



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

AUTOMATIZACIÓN DE PLANTA DE PIGMENTOS

INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO MECATRÓNICO

P R E S E N T A:

ÁNGEL IVÁN SEVILLA VENEGAS

ASESOR: M.I. ULISES MARTÍN PEÑUELAS RIVAS

MÉXICO 2015

Resumen

El presente trabajo tiene por objetivo mostrar la experiencia adquirida como practicante profesional en el campo de la automatización trabajando en la empresa SIEMENS, desarrollando las actividades que se me asignaron durante ese periodo de trabajo.

Se incluye una breve introducción en la que se describe la semblanza de la empresa en la que laboré, antecedentes, visión y la manera en que se dividen las diferentes áreas de trabajo. También se muestra el objetivo que se tenía para completar la automatización de los procesos de la planta de pigmentos, a su vez se expone el enfoque de la solución que podía acudir a la problemática que nos presentó el cliente, asimismo se encuentra un organigrama en el que se describe de manera general la organización del grupo de trabajo al que pertencí y las responsabilidades que estaban a mi cargo. Se presenta el marco en el que fue desarrollado el proyecto, algunas de las actividades generales que se implementaron como solución del problema. También de manera gráfica se muestra la arquitectura del sistema, en la que se puede ver la disposición de los elementos que intervendrían en el proyecto. La definición del problema es una explicación de cuáles eran las condiciones del proceso para poder abordarlo y darle un enfoque personalizado a través de los procedimientos preestablecidos por la empresa.

Con base en la metodología utilizada, se presenta la manera en que se realizó el proceso de desarrollo del proyecto y en qué consiste cada una de las actividades que se cubrieron durante el período del proyecto; se exponen también los procedimientos en los que tuve responsabilidades como la selección de los equipos a través de la lectura de la documentación que proveyó el cliente y con la ayuda del software Protime que es propio de la empresa, también la elaboración de la arquitectura del sistema, el conteo de señales de entradas y salidas, así como la identificación de las mismas sobre el DTI de la planta para saber a qué elemento del proceso correspondía cada una de ellas, se realizó la clasificación de los equipos conforme a sus identificadores y el tipo de señal a la que correspondían, por otro lado la elaboración de los planos de detalle en cuanto a distribución de los equipos pertenecientes a cada uno de los gabinetes que serían suministrados, incluyendo también los planos de conexiones eléctricas y de tarjetería. Cabe mencionar que todos estos elementos mencionados son importantes para la infraestructura del proyecto ya que va desde la organización de la información, los diagramas, instrumentos y la lista de las normas con las que se tuvo que cumplir y algunos de los requisitos de ingeniería de detalle que también son de suma importancia, pantallas, lista de señales HBL y los protocolos para realizar las pruebas.

Asimismo se muestran los resultados obtenidos durante la preparación del proyecto en donde se presenta que el armado de los gabinetes con la distribución diseñada en los planos es aprobada para la aplicación de los protocolos y conforme a la aceptación de los mismos en las diferentes revisiones que el cliente hizo, la verificación detallada de las señales que corresponden a los gabinetes de forma individual, mostrando un método para realizarlo de manera correcta y de esa forma justificar el funcionamiento para las pruebas posteriores en la fábrica.

Contenido

Resumen.....	1
1 Título del documento	5
2 Introducción y objetivo	5
3 Descripción de la empresa.....	5
4 Antecedentes	7
4.1 Arquitectura propuesta.....	7
4.2 Especificación del sistema de control distribuido (SCD)	8
5 Definición del problema o contexto de la participación profesional	10
6 Metodología utilizada.....	11
6.1 Diagramas de tuberías e instrumentación (DTI)	11
6.2 Lista de instrumentos.....	12
6.2.1 Matriz de causa-efecto.....	13
6.3 Especificaciones (documentación)	13
6.4 Normas y estándares	14
6.6 Lista de señales	14
6.8 Selección de equipo	15
6.8.1 Lista de equipo, materiales.....	17
6.9 Elaboración de lista de señales (HBL)	17
6.10 Elaboración de planos.....	18
6.11 Elaboración de pantallas	22
6.12 Alta de equipos en la estructura de programación.....	23
6.13 Verificación de enlace entre dispositivos y elementos de automatización en la programación	37
6.14 Armado de gabinetes	38
6.15 Armado de las redes <i>terminal bus & plant bus</i>	40
6.16 Comunicación ES/OS-AS	42
6.17 Elaboración de protocolos de aceptación en fábrica (FAT)	46
6.18 Pruebas de aceptación en fábrica.....	46
6.18.1 Procedimiento de encendido de gabinetes.....	47
6.18.2 Verificación de señales en gabinetes.....	49
7 Resultados	50
8 Conclusiones	52
9 Anexos	54
9.1 Arquitectura	54
9.2 Lista de equipos	56
9.3 Planos.....	57
9.4 Pantallas	72
9.5 Redes.....	74
9.6 Glosario.....	77

