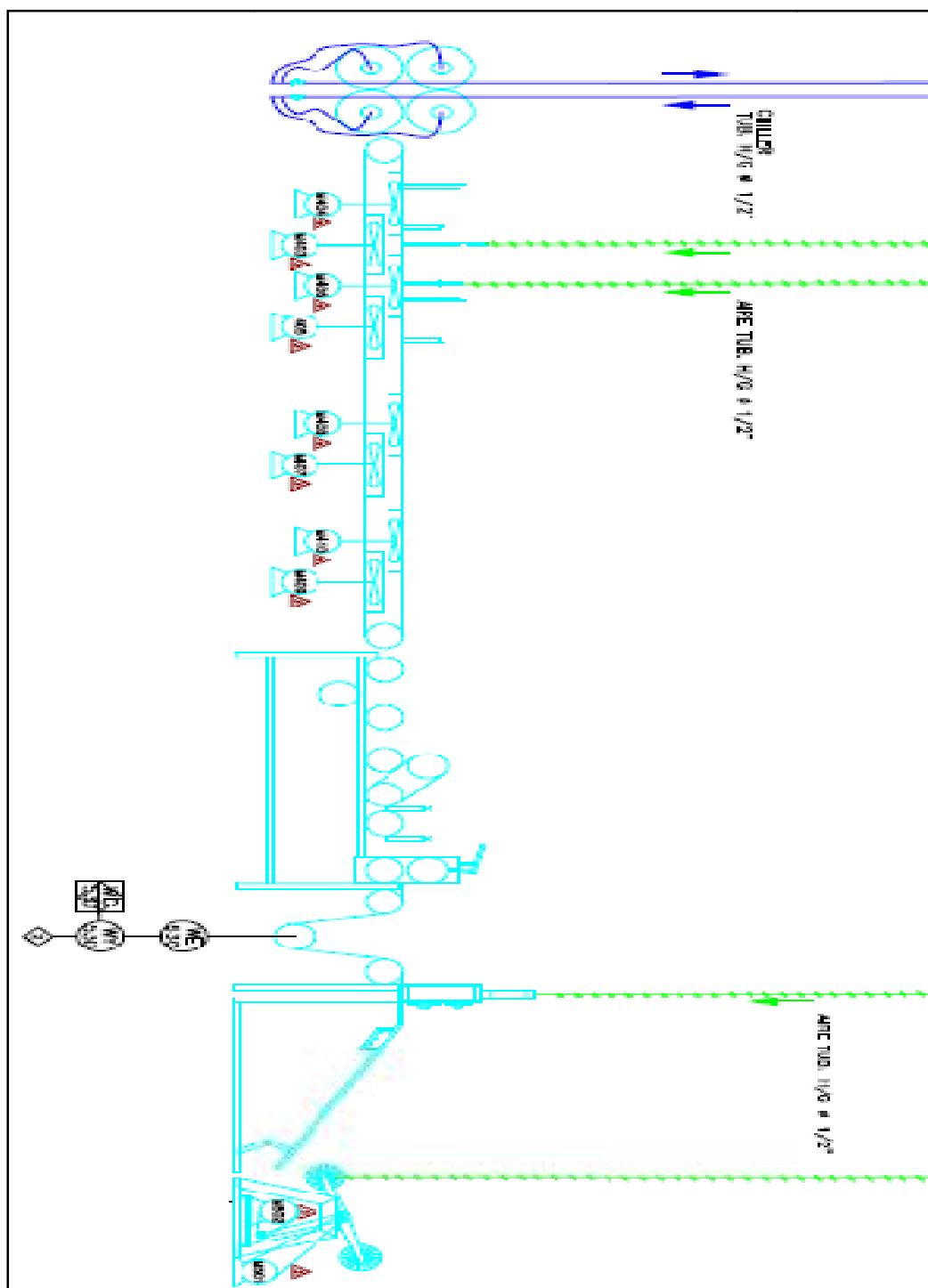


Figura 4.25. P&DI Zona de Enfriado Corte y Embobinado

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla 4.2. Instrumentación en Lazos de Control en Las Zonas de Formación e Impregnación de la Máquina de MAT.

Tag Number	Descripción
PY-101	Convertidor I/P, señal de (4 – 20 mA) a (3 – 15 Psi), montaje en riel, terminal roscado de 2 pines 2,5 mm ² (14 AWG) - Agujero roscado 1/8 NPT, Modelo: TEIP11, Marca: ABB. (Figura 4.27)
PCV-101	Válvula auto-regulada de presión, Q _n = 400 - 600 l/min, 1/10 bar, - 10/70 °C, conexión a rosca exterior 4mm salida 1/8" válvula de asiento, Modelo: Bosch Rexroth AG (Figura 4.28)
ZS- (102A,102B)	Finales de carrera 2 Polos NC + NO, tipo NPT ½", AC-15, Modelo: XCKJ167, Marca: Telemecanique. (Figura 4.29)
ZE- (102A,102B)	Sensores capacitivos, 3 hilos PNP, 1 NO, DIN 18, distancia 5 mm, Modelo: XT1M18, Marca: Telemecanique. (Figura 4.30)
ZY- (102A,102B)	Válvula neumática 5/2 vías con accionamiento por solenoide, NPT ¼" rango de (22.5 – 12 psi), Temperatura (-10/ 60 °C) a 24 VDC, Modelo: JMFH-5, Marca: FESTO (Figura 4.31)
LSL-201A LSH-201A	Interruptores de nivel bajo y alto, tipo contacto Reed, Modelo: FGMHS. Marca: Dwyer (Figura 4.32)
LSL-201B LSH-201B	Interruptores de nivel bajo y alto, tipo contacto Reed, Modelo: FGMHS. Marca: Dwyer (Figura 4.32)
PSL-202 PSH-202	Switch de presión de aire, rango (95 – 125 lb/pulg ²), Modelo: 69MB7X331, Marca: Siemens. (Figura 4.33)
PT-202	Transmisor de presión, señal 4-20 mA Rango (0/200 PSI). Modelo: 626-12-CH-P1-E1-S1. Marca: Dwyer (Figura 4.34)
PI- (202A,202B)	Manómetro rosca macho ¼", relleno de glicerina, puntero negro, dial de 2,5", exactitud 1.5% full escala, Rango (0/200) PSI. Modelo: FBG-D0722N. Marca: Dwyer (Figura 4.35)



Tabla 4.3. Instrumentación en el Lazo 301 de Control en la Zona de Horno (H301) de la máquina de MAT.

Tag Number	Descripción
ZY-(301A,301B)	Válvula solenoide de bajo y alto fuego 115 VAC/0.16A –14 W, Conexión ¾”, Marca: Honeywell (Figura 4.37)
PCV-301	Válvula auto-regulada de presión, Qn = 400 - 600 l/min, 1/10 bar, - 10/70 °C, conexión a rosca exterior 4mm salida 1/8” válvula de asiento, Modelo: Bosch Rexroth AG (Figura 4.28)
TT-(301A,301B)	Termocuplas tipo J, rango (0 – 760 °C) $\pm$ 2.2 °C, 2 hilos, Hierro – Cobre/Níquel, conexión rosca ¾” (Figura 4.38)
BE-301	Detector de llama, tipo ultravioleta, rango (-18/121 °C), 5 psi, Modelo: C7035A, Marca: Honeywell (Figura 4.39)
XX-301	Transformador de ignición 220 VAC – 14KV, Modelo: Q652B1014, Marca: Honeywell. (Figura 4.40)
BC-301	Controlador de llama, alimentación: 120 VAC/20 A, 6.3 W, Modelo: RM7895, Marca: Honeywell. (Figura 4.41)
TIC-301	Controlador de temperatura, 2 entradas a TC, salidas de 0-20 mA, Modelo: UDC5000, Marca: Honeywell. (Figura 4.41)
TI-(301A,301B, 301C,301D, 301,301E,301F)	Termómetros bimetalicos, exactitud +/- 1% full escala, dial de 3”, conexión ½” NPT, escala en °C y °F, rango (10/290 °C). Modelo: °. Marca: Dwyer (Figura 4.43)
PSL-301 PSH-301	Interruptor de presión Tipo: SMD, Modelo: 8021204007, 17 – 6” WC, Marca: ANTUNES CONTROL (Figura 4.44)

Tabla 4.4. Instrumentación en el Lazo 302 de Control en la Zona de Horno (H302) de la máquina de MAT.

Tag Number	Descripción
ZY-	Válvula solenoide de bajo y alto fuego 115 VAC/0.16A –14 W,



(302A,302B)	Conexión $\frac{3}{4}$ ", Marca: Honeywell (Figura 4.37)
PCV-302	Válvula auto-regulada, 400 - 600 l/min, 1/10 bar, rosca exterior 4mm, válvula de asiento, Modelo: Bosch Rexroth (Figura 4.28)
TT- (302A,302B)	Termocuplas tipo J, rango (0 – 760 °C) $\pm$ 2.2 °C, 2 hilos, Hierro – Cobre/Níquel, conexión rosca $\frac{3}{4}$ " (Figura 4.38)
BE-302	Detector de llama, tipo ultravioleta, rango (-18/121 °C), 5 psi, Modelo: C7035A, Marca: Honeywell (Figura 4.39)
XX-302	Transformador de ignición 220 VAC – 14KV, Modelo: Q652B1014, Marca: Honeywell. (Figura 4.40)
BC-302	Controlador de llama, alimentación: 120 VAC/20 A, 6.3 W, Modelo: RM7895, Marca: Honeywell. (Figura 4.40)
TIC-302	Controlador de temperatura, 2 entradas a TC, salidas de 0-20 mA o a relé, Modelo: UDC5000, Marca: Honeywell. (Figura 4.41)
TI- (302A,30B, ... 302F)	Termómetros bimetalicos, exactitud +/- 1% full escala, dial de 3", conexión $\frac{1}{2}$ " NPT, escala en °C y °F, rango (10/290 °C). Modelo: BTB3407D. Marca: Dwyer (Figura 4.42)
PSL-302 PSH-302	Interruptor de presión Tipo: SMD, Modelo: 8021204007, 17 – 6" WC, Marca: ANTUNES CONTROL (Figura 4.43)

Tabla 4.5. Instrumentación en Lazos de Control en las Zonas de Enfriado, Corte y Embobinado de la máquina de MAT.

Tag Number	Descripción
PSD-402	Switch de presión de aire, rango (95 – 125 lb/pulg ²), Modelo: 69MB7X331, Marca: Siemens. (Figura 4.33)
TT-402	Termorresistencia PT 100, 2 hilos en oxido de magnesio, conexión a niple, longitud de inserción 4" (Figura 4.45)
ZY- (501A,501B)	Válvula neumática 5/2 vías con accionamiento por solenoide, NPT $\frac{1}{4}$ " rango de (22.5 – 12 psi), Temperatura (-10/ 60 °C) a 24 VDC,



	Modelo: JMFH-5, Marca: FESTO (Figura 4.31)
ZY-502	Válvula neumática 5/2 vías con accionamiento por solenoide, NPT ¼" rango de (22.5 – 12 psi), Temperatura (-10/ 60 °C) a 24 VDC, Modelo: JMFH-5, Marca: FESTO (Figura 4.31)
WIC-503	Controlador de tensión, 110 VAC/2A, pantalla digital, Modelo: S4 digital, Marca: Montalvo (Figura 4.46)

4.1.4 Descripción del Funcionamiento de los Equipos de Instrumentación de la Máquina de MAT.

De acuerdo a los requerimientos del proceso, se realizó la selección de la instrumentación que permita la medición y control de las diferentes variables asociadas a la máquina de MAT. Los cuales se describen a continuación:

4.1.4.1 Lazo de Presión de Aire (101)

PY-101: Es un convertidor I/P, que transforma la señal eléctrica a neumática hacia el cilindro o pistón (P101), el cual se debe fijar a una presión determinada, a fin de lograr que los rodillos de suministro de hilos de fibra no regresen la materia prima. Esta señal será transmitida desde el PLC. (**Ver Figura 4.26**)



Figura 4.26. Convertidor I/P Modelo: TEIP11 ABB

Fuente: Elaboración Propia.



PCV-101: Es una válvula auto-regulada de presión, la cual controla el cilindro neumático (P101) para mantener la presión sobre los hilos de fibra de vidrio, regulando la presión de aire ejercida hacia el pistón de los rodillos de suministro, su señal proviene desde el PLC. **(Ver Figura 4.27)**



Figura 4.27. Válvula auto-regulada Modelo: Bosch Rexroth AG

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.4.2 Lazo de Posición (102)

ZS-(102A, 102B): Son finales de carrera, detectan que la malla ha continuado desalineándose a la izquierda o a la derecha, indicando una falla en el sistema de control de posición, que producirá que se apague la máquina. **(Ver Figura 4.28).**



Figura 4.28. Finales de Carrera Modelo: XCKJ167 Telemecanique.

Fuente: Elaboración Propia.



ZE-(102A, 102B): Sensores capacitivos, detectan la desalineación a la derecha o a la izquierda de la malla transportadora y permiten el accionamiento de los cilindros (P102A) y (P102B). Envían una señal de 1 o 0 al PLC para la activación de las válvulas solenoides. **(Ver Figura 4.29).**



Figura 4.29. Sensores Capacitivos Modelo: XT1M18 Telemecanique.

Fuente: Elaboración Propia.

ZY-(102A, 102B): Válvulas neumática 5/2 vías con accionamiento por solenoide, controla la acción de los cilindros (P102A) y (P102B) para alinear la malla transportadora. **(Ver Figura 4.30).**



Figura 4.30. Válvula Solenoide Modelo: JMFH-5 FESTO

Fuente: Elaboración Propia.



4.1.4.3 Lazo de Nivel (201)

LSL-201A, LSH-201A: Son interruptores de nivel de tipo contacto Reed, los cuales cumplen la función de transmitir el estado de nivel de agua en la tolva de resina1 (TR201), hacia el PLC, con el fin de evitar un rebose de nivel o un nivel muy bajo de operación en la tolva de resina 1. **(Ver Figura 4.31)**



Figura 4.31. Modelo: FGMHS Dwyer

Fuente: Elaboración Propia.

LSL-201B, LSH-201B: Son interruptores de nivel de tipo contacto Reed, los cuales cumplen la función de transmitir el estado de nivel de agua en la tolva de resina2 (TR202), hacia el PLC, con el fin de evitar un rebose de nivel o un nivel muy bajo de operación en la tolva de resina 2. **(Ver Figura 4.31).**

4.1.4.4 Lazo de Agua (202)

PSL-202 y PSH-202: Interruptor de presión de baja y alta, tipo diferencial, para la línea de rociado de agua, toma la diferencia de la presiones alta y baja de la línea de agua y cuando el factor sobrepasa el valor preestablecido o es inferior a este emite una señal hacia el PLC indicando una falla de operación en las bombas de rociado y reciclaje de agua (M203) y (M204). **(Ver Figura 4.32).**

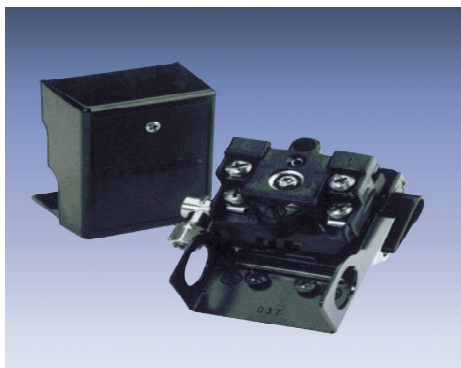


Figura 4.32. Interruptor Modelo: XMLA010A2S13 Telemecanique.

Fuente: Elaboración Propia.

PT-202: Transmisor de presión, transmite el estado de la presión de la línea de agua en tuberías de rociado, hacia el PLC a fin de monitorear esta señal por medio del sistema SCADA. **(Ver Figura 4.33).**



Figura 4.33. Transmisor de presión Modelo 626-12-CH-P1-E1-S1 Dwyer

Fuente: Elaboración Propia.

PI-(202A, 202B): Indicadores de presión, tipo manómetros, indican la presión local en las tuberías de agua de rociado y reciclaje. **(Ver Figura 4.34).**



Figura 4.34. Manómetro Modelo FBG-D0722N Dwyer

Fuente: Elaboración Propia.

FHV-(202A, 202B): Válvulas manuales auto-reguladoras de flujo de agua para la línea de rociado y línea de reciclaje de agua.

4.1.4.5 Lazo de Temperatura (301) y (302)

ZY-(301A, 301B) y ZY-(302A, 302B): Válvulas solenoides de bajo y alto fuego en el quemador (BE301) y el quemador (BE302), permiten controlar la llama en los quemadores, son activadas por una señal del controlador. **(Ver Figura 4.35).**



Figura 4.35. Válvulas Solenoide de Gas Honeywell

Fuente: Elaboración Propia.



PCV-301 y PCV-302: Válvula auto-regulada de presión para el control de la línea de gas en el quemador (BE301) y el quemador (BE302) (**Ver Figura 4.27**).

TT-(301A, 301B) y TT-(302A, 302B): Termocuplas tipo J, monitoreo y control de la temperatura en el horno (H301) y el horno (H302), son transductores de temperatura, los cuales envían una señal de analógica de voltaje al controlador y al PLC para el ajuste de la temperatura de los hornos. (**Ver Figura 4.36**).



Figura 4.36. Termocuplas tipo J y K de 3 hilos

Fuente: Elaboración Propia.

BE-301 y BE-302: Detector de llama tipo ultravioleta en el horno (H301) y el horno (H302), su función es detectar la presencia de llama en los quemadores de los hornos para enviar la señal al controlador. (**Ver Figura 4.37**).



Figura 4.37. Sensor ultravioleta Modelo: C7035A Honeywell

Fuente: Elaboración Propia.



XX-301: Transformador de ignición en el horno (H301) y el horno (H302), permite el encendido de los quemadores a gas por medio de una chispa generada en el lado secundario a un gran voltaje en el vacío. **(Ver Figura 4.38).**



Figura 4.38. Transformador de ignición Honeywell

Fuente: Elaboración Propia.

BC-301 y BC-302: Controlador de llama para el quemador (BE301) y el quemador (BE302), ejerce el control de llama sobre los quemadores, recibe las señales de los sensores (BE301) y (BE302), para la apertura o cierre de las válvulas de alto y bajo fuego y activar el transformador de ignición, así como generar una serie de señales hacia el PLC. **(Ver Figura 4.39).**



Figura 4.39. Controlador de Llama Honeywell

Fuente: elaboración Propia.



TIC-301 y TIC-302: Controlador e indicador de temperatura en el horno (H301) y el horno (H302), ejerce la función de control de la temperatura en los hornos, posee dos entradas de termopar, las cuales provienen de las termocuplas conectadas en cada horno, a fin de realizar un ajuste a un valor de 200 °C aproximadamente en ambos hornos. **(Ver Figura 4.40).**



Figura 4.40. Controlador UDC 5000 Honeywell

Fuente: Elaboración Propia.

TI-(301A... 301F) y TI-(302A... 302F): Indicadores de temperatura en el horno (H301) y el horno (H302) tipo termómetros bimetálicos, su función de indicación local de la temperatura alrededor de cada uno de los hornos, y permitir observar en cada zona de los hornos que la temperatura es uniforme. **(Ver Figura 4.41).**



Figura 4.41. Termómetro Bimetálico Modelo BTB3407D Dwyer

Fuente: Elaboración Propia.



PSL-(301A, 301B) y PSL-(301A, 301B): Interruptor de presión baja y alta en la línea de gas del horno (H301) y el horno (H302), permite detectar los niveles altos y bajos de la presión de gas en las tuberías de los quemadores de los hornos, y generar una señal hacia el PLC para producir alarmas. **(Ver Figura 4.42).**



Figura 4.42. Interruptor de presión de Gas

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4.6 Lazo de agua Fría (402)

PSD-402: Interruptor de presión baja y alta, tipo diferencial en la línea neumática que alimenta los cilindros (P402A) y (P402B), permite mantener la presión de aire en los cilindros a fin de evitar posibles fallas por bajos o altos niveles de presión en la línea de aire de la zona de enfriado, envía una señal hacia el PLC y se puede visualizar en el sistema SCADA. **(Ver Figura 4.32)**

TT-402: Termorresistencia PT 100, medición de la temperatura en el chiller (CH402), transductor a base de resistencias para la medición de la temperatura de enfriado la cual es aproximadamente 12 °C, envía una señal analógica al PLC, y se visualiza en el sistema SCADA. **(Ver Figura 4.43).**



Figura 4.43. RTD PT100 de 3 hilos

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.4.7 Lazos de Tensión y embobinado (501), (502) y (503)

ZY-(501A, 501B): Válvulas neumáticas 5/2 vías con accionamiento por solenoide, controlan los cilindros (P501A) y (P501B) de las cuchillas laterales para ejecutar la acción de corte lateral ambas deben estar correctamente alineadas y en forma simultanea. Son accionadas por el PLC. **(Ver Figura 4.30).**

ZY-(502A, 502B): Válvula neumática 5/2 vías con accionamiento por solenoide, controla los cilindros (P502A) y (P502B) de la guillotina. Ejerce el control sobre los actuadores que permiten el desplazamiento de la guillotina. **(Ver Figura 4.30).**

PSD-502: Interruptor de presión baja y alta, tipo diferencial en la línea neumática que alimenta los cilindros (P502A) y (P502B). **(Ver Figura 4.32).**

WIC-503: Controlador de tensión (N) en la tela de fibra de vidrio, su función es evitar la ruptura de la tela al embobinarse o que la tela quede muy holgada en la bobina. Genera señales tomadas en el PLC. **(Ver Figura 4.44).**



Figura 4.44. Controlador de Tensión Montalvo S4

Fuente: Elaboración Propia.

WE-503: Celda de carga para la transmisión de datos y señales desde la línea de proceso hacia el controlador de tensión (WIC-530). **(Ver Figura 4.45).**



Figura 4.45. Celda de Carga Montalvo

Fuente: Elaboración Propia.

WS-503: Croché o freno de aire para detener el embobinado de carga de material. **(Ver Figura 4.46).**



Figura 4.46. Freno o Croché Neumático

Fuente: Elaboración Propia.



4.1.5 Equipos de Protección y Maniobras de Bombas y Motores de la Máquina de Tela de Fibra de Vidrio (MAT).

En la automatización de un proceso industrial, se debe tener en cuenta un factor de gran importancia como la seguridad y maniobra de los diferentes actuadores eléctricos involucrados con el proceso. Para la producción de MAT (tela de fibra de vidrio) es necesario el accionamiento de una serie de motores, los cuales permiten el movimiento de los diferentes rodillos y bombas.

La ingeniería básica y de detalles no solo cuenta con los diferentes actuadores eléctricos e instrumentación asociada a la medición y control de las diferentes variables involucradas con el proceso, también involucra el dimensionado de los gabinetes de control y fuerza, paneles de maniobra, canalizaciones de los diferentes elementos de campo y señales de control del sistema hacia los controladores, selección de los equipos de protección y maniobra (Contactores, Térmicos, Guarda motores, Relés, Fusibles, Interruptores y Variadores de Velocidad y frecuencia).

4.1.6 Selección de los equipos de protección y maniobra.

La selección de los diferentes equipos de protección y maniobra para la máquina de MAT, se realizó de acuerdo a las especificaciones obtenidas en motores y bombas y con el diseño del sistema de control automatizado.

4.1.6.1 Variadores de Velocidad para los motores de la máquina de MAT

Los equipos convertidores de frecuencia, permiten realizar un control en la velocidad y accionar los motores, que requieren estar sincronizados a una velocidad específica de acuerdo con el diseño automatizado del proceso. **(Tabla 4.6).**



Tabla 4.6. Especificaciones de los Convertidores de Frecuencia utilizados para la máquina de MAT

Tag Number	Descripción
VV101	Variador de Velocidad, 220VAC, potencia 1,5kW, tamaño A Micro Máster 420, Modelo: 6SE6420-2UC21-5BA0 Siemens
VV102	Variador de Velocidad, 220VAC, potencia 1,1kW, tamaño A Micro Máster 420, Modelo: 6SE6420-2UC21-1BA0 Siemens
VV201	Variador de Velocidad, 220VAC, potencia 2.25W, tamaño B Micro Máster 420, Modelo: 6SE6420-2UC17-5AA0 Siemens
VV202	Variador de Velocidad, 220VAC, potencia 2.25kW, tamaño B Micro Máster 420, Modelo: 6SE6420-2UC17-5AA0 Siemens
VV205	Variador de Velocidad, 220VAC, potencia 2.25kW, tamaño B Micro Máster 420, Modelo: 6SE6420-2UC17-5AA0 Siemens
VV303	Variador de Velocidad, 220VAC, potencia 15kW, tamaño D Micro Máster 440, Modelo: 6SE6440-2UC31-5DA1 Siemens
VV304	Variador de Velocidad, 220VAC, potencia 15kW, tamaño D Micro Máster 440, Modelo: 6SE6440-2UC31-5DA1 Siemens
VV401	Variador de Velocidad, 220VAC, potencia 7,5kW, tamaño D Micro Máster 440, Modelo: 6SE6440-2UC27-5DA1 Siemens
VV501	Variador de Velocidad, 220VAC, potencia 1,5kW, tamaño A Micro Máster 420, Modelo: 6SE6420-2UC21-5BA0 Siemens

4.1.6.1.1 Descripción de los Variadores Utilizados

La serie MICROMASTER 420 y 440, es una gama de convertidores de frecuencia (variadores) para modificar la velocidad de motores trifásicos. Están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto les hace fiables y versátiles. Un método



especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor.

VV101: Variador de Velocidad para el control del motor (M101) de los rodillos de suministro de hilo de fibra de vidrio. **(Ver Figura 4.47).**



Figura 4.47. Variador de Velocidad Micro Máster 420 Tamaño A

Fuente: Catalogo MICROMASTER 4.

VV102: Variador de Velocidad para el motor (M102) que controla el rodillo Spiner en la zona de formación. **(Ver Figura 4.47).**

VV201: Variador de Velocidad para el control del motor (M201) del rodillo de suministro de la tolva 1 (TR201) en la zona de impregnación. **(Ver Figura 4.48).**



Figura 4.48. Variador de Velocidad Micro Máster 420 Tamaño B

Fuente: Catalogo MCROMASTER 4.



VV202: Variador de Velocidad para el control del motor (M202) del rodillo de suministro de la tolva 2 (TR202) en la zona de impregnación. **(Ver Figura 4.48).**

VV205: Variador de Velocidad para el control del motor (M201) de vibración de la malla transportadora. **(Ver Figura 4.48).**

VV303: Convertidor de Frecuencia para el control de la velocidad del motor (M303) de la turbina de aire del Horno 1 (H301). **(Ver Figura 4.49).**



Figura. 4.49. Convertidor de Frecuencia Micro Máster 440 Tamaño D

Fuente: Catalogo MICROMASTER 4.

VV304: Convertidor de Frecuencia para el control de la velocidad del motor (M304) de la turbina de aire del Horno 2 (H302). **(Ver Figura 4.49).**

VV401: Convertidor de Frecuencia para el control de la velocidad del motor (M401) de la malla transportadora. **(Ver Figura 4.49).**

VV501: Variador de Velocidad para el control del motor (M501) de los rodillos de embobinado de la tela. **(Ver Figura 4.47).**



4.1.6.1.2 Características del Micro Máster 420

Los convertidores de frecuencia de la serie Micro Máster 420, cuenta con una serie de funciones que permiten realizar un control de velocidad de un motor según la aplicación deseada. En la **(Tabla 4.7)**, se muestran las especificaciones de estos equipos. Para obtener mayor información consultar el manual de servicio del fabricante para el MICROMASTER 420 en el Apéndice B.

Tabla 4.7. Especificaciones de bornes del Micro Máster 420

Borne	Significado	Funciones
1	-	+10 V
2	-	0 V
3	ADC+	Entrada Analógica (+)
4	ADC-	Entrada Analógica (-)
5	DIN1	Entrada Digital 1
6	DIN2	Entrada Digital 2
7	DIN3	Entrada Digital 3
8	-	Salida Aislada +24 V / máx. 100 mA
9	-	Salida Aislada 0 V / máx. 100 mA
10	RL1-B	Salida Digital / Contacto de Trabajo
11	RL1-C	Salida Digital / Conmutador
12	DAC+	Salida Analógica (+)
13	DAC-	Salida Analógica (-)
14	P+	Conexión RS485
15	N-	Conexión RS485

La configuración del equipo se realiza por medio de parámetros a los cuales se puede acceder por el panel operador en la parte frontal del mismo o por el uso de un



software de aplicación, "Drive Monitor" o "STARTER" desde una PC, y de acuerdo con esto se realiza el ajuste necesario para la puesta en servicio del equipo, teniendo en cuenta el cableado eléctrico del mismo. **(Ver Figura 4.50).**



Figura 4.50. Borneras de Conexiones Eléctricas del Micro Máster 420

Fuente: Catalogo MICROMASTER 4.

4.1.6.1.3 Características del Micro Máster 440

Los convertidores de la serie MICROMASTER 440 son convertidores de frecuencia para la regulación de par y velocidad en motores trifásicos. En la **(Tabla 4.8)**, se muestran las especificaciones de estos equipos. Para obtener mayor información consultar el manual de servicio del fabricante para el MICROMASTER 440 en el Apéndice B.

Tabla 4.8. Especificaciones de bornes del Micro Máter 440

Borne	Significado	Funciones
1	-	+10 V
2	-	0 V
3	ADC1+	Entrada Analógica 1 (+)
4	ADC1-	Entrada Analógica 1 (-)



CAPÍTULO IV. MARCO OPERACIONAL



5	DIN1	Entrada Digital 1
6	DIN2	Entrada Digital 2
7	DIN3	Entrada Digital 3
8	DIN4	Entrada Digital 4
9	-	Salida Aislada +24 V / máx. 100 mA
10	ADC2+	Entrada Analógica 2 (+)
11	ADC2-	Entrada Analógica 2 (-)
12	DAC1+	Salida Analógica 1 (+)
13	DAC1-	Salida analógica 1 (-)
14	PTCA	Conexión para PTC / KTY84
15	PTCB	Conexión para PTC / KTY84
16	DIN5	Entrada Digital 5
17	DIN6	Entrada Digital 6
18	DOUT1/NC	Salida digital 1 / contacto de reposo
19	DOUT1/NO	Salida digital 1 / contacto de trabajo
20	DOUT1/COM	Salida digital 1 / conmutador
21	DOUT2/NO	Salida digital 2 / contacto de trabajo
22	DOUT2/COM	Salida digital 2 / conmutador
23	DOUT3/NC	Salida digital 3 / contacto de reposo
24	DOUT3/NO	Salida digital 3 / contacto de trabajo
25	DOUT3/COM	Salida digital 3 / conmutador
26	DAC2+	Salida Analógica 1 (+)
27	DAC2-	Salida analógica 1 (-)
28	-	Salida aislada 0 V / máx. 100 mA
29	P+	Conexión RS485
30	N-	Conexión RS485



Al igual que con el convertidor Micro Máster 420, los modelos serie 440 también se le pueden configurar los parámetros accediendo por el panel operador en la parte frontal del mismo o por el uso de un software de aplicación, "Drive Monitor" o "STARTER" desde una PC, teniendo siempre en cuenta el cableado eléctrico realizado en el equipo. **(Ver Figura 4.51).**

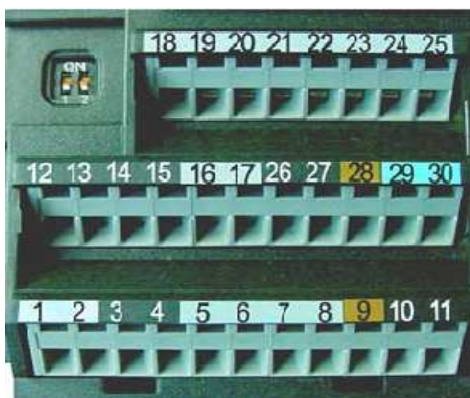


Figura 4.51. Bornes de Conexión Eléctrica del MICROMASTER 440

Fuente: Catalogo MICROMASTER 4.

4.1.6.1.4 Comunicación del Convertidor MICROMASTER

El MICROMASTER posee dos interfaces de comunicación en serie, que pueden funcionar simultáneamente, denominadas de la siguiente forma:

- ✓ Interface BOP
- ✓ Interface COM

A esas interfaces se le pueden conectar diferentes unidades: paneles de mando como el BOP y el AOP, PC con Drive Monitor y STARTER, tarjetas de interface para PROFIBUS DP, DeviceNet y CAN, controles programables con procesadores para comunicación etc. **(Ver Figura 4.52).**

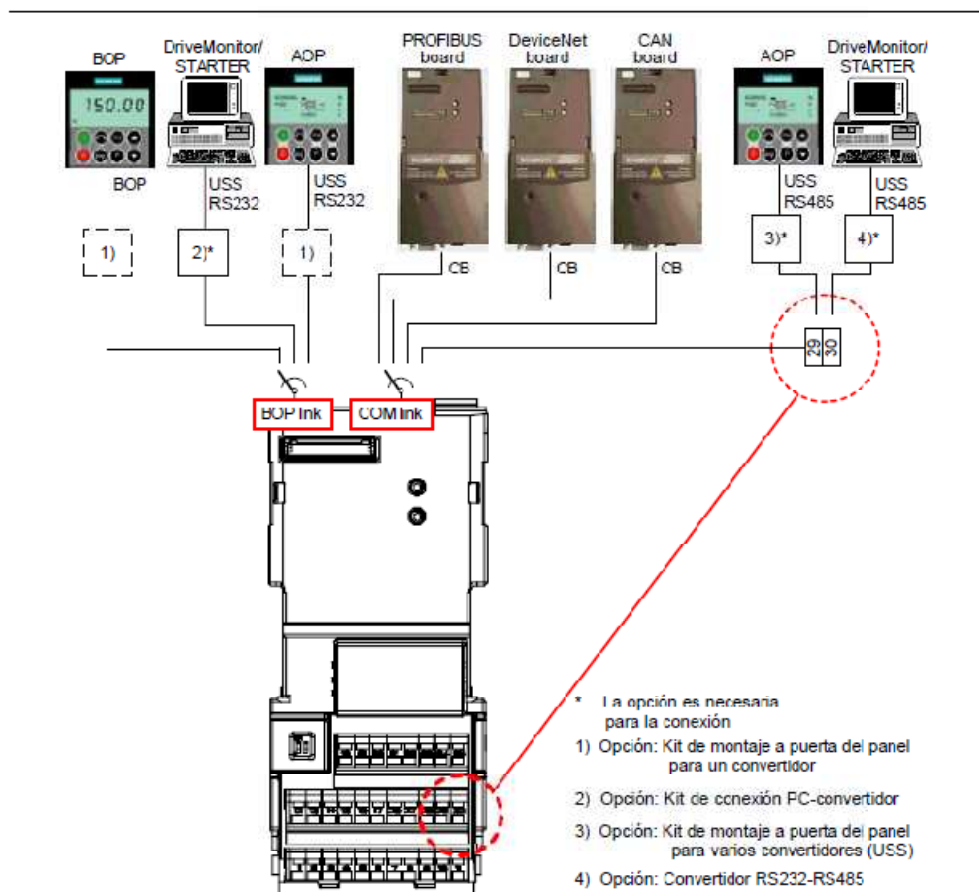


Figura 4.52. Interfaces de Comunicación del Convertidor MICROMASTER

Fuente: Catalogo MICROMASTER 4.

4.1.6.1.4.1 Descripción de la Red de Comunicación MICROMASTER

Para el control de velocidad de la máquina de MAT (Tela de Fibra de Vidrio), se diseñó un sistema de comunicación basado en una Red PROFIBUS-DP, el cual es un protocolo de comunicación industrial de alta velocidad utilizado con buses de campo soportado por los convertidores Micro Máster 440 y 420, mediante la adquisición de un módulo de comunicación. **(Ver Figura 4.53).**



Figura 4.53. Modulo de Comunicación Profibus-DP
Fuente: Catalogo MICROMASTER 4.

4.1.6.1.4.2 Estructura del bus en conexión COM (RS485)

Para que el bus funcione libre de interferencias se deben conectar resistencias a ambos extremos de los cables del bus. El cable del bus se debe ver como una única línea desde el primer usuario (maestro) al último (convertidor), o sea hay que poner una resistencia en cada extremo del cable. **(Ver Figura 4.54).**

Para la comunicación de MICROMASTER vía RS485 se necesita:

- ✓ Alimentación de corriente
- ✓ Una resistencia terminal en cada extremo del bus entre P+ y N-

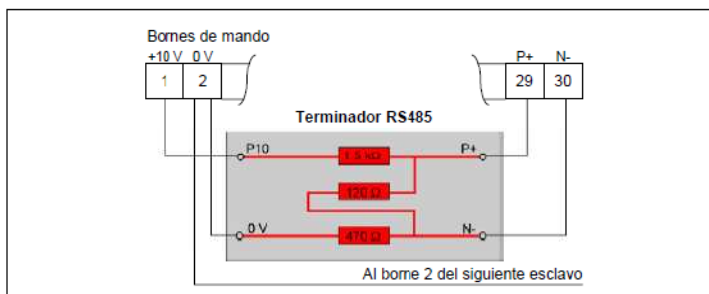
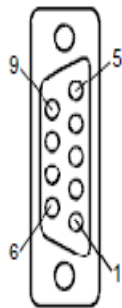


Figura 4.54. Conexión de Resistencias de Terminal del Bus RS485
Fuente: Catalogo MICROMASTER 4.

4.1.6.1.5 Comunicación con MICROMASTER 4 mediante PROFIBUS-DP

El módulo opcional PROFIBUS dispone de un conector sub-D de 9 pines previsto para la conexión al sistema PROFIBUS. Las conexiones son resistentes a cortocircuito y tienen aislamiento galvánico. (Ver Figura 4.55).



Pin	Denominación	Significado	Rango
1	SHIELD	Conexión a tierra	
2	-	No ocupado	
3	RxD/TxD-P	Recepción/transmisión de datos P (B/B')	RS485
4	CNTR-P	Señal de control	TTL
5	DGND	Potencial de referencia de datos PROFIBUS (C/C')	
6	VP	Tensión de alimentación positiva	5 V ± 10 %
7	-	No ocupado	
8	RxD/TxD-N	Recepción/transmisión de datos N (A/A')	RS485
9	-	No ocupado	

Figura 4.55. Conector Sub –D de 9 Pines del Modulo Profibus

Fuente: Catalogo MICROMASTER 4.

Los esclavos PROFIBUS tienen diferentes características de prestaciones. Para que todos los sistemas maestros puedan acceder correctamente a un esclavo con sus posibilidades individuales los rasgos característicos de un esclavo quedan recogidos en su archivo maestro de datos de equipo.

4.1.6.1.5.1 Datos cíclicos del MICROMASTER 4 mediante PROFIBUS-DP

El control del MICROMASTER 4 se produce por el canal cíclico de PROFIBUSDP. Además se pueden intercambiar parámetros por esta vía. La estructura de datos útiles para el canal cíclico se define en el perfil PROVIDrive



Versión 2.0 y se designa como PPO (objeto parámetros-datos de proceso). El perfil PROVIDrive fija para los accionamientos la estructura de datos útiles con la que puede acceder un maestro a los esclavos (accionamientos) por comunicación de datos cíclica.

4.1.6.1.5.2 Estructura de datos útiles según PPO

La estructura de datos útiles en la comunicación de datos cíclica se subdivide en dos áreas que se pueden transmitir en cada telegrama:

Área de datos de proceso (PZD), es decir, palabras de mando y valores de consigna, así como información de estado y valores reales.

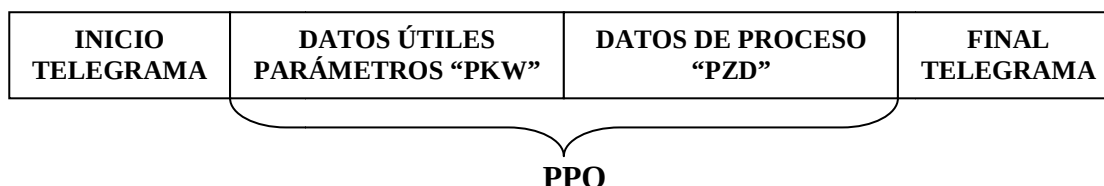
Área de, parámetros (PKW) para leer/escribir valores de parámetros, por ejemplo: Lectura de fallos, así como lectura de información sobre las características de un parámetro, como por ejemplo: Lectura de los límites mín/máx, etc.

El tipo de PPO con el que el maestro PROFIBUS-DP se dirige al convertidor se puede fijar durante la instalación del sistema de bus cuando se toca lo referente a los datos de configuración. La selección del correspondiente tipo de PPO depende de la tarea del accionamiento en la interconexión con el sistema de automatización.

Los datos de proceso siempre se transmiten se procesan en el accionamiento con prioridad más alta y en los intervalos de tiempo más cortos. Con los datos de proceso se controla el accionamiento dentro del sistema de automatización, por ejemplo: conectándolo o desconectándolo, fijando valores de consigna, etc. Con ayuda del área de parámetros el usuario tiene acceso opcional a todos los parámetros existentes en el convertidor mediante el sistema de bus. Por ejemplo, lectura de



información de diagnóstico detallada, mensajes de fallo, etc. Los telegramas de la transmisión cíclica de datos tienen por consiguiente la siguiente estructura básica:



Según el perfil de accionamientos de velocidad variable PROVIDriveVersión 2.0 se definen cinco tipos de PPO mostrados en la siguiente figura:

Datos útiles sin área de parámetros y dos o seis palabras de datos de proceso
 Datos útiles con área de parámetros y dos, seis o diez palabras de datos de proceso.

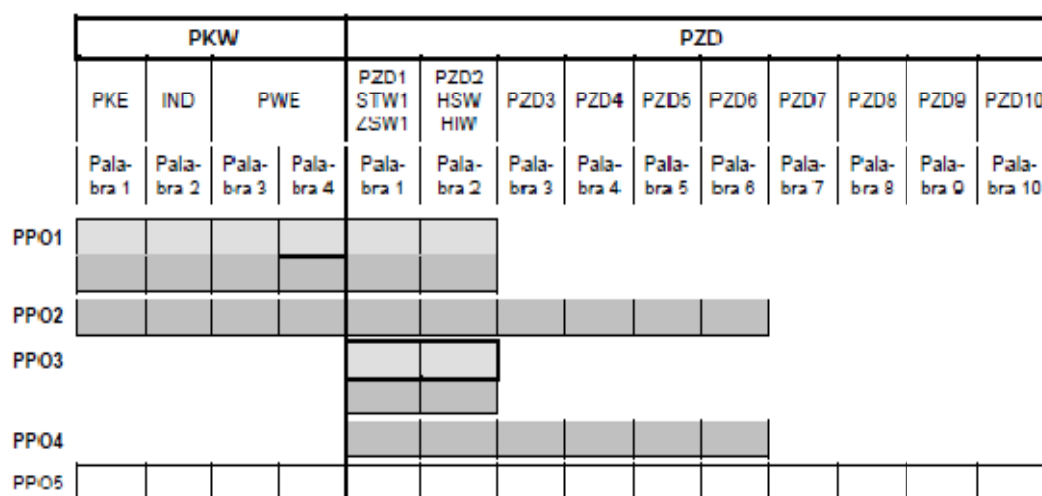


Figura 4.56. Tipos de PPO del MICROMASTER

Fuente: Catalogo MICROMASTER 4

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| PKW: Valor de parámetro | STW: Palabra de mando 1 |
| PZD: Datos de proceso | ZSW: Palabra de estado 1 |
| PKE: Identificador de parámetro | HSW: Valor de consigna principal |
| IND: Índice | HIW: Valor real principal |
| PWE: Valor de parámetro | |

Área de datos de parámetros (PKW): Con la parte del telegrama PKW (valor e identificador de parámetro) se puede ver y/o modificar cualquier parámetro del convertidor.”Mecanismo PKW”.

Área de datos de proceso (PZD): Con los datos de proceso se pueden transmitir palabras de mando y valores de consigna (Petición: maestro → convertidor) así como palabras de estado y valores reales (Respuesta: convertidor → maestro). Los datos de proceso transmitidos sólo son efectivos cuando los bits utilizados de las palabras de mando, los valores de consigna, las palabras de estado y los valores reales. "Cableado de datos de proceso“. (Ver Anexo E)

En la figura 4.56 se muestra un esquema de conexión de la red Profibus-DP con Micro Máster 4, con esquema maestro esclavos donde el primer y último esclavo de la red requiere de una resistencia terminal. **(Ver Figura 4.57).** (Ver Anexo A)

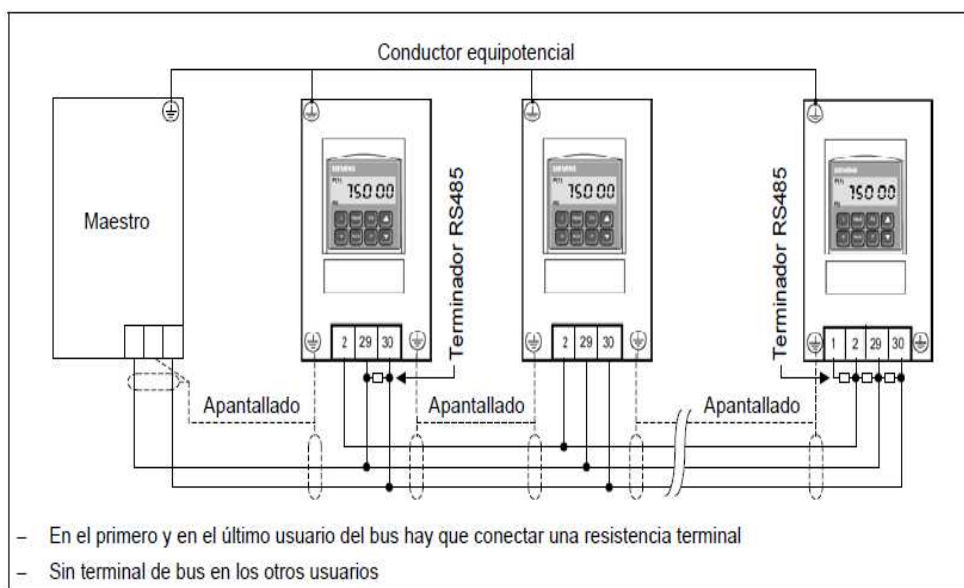


Figura 4.57. Conexión del Bus en Red Profibus-DP

Fuente: Catalogo MICROMASTER 4.



4.1.6.2 Contactores y Relés para los motores de la máquina de MAT

Los arranques de los motores que no tienen una aplicación específica, utilizan equipos contactores, los cuales permiten el accionamiento de los motores al energizar su bobina por medio de una señal de control proveniente desde el PLC. En la (Tabla 4.9) se tienen las especificaciones de los diferentes contactores.

Tabla 4.9. Especificaciones de los contactores y relé de la máquina de MAT.

Tag Number	Descripción
K103-1, K103-2, K103-3	Contactador trifásico 220VAC, 15kW, bobina 110VAC, 2NO, 2NC, S2, Modelo: 3RT10 36-1AF04 Siemens
K203 K204	Contactador trifásico 220VAC, 2.2kW, bobina 110VAC, 1NO, S00, Modelo: 3RT10 15-1AF01 Siemens
K305	Contactador trifásico 220VAC, 2.2kW, bobina 110VAC, 1NO, S00, Modelo: 3RT10 15-1AF01 Siemens
K402, K403, K404, K405, K406, K407, K408, K409, K410	Contactador trifásico 220VAC, 2.2kW, bobina 110VAC, 1NO, S00, Modelo: 3RT10 15-1AF01 Siemens
K502-1 K502-2	Contactador trifásico 220VAC, 2.2kW, bobina 110VAC, 1NO, S00, Modelo: 3RT10 15-1AF01 Siemens
K502-1A K502-2A	Contactos Auxiliares 2NC, 2NO, montaje frontal en Contactador S00, Modelo: 3RH1911-1FA22 Siemens
KT103	Relé Temporizador, (1 – 20s), bobina 110-220VAC, 1NO + 1NO, Modelo: 3RP15 74-1NQ30 Siemens
K301, K302 K400A, K400B	Relé de 8 pines, bobina 110VAC, 2NO, 2NC Modelo: 3FPDT Siemens
UK501 UK502	Módulo de unión para contactores y guarda motores S00, Modelo: 3RA19 11-1A Siemens



K103-1, K103-2, K103-3: Contactores para el arranque en estrella – triangulo del motor (M103) del extractor de aire de la zona de formación. **(Ver Figura 4.58).**



Figura 4.58. Contactor 3RT10 36-1AF04 Siemens

Fuente: Catalogo Siemens.

K203, K204: Contactores para el arranque directo de los motores (M203) y (M204) de las bombas de rociado y reciclaje de agua. **(Ver Figura 4.59).**



Figura 4.59. Contactor 3RT10 15-1AF01 Siemens

Fuente: Catalogo Siemens.

K305, K402: Contactores para los motores (M305) y (M402) del rodillo del cepillo limpiador y de la bomba de agua de enfriado. **(Ver Figura 4.59).**



K403, K404... K410: Contactores para el arranque de los 8 motores de los ventiladores de enfriado (M403... M410). (**Ver Figura 4.59**).

K502-1, K502-2: Contactores para el arranque con inversión de giro del motor (M502) de la balanza de embobinado y carga. (**Ver Figura 4.59**).

K502-1A, K502-2A: Contactos auxiliares para montaje en Contactor (K502) para el arranque en inversión de giro. (**Ver Figura 4.60**).



Figura 4.60. Contactos Auxiliares 3RH1911-1FA22 Siemens

Fuente: Catalogo Siemens.

KT103: Relé temporizado a la conexión para el arranque estrella – triangulo del motor (M103) del extractor de aire. (**Ver Figura 4.61**).



Figura 4.61. Relé Temporizado 3RP15 74-1NQ30 Siemens

Fuente: Catalogo Siemens.



K301, K302: Relé de 8 pines para el arranque de los motores monofásicos (M301) y (M302) de los quemadores de los hornos. **(Ver Figura 4.62).**



Figura 4.62. 3FPDT Siemens

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.6.3 Relés Térmicos de Protección para los motores de la máquina de MAT

Para la protección de los motores por sobre corrientes, o sobrecargas en los arranques, se requiere del uso de relés térmicos, que permitan desactivar el funcionamiento del motor ante sobrecargas prolongadas que puedan dañar los equipos o quemarlos, en la **(Tabla 4.10)**.

Tabla 4.10. Especificaciones de los Relés Térmicos de la máquina de MAT.

Tag Numer	Descripción
OL103	Relé de Sobrecarga trifásico, rango 40-50A, montaje en Contactor, Modelo: 3RU1136-4HB0 Siemens
OL203 OL204	Relé de Sobrecarga trifásico, rango 3,5-5A, montaje en Contactor, Modelo: 3RU1116-1FB0 Siemens
OL305	Relé de Sobrecarga trifásico, rango 4,5-6,3A, montaje en Contactor, Modelo: 3RU1116-1GB0 Siemens
OL402	Relé de Sobrecarga trifásico, rango 3,5-5A, montaje en Contactor, Modelo: 3RU1116-1FB0 Siemens
OL403, OL404, OL405 OL406, OL407, OL408 OL409, OL410	Relé de Sobrecarga trifásico, rango 1,4-2A, montaje en Contactor, Modelo: 3RU1116-1BB0 Siemens
OL502	Relé de Sobrecarga trifásico, rango 4,5-6,3A, montaje en Contactor, Modelo: 3RU1116-1GB0 Siemens



OL103: Relé térmico de sobre carga para la protección del motor (M103), montaje en Contactor. **(Ver Figura 4.63).**



Figura 4.63. Relé de sobre carga 3RU1136 Siemens

Fuente: Catalogo Siemens.

OL203, OL204, OL402: Relé térmico de sobre carga para la protección de los motores (M203), (M204) y (M402), montaje en Contactor. **(Ver Figura 4.64).**



Figura 4.64. Relé de sobre carga 3RU1116 Siemens

Fuente: Catalogo Siemens.

OL305, OL502: Relé térmico de sobre carga para protección de los motores (M305) y (M502). **(Ver Figura 4.64).**

OL403, OL404... OL410: Relé térmico de sobre carga para protección de los motores de los ventiladores de enfriado (M403... M410). **(Ver Figura 4.64).**



4.1.6.4 Guarda Motores para la máquina de MAT

Los esquemas de fuerza para los arranque de los motores, requieren de un dispositivo de maniobra que permita el accionamiento del motor con las líneas de alimentación en forma de interruptor automático, para cumplir esta función se diseñaron los guarda motores que funcionan como interruptores automáticos de la alimentación del motor, en la **(Tabla 4.11)** se muestran sus características.

Tabla 4.11. Especificaciones de los Guarda Motores de la máquina de MAT.

Tag Number	Descripción
Q101	Guarda motor trifásico con rango de disparo de 4,5–6,3A Modelo: 3RV10 11-1GA10 Siemens
Q102	Guarda motor trifásico con rango de disparo de 2,2–3,2A Modelo: 3RV10 11-1DA10 Siemens
Q103	Guarda motor trifásico con rango de disparo de 40–50A Modelo: 3RV10 31-4HA10 Siemens
Q201 Q202	Guarda motor trifásico con rango de disparo de 1,4–2A Modelo: 3RV10 11-1BA10 Siemens
Q203 Q204	Guarda motor trifásico con rango de disparo de 4,5–6,3A Modelo: 3RV10 11-1GA10 Siemens
Q205	Guarda motor trifásico con rango de disparo de 1,4–2A Modelo: 3RV10 11-1BA10 Siemens
Q303 Q304	Guarda motor trifásico con rango de disparo de 40–50A Modelo: 3RV10 31-4HA10 Siemens
Q305	Guarda motor trifásico con rango de disparo de 4,5–6,3A Modelo: 3RV10 11-1GA10 Siemens
Q401	Guarda motor trifásico con rango de disparo de 22–32A Modelo: 3RV10 31-4EA10 Siemens
Q402	Guarda motor trifásico con rango de disparo de 4,5–6,3A Modelo: 3RV10 11-1GA10 Siemens
Q403, Q404, Q405 Q406, Q407, Q408 Q409, Q410	Guarda motor trifásico con rango de disparo de 1,4–2A Modelo: 3RV10 11-1BA10 Siemens
Q501 Q502	Guarda motor trifásico con rango de disparo de 4,5–6,3A Modelo: 3RV10 11-1GA10 Siemens



Q103, Q303, Q304: Guarda Motor de 2 hp para arranque automático de los motores de los extractores de aire. **(Ver Figura 4.65).**



Figura 4.65. Guarda motor 3RV1031 Siemens

Fuente: Catalogo Siemens.

Q101, Q102: Guarda Motor para los motores de la zona de formación, permite el arranque automático en condiciones normales de trabajo. **(Ver figura 4.66).**



Figura 4.66. Guarda motor 3RV1011 Siemens

Fuente: Catalogo Siemens.

Q201, Q202, Q203, Q204, Q205: Guarda motores para el arranque automático de los motores de la zona de impregnación. **(Ver Figura 4.66).**



Q305, Q402: Guarda Motor para el arranque automático del motor del rodillo limpiador y bomba de enfriado. **(Ver Figura 4.66).**

Q403, Q404... Q410: Guarda Motor para los motores de los ventiladores de enfriado. **(Ver Figura 4.66).**

4.1.6.5 Breaker de protección para la máquina de MAT

Para la alimentación de los equipos de control y potencia de toda la máquina de MAT, se dispone de un sistema de canalizaciones eléctricas, que permite distribuir los diferentes circuitos eléctricos presentes en la máquina y para tal fin se utilizan dispositivos de interrupción de tensión y corriente como los Breaker, en la **(Tabla 4.12)** se muestran las características de estos elementos.

Tabla 4.12. Breaker de alimentación de la máquina de MAT.

Tag	Descripción
BK100	Breaker trifásico, 220VAC, 300A, Modelo: 306-7-40002943 Siemens
BK200	Breaker doble polo, 110VAC, 60A, Modelo: 210-7-40002935 Siemens
BK300	Breaker doble polo, 24VDC, 5A Modelo: 204-7-40002933 Siemens
BK400	Breaker 110VAC, doble polo, 35A Modelo: 215-7-40002985 Siemens
BK500	Breaker 110VAC, 1 polo, 6A Modelo: 106-7-40002944 Siemens
BK600	Breaker 110VAC, 1 polo, 2A Modelo: 106-7-40002934 Siemens
BK700	Breaker 110VAC, 1 polo, 3A Modelo: 106-7-40002924 Siemens

Aparte de los distintos elementos y dispositivos de protección antes mencionados, se requiere del uso de borneras y fusibles, para la distribución de todas las señales eléctricas y de control y de elementos identificadores.

4.1.7 Esquema y Arquitectura de Control propuesto para la automatización de la máquina de MAT.

En la figura 4.67 se observa la arquitectura de control diseñada para la operación del sistema automatizado, tomando en cuenta los principales equipos involucrados, como controladores, variadores de frecuencia, HMI SCADA, equipos de maniobra y de protección.

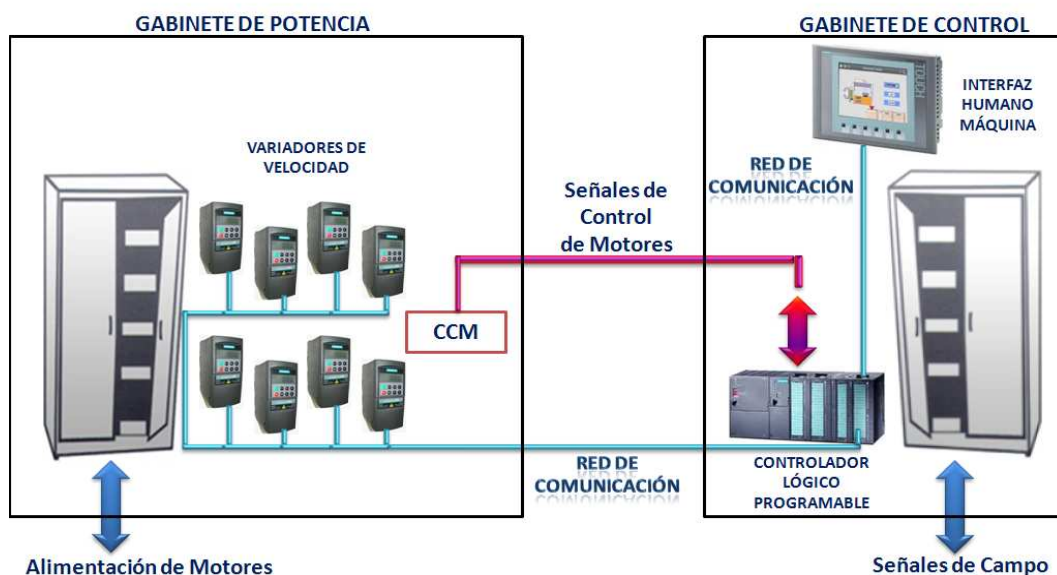


Figura 4.67. Arquitectura de Control Propuesta.

Fuente: Elaboración Propia.

La arquitectura de control cuenta con una serie de características que permiten un óptimo control automatizado del proceso, en la cual destacan los siguientes elementos:

- ✓ Un gabinete para los elementos de control principal PLC y HMI
- ✓ Un gabinete de potencia en el cual se dispondrán los CCM
- ✓ Conexión via red Profibus-DP entre el PLC y los Variadores de Velocidad



En la figura 4.68 se muestra el diagrama de control del proceso auto-manual

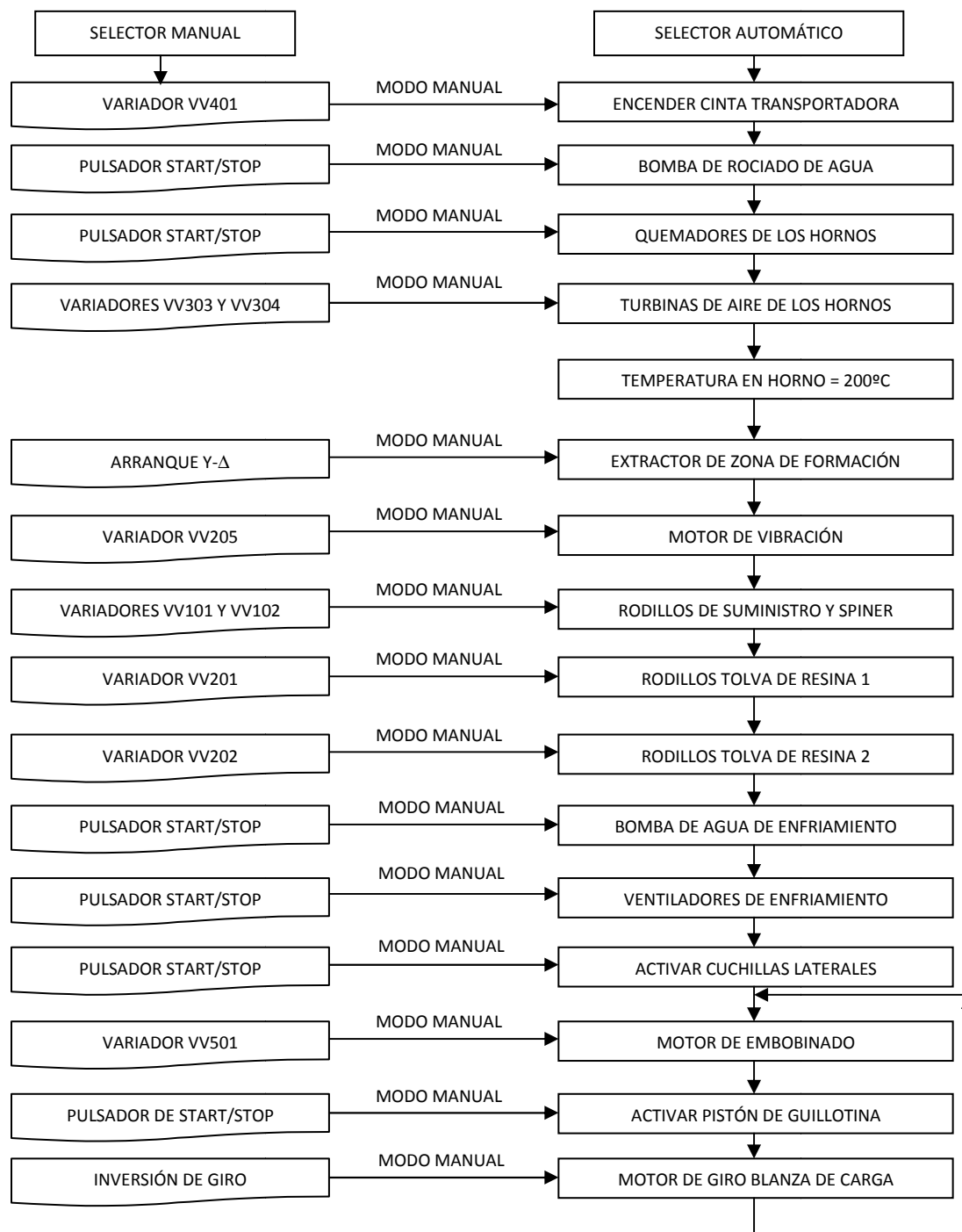


Figura 4.68. Diagrama auto-manual del proceso

Fuente: Elaboración Propia.