1 Título del documento

AUTOMATIZACIÓN DE PLANTA DE PIGMENTOS

2 Introducción y objetivo

Se requirió automatizar 2 de las 4 líneas de producción de pigmentos orgánicos con las que actualmente cuenta esta planta debido a la falta de precisión en las mezclas de sus productos ya que generaba pérdida económica. El cliente pidió que las características que debía cumplir el proyecto para poder solventar este problema son la administración de usuarios con derechos definidos para los empleados y que ellos pudieran visualizar y controlar de manera permanente el sistema, además de que la interfaz contara con las herramientas necesarias para poder configurar y reconocer alarmas visuales (interrupciones en la red, módulos remotos). El sistema debió tener la capacidad de generar mensajes por prioridad, es decir, hacer un filtrado por el tiempo en que se generó (estampa de tiempo) y por la ubicación del proceso de la planta en la jerarquía de la programación (locación en el sistema). Otra de las funciones que se tuvieron que cumplir son la visualización y configuración de gráficas de tendencias sobre el comportamiento del líquido en los tanques y el diagnóstico del equipo si es que llegase a presentar alguna falla.

Se debió considerar el suministro de un gabinete para el equipo de la familia de productos SIMATIC (controlador y estación de operación) y ocho gabinetes para los módulos de I/O. Los gabinetes tuvieron que ser de acero inoxidable y cumplir con NEMA 4x tener acceso en la parte frontal porque así lo determinó el cliente. Como punto importante del sistema el operador debe tener la opción de interrumpir el proceso en cualquier momento mediante un botón de paro en el panel virtual, así como la posibilidad de reiniciar el proceso.

El alcance que se describe anteriormente, se detalla con la arquitectura propuesta que se presenta al cliente, apartado 4.1.

3 Descripción de la empresa

a. Antecedentes de SIEMENS

A finales del siglo XIX, México se vio inmerso en la Revolución Industrial, una época de prosperidad para el país. Siemens abrió su primera sucursal en México el 1° de agosto de 1894. El giro de la empresa es eléctrico industrial, energía, automatización y salud.

b. Visión de la SIEMENS

Ser pioneros en eficiencia energética, productividad industrial, cuidado de la salud, y soluciones inteligentes, ofreciendo soluciones y servicios que brindan a nuestros clientes seguridad e innovación en áreas estratégicas dentro de los sectores de industria, infraestructura y ciudades, energía y salud.

c. Puesto desempeñado

Ingeniero de Proyecto

d. Organigrama

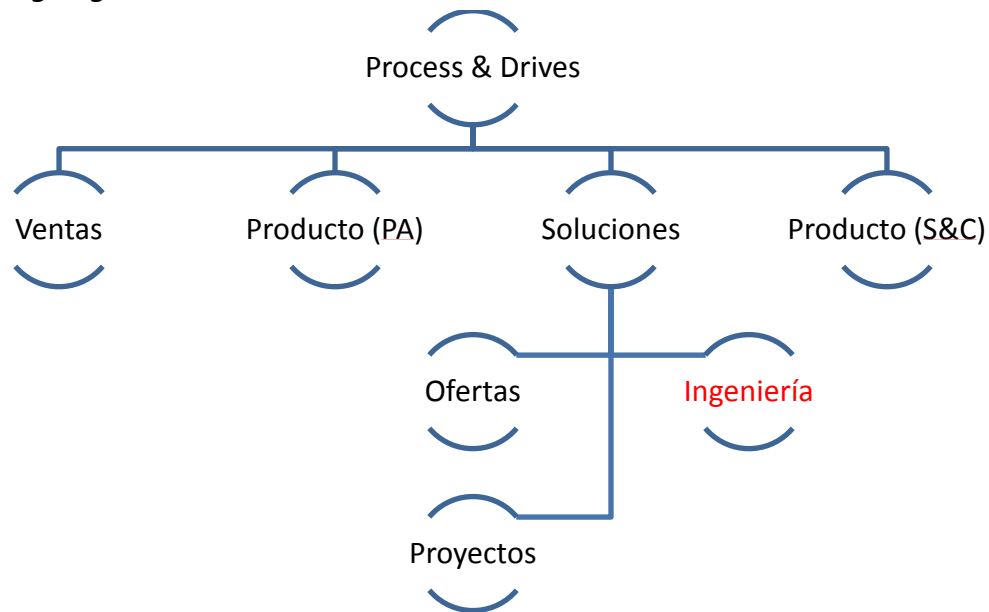


Figura 3.1 Organigrama SIEMENS.

e. El ingeniero de proyecto es responsable de:

- Elaborar de la documentación para ofertas técnicas
- Elaborar de arquitecturas
- Seleccionar equipo con Prottime
- Elaborar de planos (distribución y eléctricos)
- Configurar equipo y declarar señales en PCS7
- Elaborar manual de operación interfaz gráfica
- Elaborar de los protocolos para pruebas de aceptación en fábrica (FAT) para SDMC, SIS, SGyF
- Probar señales digitales en gabinetes (comprobación previa para asegurar el funcionamiento en pruebas FAT)
- Elaborar de documentación final para entrega al cliente (Dossier)

4 Antecedentes

La especificación es un documento en donde se detalla cada uno de los equipos, también los ordenan conforme al tipo de dispositivos que se pretenden conseguir por medio de la licitación, es elaborado por el cliente y lo proporciona a las empresas que entraron en el concurso de licitación para su posterior análisis.

Se debe tener en cuenta que para realizar una oferta técnica se debe analizar a detalle el documento que el cliente proporciona con la finalidad de que se cumplan todas sus demandas en cuanto a equipos, normas y especificaciones en general de los dispositivos que se requieren para el proyecto; a partir de la especificación se realizaron las siguientes acciones:

Se instaló una estación de ingeniería (ES) que se adaptaba al tipo de ambiente en que se utilizara, que es genérica de SIEMENS y que es un equipo diseñado para el uso industrial que se pensó para su ubicación en el cuarto de monitoreo y una estación de operación (OS) en el área en que la requirió el cliente, desde las cuales se puede monitorear y controlar el proceso de las dos líneas que fueron automatizadas por un controlador de la familia de productos SIMATIC S7-400 que actualmente es lo más nuevo en la tecnología con la que cuenta SIEMENS y es recomendación general para utilizar en los proyectos debido a su alta capacidad de manejo con un gran número dispositivos conectados a él. La adquisición de datos y control se realiza por medio de tarjetas de entrada-salida, instaladas en una periferia descentralizada (periféricos que se encuentran en una ubicación diferente a la del controlador). El número de señales que se obtienen con los módulos de entrada-salida, hacen posible una fácil integración para futuras señales.

4.1 Arquitectura propuesta

La arquitectura propuesta mostrada en la figura 4.1 se diseñó conforme a la información proporcionada por la empresa de pigmentos para la determinación del sistema y de las señales que lo conformarían. Los dispositivos presentados en la siguiente configuración tienen el propósito de representar el equipo que se describió en la especificación del cliente, contando con una estación de ingeniería en la parte superior que se encuentra en el nivel de control al igual que una impresora láser, después en el nivel de operación se tenía un panel PC y hasta aquí conectado por medio de una red Ethernet, en la parte de dispositivos de campo se pueden ver el gabinete maestro y los gabinetes esclavos con la distribución de la red Profibus.