4.1.7.1 Compendio de planos para el diseño propuesto de la automatización de la máquina de MAT.

El diseño propuesto de automatización de la máquina de MAT, cuenta con los siguientes planos desarrollados bajo normas nacionales e internacionales en cuanto a simbología, identificación de los elementos y conexionado de los mismos, los cuales se describen a continuación de acuerdo con la arquitectura de control desarrollada.

4.1.7.1.1 Planos de proceso, instrumentación y comunicación (Ver Anexo A)

- ✓ 110403DP01 Diagrama de Proceso
- ✓ 110403DTI01 Diagrama de Tuberías e Instrumentación
- ✓ 110403DC01 Diagrama de las Redes de Comunicación Profibus-DP.

4.1.7.1.2 Planos de Conexiones eléctricas (Ver Anexo B)

- ✓ 110403DE01 Diagrama de Alimentación AC
- ✓ 110403DE02 Diagrama de Alimentación DC
- ✓ 110403DE03 Diagrama de Conexiones DI0/DO0 Integradas
- ✓ 110403DE04 Diagrama de Conexiones Módulo de Entradas DI01
- ✓ 110403DE05 Diagrama de Conexiones Módulo de Entradas DI02
- ✓ 110403DE06 Diagrama de Conexiones Módulo de Salidas DO03
- ✓ 110403DE07 Diagrama de Conexiones Módulo de Salidas DO04
- ✓ 110403DE08 Diagrama de Conexiones Módulo de Entradas AI05
- ✓ 110403DE09 Diagrama de Conexiones Módulo de Salidas AO06
- ✓ 110403DE10 Diagrama de Control de Motores de Extractor y balanza
- ✓ 110403DE11 Diagrama de Conexión de Control del Quemador
- ✓ 110403DE12 Diagrama de Conexión de Control de Tensión



- ✓ 110403DE13 Diagrama de Potencia Motores Zona de Suministro
- ✓ 110403DE14 Diagrama de Potencia Motores Zona de Formación
- ✓ 110403DE15 Diagrama de Potencia Motor de Zona de Horno
- ✓ 110403DE16 Diagrama de Potencia Motor Turbina de Horno 1 y 2.
- ✓ 110403DE17 Diagrama de Potencia Motor malla Transportadora
- ✓ 110403DE18 Diagrama de Potencia Motor de Ventilador 1, 2, 3 y 4
- ✓ 110403DE19 Diagrama de Potencia Motor de Ventilador 5, 6, 7 y 8
- ✓ 110403DE20 Diagrama de Potencia Motor de Embobinado y Balanza

4.1.7.1.3 Planos de Descripción de gabinetes (Ver Anexo C)

- ✓ 110403ME01 Layout Gabinete de Control
- ✓ 110403ME02 Detalle de Nivel 1 y Lateral de Gabinete de Control
- ✓ 110403ME03 Detalle de Nivel de Señales IO de Gabinete de Control
- ✓ 110403ME04 Vista Frontal y Lateral de Gabinete de Control
- ✓ 110403ME05 Detalle de Vista Frontal de Gabinete de Control
- ✓ 110403ME06 Layout Gabinete de Potencia
- ✓ 110403ME07 Detalle de Nivel 1 y Nivel 2 de Gabinete de Potencia
- ✓ 110403ME08 Detalle de Nivel 3 y Nivel 4 de Gabinete de Potencia
- ✓ 110403ME09 Detalle Lateral de Gabinete de Potencia
- ✓ 110403ME10 Vista Frontal y Lateral de Gabinete de Potencia

4.1.8 Selección del Controlador Lógico Programable (PLC) y Módulos E/S

Para el desarrollo de la automatización de la máquina de MAT, es indispensable el uso de un controlador lógico programable (PLC), que realice las acciones coordinadas de control para la puesta en marcha de los diferentes equipos y dispositivos involucrados.



4.1.8.1. Selección del PLC para la automatización de la máquina de MAT

Para la selección del controlador lógico (PLC) se debe tener en cuenta algunos aspectos importantes como la cantidad de entradas/salida digitales que el PLC va a controlar, señales de control de variables analógicas, aplicaciones específicas del proceso, etc. para cumplir con tal fin se muestra en las tablas 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, las señales digitales y analógicas respectivamente.

Tabla 4.13. Entradas Digitales a 24 VDC al PLC requeridas para la automatización de la máquina de MAT.

Nº	Tag	Descripción	Servicio	Tipo
1	ZE-101A	Sensor capacitivo Derecho	Malla transportadora	Digital
2	ZE-101B	Sensor capacitivo izquierdo	Malla transportadora	Digital
3	LSL-201A	Interruptor de nivel bajo	Tolva de resina 1	Digital
4	LSH-201B	Interruptor de nivel alto	Tolva de resina 1	Digital
5	LSL-202A	Interruptor de nivel bajo	Tolva de resina 2	Digital
6	LSH-202B	Interruptor de nivel alto	Tolva de resina 2	Digital
7	PSL-202	Interruptor de presión baja	Línea de agua de rociado	Digital
8	PSL-301	Interruptor de presión baja	Línea de gas de horno 1	Digital
9	PSL-302	Interruptor de presión baja	Línea de gas de horno 2	Digital
10	PSH-301	Interruptor de presión alta	Línea de gas de horno 1	Digital
11	PSH-302	Interruptor de presión alta	Línea de gas de horno 2	Digital
12	PSL-401	Interruptor de presión baja	Línea de agua fría	Digital
13	PSL-502	Interruptor de presión baja	Línea neumática	Digital

Tabla 4.14. Entradas Digitales a 110 VAC al PLC requeridas para la automatización de la máquina de MAT.

Nº	Tag	Descripción	Servicio	Tipo
1	K103	Estado Contactor	Extractor de aire	Digital
2	OL103	Falla de térmico	Extractor de aire	Digital
3	ZS-111	Final de carrera	Malla transportadora	Digital
4	ZS-113	Final de carrera	Malla transportadora	Digital



CAPÍTULO IV. MARCO OPERACIONAL



5	K203	Estado Contactor	Bomba de rociado de agua	Digital
6	OL203	Falla de térmico	Bomba de rociado de agua	Digital
7	K204	Estado Contactor	Bomba de reciclaje de agua	Digital
8	OL204	Falla de térmico	Bomba de reciclaje de agua	Digital
9	K305	Estado Contactor	Rodillo de cepillo limpiador	Digital
10	OL305	Falla de térmico	Rodillo de cepillo limpiador	Digital
11	K402	Estado Contactor	Bomba de Enfriado	Digital
12	OL402	Falla de térmico	Bomba de Enfriado	Digital
13	K403	Estado Contactor	Ventilador 1	Digital
14	OL403	Falla de térmico	Ventilador 1	Digital
15	K404	Estado Contactor	Ventilador 2	Digital
16	OL404	Falla de térmico	Ventilador 2	Digital
17	K405	Estado Contactor	Ventilador 3	Digital
18	K405	Estado Contactor	Ventilador 3	Digital
19	K406	Estado Contactor	Ventilador 4	Digital
20	OL406	Falla de térmico	Ventilador 4	Digital
21	K407	Estado Contactor	Ventilador 5	Digital
22	OL407	Falla de térmico	Ventilador 5	Digital
23	K408	Estado Contactor	Ventilador 6	Digital
24	OL408	Falla de térmico	Ventilador 6	Digital
25	K409	Estado Contactor	Ventilador 7	Digital
26	OL409	Falla de térmico	Ventilador 7	Digital
27	K410	Estado Contactor	Ventilador 8	Digital
28	OL410	Falla de térmico	Ventilador 8	Digital
29	K502	Estado Contactor	Balanza de embobinado	Digital
30	OL502	Falla de térmico	Balanza de embobinado	Digital
31	HS-100	Parada de Emergencia	Zona Formación	Digital
32	HS-200	Parada de Emergencia	Zona Impregnación	Digital
33	HS-300	Parada de Emergencia	Zona Hornos	Digital
34	HS-400	Parada de Emergencia	Zona Enfriado	Digital
35	HS-500	Parada de Emergencia	Zona de Embobinado	Digital
36	HS-600	Parada de Emergencia	Panel Principal	Digital
37	SEL-301A	Selector Encender	Quemador 1	Digital
38	SEL-301B	Selector Apagar	Quemador 1	Digital
39	SEL-302A	Selector Encender	Quemador 2	Digital
40	SEL-302B	Selector Apagar	Quemador 2	Digital
41	SEL-530A	Selector Encender	Rodillo de embobinado	Digital
42	SEL-530B	Selector Apagar	Rodillo de embobinado	Digital



43	PB-520A	Pulsador Encender	Guillotina	Digital
44	PB-520B	Pulsador Apagar	Guillotina	Digital
45	SEL-540	Selector Derecha	Balanza de embobinado	Digital
46	SEL-540	Selector Apagar	Balanza de embobinado	Digital
47	SEL-540	Selector izquierda	Balanza de embobinado	Digital
48	SEL-000	Selector Automático	Panel de Control principal	Digital
49	SEL-001	Selector Manual	Panel de Control principal	Digital
50	SEL-203A	Selector Encender	Bomba de rociado de agua	Digital
51	SEL-203B	Selector Apagar	Bomba de rociado de agua	Digital
52	SEL-204A	Selector Encender	Bomba de reciclaje de agua	Digital
53	SEL-204B	Selector Apagar	Bomba de reciclaje de agua	Digital
54	SEL-402A	Selector Encender	Bomba de Enfriado	Digital
55	SEL-402B	Selector Apagar	Bomba de Enfriado	Digital

Tabla 4.15. Salidas Digitales a 24 VDC al PLC requeridas para la automatización de la máquina de MAT.

Nº	Tag	Descripción	Servicio	Tipo
1	ZY-500	VÁLVULA SOLENOIDE	CUCHILLA IZQUIERDA	Digital
2	ZY-510	VÁLVULA SOLENOIDE	CUCHILLA DERECHA	Digital
3	ZY-520	VÁLVULA SOLENOIDE	GUILLOTINA	Digital
4	DIN101	Start/Stop	VV101 rodillo suministro	Digital
5	DIN102	Start/Stop	VV102 rodillo Spiner	Digital
6	DIN201	Start/Stop	VV201 rodillo tolva 1	Digital
7	DIN202	Start/Stop	VV202 rodillo tolva 2	Digital
8	DIN205	Start/Stop	VV205 motor vibración	Digital
9	DIN303	Start/Stop	VV303 turbina horno 1	Digital
10	DIN304	Start/Stop	VV304 turbina horno 2	Digital
11	DIN401	Start/Stop	VV401 transportadora	Digital
12	DIN501	Start/Stop	VV501 motor embobinado	Digital

Tabla 4.16. Salidas Digitales a 110 VAC al PLC requeridas para la automatización de la máquina de MAT.

Nº	Tag	Descripción	Servicio	Tipo
1	K103	Bobina Contactor	Extractor de aire	Digital
2	ZY-110	Alinear a la izquierda	Malla transportadora	Digital
3	ZY-112	Alinear a la derecha	Malla transportadora	Digital



CAPÍTULO IV. MARCO OPERACIONAL



4	K203	Bobina Contactor	Bomba de agua de rociado	Digital
5	K204	Bobina Contactor	Bomba de reciclaje de agua	Digital
6	K305	Bobina Contactor	Rodillo de cepillo limpiador	Digital
7	K402	Bobina Contactor	Bomba de Enfriado	Digital
8	K403	Bobina Contactor	Ventilador 1	Digital
9	K404	Bobina Contactor	Ventilador 2	Digital
10	K405	Bobina Contactor	Ventilador 3	Digital
11	K406	Bobina Contactor	Ventilador 4	Digital
12	K407	Bobina Contactor	Ventilador 5	Digital
13	K408	Bobina Contactor	Ventilador 6	Digital
14	K409	Bobina Contactor	Ventilador 7	Digital
15	K410	Bobina Contactor	Ventilador 8	Digital
16	K502	Bobina Contactor	Balanza de embobinado	Digital
17	PL-200	Luz piloto amarilla	Falta de material tolva 1	Digital
18	PL-210	Luz piloto amarilla	Falta de material tolva 2	Digital
19	PL-301	Luz piloto azul	Aire quemador 1	Digital
20	PL-311	Luz piloto azul	Aire quemador 2	Digital
21	PL-302	Luz piloto naranja	Válvula avería quemador 1	Digital
22	PL-312	Luz piloto naranja	Válvula avería quemador 2	Digital
23	PL-303	Luz piloto verde	Quemador 1 encendido	Digital
24	PL-313	Luz piloto verde	Quemador 2 encendido	Digital
25	PL-304	Luz piloto blanca	Gas quemador 1	Digital
26	PL-314	Luz piloto blanca	Gas quemador 2	Digital
27	PL-400	Luz piloto roja	Falla en Transportadora	Digital
28	SA-400	Alarma sonora	Falla en Transportadora	Digital
29	PL-300	Luz piloto roja	Temperatura quemador 1	Digital
30	PL-310	Luz piloto roja	Temperatura quemador 2	Digital
31	SA-200	Alarma sonora	Falta material tolva 1 o 2	Digital
32	SA-500	Alarma sonora	Tensión de embobinado	Digital
33	SA-410	Alarma sonora	Presión de Gas Quemador 1	Digital
34	SA-411	Alarma sonora	Presión de Gas Quemador 2	Digital
35	PL-100	Luz piloto verde	Proceso en marcha	Digital
36	PL-600	Luz piloto roja	Parada del proceso	Digital
37	SA-600	Alarma sonora	Parada del proceso	Digital
38	SA-300	Alarma sonora	Falla temperatura en hornos	Digital
39	PL-500	Coctelera luminosa	Guillotina Encendida	Digital



Tabla 4.17. Entradas/Salidas Analógicas al PLC requeridas para la automatización de la máquina de MAT.

Nº	Tag	Descripción	Servicio	Tipo
1	TT-300	Termocupla J	Temperatura en horno 1	Analógica
2	TT-310	Termocupla J	Temperatura en horno 2	Analógica
3	TT-410	RTD Pt-100	Temperatura en chiller	Analógica
4	PT-202	Transmisor de presión	Línea de agua	Analógica
5	PY-100	Activación	Rodillo de suministro	Analógica
6	COM1	Comunicación	Rodillo de suministro	Profibus-DP
7	COM2	Comunicación	Rodillo Spiner	Profibus-DP
8	COM3	Comunicación	Rodillo tolva de resina 1	Profibus-DP
9	COM4	Comunicación	Rodillo tolva de resina 2	Profibus-DP
10	COM5	Comunicación	Motor de vibración	Profibus-DP
11	COM6	Comunicación	Turbina de aire horno 1	Profibus-DP
12	COM7	Comunicación	Turbina de aire horno 2	Profibus-DP
13	COM8	Comunicación	Malla Transportadora	Profibus-DP
14	COM9	Comunicación	Motor Embobinado	Profibus-DP

Se puede observar en las tablas de entradas/salidas del PLC que existen diferentes tensiones de alimentación para las señales digitales, y en las analógicas se tienen señales de detectores de temperatura tipo termocuplas J y de RTD Pt-100 y una señal de 0 – 20 mA, de un transmisor de presión y la salida de 0 -5 V del convertidor I/P, las restantes señales son de comunicación Profibus-DP.

De acuerdo a las distintas señales especificadas en las tablas 4.15 – 4.18, se utilizara para el diseño de la automatización de la máquina de MAT, un PLC modelo SIMATIC S7-300 SIEMENS, el cual posee en su CPU una serie de entradas y salidas digitales a 24 VDC, y la adaptación de módulos de entradas y salidas digitales a diferentes tensiones, y una serie de módulos de señales analógicas, dicho equipo cumple con las características mínimas requeridas para el diseño automatizado y presenta disponibilidad en el mercado, a demás de costos adecuados al estudio y soporte reconocido. **(Ver Figura 4.69)**



Figura 4.69. PLC SIMATIC S7-300

Fuente: Catalogo General Siemens.

4.1.8.2 Selección del CPU del PLC

El PLC SIMATIC S7-300, es un autómata de tipo modular, por lo que se debe seleccionar el CPU por separado de los módulos de I/O requeridos, para el diseño se ha seleccionado un **CPU 313C-2DP** con 16 entradas digitales y 16 salidas digitales a 24VDC modelo **6ES7 313-6CE01-0AB0**, modelo seleccionado del catalogo general siemens, el cual cumple con los requisitos para el diseño propuesto, ya que cuenta con un puerto de comunicación vía Profibus-DP integrado lo que permite ahorrar el modulo de comunicación con cualquier otro PLC o CPU, también la cantidad de I/O digitales a 24VDC integradas son suficientes para cubrir las señales del diseño y ahorrar otro módulo de este tipo, su alimentación es a 24VDC. **(Ver Figura 4.70).**



Figura 4.70. CPU 313C-2DP 6ES7 313-6CE01-0AB0 Siemens

Fuente: Catalogo General Siemens.



4.1.8.3 Selección de la Fuente de Alimentación

Para este tipo de PLC modulares, es necesario seleccionar una fuente de 24VDC, para la alimentación del autómat, para el consumo mínimo requerido se selecciono del catalogo siemens, una fuente de 24VDC, 5A, modelo 6ES7 307-1EA00-0AA0 Siemens, cuyas características incluye un selector de encendido y apagado y un indicador de estado, con alimentación 120VAC. **(Ver Figura 4.71).**



Figura 4.71. Fuente de 24VDC, 5A 6ES7 307-1EA00-0AA0 Siemens

Fuente: Catalogo General Siemens

4.1.8.4 Selección de módulos de Entradas/Salidas del PLC SIMATIC S7-300

Una vez seleccionado el PLC, se requieren los diferentes módulos de I/O a utilizar, según las tablas de entradas/salidas, la selección se realizó de la siguiente forma:

4.1.8.4.1 Módulo de Entradas Digitales

El módulo de entradas al PLC, se selecciono del catalogo Siemens de acuerdo con los requerimientos del diseño propuesto y de la tabla de entradas al PLC, Dos (2) Módulo de 32 entradas digitales a 120VAC, modelo 6ES7 321-1EL00-0AA0, para cubrir las entradas digitales requeridas. **(Ver Figura 4.72).**



Figura 4.72. Módulo de 32 DI a 120VAC 6ES7 321-1EL00-0AA0 Siemens

Fuente: Catalogo General Siemens

4.1.8.4.2 Módulo de Salidas Digitales

Para las salidas digitales, se selecciono del catalogo Siemens, un (1) Módulo de 32 salidas digitales a 120VAC, modelo 6ES7 322-1EL00-0AA0 y un (1) Módulo de 8 salidas digitales a 120/230VAC, modelo 6ES7 322-1FF01-0AA0. (**Figura 4.73**).



Figura 4.73. Módulo DO, 120VAC 6ES7 322-1EL00-0AA0 Siemens

Fuente: Catalogo General Siemens



4.1.8.4.3 Módulo de Entradas Analógicas

En cuanto a las entradas analógicas, se selecciono del catalogo Siemens, un (1) Módulo de 8 entradas analógicas, de termocuplas y termorresistencias a 24VDC, modelo 6ES7 331-7KF02-0AB0. **(Ver Figura 4.74).**



Figura 4.74. Módulo de 8xAI a TC y RTD 6ES7 331-7KF02-0AB0 Siemens

Fuente: Catalogo General Siemens

4.1.8.4.4 Módulo de Salidas Analógicas

Debido a que el diseño cuenta con al menos una salida analógica, se selecciono del catalogo Siemens, un (1) Módulo de 4 salidas analógicas a 24VDC, modelo 6ES7 332-5HD01-0AB0. **(Ver Figura 4.75).**



Figura 4.75. Módulo 4xAO de 0-20mA 6ES7 332-5HD01-0AB0 Siemens

Fuente: Catalogo General Siemens.



4.1.9 Selección de Controladores de Tensión, Temperatura y Llama

Para llevar acabo un óptimo control en le diseño de automatización propuesto para la máquina de MAT, se requieren de dispositivos controladores para ciertas variables en específico como: (Tensión de embobinado, Temperatura del horno, Seguridad de llama de los quemadores), ya que estas son variables criticas en el proceso y requieren de un mayor cuidado.

Sin embargo estos controladores dedicados a una variable en específico, estarán controlados por el controlador lógico programable (PLC S7-300), el cual recibirá las señales digitales convertidas por cada uno de los controladores para generar alarmas o estados de operación y supervisados a su vez por el sistema SCADA mediante el PLC.

4.1.9.1 Controlador de Tensión de Embobinado

La máquina de MAT tiene como producto final una tela de fibra de vidrio, la cual debe ser embobinada en rollos de 3 metros y diferentes espesores, para lograr obtener un control sobre el embobinado, el cual permita controlar la tensión de la tela en un punto óptimo, sin que esta se rompa o quede muy holgada en la bobina, se requiere de un controlador de tensión.

El controlador de tensión selecciono de acuerdo con el diseño automatizado planteado un equipo Montalvo S4 con pantalla digital, el cual recibe desde una celda de carga Montalvo en contacto con la tela, una señal eléctrica que permite determinar al controlador la tensión a la cual se encuentra y generar una señal de control para ubicar la tela dentro del rango preestablecido.

En la figura 4.76, se muestra el esquema de montaje del Controlador Montalvo S4 y la celda de carga, y la figura 4.77 el diagrama de conexiones eléctricas con sus señales de entrada y salida del controlador.

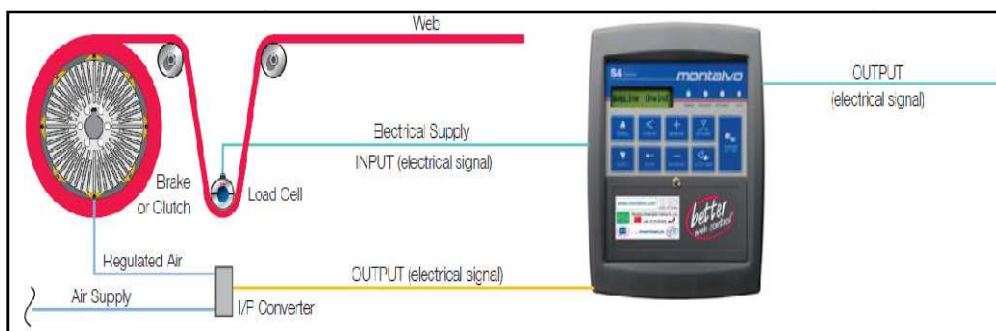


Figura 4.76. Diagrama de Montaje del Controlador Montalvo S4

Fuente: Manual Montalvo S4

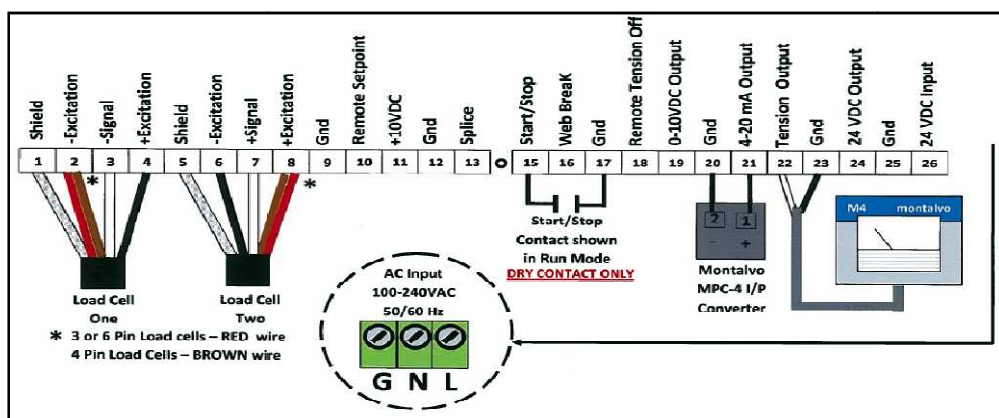


Figura 4.77. Esquema de conexionado del Controlador Montalvo S4

Fuente: Manual Montalvo S4

4.1.9.2 Controlador de Seguridad de Llama

En la máquina de Mat se tienen 2 hornos para la cocción de la tela, los cuales tienen incorporados un quemador a gas cada uno de ellos, los cuales requieren de



diferentes dispositivos de seguridad y maniobra para el encendido de los quemadores y para el control de seguridad de llama.

Se selecciono un controlador RM7895A Honeywell, el cual realizara el control de seguridad de llama en los quemadores y de acuerdo con el diseño automatizado planteado para la máquina de MAT.

En la figura 4.78, se muestra el diagrama eléctrico de conexiones para el controlador de llama seleccionado el cual realizara las acciones de encendido y apagado de los quemadores mediante señales con el PLC.

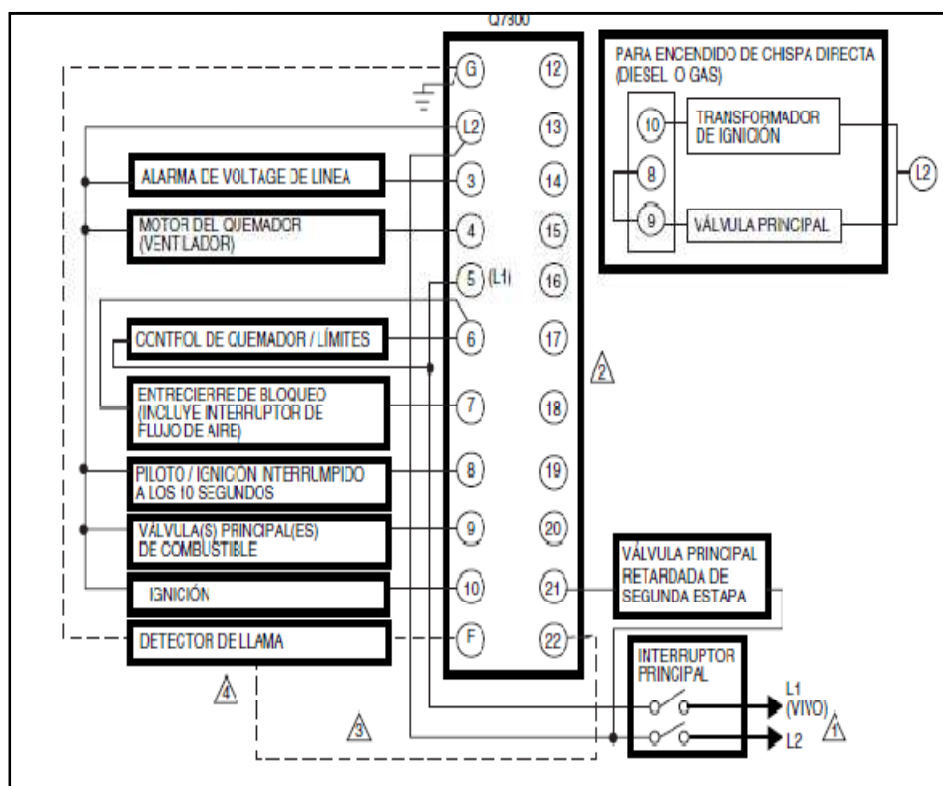


Figura 4.78. Diagrama de Conexiones del Controlador de llama Honeywell

Fuente: Manual Honeywell RM7895A



4.1.9.3 Controlador de Temperatura

De igual forma en los hornos de la máquina de MAT, al encender los quemadores a gas, se requiere del control de otra variable analógica como la temperatura a la cual se debe iniciar y mantener el proceso de cocción de la tela de fibra de vidrio, para tal fin se selecciono un controlador UDC5000 Honeywell, mediante el cual se realizar el lazo de control de la temperatura de los hornos.

El controlador UDC5000 cuenta con dos entradas analógicas las cuales pueden ser configuradas para conexión a Termopar o a RTD y salidas digitales para generar las alarmas y estados operativos de la máquina de MAT.

4.2 Estudio de Carga y Diagramas de Fuerza y de Control de los Equipos utilizados en la máquina de MAT

La automatización para la máquina de MAT propuesta, incluye el diseño de los planos de fuerza y control de los equipos actuadores involucrados en el proceso, de igual forma se diseñaron los diagramas de conexiones eléctricas para el arranque de los diversos motores y alimentación de todo el sistema. Los planos eléctricos requeridos en el proceso son los siguientes: **(Ver Anexo B)**

- ✓ Diagrama eléctrico de alimentación trifásica de 220 VAC
- ✓ Diagrama eléctrico de alimentación a 24 VDC
- ✓ Diagrama eléctrico de conexiones de los motores
- ✓ Diagrama eléctrico de control para el arranque de motores



4.2.1 Estudio de Carga del Gabinete de Control

Para la selección de los calibres de conductores, Breaker y dispositivos de protecciones eléctricas como fusibles, se realizó el estudio descrito en las tablas que se muestran a continuación de acuerdo a la tensión de servicio de los diferentes equipos tanto para el gabinete de control como para el gabinete de potencia de acuerdo a la arquitectura de control propuesta.

Tabla 4.18. Consumo de 120 VAC y 24 VDC del Gabinete de Control

TAG	DESCRIPCIÓN	Nº Ítems	TENSIÓN (VAC)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)
DI1	Módulo de entradas digitales	1	120	0,016	4
DI2	Módulo de entradas digitales	1	120	0,016	4
DO3	Módulo de salidas digitales	1	120	0,375	25
DO4	Módulo de salidas digitales	1	120/230	0,187	25
PS1	Fuente de 24VDC, 5A para el PLC	1	120/230	2,1	-
ZY	Válvulas Solenoides	6	120	0,78	-
SA	Lámpara de Señalización	16	120	4,00	-
SA	Lámpara del gabinete	1	120	2,00	-
TMC	Tomacorriente del gabinete	1	120	5,00	-
PS2	Fuente de alimentación 24VDC	1	120	1,09	
DI0/DO0	CPU 313C-2DP	1	24	0,90	10
AI5	Módulo de TC y RTD	1	24	0,3	1,3
AO6	Módulo de salidas analógicas	1	24	0,3	3
TOTAL				17,1 A	

4.2.2 Estudio de Carga del Gabinete de Potencia y CCM

Para la selección de los calibres de los conductores, se requiere de un estudio del consumo de corriente que presentan los diferentes motores direccionados al gabinete de potencia y de acuerdo con el CCM, se realizó la selección de los dispositivos de seguridad y maniobra para los diferentes motores, en la tabla 4.19, se muestra en detalle el consumo total estimado para el gabinete de potencia.



CAPÍTULO IV. MARCO OPERACIONAL



Tabla 4.19. Consumo a 220 y 110 VAC del Gabinete de Potencia.