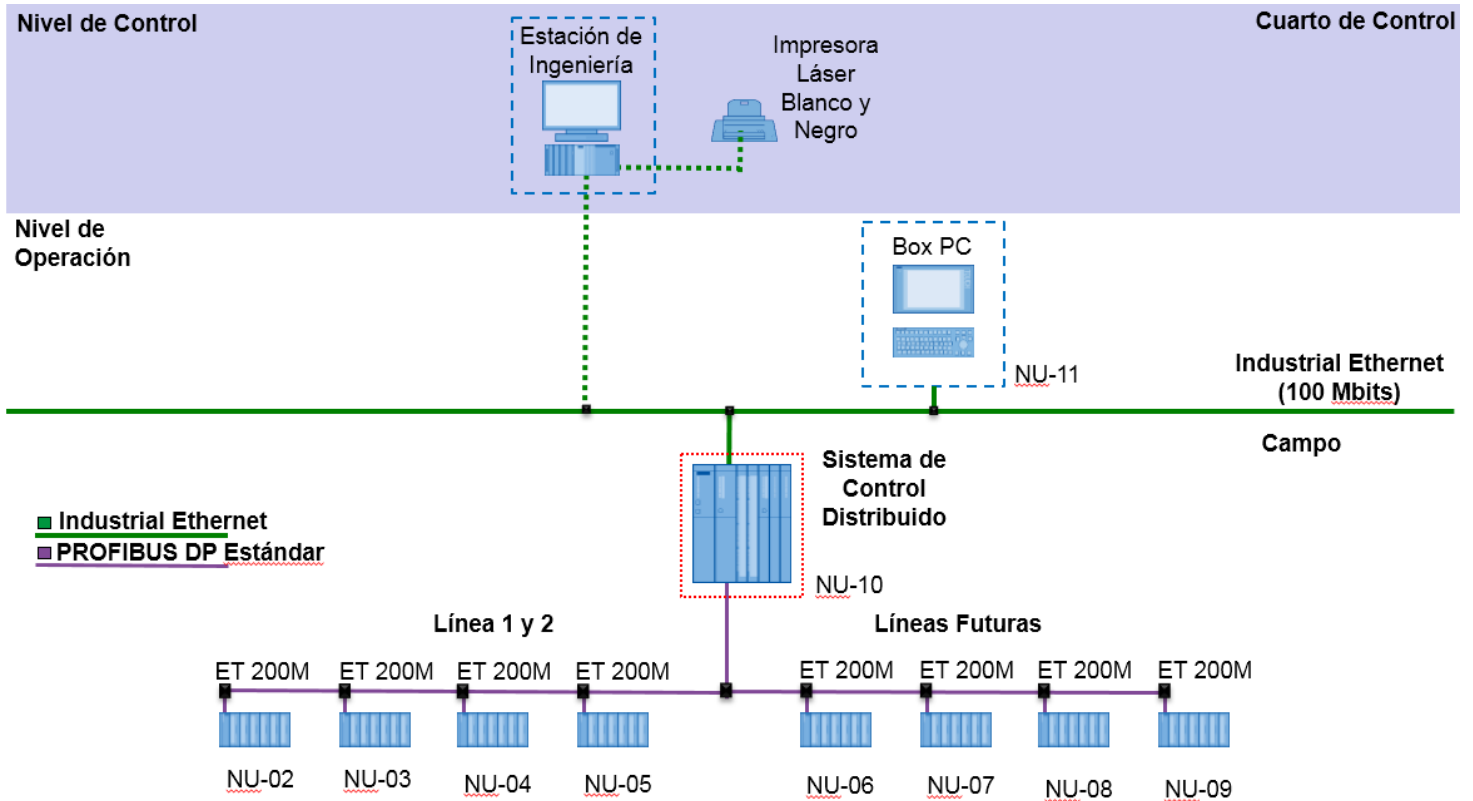


Figura. 4.1 Arquitectura propuesta.

4.2 Especificación del sistema de control distribuido (SCD)

- Controlador S7-400 (AS)

Este dispositivo nos permite el manejo de protocolos de comunicación diferentes como *Ethernet* y *Profibus* que son los que se utilizaron para este proyecto además de contar con capacidad suficiente para las funciones de monitoreo y control previstas en la aplicación. La configuración del controlador AS debió contemplar el suministro del procesador, fuente de alimentación e interfaces de comunicación *Ethernet* y *Profibus* para que la selección fuera la correcta respecto al número de dispositivos que se iban a controlar y no sobrecargar el controlador. Al contar con el controlador más nuevo se tiene la opción de aumentar el número de objetos a controlar por medio del cambio de la memoria (memoria SD) que funciona como llave, ya que viene precargada con el número de dispositivos que controlará, este tipo de cambio, permita al usuario un mejor control de la planta, debido a que tiene la capacidad suficiente para manejar un gran número de objetos sin sobrecargarse.