TAG ELEMENTO DE CAMPO	ELEMENTO DE CAMPO	SERVICIO	TENSIÓN (VAC)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (kW)
M101	MOTOR	RODILLO SUMINISTRO DE HILO DE FIBRA	220	4,43	1,35
M102	MOTOR	RODILLO SPINER	220	2,46	0,75
M103	MOTOR	EXTRACTOR DE AIRE	220	50	15
M201	MOTOR	RODILLO DE LA TOLVA DE RESINA 1	220	1,8	0,55
M202	MOTOR	RODILLO DE LA TOLVA DE RESINA 2	220	1,8	0,55
M203	MOTOR	BOMBA DE AGUA DE ROCIADO	220	3,94	1,2
M204	MOTOR	BOMBA DE RECICLAJE DE AGUA	220	3,94	1,2
M205	MOTOR	VIBRACIÓN	220	1,8	0,55
M303	MOTOR	TURBINA DE HORNO 1	220	50	15
M304	MOTOR	TURBINA DE HORNO 2	220	50	15
M305	MOTOR	RODILLO DE CEPILLO LIMPIADOR	220	5	1,5
M401	MOTOR	MALLA TRANSPORTADORA	220	24,6	7,5
M402	MOTOR	BOMBA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO	220	3,94	1,2
M403	MOTOR	VENTILADOR 1	220	1,8	0,55
M404	MOTOR	VENTILADOR 2	220	1,8	0,55
M405	MOTOR	VENTILADOR 3	220	1,8	0,55
M406	MOTOR	VENTILADOR 4	220	1,8	0,55
M407	MOTOR	VENTILADOR 5	220	1,8	0,55
M408	MOTOR	VENTILADOR 6	220	1,8	0,55
M409	MOTOR	VENTILADOR 7	220	1,8	0,55
M410	MOTOR	VENTILADOR 8	220	1,8	0,55
M501	MOTOR	RODILLO DE EMBOBINADO (110 VAC)	220	4,92	1,5
M502	MOTOR	BALANZA DE EMBOBINADO Y DESCARGA	220	4,92	1,5
			TOTAL 227,95 A		

M301	MOTOR	QUEMADOR DE HORNO 1	110	5,6	
M302	MOTOR	QUEMADOR DE HORNO 2	110	5,5	
			TOTAL 11,10 A		

Relés 3FPDT: 0,25 A

TOTAL: 1,50 A

RESERVA: 25%

CONSUMO GABINETE DE POTENCIA 110VAC: 26,35 A

CONSUMO TOTAL GABINETE DE POTENCIA 110VAC: 32,93 A

RESERVA: 25%

CONSUMO GABINETE DE POTENCIA 220VAC: 227,95 A

CONSUMO TOTAL GABINETE DE POTENCIA 220VAC: 284,94 A

4.2.3 Diagrama eléctrico de alimentación 220 VAC y 24 VDC

El diagrama de conexiones para la alimentación del sistema trifásico a 220 VAC el cual no requiere de un transformador ya que la tensión es suministrada por la empresa VITROREFUERZOS VENEZOLANOS, desde su bancada por medio de una acometida hacia un Breaker trifásico de 350A, con neutro. Se muestra en la sección de anexos al igual que el diagrama de conexionado para la alimentación de 24VDC que suministra una fuente de tensión DC.

4.2.4 Diagrama de conexiones eléctricas para el arranque de Motores

Para el arranque de los motores de acuerdo con el diseño planteado, se tienen unos a ser controlados por variadores de velocidad Micro Máster 4, y otros por arranques directos en conexión Y, estrella – triángulo, o arranque con inversión de giro, los diagrama de conexiones eléctricas de todos estos motores. En las figuras 4.80 y 4.81 se muestran conexiones típicas de los motores trifásicos a los variadores de velocidad Micro Máster 4, y por arranques directos. Los diferentes diagramas eléctricos de conexiones se muestran en el Anexo B.

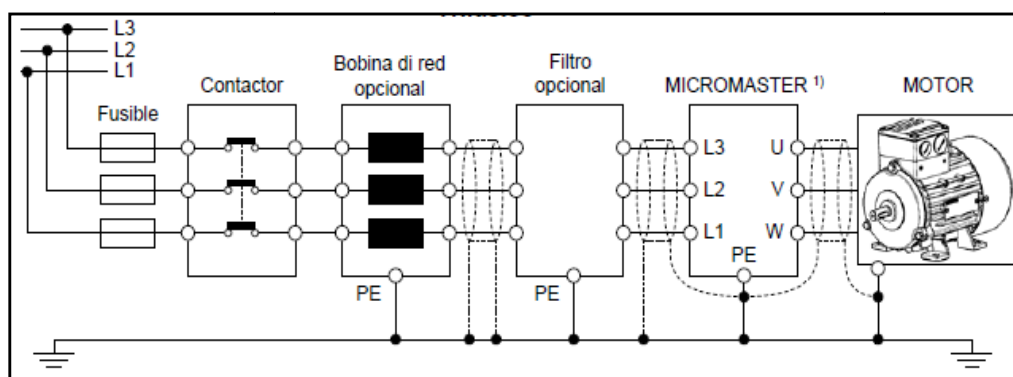


Figura 4.80. Conexión de un motor Trifásico a un VV MICROMASTER 4

Fuente: Catalogo MICROMASTER 4.

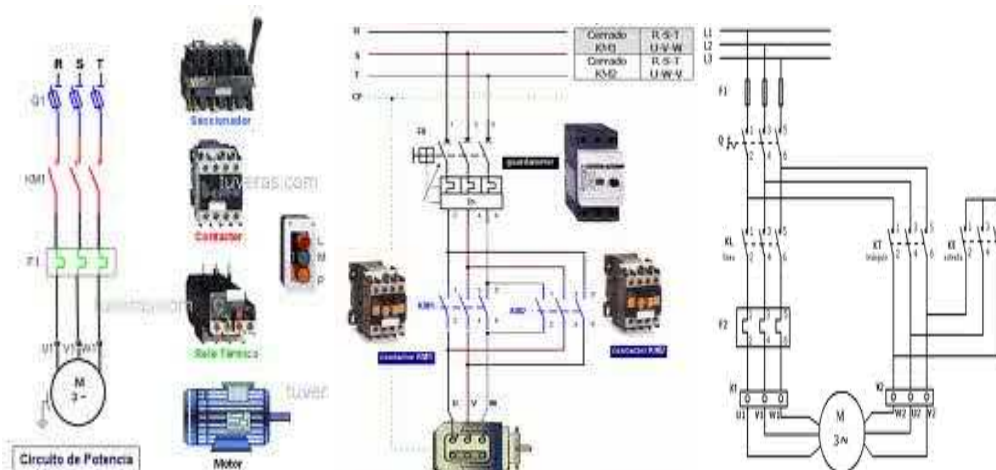


Figura 4.81. Conexión de motor trifásico en arranques con contactores

Fuente: Elaboración Propia.

4.3 Análisis Económico de la Automatización Propuesta

Como parte de la ingeniería básica y de detalle para la automatización propuesta para la línea de producción de MAT, se realizó un estudio de mercado de los precios actuales de los diferentes equipos e instrumentos a ser utilizados en el proyecto manteniendo un margen de inflación de un 30% y con estimación de precios futuros Noviembre 2011, con un periodo de validez de 3 meses a partir de la fecha para los equipos de compra en el exterior.

El estudio mostrado solo representa un estimado de los costos para el proyecto, al momento de realizar la implementación se deberá realizar un nuevo estudio del mercado tomando como referencia el presente análisis económico, en el cual se estima la recuperación de la inversión en un periodo de 1 año.

En la Tabla 4.20 se muestra el resumen de activos estimados en el análisis económico los precios de equipos y detalles se muestran en anexos **(Ver Anexo D)**.



Tabla 4.20. Análisis de costos del proyecto de inversión para la automatización de la máquina de MAT.

Costo de la Inversión		Precio Bs		
Equipos e instrumentos		581.526,09		
Estudio de Proyecto		17.041,87		
Instalación de Equipos e instrumentos		104.674,70		
Total Inversión En Bs		703.242,66		
Recuperación de la Inversión		Precio Bs/Rollo	MAT/mes	Bs/Total
MAT Rollo de 1mtx30mts de 3 mm de esp.		1.110,00	150,00	166.500,00
MAT Rollo de 1mtx30mts de 1 mm de esp.		577,50	200,00	115.500,00
MAT Rollo de 1mtx30mts de 5 mm de esp.		1.850,00	120,00	222.000,00
Total Ingresos /mes		-	470,00	504.000,00
Total Ingresos en Bs/año		-	5.640,00	6.048.000,00
Margen de perdidas 15%		-	846,00	907.200,00
Costo por Materia Prima		Bs/Kilo	Kilo/mes	Bs/Total
Hilos de fibra de vidrio (Materia Prima)		17,67	3.000,00	53.010,00
Hilo de fibra de vidrio/año			36.000,00	636.120,00
Resina		35,75	5.000,00	178.750,00
			60.000,00	2.145.000,00
Total Costos materia prima			96.000,00	2.781.120,00
Costo por Servicios y obreros		Consumo/mes	Bs/mes	Bs/año
Consumo por servicio de GAS		6500 m3	643,50	7.722,00
Consumo por servicio Eléctrico		5000 Kw-h	490,00	5.880,00
Consumo por servicio de Agua		300000 lts	750,00	9.000,00
Costos por mantenimiento		5000 Bs	5.000,00	60.000,00
Sueldos y Salarios 2 operadores		3850,2 Bs	7.700,40	92.404,80
Total Costos de Operación		-	14.583,90	175.006,80
		Total Ingresos Netos Bs/año		2.184.673,20
		% Ganancia 1 año		36,12

***Nota:** Todos los precios están en miles de millones de Bs ó BsF.



4.4 Distribución de los equipos de control y potencia y elementos de mando y señalización en los gabinetes de control y fuerza de la máquina de MAT.

El diseño de la automatización propuesto para la máquina de MAT, también cuenta con la distribución y ubicación de elementos de mando y señalización en paneles, CCM y equipos de control e instrumentación. De acuerdo con la arquitectura de control propuesta se diseñaron dos gabinetes:

4.4.1 Gabinete de Potencia de la máquina de MAT

En este gabinete se ubica el CCM, con todos los equipos para el arranque y protección de motores y las barras de conexión trifásica, los variadores de velocidad Micromáster, y el conjunto de relé, térmicos y guarda motores, el gabinete cuenta con extractores de aire y una ventilación e iluminación adecuada y el dimensionado y canalización de todas las señales eléctricas de acuerdo con los diferentes calibres de los cables conductores. **(Ver Anexo C)**

4.4.2 Gabinete de Control de la máquina de MAT

Cuenta con la distribución de todas señales de control por medio de borneras, canalizadas de acuerdo con los calibres de cables conductores, ubicación del PLC seleccionado y de los diferentes módulos a utilizar, ubicación de la fuente de alimentación de 24 VDC, controladores de pantalla digital, en la puerta frontal del gabinete se encuentra el panel de mando formado por un panel PC HMI y el juego de botones, selectores e indicadores luminosos. **(Ver Anexo C)**

Cada gabinete cuenta con la identificación de los elementos que lo conforman y una tabla de especificaciones donde se detallan los diferentes equipos utilizados.



4.5 Desarrollo del algoritmo de control propuesto para la automatización de la máquina de MAT.

El desarrollo del algoritmo de control para la automatización de la máquina de MAT, se basa en la programación del PLC S7-300, con el uso del software de programación SIMATIC STEP 7, de Siemens y el conexionado de las entradas y salidas a los diferentes módulos del PLC.

4.5.1 Planos de Conexiones de Entradas y Salidas al PLC S7-300 de Siemens

El conexionado de los módulos de entradas y salidas del PLC, contempla los siguientes diagramas de conexiones eléctricas: **(Ver Anexo B)**

Diagrama 110403DE03 Conexiones de I/O al CPU 313C-2DP

Diagrama 110403DE04 Conexiones del Módulo de Entradas digitales DI01

Diagrama 110403DE05 Conexiones del Módulo de Entradas digitales DI02

Diagrama 110403DE06 Conexiones del Módulo de Salidas digitales DO03

Diagrama 110403DE07 Conexiones del Módulo de Salidas digitales DO04

Diagrama 110403DE08 Conexiones del Módulo de Entradas Analógicas AI05

Diagrama 110403DE09 Conexiones del Módulo de Salidas Analógicas AO06

4.5.2 Software de programación SIMATIC STEP 7 v5.4 de Siemens.

El Step7 Professional v5.4, es un Programa de Aplicación para el PLC S7-300 ó S7-400, el cual puede ser construido en tres lenguajes diferentes:



Figura 4.82. Ventana de Inicio del STEP 7

Fuente: Elaboración Propia.

- ✓ KOP: es conocido como el Esquema de Contactos o Diagrama de Escalera. En inglés, se llama LAD (Ladder Diagram). Este lenguaje es apropiado para aquellos usuarios dentro del área de la industria de la ingeniería eléctrica.
- ✓ FUP: se conoce como Diagrama de Funciones. En inglés, su nombre es FBD (Function Block Diagram). La aplicación de este lenguaje se hace más familiar a los usuarios de la ingeniería de circuitos.
- ✓ AWL: se le define como Lista de Instrucciones. Su nombre en inglés es STL (Statement List). El objetivo de este lenguaje es facilitar la programación del PLC a usuarios del área de informática.

Para la programación de la automatización de la máquina de MAT, se utilizara como lenguaje de programación el KOP (Ladder Diagram). Y algunas instrucciones en bloques de función y llamados en lista de instrucciones para establecer el telegrama de comunicación en la red Profibus-DP.



En Step7, el OB1 es el bloque principal y constituye la interfaz entre el sistema operativo del PLC y el programa de usuario. Este bloque es controla el procesamiento cíclico, las alarmas de programa, el comportamiento del arranque del sistema y el tratamiento de errores.

El CPU lee línea por línea el programa diseñado dentro de este bloque y ejecuta los comandos. Cuando vuelve a encontrarse con la primera línea del programa, significa que ha finalizado un ciclo. El tiempo transcurrido hasta entonces es el tiempo de ciclo previamente explicado.

Este es el bloque esencial para construir un programa del S7-300 con Step7. El OB1 llama a las demás funciones y bloques y se intercambian datos relevantes según la lógica del problema. Además existen otros bloques OB que ejecutan funciones de sistema específicas, como alarmas.

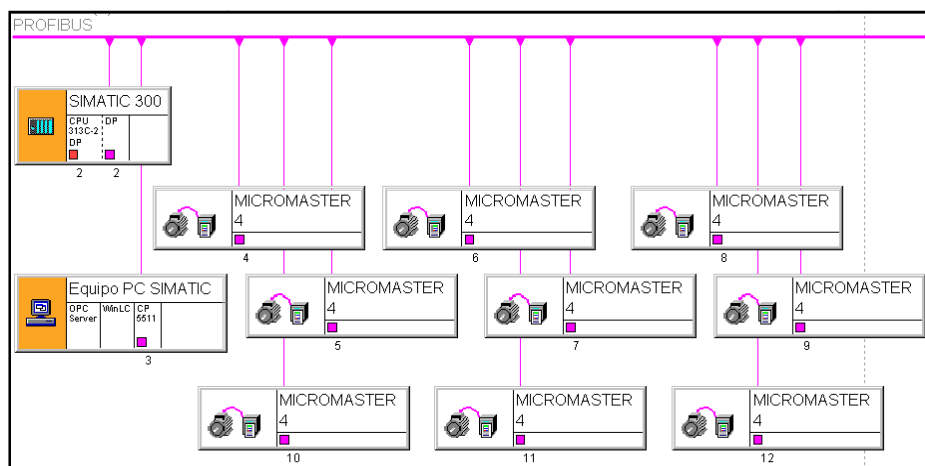


Figura 4.83. Red Profibus-DP con Micro Máster 4

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 4.83 se muestra la configuración de la red Profibus-DP, realiza en el STEP 7, la cual conecta a los driver Micro Máster 4, con el PLC los cuales se



comunican por medio de un telegrama bidireccional de palabras de 16 Bits cada una, mediante este telegrama se envían y reciben las ordenes del PLC a los diferentes dispositivos de Campo dependiendo de la lógica de programación la cual se muestra en los anexos. **(Ver Anexo E).**

4.5.3 Direccionamiento de Entradas y Salidas hacia el PLC S7-300

Para el desarrollo del algoritmo de control con el uso del STEP 7, se requiere configurar el hardware del PLC dentro del programa creando las direcciones para los diferentes módulos de I/O que se requieran conectar.

De acuerdo con la configuración realizada, el direccionamiento de los módulos de I/O para el PLC S7-300, que se requieren para la automatización de la máquina de MAT propuesta, se observa en las siguientes tablas mencionadas:

- ✓ Tabla 4.21. Direccionamiento Entradas DI0 integradas
- ✓ Tabla 4.22. Direccionamiento Salidas DO0 integradas
- ✓ Tabla 4.23. Direccionamiento Módulo DI01
- ✓ Tabla 4.24. Direccionamiento Módulo DI02
- ✓ Tabla 4.25. Direccionamiento Módulo DO03
- ✓ Tabla 4.26. Direccionamiento Módulo DO04
- ✓ Tabla 4.27. Direccionamiento Módulos AI05 y AO06

Tabla 4.21. Direccionamiento de Entradas integradas al CPU 313C-2DP

Dirección	Tag	Descripción	Tipo	Tensión
E124.0	ZE-101A	Sensor capacitivo Derecho malla transportadora	BOOL	24VDC
E124.1	ZE-101B	Sensor capacitivo izquierdo malla transportadora	BOOL	24VDC
E124.2	LSL-201A	Interruptor de nivel bajo tolva de resina 1	BOOL	24VDC



CAPÍTULO IV. MARCO OPERACIONAL

E124.3	LSH-201B	Interruptor de nivel alto tolva de resina 1	BOOL	24VDC
E124.4	LSL-202A	Interruptor de nivel bajo tolva de resina 2	BOOL	24VDC
E124.5	LSH-202B	Interruptor de nivel alto tolva de resina 2	BOOL	24VDC
E124.6	PSL-202	Interruptor de presión baja línea de rociado de agua	BOOL	24VDC
E124.7	PSL-301	Interruptor de presión baja línea de gas en horno 1	BOOL	24VDC
E125.0	PSL-302	Interruptor de presión baja línea de gas en horno 2	BOOL	24VDC
E125.1	PSH-301	Interruptor de presión alta línea de gas en horno 1	BOOL	24VDC
E125.2	PSH-302	Interruptor de presión alta línea de gas en horno 2	BOOL	24VDC
E125.3	PSL-401	Interruptor de presión baja línea de agua de enfriado	BOOL	24VDC
E125.4	PSL-502	Interruptor de presión baja línea de aire neumática.	BOOL	24VDC

Tabla 4.22. Direccionamiento de Salidas integradas al CPU 313C-2DP

Dirección	Tag	Descripción	Tipo	Tensión
A124.0	ZY-500	Válvula solenoide cuchilla izquierda	BOOL	24VDC
A124.1	ZY-510	Válvula solenoide cuchilla derecha	BOOL	24VDC
A124.2	ZY-520	Válvula solenoide guillotina	BOOL	24VDC
A124.3	DIN101	Start/Stop VV101 Rodillo suministro	BOOL	24VDC
A124.4	DIN102	Start/Stop VV102 Rodillo Spinner	BOOL	24VDC
A124.5	DIN201	Start/Stop VV201 Tolva resina 1	BOOL	24VDC
A124.6	DIN202	Start/Stop VV202 Tolva resina 2	BOOL	24VDC
A124.7	DIN205	Start/Stop VV205 Motor Vibración	BOOL	24VDC
A125.0	DIN303	Start/Stop VV303 Turbina Horno 1	BOOL	24VDC
A125.1	DIN304	Start/Stop VV304 Turbina Horno 2	BOOL	24VDC
A125.2	DIN401	Start/Stop VV401 Transportadora	BOOL	24VDC
A125.3	DIN501	Start/Stop VV501 Embobinado	BOOL	24VDC

Tabla 4.23. Direccionamiento de Entradas Digitales al Módulo DI01 del PLC

Dirección	Tag	Descripción	Tipo	Tensión
E1.0	K103	Estado Contactor Extractor de aire	BOOL	110VAC
E1.1	OL103	Falla de térmico Extractor de aire	BOOL	110VAC
E1.2	ZS-111	Final de carrera Transportadora	BOOL	110VAC



CAPÍTULO IV. MARCO OPERACIONAL



E1.3	ZS-113	Final de carrera Transportadora	BOOL	110VAC
E1.4	K203	Estado Contactor Bomba rociado	BOOL	110VAC
E1.5	OL203	Falla de térmico Bomba rociado	BOOL	110VAC
E1.6	K204	Estado Contactor Bomba reciclaje	BOOL	110VAC
E1.7	OL204	Falla de térmico Bomba reciclaje	BOOL	110VAC
E2.0	K305	Estado Contactor Cepillo limpiador	BOOL	110VAC
E2.1	OL305	Falla de térmico Cepillo limpiador	BOOL	110VAC
E2.2	K402	Estado Contactor Bomba enfriado	BOOL	110VAC
E2.3	OL402	Falla de térmico Bomba enfriado	BOOL	110VAC
E2.4	K403	Estado Contactor Ventilador 1	BOOL	110VAC
E2.5	OL403	Falla de térmico Ventilador 1	BOOL	110VAC
E2.6	K404	Estado Contactor Ventilador 2	BOOL	110VAC
E2.7	OL404	Falla de térmico Ventilador 2	BOOL	110VAC
E3.0	K405	Estado Contactor Ventilador 3	BOOL	110VAC
E3.1	OL405	Falla de térmico Ventilador 3	BOOL	110VAC
E3.2	K406	Estado Contactor Ventilador 4	BOOL	110VAC
E3.3	OL406	Falla de térmico Ventilador 4	BOOL	110VAC
E3.4	K407	Estado Contactor Ventilador 5	BOOL	110VAC
E3.5	OL407	Falla de térmico Ventilador 5	BOOL	110VAC
E3.6	K408	Estado Contactor Ventilador 6	BOOL	110VAC
E3.7	OL408	Falla de térmico Ventilador 6	BOOL	110VAC
E4.0	K409	Estado Contactor Ventilador 7	BOOL	110VAC
E4.1	OL409	Falla de térmico Ventilador 7	BOOL	110VAC
E4.2	K410	Estado Contactor Ventilador 8	BOOL	110VAC
E4.3	OL410	Falla de térmico Ventilador 8	BOOL	110VAC

Tabla 4.24. Direccionamiento de Entradas Digitales al Módulo DI02 del PLC

Dirección	Tag	Descripción	Tipo	Tensión
E5.0	K502	Estado Contactor de Balanza de embobinado	BOOL	110VAC
E5.1	OL502	Falla de térmico de Balanza de embobinado	BOOL	110VAC
E5.2	HS-100	Parada de Emergencia Zona de Formación	BOOL	110VAC
E5.3	HS-200	Parada de Emergencia Zona de Impregnación	BOOL	110VAC
E5.4	HS-300	Parada de Emergencia Zona de Hornos	BOOL	110VAC
E5.5	HS-400	Parada de Emergencia Zona de Enfriado	BOOL	110VAC



CAPÍTULO IV. MARCO OPERACIONAL

E5.6	HS-500	Parada de Emergencia Zona de Embobinado	BOOL	110VAC
E5.7	HS-600	Parada de Emergencia Panel de Control Principal	BOOL	110VAC
E6.0	SEL-301A	Selector manual para Encender el Quemador 1	BOOL	110VAC
E6.1	SEL-301B	Selector manual para Apagar el Quemador 1	BOOL	110VAC
E6.2	SEL-302A	Selector manual para Encender el Quemador 2	BOOL	110VAC
E6.3	SEL-302B	Selector manual para Apagar el quemador 2	BOOL	110VAC
E6.4	SEL-530A	Selector manual para Encender Rodillo de Embobinado	BOOL	110VAC
E6.5	SEL-530B	Selector manual para Apagar Rodillo de Embobinado	BOOL	110VAC
E6.6	PB-520A	Pulsador manual para Encender Guillotina	BOOL	110VAC
E6.7	PB-520B	Pulsador manual para Apagar Guillotina	BOOL	110VAC
E7.0	SEL-540	Selector manual giro Derecha Balanza de Embobinado	BOOL	110VAC
E7.1	SEL-540	Selector manual para Apagar Balanza de Embobinado	BOOL	110VAC
E7.2	SEL-540	Selector manual giro izquierda Balanza de Embobinado	BOOL	110VAC
E7.3	SEL-000	Selector Automático del proceso	BOOL	110VAC
E7.4	SEL-001	Selector Manual del proceso	BOOL	110VAC
E7.5	SEL-203A	Selector manual para Encender Bomba de Rociado de agua	BOOL	110VAC
E7.6	SEL-203B	Selector manual para Apagar Bomba de Rociado de agua	BOOL	110VAC
E7.7	SEL-204A	Selector manual para Encender Bomba de Reciclaje de agua	BOOL	110VAC
E7.8	SEL-204B	Selector manual para Apagar Bomba de Reciclaje de agua	BOOL	110VAC
E8.0	SEL-402A	Selector manual para Encender Bomba de Enfriado	BOOL	110VAC
E8.1	SEL-402B	Selector manual para Apagar Bomba de Enfriado	BOOL	110VAC

Tabla 4.25. Direccionamiento de Salidas Digitales del Módulo DO03 del PLC

Dirección	Tag	Descripción	Tipo	Tensión
A1.0	K103	Bobina Contactor Transportadora	BOOL	110VAC
A1.1	ZY-110	Válvula solenoide alinear malla Izq.	BOOL	110VAC
A1.2	ZY-112	Válvula solenoide alinear malla Der.	BOOL	110VAC



CAPÍTULO IV. MARCO OPERACIONAL



A1.3	K203	Bobina Contactor bomba Rociado	BOOL	110VAC
A1.4	K204	Bobina Contactor bomba reciclaje	BOOL	110VAC
A1.5	K305	Bobina Contactor cepillo limpiador	BOOL	110VAC
A1.6	K402	Bobina Contactor bomba enfriado	BOOL	110VAC
A1.7	K403	Bobina Contactor ventilador 1	BOOL	110VAC
A2.0	K404	Bobina Contactor ventilador 2	BOOL	110VAC
A2.1	K405	Bobina Contactor ventilador 3	BOOL	110VAC
A2.2	K406	Bobina Contactor ventilador 4	BOOL	110VAC
A2.3	K407	Bobina Contactor ventilador 5	BOOL	110VAC
A2.4	K408	Bobina Contactor ventilador 6	BOOL	110VAC
A2.5	K409	Bobina Contactor ventilador 7	BOOL	110VAC
A2.6	K410	Bobina Contactor ventilador 8	BOOL	110VAC
A2.7	K502	Bobina Contactor balanza	BOOL	110VAC
A3.0	PL-200	Luz piloto amarilla falta material tolva de resina 1	BOOL	110VAC
A3.1	PL-210	Luz piloto amarilla falta material tolva de resina 2	BOOL	110VAC
A3.2	PL-301	Luz piloto azul presencia de aire en quemador 1	BOOL	110VAC
A3.3	PL-311	Luz piloto azul presencia de aire en quemador 2	BOOL	110VAC
A3.4	PL-302	Luz piloto roja válvula en avería quemador 1	BOOL	110VAC
A3.5	PL-312	Luz piloto roja válvula en avería quemador 2	BOOL	110VAC
A3.6	PL-303	Luz piloto verde quemador 1 ON	BOOL	110VAC
A3.7	PL-313	Luz piloto verde quemador 2 ON	BOOL	110VAC
A4.0	PL-304	Luz piloto blanca presencia de gas quemador 1	BOOL	110VAC
A4.1	PL-314	Luz piloto blanca presencia de gas quemador 2	BOOL	110VAC
A4.2	PL-400	Luz piloto roja falla transportadora	BOOL	110VAC
A4.3	SA-400	Alarma sonora falla transportadora	BOOL	110VAC
A4.4	PL-300	Luz piloto roja falla de temperatura horno 1	BOOL	110VAC
A4.5	PL-310	Luz piloto roja falla de temperatura horno 2	BOOL	110VAC
A4.6	SA-200	Alarma sonora falta material en tolvas de resina 1 o 2	BOOL	110VAC
A4.7	SA-500	Alarma sonora falla de tensión de embobinado	BOOL	110VAC



Tabla 4.26. Direccionamiento de Salidas Digitales del Módulo DO04 del PLC

Dirección	Tag	Descripción	Tipo	Tensión
A5.0	SA-410	Alarma sonora falla de presión de gas en quemador 1	BOOL	110VAC
A5.1	SA-411	Alarma sonora falla de presión de gas en quemador 2	BOOL	110VAC
A5.2	PL-100	Luz piloto verde proceso ON	BOOL	110VAC
A5.3	PL-600	Luz piloto roja parada del proceso	BOOL	110VAC
A5.4	SA-600	Alarma sonora parada del proceso	BOOL	110VAC
A5.5	SA-300	Alarma sonora falla temperatura en horno 1 o 2	BOOL	110VAC
A5.6	PL-500	Coctelera de colores guillotina encendida	BOOL	110VAC

Tabla 4.27. Direccionamiento de I/O Analógicas de los Módulos AI05 y AO06 y las señales de Comunicación Profibus-DP del PLC.

Dirección	Tag	Descripción	Tipo
PEW 364	TT-300	Termocupla J temperatura horno 1	TC-3H [B]
PEW 366	TT-310	Termocupla J temperatura horno 2	TC-3H [B]
PEW 368	TT-410	RTD Pt-100 temperatura chiller	RTD-3H [B]
PEW 370	PT-202	Transmisor de presión de agua	TM2H [D]
PAW 364	PY-100	Activación Rodillo de suministro	4 – 20 mA

4.6 Software de Programación STARTER de Siemens.

Para la configuración de los diferentes parámetros que poseen los driver Micro Máster 4, se utiliza como herramienta el software de programación STARTER, el cual es una aplicación que permite realizar de forma sencilla la configuración de los Micro Máster 4, mediante una interfaz PC COM –Port (USS)

Mediante el uso del STATER se puede configurar los diferentes parámetros de puesta en marcha de los driver Micro Máster para facilitar su conexión en la red Profibus-DP. **(Ver Anexo E)**



CAPÍTULO IV. MARCO OPERACIONAL



Figura 4.84. Ventana de inicio de STARTER

Fuente: Elaboración Propia

4.6.1 Descripción de la programación STARTER

Al terminar la carga del programa, por defecto, debe aparecer una ventana de inicio rápido llamada “Project Wizard Starter”. Con ella se tienen las opciones:

- Configurar un nuevo inversor, estando este desconectado del PC.
- Buscar inversores conectados al PC.
- Abrir un proyecto existente.

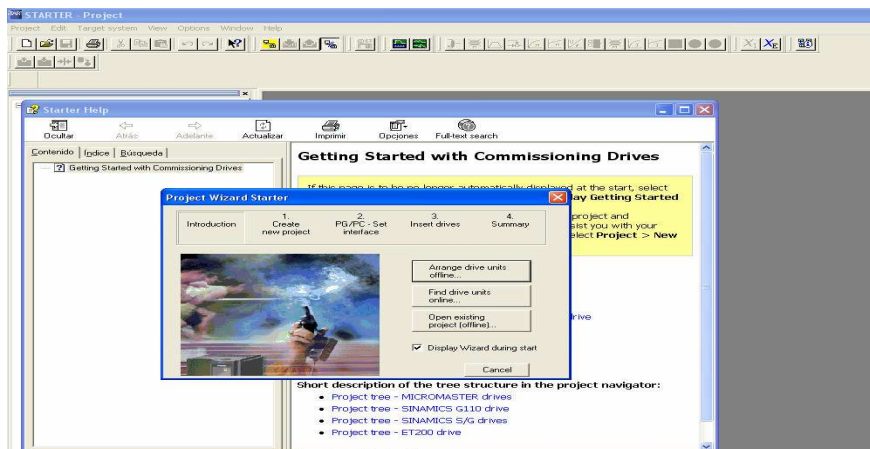


Figura 4.85. Ventana de inicio rápido del STARTER

Fuente: Elaboración Propia



Al seleccionar “Arrange drive units offline”, se comienza la creación del nuevo proyecto. Para realizar la selección y configuración inicial del inversor desde esta sección, siga los siguientes pasos:

1- La primera pestaña se refiere a la creación del nuevo proyecto (Create New Project). Introduzca un nombre para el proyecto (p.ej. “Puesta en Marcha”) y opcionalmente puede colocar autor y comentarios.

2- En la siguiente pestaña (Set PG/PC Interface) se selecciona la interfaz a través de la cual está conectado el inversor con la PC. Para MICROMASTER 420, debe elegir PC Adapter (PROFIBUS). Si al lado derecho de “Set Interface” ya aparece este adaptador, continúe con el paso 3. En caso de que no aparezca esto, haga clic en Change and Test.

Al aparecer la nueva ventana se debe seleccionar la interfaz PC COM-Port (USS) que aparece en la lista, seleccione el puerto COM1 con 9600bps y luego haga click en “Aceptar” y finalmente confirmar.

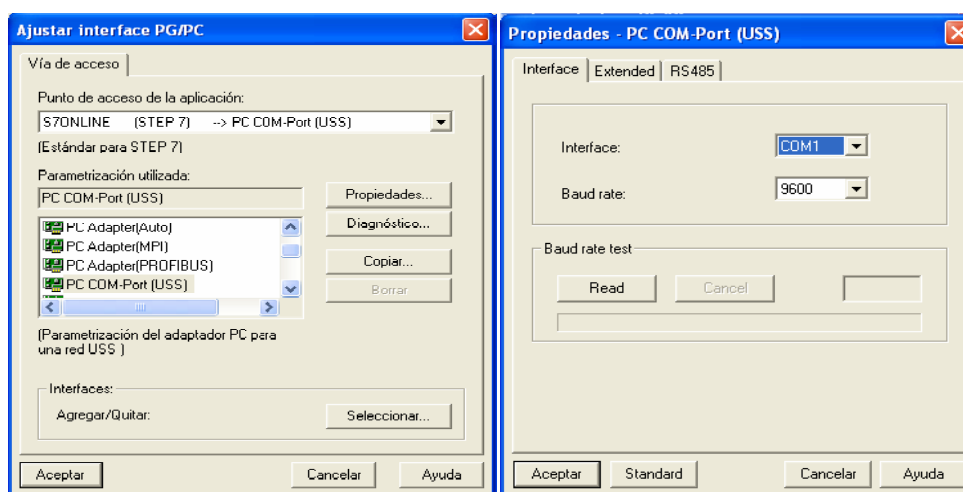
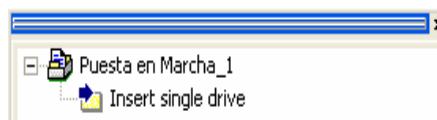


Figura 4.86. Ajuste de Interfaz del STARTER
Fuente: Elaboración Propia.



Ya en la pestaña “Insert Drives”, haga las siguientes selecciones:

- Device: MICROMASTER.
- Type: 420.
- Versión: v1.1x
- Bus Addr.: 0.
- Name: MM_420.



Finalmente, haga click en Insert y luego Next.

4- En la última pestaña, aparecerá un resumen de la configuración realizada. Haga click en “Complete”. Todo este proceso se realiza para pre-configurar el programa para trabajar a través de una interfaz determinada. Como siguiente paso, se realiza la parametrización del inversor.

Esta pequeña sección aplica si no se comienza con el “Project Wizard Starter”. Se hace click en el icono, se configura el nombre del proyecto y a continuación: Ahora en el lado izquierdo de la pantalla, aparecerá la lista de la figura. Haga doble click sobre “Insert single drive”. Seleccione “MICROMASTER 420” en Device Type, “1.1x” en Device version y finalmente “0” en Bus addr.

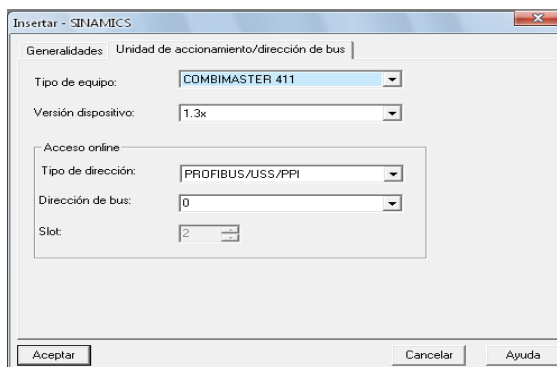


Figura 4.87. Ventana para insertar los Micromáster
Fuente: Elaboración Propia



Al hacer click en Aceptar (iniciando con el Wizard o creando un nuevo proyecto), aparecerá el nuevo dispositivo en la lista. Ahora, abra la lista de “MICROMASTER_420” con “+” (o haciendo doble click). En esta sección es posible hacer la configuración completa de todos los parámetros existentes en el MICROMASTER 420. Para hacer la Puesta en Marcha, realice un doble click en “Drive Navigator”.

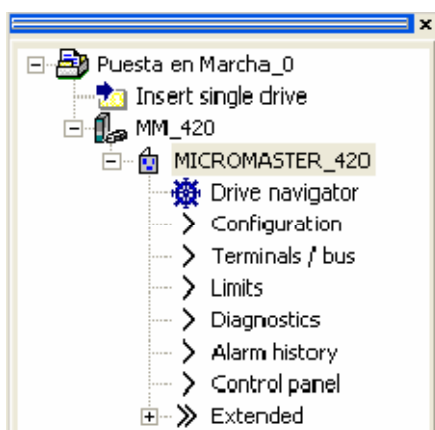


Figura 4.88. Configuración del Micromáster 4
Fuente: elaboración Propia

Al lado derecho de la pantalla, aparecerá un diagrama de la estructura del inversor, y debajo tres botones como los siguientes:

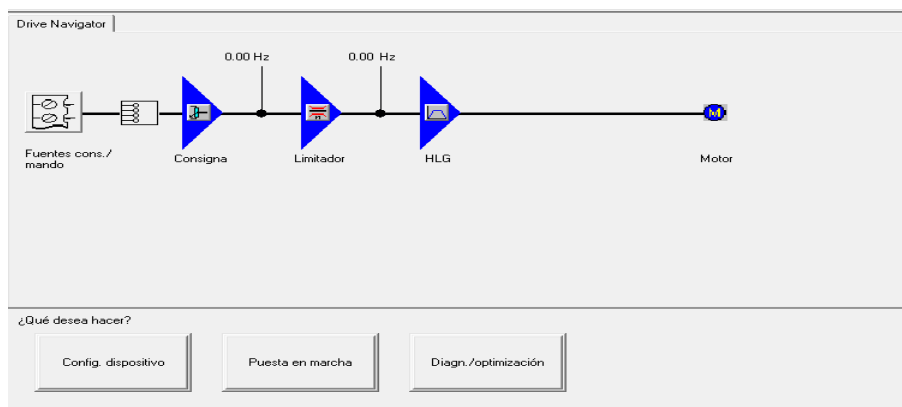


Figura 4.89. Driver Navegador del STARTER
Fuente: Elaboración Propia.

Para iniciar la puesta en marcha, seleccione Device Configuration y luego en Carry out configuration. A continuación se inician una serie de preguntas referentes a la configuración del inversor.

- Estándar de frecuencia.
- Características del Motor.
- Modo de Operación.
- Fuente de Comandos y Consigna.
- Parámetros principales de operación.

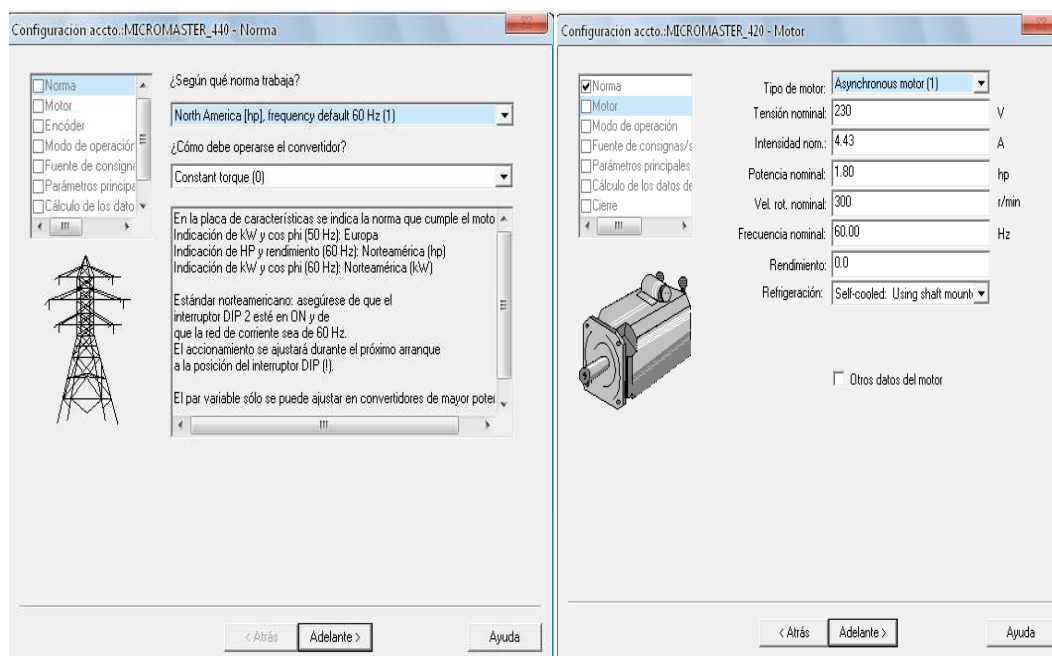


Figura 4.90. Ventanas de Configuración de parámetros
Fuente: elaboración Propia.

Luego de la configuración, pase a configuración con la flecha azul y aparecerán las siguientes opciones:

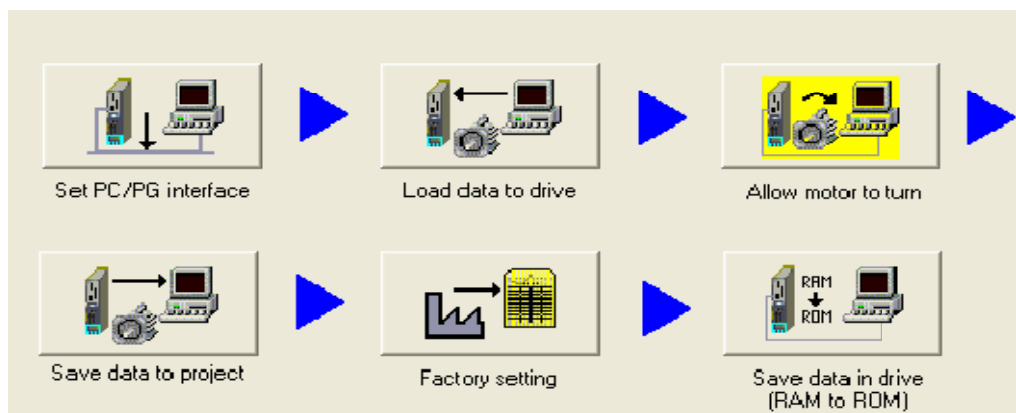


Figura 4.91. Ventana de opciones de configuración del Micromáster
Fuente: elaboración Propia.

Set PC/PG Interface: permite cambiar de nuevo la interfaz de conexión con el inversor. Confirme que esté configurada como PC COM-PORT (USS).

Load data to drive: carga la configuración hacia al inversor. Al hacer click en esta ventana se iniciará la transferencia de los datos de configuración.

Save data to project: permite cargar los datos de configuración en el inversor hacia el computador. Con esto es posible hacer la verificación de esta parametrización y además ofrece la posibilidad de cargar estos datos en otro inversor posteriormente.

Allow motor to turn: este botón da la posibilidad de controlar el motor desde el PC. Esta característica debe ser usada para prueba del motor.

Al pulsar este último botón se abre una ventana de advertencia sobre el objetivo del Control Panel, Al aceptar esta ventana se abre en la parte inferior de la pantalla el Control Panel. Los íconos Control Panel Show/Hide y Diagnostics View Show/Hide permiten visualizar la parte de control y la de diagnóstico de variables simple del motor respectivamente.

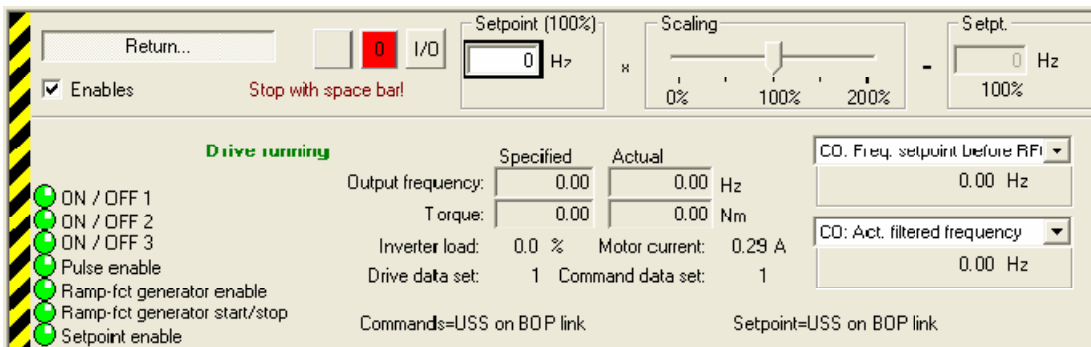


Figura 4.92. Ventana del Control Panel
Fuente: Elaboración Propia.

Factory Setting: automáticamente, luego de una petición de confirmación, se cargan los parámetros por defecto del inversor.

Monitor Setpoints/Actual values: es posible observar los parámetros actuales del motor y del inversor.

Monitor Control/status words: se pueden visualizar todos los estados de las palabras de control y estado del inversor.

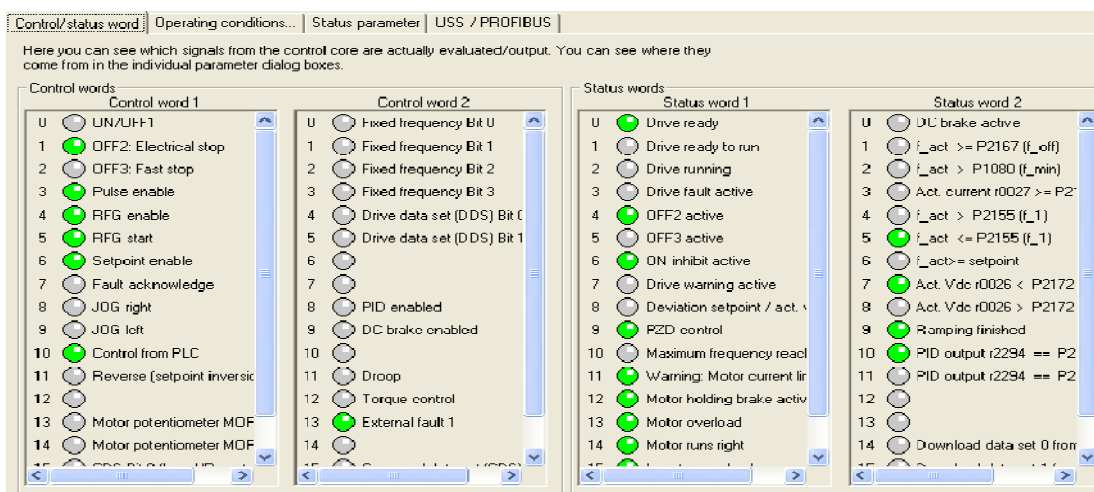


Figura 4.93. Ventana del Monitor Control.
Fuente: Elaboración Propia.



4.7 Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos (SCADA)

El sistema SCADA, que permitirá la simulación del diseño automatizado de la línea de producción de MAT. Ha sido desarrollado haciendo uso del software Intouch de la compañía alemana Wonderware. El cual brinda un sistema de supervisión en tiempo real bastante confiable y con múltiples usos y aplicaciones, es un software desarrollado bajo un ambiente de Windows, lo que permite una facilidad de manipulación con los usuarios.

La versatilidad del sistema SCADA Intouch, permite comunicar con una variada gama de PLC bajo ciertos protocolos de comunicación. Para el diseño automatizado de la línea de producción de MAT se utilizara un PLC SIMATIC S7-300 de Siemens, con una CPU 313C-2DP que posee un puerto de comunicación Profibus-DP y otro puerto de comunicación serial con protocolo RS485/232, por medio del cual se realizara la conexión al panel PC de la interfaz hombre-máquina, la HMI modelo Siemens contendrá las operaciones básicas del operador, mientras el sistema SCADA desde una PC remota se conectara con el PLC S7-300 por medio de un módulo de comunicación con protocolo soportado por el software intouch que pueden ser: Ethernet, Novell, TokenRing, Arcnet, etc. y soporte para conexión serie, TCP/IP o DecNET.

4.7.1 Descripción de las ventanas que conforman el sistema SCADA de la línea de producción de MAT.

El sistema SCADA desarrollado cuenta con una serie de ventanas graficas donde se puede observar a detalle el proceso de producción de MAT, adicionalmente cuenta con ventanas de información del proceso y de los diferentes equipos e instrumentos relacionados con la línea de producción y de igual manera se tienen



ventanas para la visualización de alarmas y de las diferentes variables analógicas que intervienen en el proceso. El sistema SCADA contendrá toda la información del proceso en tiempo real y guardara registro de cada variable incluyendo las señales de encendido y apagado de los diferentes motores. A continuación se describen cada una de estas ventanas diseñadas con el software Intouch:

El proceso completo se divide en tres ventanas principales, esto debido a lo extenso del mismo y con la finalidad de poder visualizar a detalle cada parte del proceso y de los instrumentos de medición. Estas ventanas son las siguientes:

Ventana 1 (Proceso Zona 1 y 2): es la ventana inicial del SCADA, contiene las dos primeras zonas del proceso: (Formación e Impregnación), en esta ventana se observa el accionamiento de los motores que mueven los cilindros de dosificación de materia prima, pasando por la malla transportadora hasta llegar a las dos tolvas de resina las cuales cubren los hilos de fibra con resina por medio de unos rodillos accionados por motores, se tienen también visualización e identificación de toda la instrumentación asociada a las variables involucradas con estas dos primeras zonas del proceso. **(Ver Figura 4.94)**

Ventana 2 (Proceso Zona 3): es la zona correspondiente a los hornos de cocción, se puede detallar toda la instrumentación asociada a los quemadores de cada horno y los instrumentos de medición de temperatura. **(Ver Figura 4.95)**

Ventana 3 (Proceso Zona 4 y 5): corresponde con las zonas finales del proceso, enfriado, corte y embobinado. En esta ventana se muestra el control de tensión de embobinado, los cilindros y ventiladores de enfriamiento, la guillotina de corte y finalmente la balanza de embobinado y descarga. **(Ver Figura 4.96)**

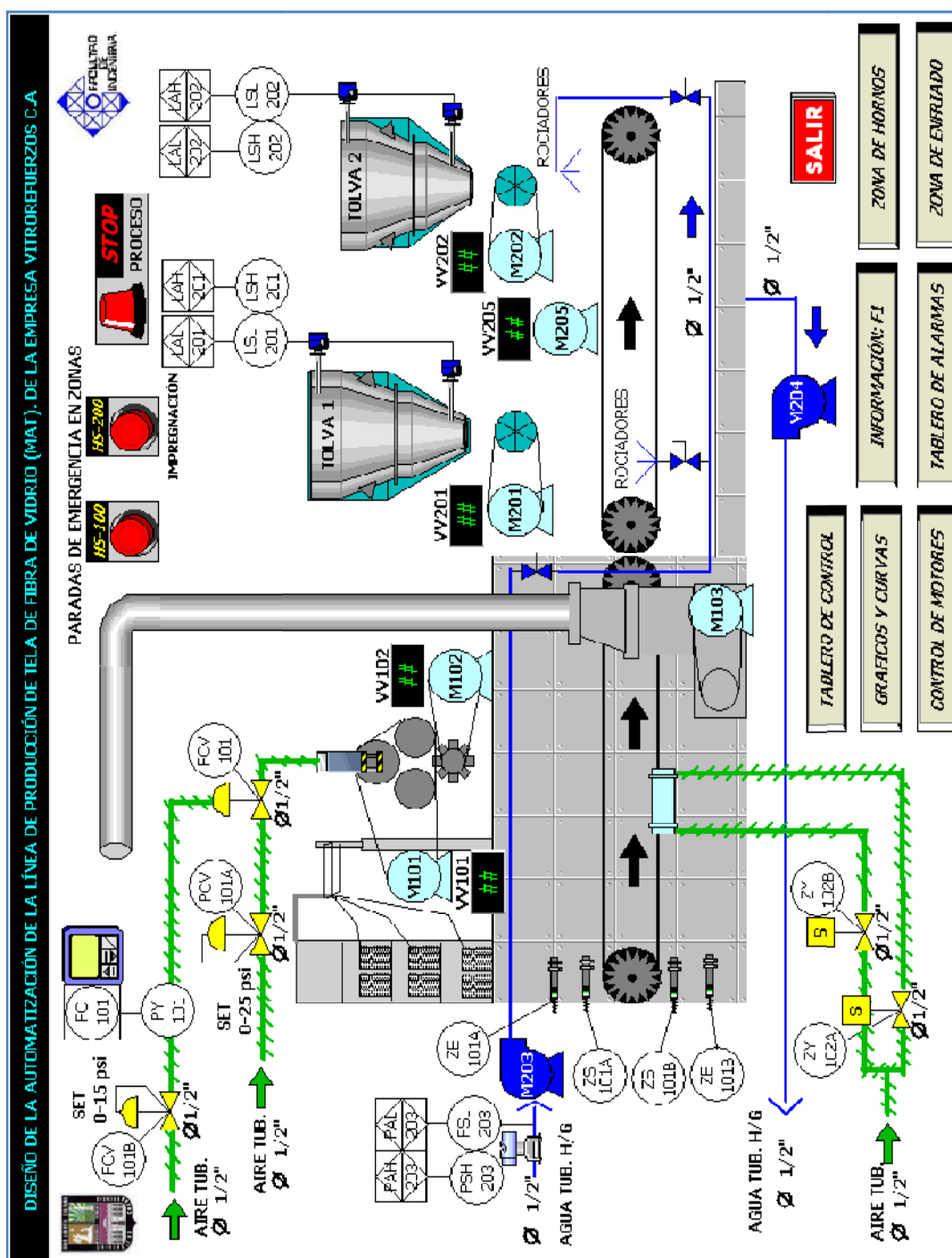


Figura 4.94. Ventana 1 del Proceso Zona 1 y 2 del Sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia.

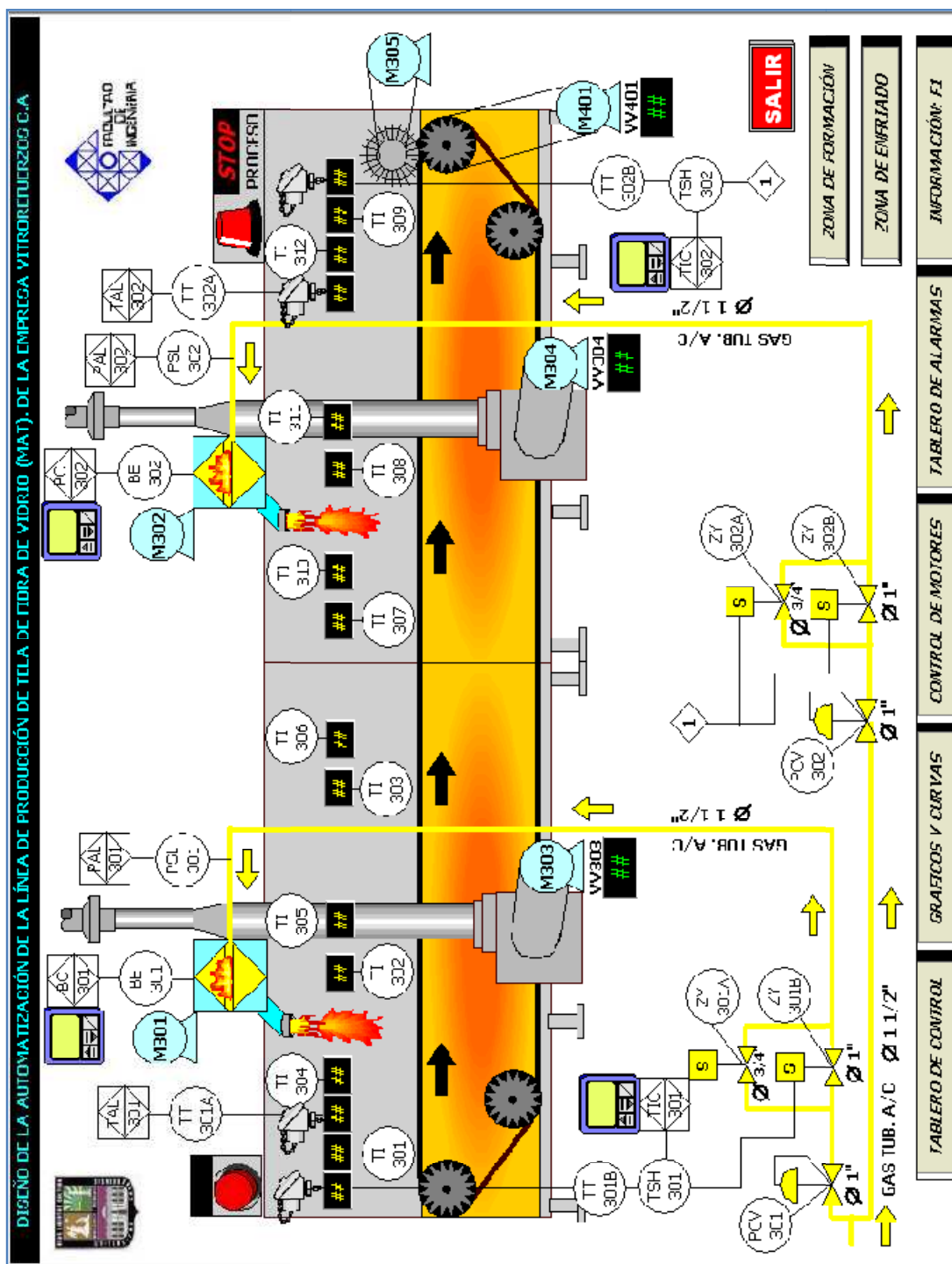


Figura 4.95. Ventana 2 del Proceso Zona 3 del Sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia.

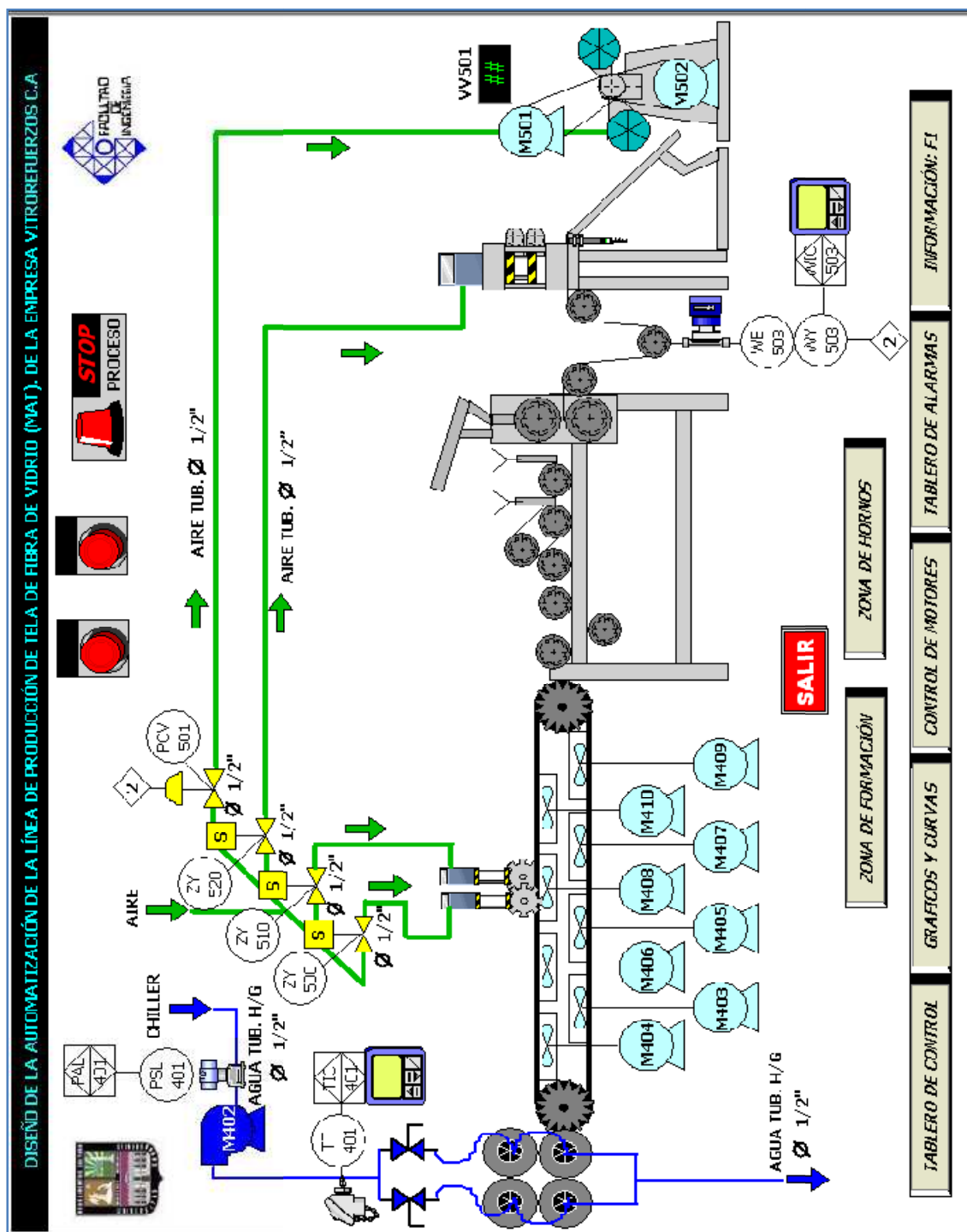


Figura 4.96. Ventana 3 del Proceso Zona 4 y 5 del Sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia.



El sistema SCADA también cuenta con ventanas de accionamiento con controles de mando para los diferentes motores, ventanas de visualización de gráficos y de control de las variables analógicas involucradas en el proceso y una serie de ventanas de información de los distintos motores y equipos, las cuales fueron diseñadas con la finalidad de poder realizar la simulación del proceso y la supervisión en tiempo real de las diferentes variables asociadas al proceso productivo.

En las siguientes figuras se muestran las ventanas del sistema SCADA correspondientes a los accionamientos de motores y controles de variables analógicas, a las cuales se puede acceder directamente desde cualquiera de las ventanas principales del proceso (Ventana 1, 2 y 3). Estas ventanas son con fines de simular el proceso en tiempo real y supervisar su funcionamiento.

Figura 4.97. Muestra la ventana de acceso al tablero principal de control del proceso, desde donde se puede realizar el arranque de la máquina y los accionamientos en modo manual de algunos motores y bombas. Desde esta ventana se puede acceder a las ventanas de visualización de gráficos, alarmas, y CCM (centro de Control de Motores).