Figura 4.2 Controlador AS

Se contempló el suministro de interruptores *scalance* para comunicación vía *Ethernet* que sirvieron para la construcción de la red debido a que al ser un gran número de dispositivos que había que conectar a la red se necesitaban estos módulos que permiten concentrar las conexiones *Ethernet*, los cuales comunicarán al sistema AS y las estaciones de operación e ingeniería tal como se observa en la arquitectura propuesta de este sistema.

- Módulos de entrada-salida (I/O).

Estos módulos I/O son basados en la línea de productos SIMATIC ET200M estándar. La línea de productos ET200M es un sistema de periferia modular (periféricos que permiten una disminución del tiempo de montaje y fácil integración con sus similares) con grado de protección IP20, que es adecuado para tareas de automatización compleja y personalizada y que puede ampliarse con los módulos de señales de comunicación y de función del sistema de automatización.

Todos los módulos ET200M están provistos de indicación visual de funcionamiento vía led frontal. También cuentan con la propiedad de poder ser reemplazados en caliente sin alterar la operación del resto del sistema.

No se requieren *interruptores* ni conectores extra para direccionar los módulos de I/O; la asignación se realiza vía software. Por otro lado, es posible agregar o eliminar señales o lazos de control en línea.

- Estación de ingeniería (ES).

La estación de ingeniería, permite el acceso por medio del bus de planta al nivel del equipo de control (AS incluyendo I/O) para controlar, optimizar y realizar cambios. Esto puede hacerse en línea sin producir disturbios en el proceso.

La estación de ingeniería debió cumplir con permitir las siguientes funciones:

Centralizar la base de datos del sistema.

- Programar el sistema de automatización incluyendo creación de estrategias de control regulatorio y secuencial mediante bibliotecas de funciones y herramientas gráficas.
- Programar la creación de gráficos dinámicos, de acuerdo a plantillas y símbolos predefinidos y que podrán ser adoptados como estándares.
- Programar reportes de datos en tiempo real, obtener gráficos de tendencias de comportamiento del líquido y eventos en tiempo real, registro de históricos y alarmas de todos los sucesos que ocurran en el sistema. Los datos de proceso deben poder ser exportados a aplicaciones como excel.

Disponibilidad total de descarga de cambios en línea (cuando el proceso está activo y se sobrescriben los cambios sobre el programa que se encuentra activo) en la estación de operación.

- Diagnóstico y monitoreo de la operación del sistema (*Online view*) para bloques de funciones del software de programación PCS7, tareas, procesos y servicios.
 - Estación de operación (OS).

La estación de operación debe estar enlazada vía *Ethernet* con el controlador central (AS) del Sistema de Control y el control y monitoreo de las líneas de producción se planeó a través de las pantallas de operación que fueron configuradas de acuerdo a lineamientos de la planta de pigmentos.

5 Definición del problema o contexto de la participación profesional

El principal problema que se tenía para este proyecto es que la mezcla de las sustancias se realizaba de forma irregular, lo que provocaba que el producto no fuera homogéneo en cuanto a calidad, por lo tanto esto repercutía de manera significativa en la economía de la planta.

Para hacer posible que la mezcla de las sustancias se realizara de manera precisa, era necesaria la operación del proceso mediante la manipulación de los lazos de control, para llevar a cabo la dosificación de los diferentes líquidos que intervienen en el procedimiento de mezcla, así como las secuencias de arranque y paro del proceso y equipos de las diferentes áreas.

La participación que yo tuve en el proyecto fue directamente desde la infraestructura, es decir desde hacer los planos de detalle de los gabinetes, la selección del equipo, elaborar la lista de instrumentos, la verificación del equipo para las pruebas de aceptación en fábrica, etc.