Figura 4.98. Contiene la ventana de información del sistema SCADA desde donde se puede acceder a la información de todos los elementos que contiene el proceso y obtener una descripción de los equipos.

Figura 4.99. Se observa la ventana de acceso a los gráficos y curvas de las variables analógicas de interés en el proceso.

Figura 4.100. Se detalla la ventana del panel de alarmas, en esta se muestran las posibles fallas u estados de alarmas que se puedan originar durante el proceso.



Figura 4.101. Ventana del centro de control de motores (CCM) contiene el estado e identificación de todos los motores presentes en la máquina de MAT, desde esta ventana se puede acceder a los diferentes accionamientos y controles que requieran cada uno de los distintos motores.

Figura 4.102. Se muestra la ventana de acceso al control de temperatura que requieren los motores de los quemadores de los hornos y extractores a fin de controlar en un punto de ajuste establecido el valor de temperatura dentro los hornos.

Figura 4.103. Contiene la ventana de los controladores secundarios de seguridad de llama que requieren los quemadores de los hornos para el cierre y apertura de válvula de combustible (GAS) y de la chispa del piloto de ignición.

Figura 4.104. Se observa la ventana del controlador de tensión requerido por el motor de embobinado a fin de mantener en punto estable el valor de la fuerza de tensión del embobinado para evitar rupturas en el material.

Figura 4.105. En esta ventana se muestra la configuración e información del control de velocidad para los motores de la red Profibus, contiene la información que debe enviar el Micromáster 4 al PLC y los parámetros y valor de ajuste de frecuencia que el PLC le envía al convertidor, también se puede observar las características principales del convertidor como el modelo, potencia y motor asociado. Esta ventana es solo para uso de la simulación del proceso y supervisión del dispositivo.

Para fines del SCADA, la ventana de los variadores de velocidad realizaran las acciones de accionamiento de los motores de la red con el PLC, en el proceso real los Convertidores Micromáster conectados en red manejan hasta 16 palabras de 16 Bits cada en comunicación con el PLC.

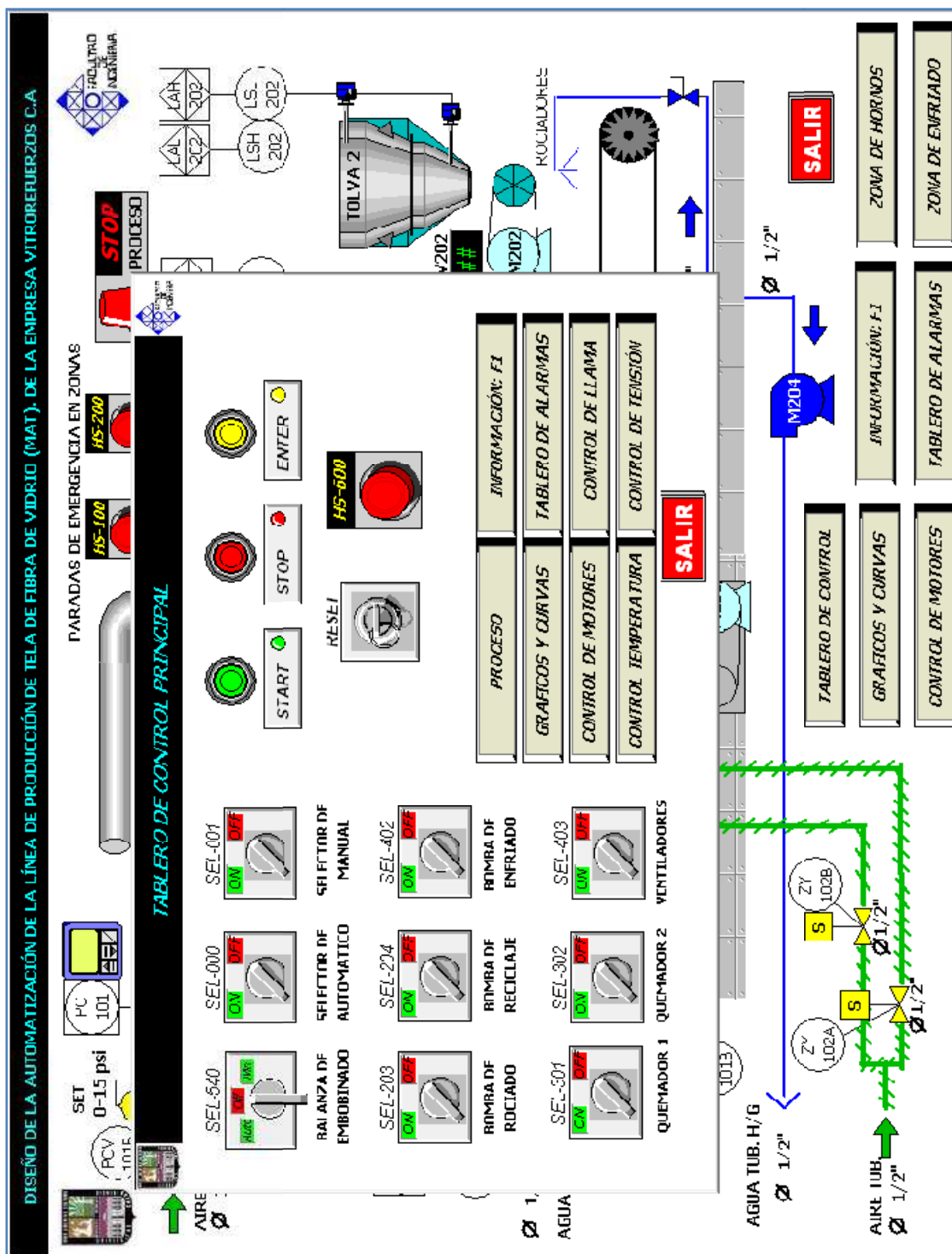


Figura 4.97. Ventana de Acceso al Panel de control del sistema SCADA.
Fuente: Elaboración Propia.

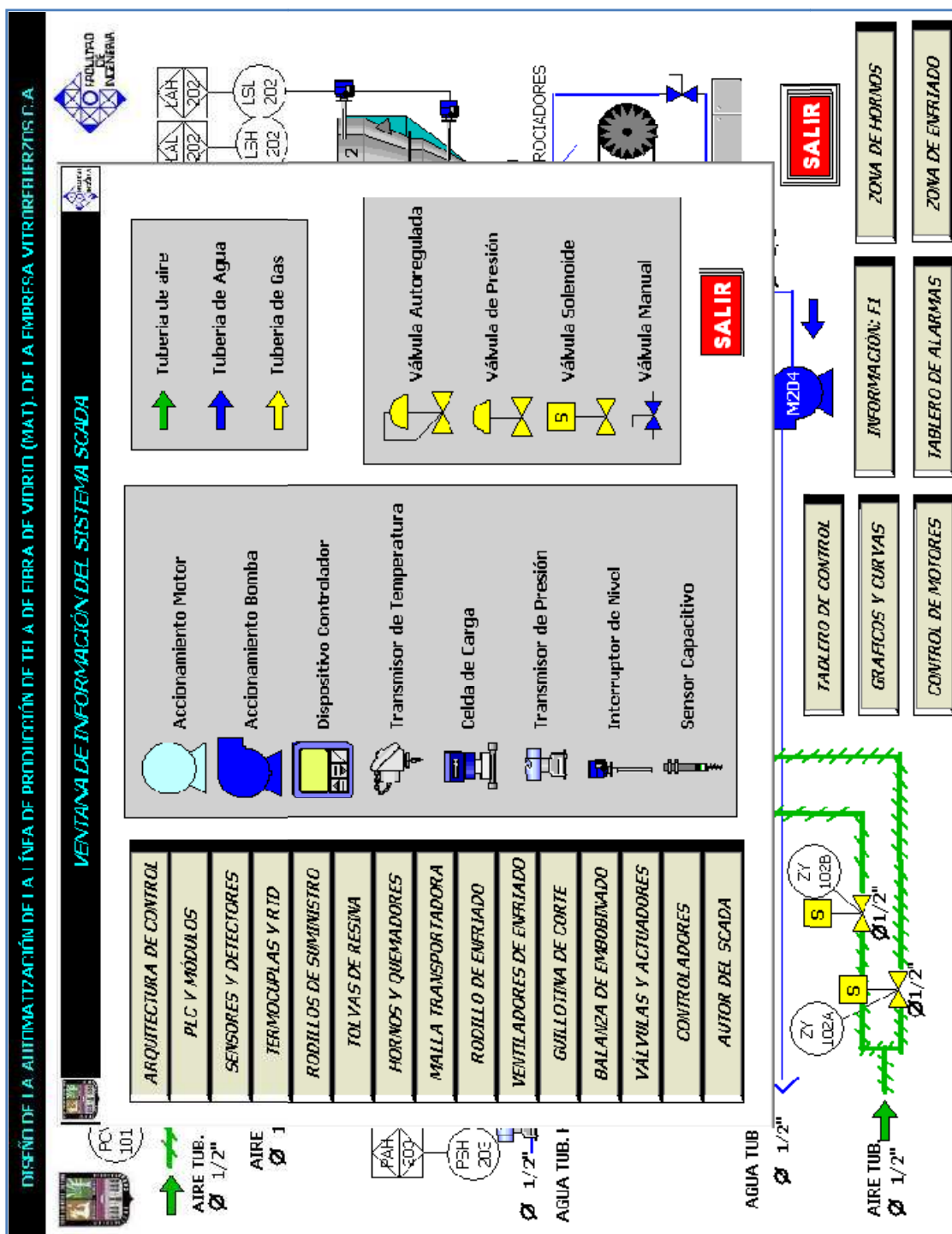


Figura 4.98. Ventana de Acceso a información del sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia.

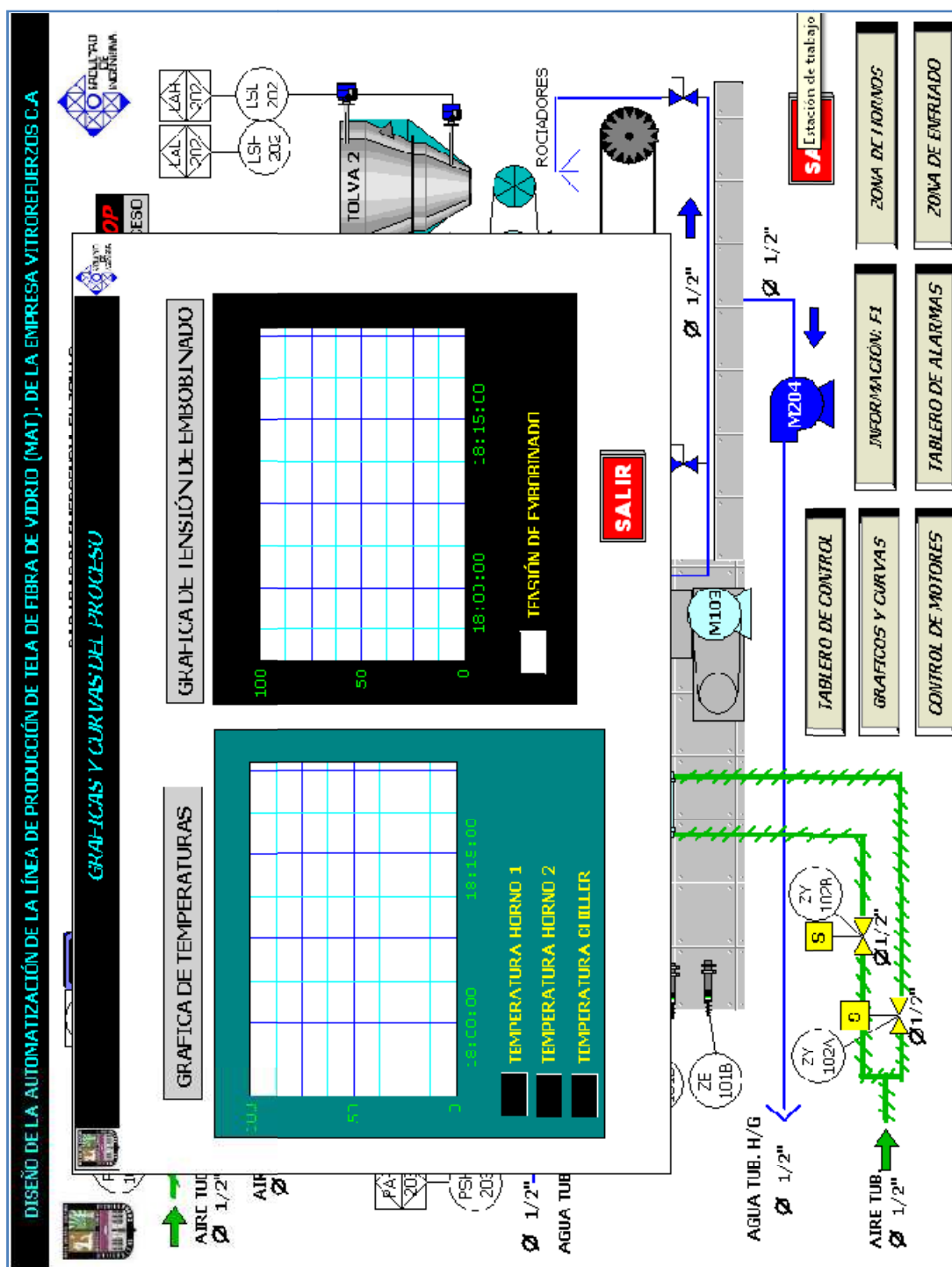


Figura 4.99. Ventana de acceso a Gráficos y Curvas del sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia.

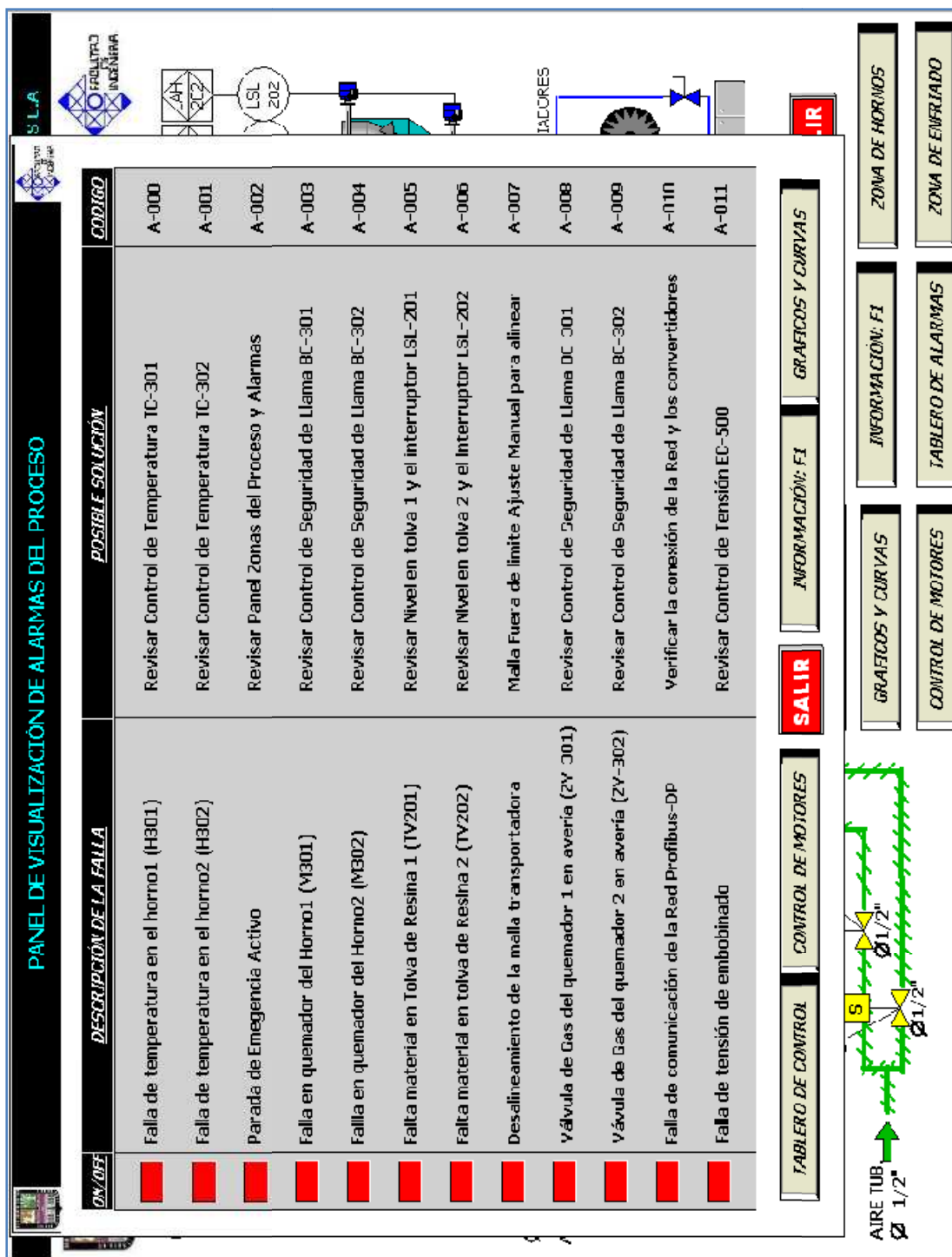


Figura 4.100. Ventana de Acceso a panel de alarmas del sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 4.101. Ventana del centro de control de motores del sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia.

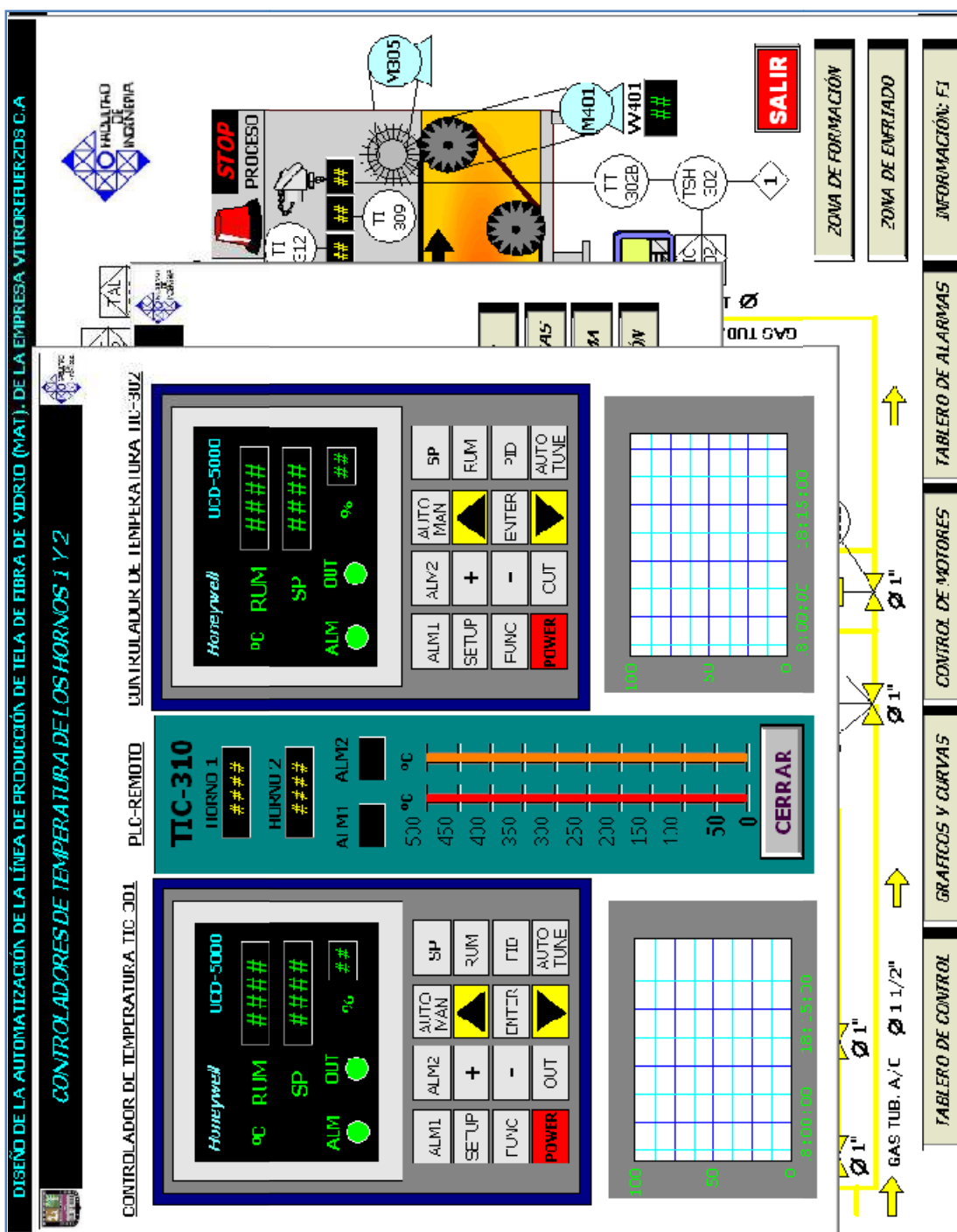


Figura 4.102. Ventana de los controladores de temperatura del sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia.

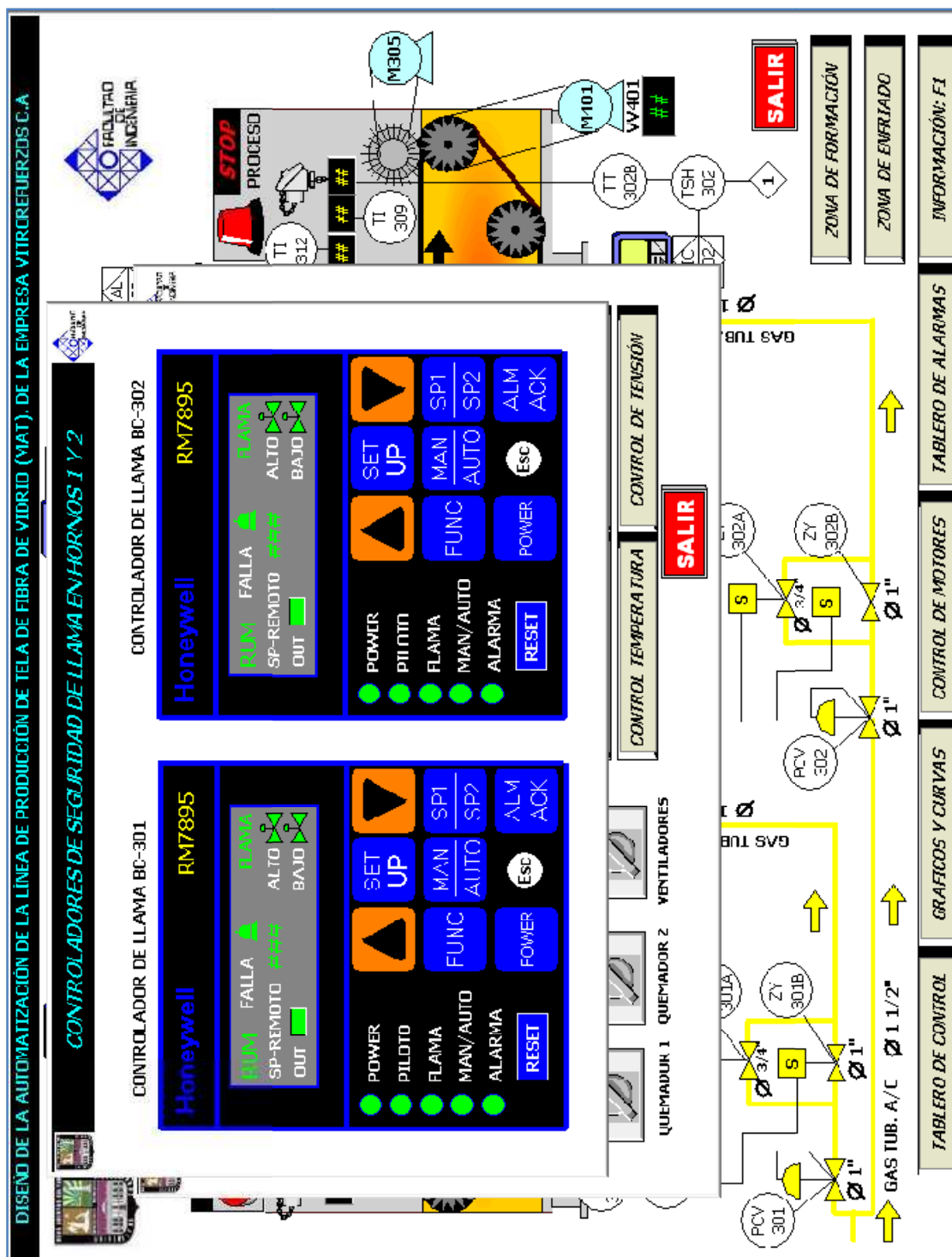


Figura 4.103. Ventana de acceso a controladores de llama del sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia.

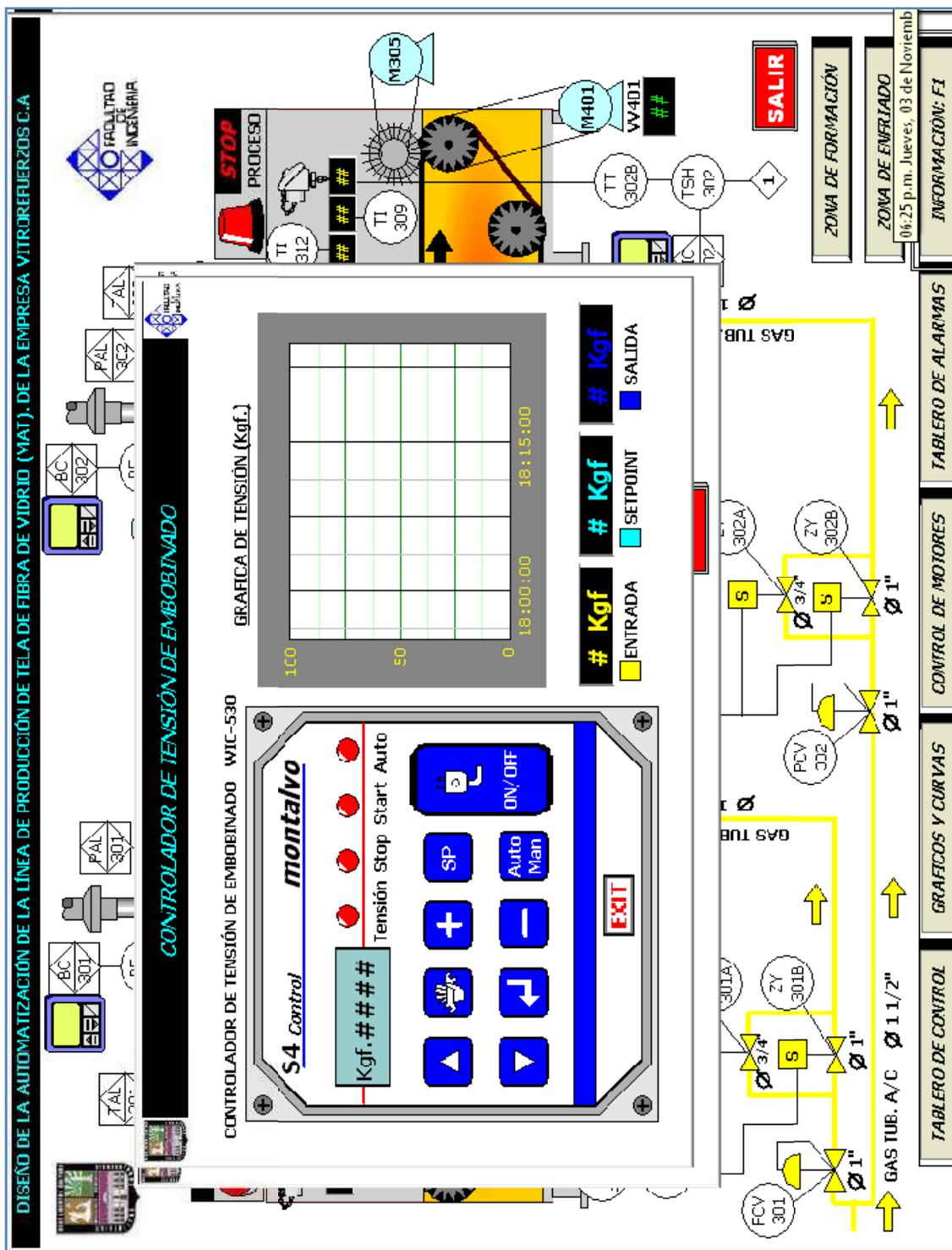
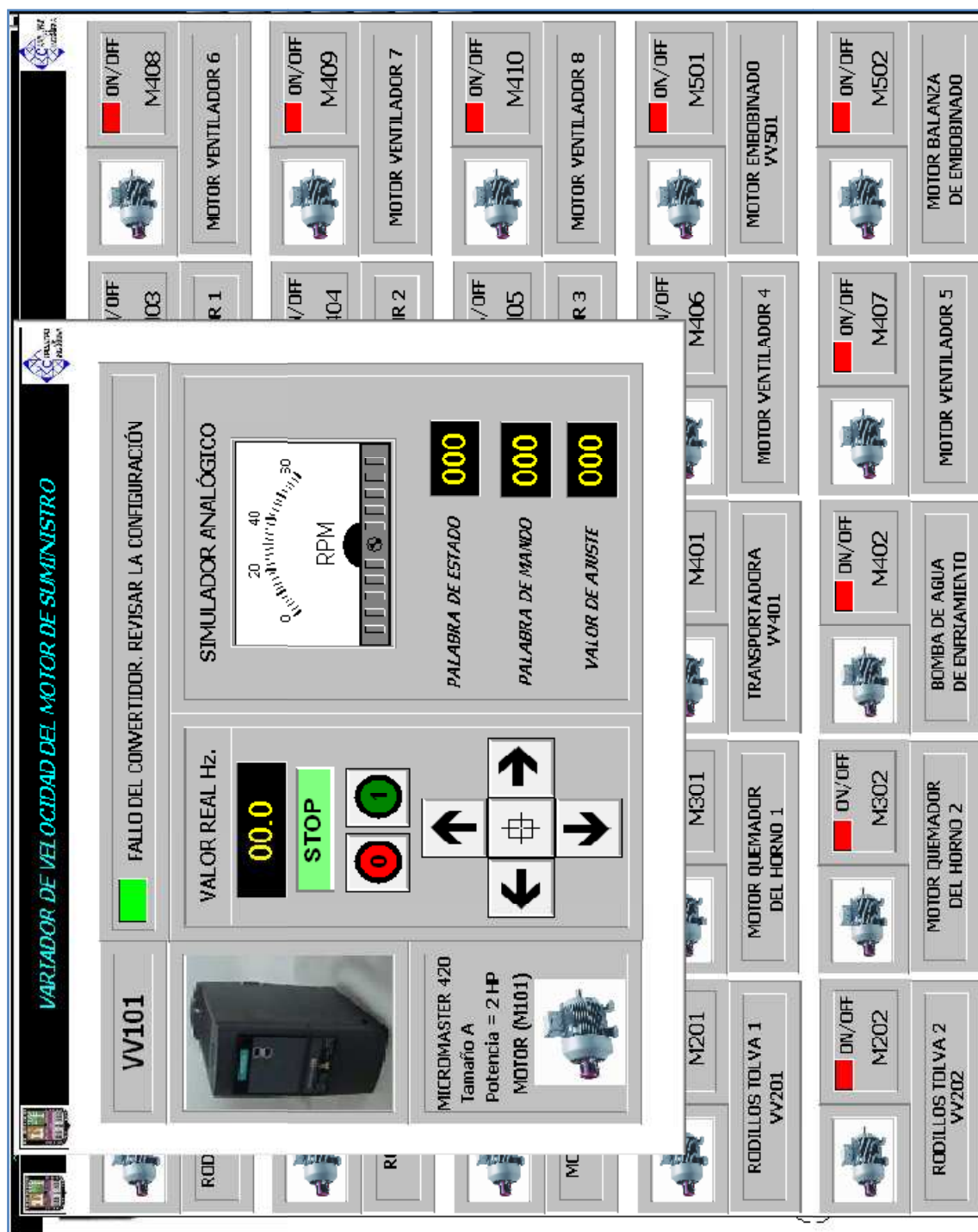


Figura 4.104. Ventana de acceso al controlador de tensión del sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.



Adicionalmente a las ventanas de proceso y de las ventanas de accionamiento, control y supervisión de variables. Existen otras ventanas dentro del sistema SCADA a las cuales se puede acceder como un tercer nivel.

Las ventanas de acceso de tercer nivel son las de información, las cuales contienen una descripción y características de los diferentes equipos e instrumentos relacionados con el proceso, así como de los motores y rodillos.

A las ventanas de información de equipos se puede acceder desde la ventana de información del SCADA.

En las figuras 4.106 a la 4.120, se puede observar las diferentes ventanas de información que brinda el sistema SCADA desarrollado con la finalidad de generar un registro de los datos y características de cada motor, equipo e instrumento de medición y control de variables.

En las Figuras: 4.106, 4.107, 4.108, 4.109, 4.118, se muestran las ventanas relacionadas con la información de la máquina en cuanto a motores, rodillos, hornos, transportadora, etc. de los cuales se tienen sus características de tensión y potencia y los requerimientos de control asociados para su maniobra y accionamiento.

En las Figuras: 4.110 a la 4.117, se observan las ventanas que contienen información referente a los distintos instrumentos de medición y de los dispositivos de control (PLC, Controladores, sensores, interruptores, etc.) que realizan las acciones de control y maniobra de los diferentes motores y variables asociadas al proceso de producción de tela de fibra de vidrio (MAT).

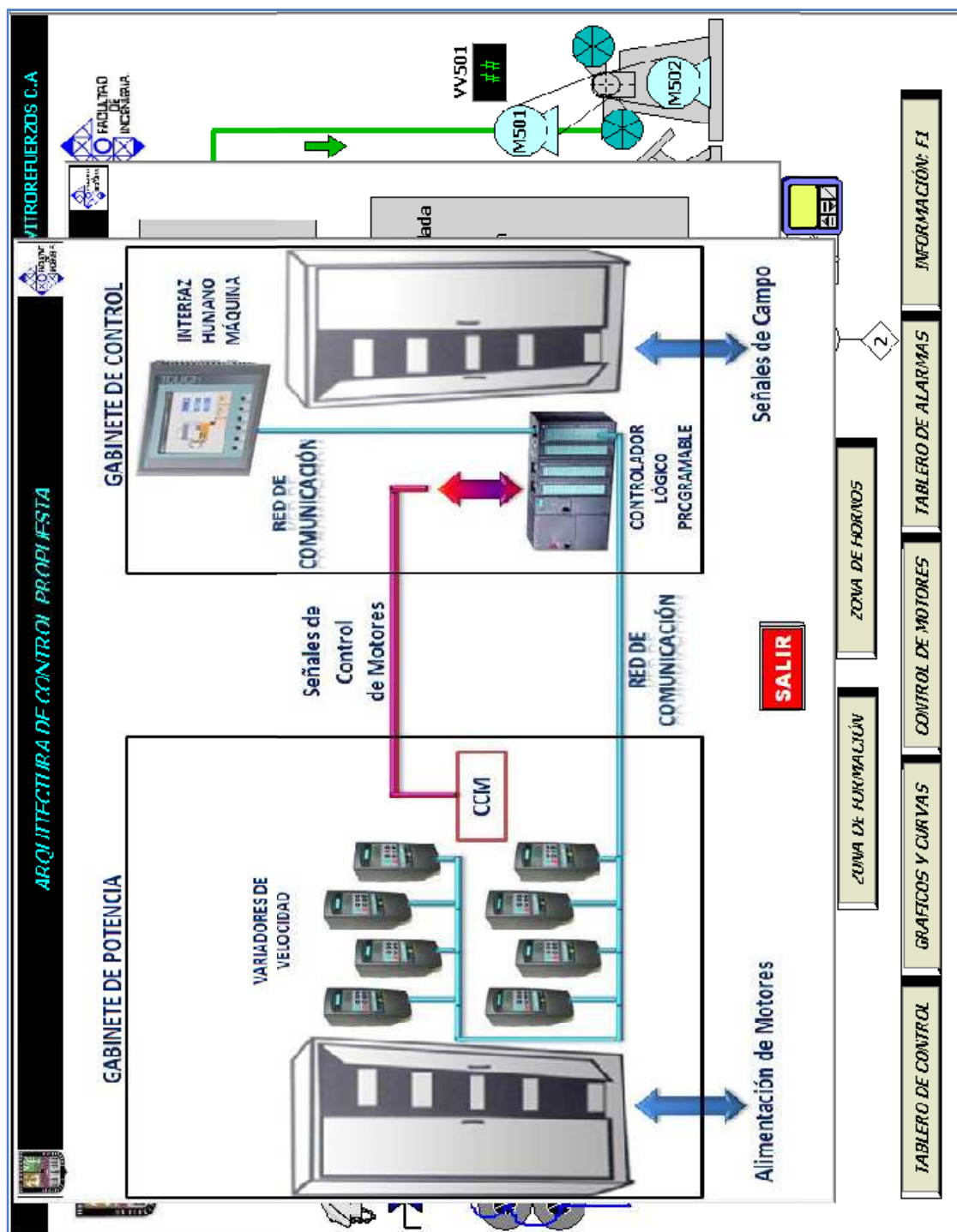


Figura 4.106. Ventana de información de la arquitectura de control del proceso

Fuente: Elaboración Propia.

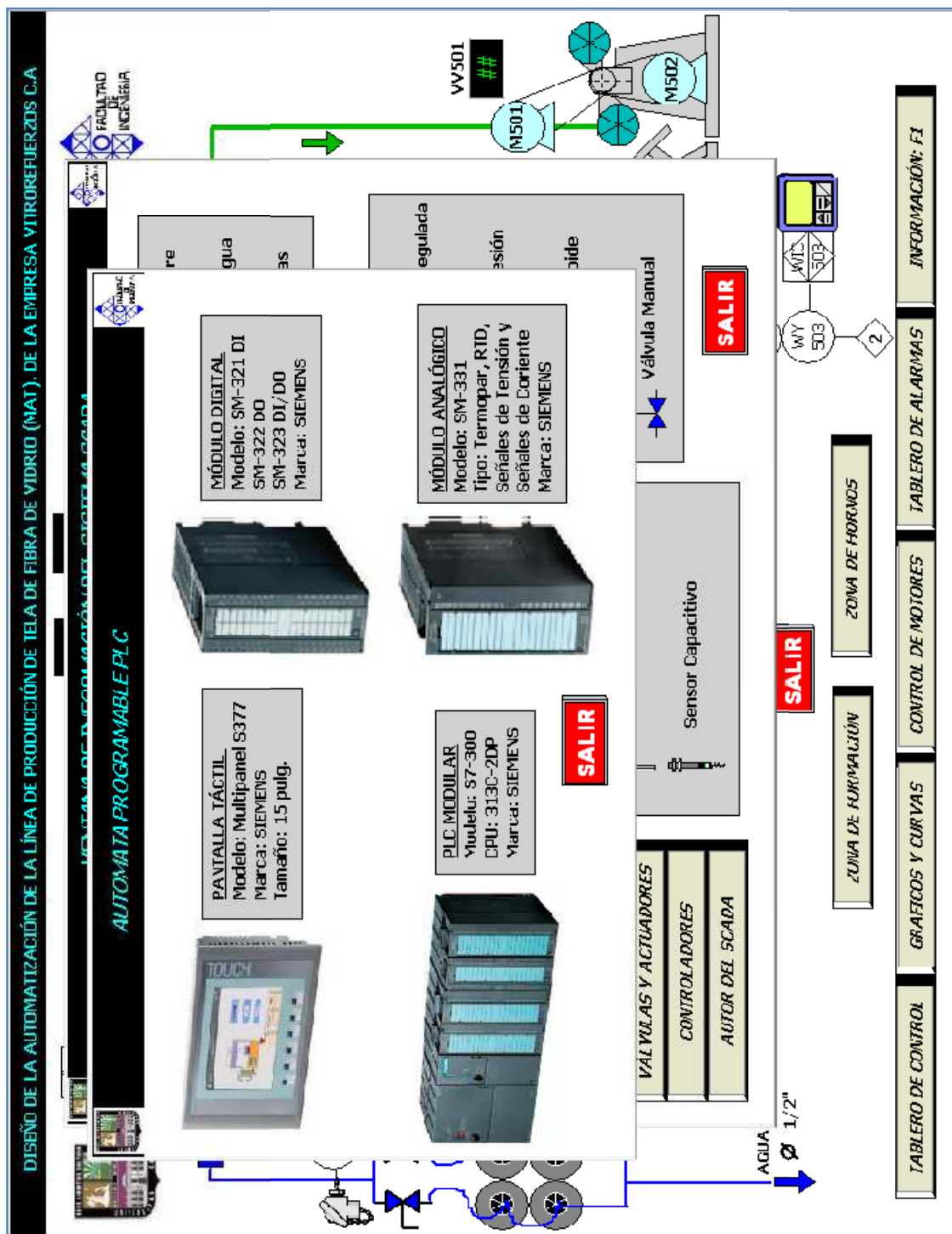


Figura 4.107. Ventana de informaci3n del PLC del sistema SCADA

Fuente: Elaboraci3n Propia.

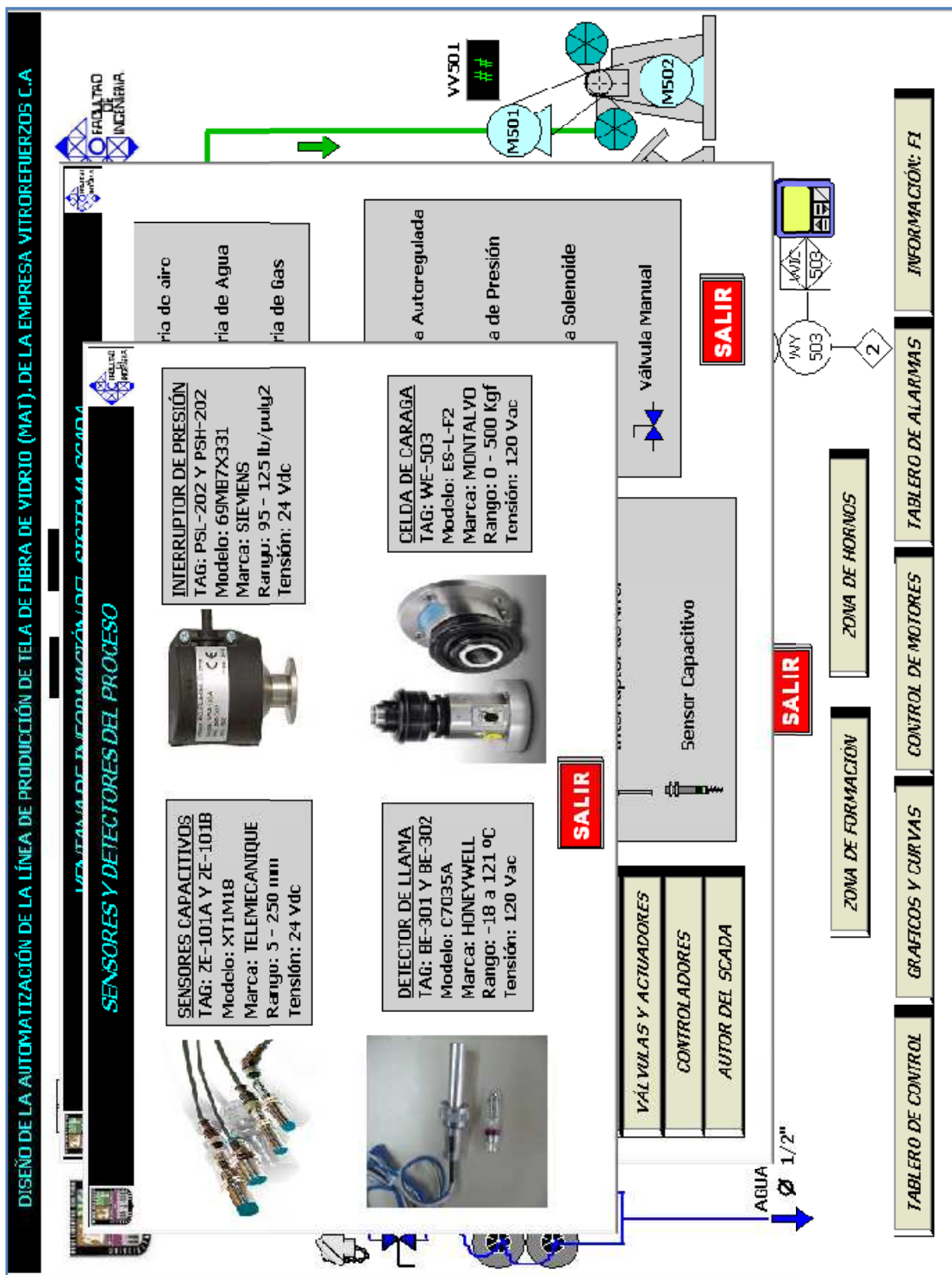


Figura 4.108. Ventana de información de sensores del sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia.

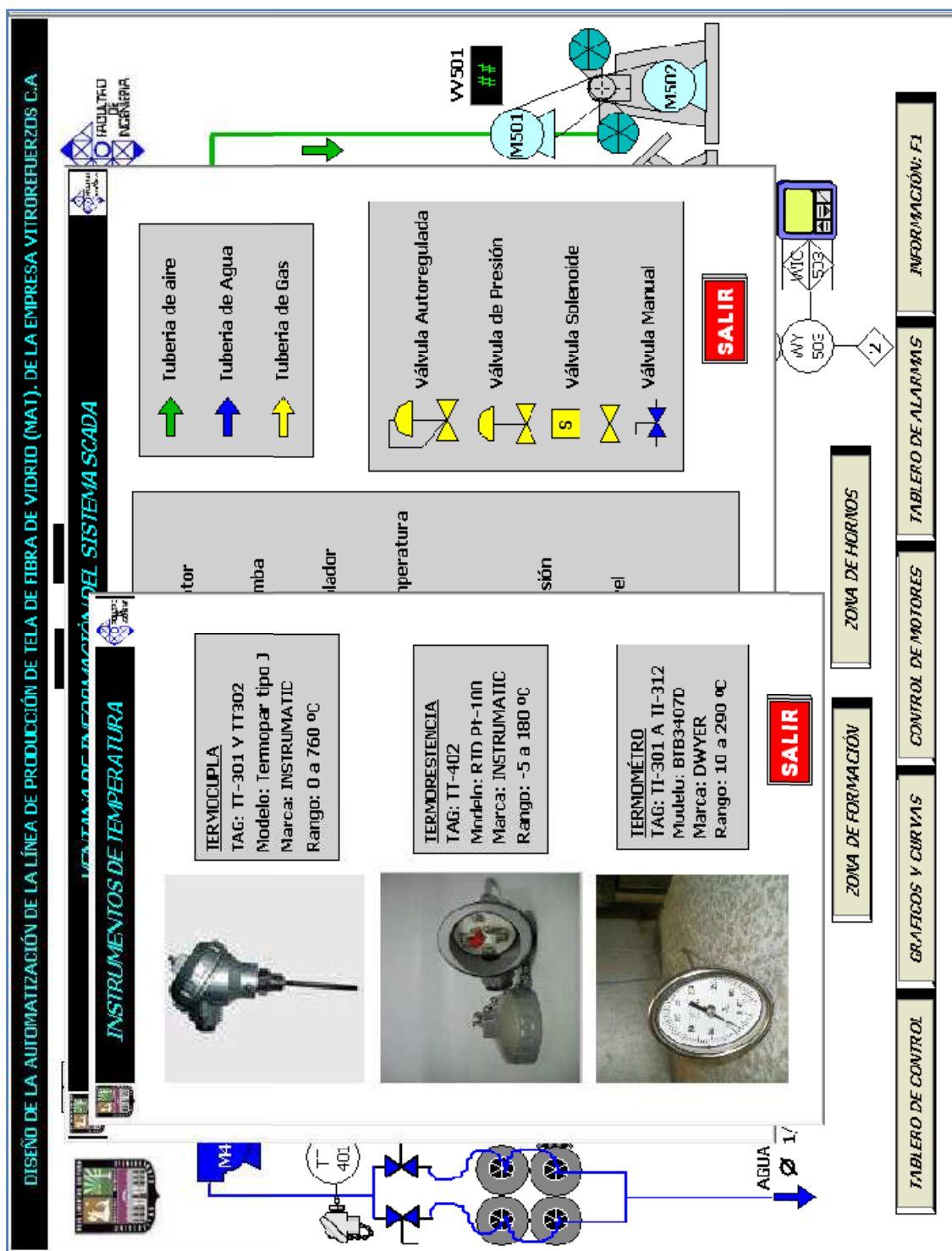


Figura 4.109. Ventana de información de instrumentos del sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia.



187 | P á g i n a

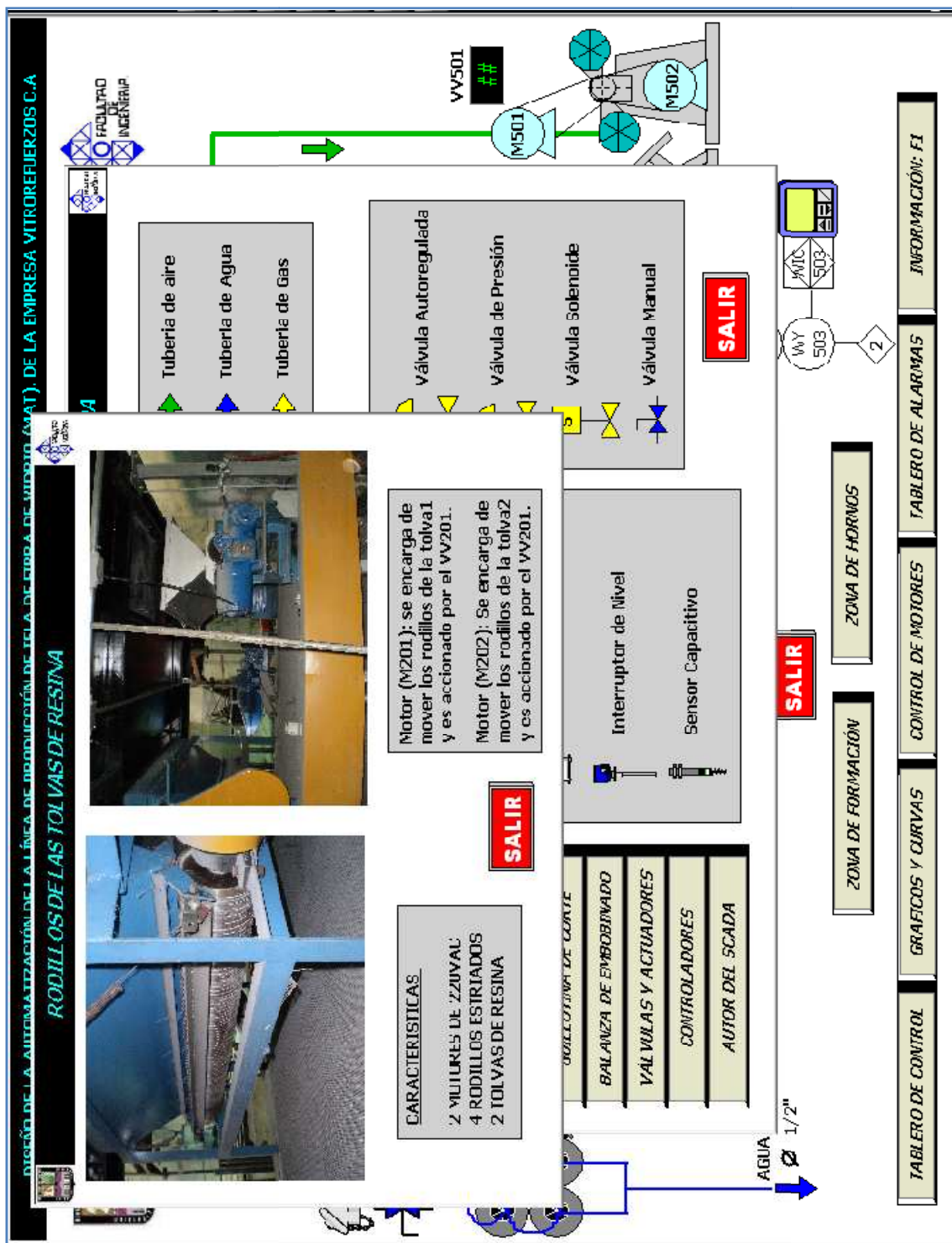


Figura 4.111. Ventana de información de los rodillos de las tolvas del SCADA

Fuente: Elaboración Propia.

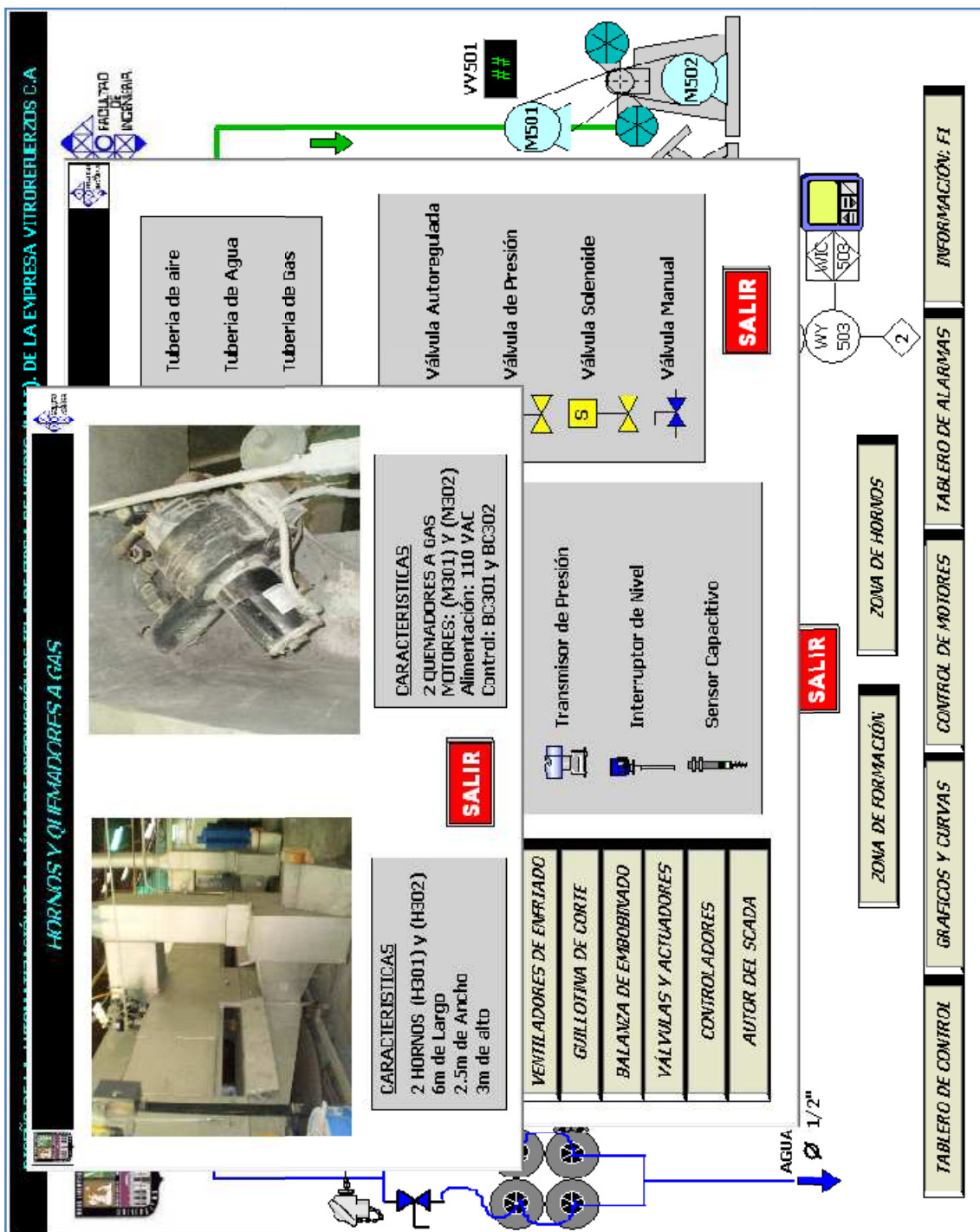


Figura 4.112. Ventana de información de los hornos del sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia.

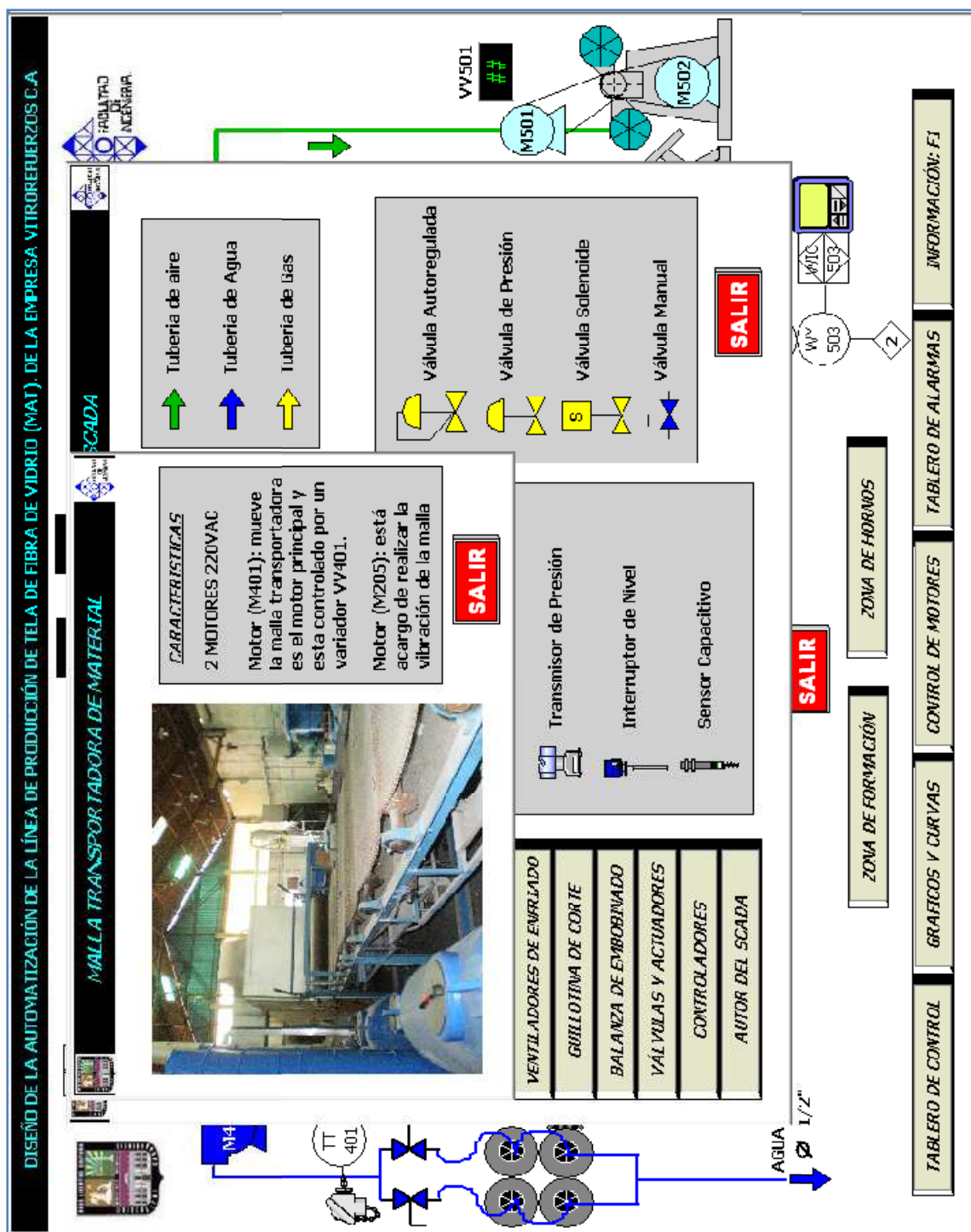


Figura 4.113. Ventana de información de la malla transportadora del SCADA

Fuente: Elaboración Propia.

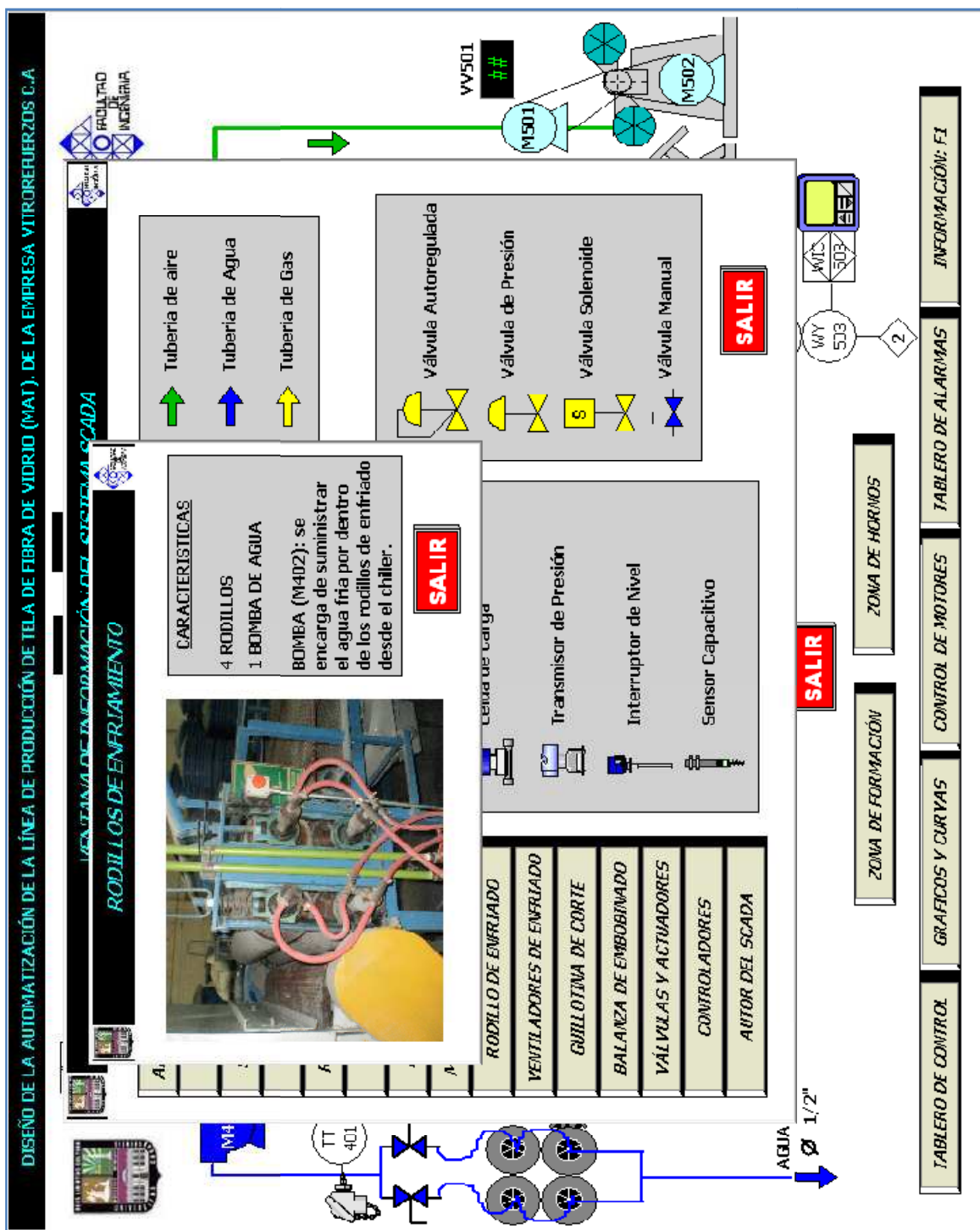


Figura 4.114. Ventana de información de los rodillos de enfriado del SCADA

Fuente: Elaboración Propia.

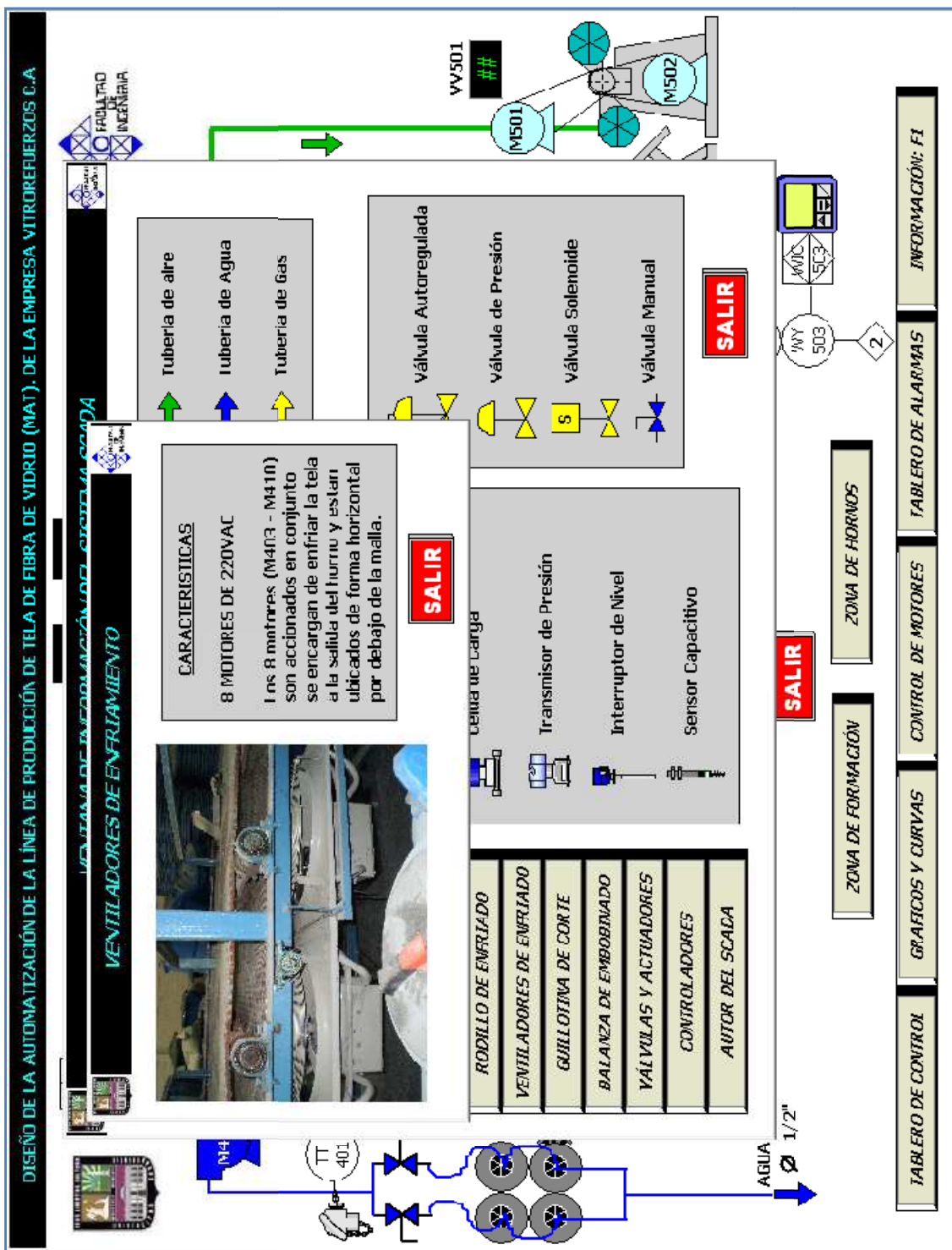


Figura 4.115. Ventana de información de ventiladores de enfriado del SCADA

Fuente: Elaboración Propia.

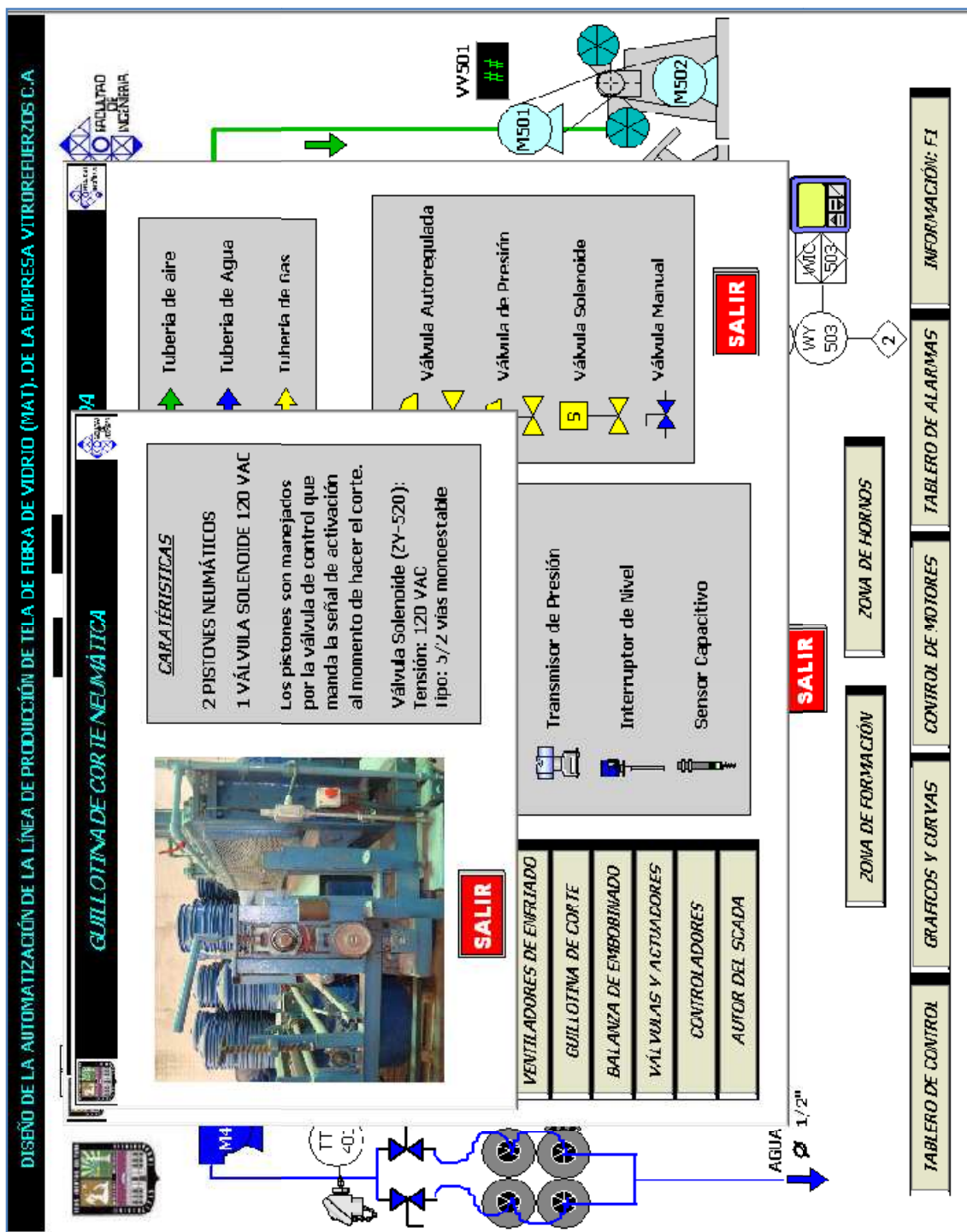
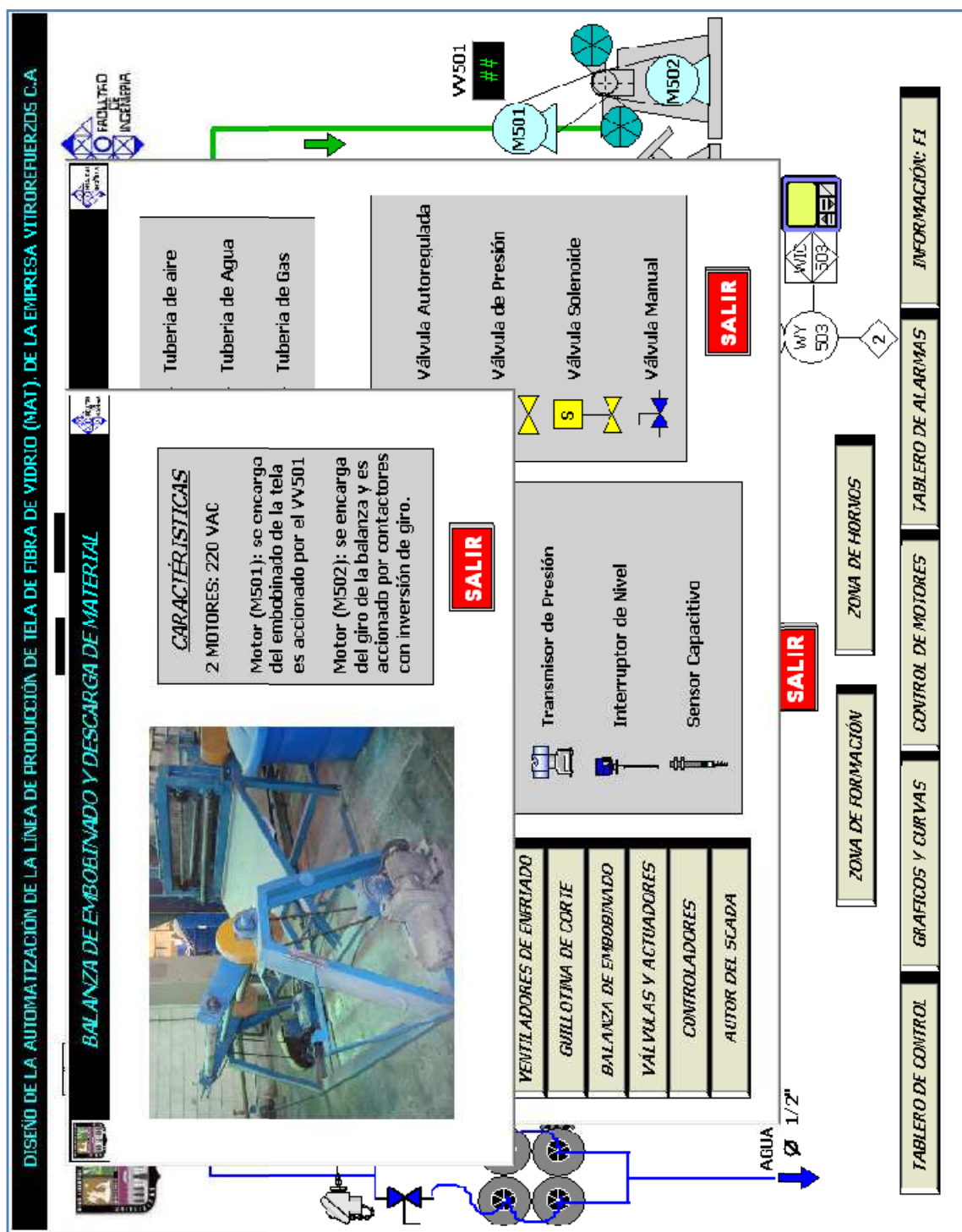


Figura 4.116. Ventana de información de la guillotina de corte del SCADA

Fuente: Elaboración Propia.



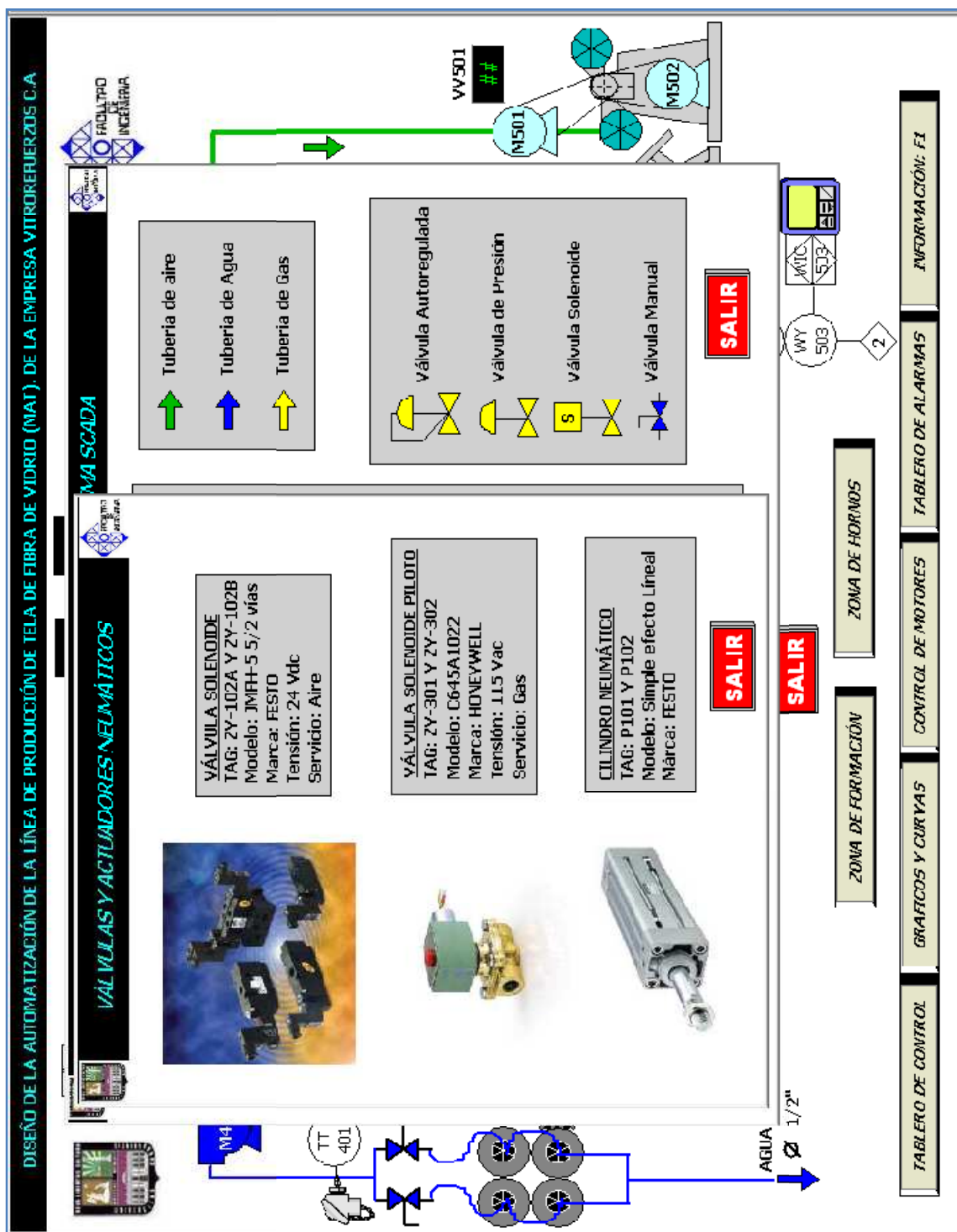


Figura 4.118. Ventana de información de válvulas y actuadores del SCADA

Fuente: Elaboración Propia.

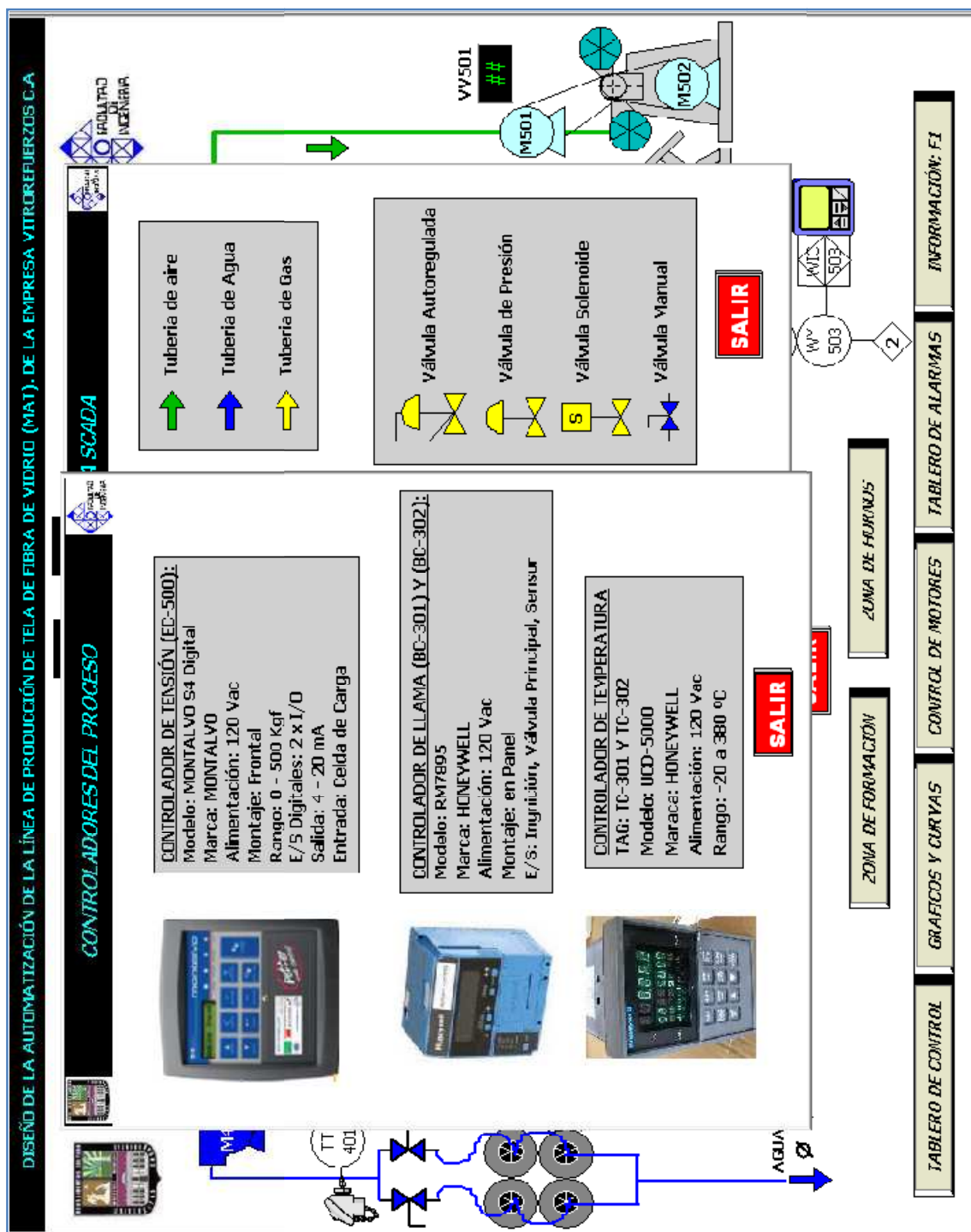


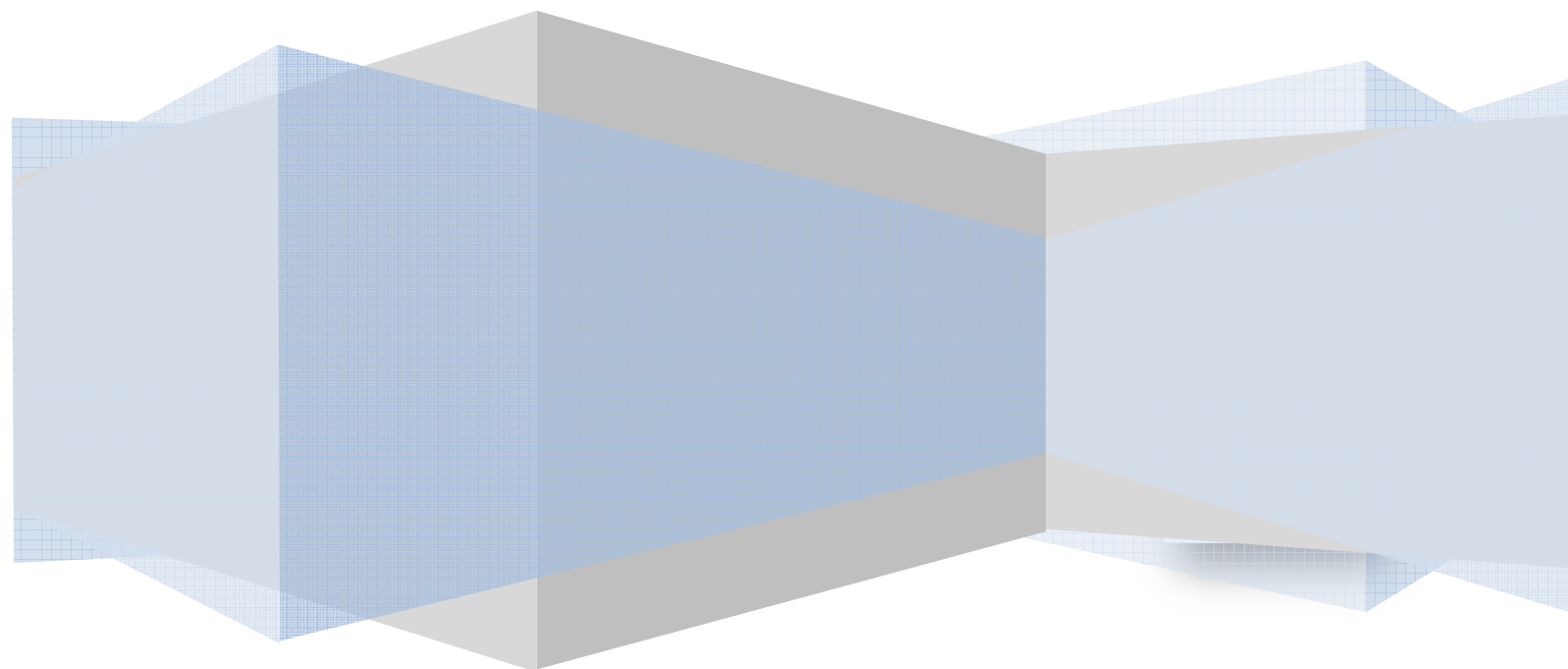
Figura 4.119. Ventana de información de los controladores del sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia.



ANEXOS

***Compendio de anexos para la
automatización de la máquina de MAT***





ANEXO A

DIAGRAMAS DE INSTRUMENTACIÓN, TUBERIAS Y PROCESO DE LA MÁQUINA DE MAT

110403DP01 Diagrama de Proceso

110403DTI01 Diagrama de Tuberías e Instrumentación

110403DC01 Diagrama de las Redes de Comunicación Profibus-DP



ANEXO B

DIAGRAMAS DE CONEXIONES ELÉCTRICAS DE CONTROL Y POTENCIA

110403DE01 *Diagrama de Alimentación AC*

110403DE02 *Diagrama de Alimentación DC*

110403DE03 *Diagrama de Conexiones DI0/DO0 Integradas*

110403DE04 *Diagrama de Conexiones Módulo de Entradas Discretas DI01*

110403DE05 *Diagrama de Conexiones Módulo de Entradas Discretas DI02*

110403DE06 *Diagrama de Conexiones Módulo de Salidas Discretas DO03*

110403DE07 *Diagrama de Conexiones Módulo de Salidas Discretas DO04*

110403DE08 *Diagrama de Conexiones Módulo de Entradas Analógicas AI05*

110403DE09 *Diagrama de Conexiones Módulo de Salidas Analógicas AO06*

110403DE10 *Diagrama de Control de Motores de Extractor y balanza*

110403DE11 *Diagrama de Conexión del Control de Tensión*

110403DE12 *Diagrama de Potencia Motores Zona de Suministro*

110403DE13 *Diagrama de Potencia Motores Zona de Formación*

110403DE14 *Diagrama de Potencia Motor de Zona de Horno*

110403DE15 *Diagrama de Potencia Motor Turbina de Horno 1 y 2.*



ANEXO C

LAYOUT DE GABINETES DE CONTROL Y GABINETE DE POTENCIA

110403ME01 Layout Gabinete de Control

.....

110403ME02 Detalle de Nivel 1 y Lateral de Gabinete de Control

.....

110403ME03 Detalle de Nivel de Señales IO de Gabinete de Control

.....

110403ME04 Vista Frontal y Lateral de Gabinete de Control

.....

110403ME05 Detalle de Vista Frontal de Gabinete de Control

.....

110403ME06 Layout Gabinete de Potencia

.....

110403ME07 Detalle de Nivel 1 y Nivel 2 de Gabinete de Potencia

.....

110403ME08 Detalle de Nivel 3 y Nivel 4 de Gabinete de Potencia

.....

110403ME09 Detalle Lateral de Gabinete de Potencia



ANEXO D

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS Y ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL DISEÑO AUTOMATIZADO

PRESENTACIÓN DE LA OFERTA

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS

PRESUPUESTO DEL PROYECTO



ANEXO E

PROGRAMA DE CONTROL DESARROLLADO EN EL STEP 7 EN LENGUAJE LADDER

PROGRAMA DE CONTROL OB1

.....

CONTROL DE VARIADORES EN BLOQUES FC1 – FC9

.....

TABLA DE SIMBOLOS

.....



ANEXO F

ESTUDIO DE INGENIERIA DEL PROYECTO

BASE DE DATOS (DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y SEÑALES)

ARQUITECTURA DE CONTROL PROPUESTA

DIAGRAMA DE CONTROL DEL PROCESO

LISTADO DE EQUIPOS

LISTADO DE SEÑALES



ANEXO G

CATÁLOGOS DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y CONTROL (DIGITAL).



ANEXO H

CATÁLOGOS Y MANUALES DEL PLC S7-300 SIMENS (DIGITAL).



ANEXO I

CATÁLOGOS Y MANUALES MICROMASTER 4 (DIGITAL).



ANEXO J

MANUAL PAR EL SISTEMA SCADA (DIGITAL).

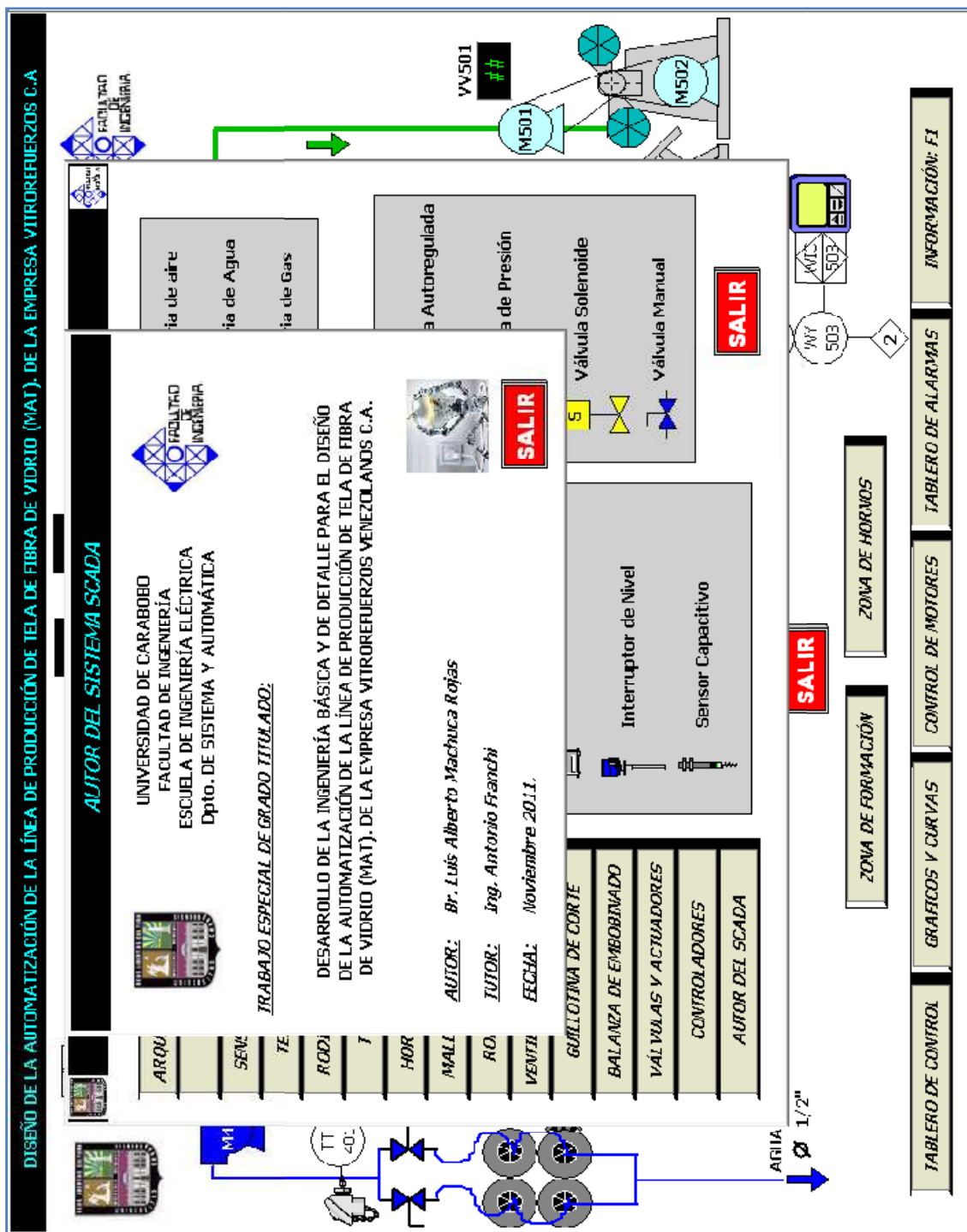


Figura 4.120. Ventana de Información del Autor del Sistema SCADA

Fuente: Elaboración Propia.