6 Metodología utilizada

La metodología utilizada fue

- La adquisición de información a través del ingeniero a cargo del proyecto
- La lectura de la información para obtener las especificaciones del sistema
- El procesamiento de la información para obtener los datos de importancia como son:
 - El número de señales de entrada y salida
 - Cuáles son los procesos que intervienen y que requieren ser automatizados
 - Las normas que hay que cumplir (se mencionan más adelante)
 - Los materiales que se requieren para equipos específicos (gabinetes, muebles, sillas, etc.)
- La adquisición de los diagramas de tuberías e instrumentos (DTI) que para este caso en particular fueron 2, de los cuales únicamente se utilizó 1 debido a que correspondían a las líneas 1, 2 y a las líneas 3, 4 respectivamente. Cabe mencionar que las líneas 3 y 4 son líneas para un proyecto de automatización a futuro basado en el resultado que se obtuviera de la automatización de las líneas 1 y 2.
- La elaboración de la lista de instrumentos que intervienen directamente en los dispositivos del proceso de la planta
- El diseño de planos de detalle en donde se describe la distribución de los equipos y material que componen al gabinete, también las conexiones eléctricas de alimentación a todos los dispositivos
- Realización de las pruebas FAT a los equipos

6.1 Diagramas de tuberías e instrumentación (DTI)

Los DTI son planos de planta en los cuales se pueden ver los equipos, y dispositivos que se encuentran en esa área, describe los tipos de elementos que están representados por medio de símbolos estandarizados por la norma ISA.

Los 2 DTI fueron proporcionados por el ingeniero a cargo, en los que se expone la disposición de los elementos que integran los procesos de interés, para este caso se requirió el DTI correspondiente a las líneas 1 y 2, para saber qué instrumentos se controlarían, especificaciones y normas, esto da una idea más clara del tipo de control que los procesos necesitan para ser automatizados conforme a la especificación de la

planta de pigmentos; asimismo permitió elaborar un plan de organización de las señales para su posterior uso en la programación y también en la distribución en los gabinetes que se utilizaron para el proceso.

6.2 Lista de instrumentos

La lista de instrumentos sirvió para dimensionar el proceso de control que se llevó a cabo. Esto es muy importante porque delimita los instrumentos que son esenciales y necesarios para poder proponer opciones de solución.

También permite saber qué tipo de instrumentos intervienen, para su clasificación en cuanto al tipo de señal que proporcionan al sistema de control distribuido. En la Figura 6.2 se muestra la zona que contendrá las señales del gabinete NU-02. Asimismo cada uno de los gabinetes con su zona correspondiente.

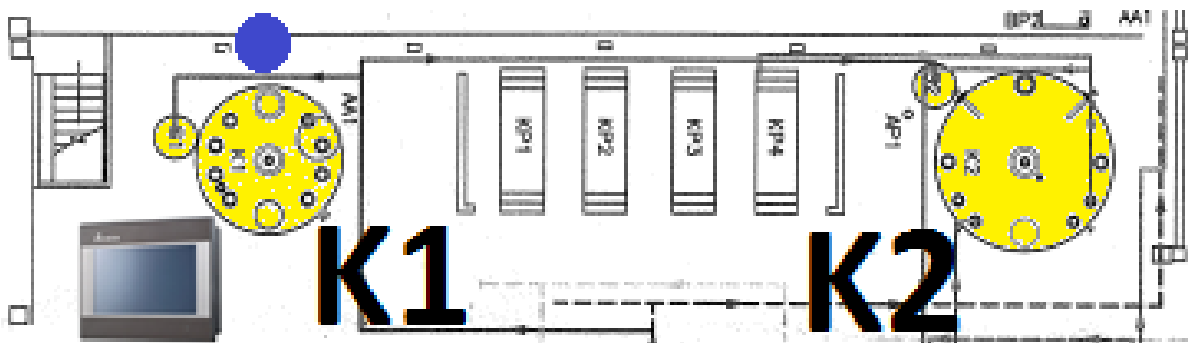


Figura 6.2 Copuladores K1, K2.

Tabla 6.1 Lista de instrumentos del gabinete NU-02

En la tabla se muestra un extracto de los instrumentos (ya que es información confidencial) que serán controlados por el gabinete NU-02, se ordenan de la siguiente forma para darle estructura a la lista final (HBL), pero para la identificación el acomodo de esta forma es de mucha ayuda, ya que se puede corroborar el instrumento, con su identificador (tag), la descripción, el tipo de servicio que realiza, y el tipo de señal al que está vinculado.

TAG	DESCRIPTION	SERVICE	DI	DO	AI	AO	
FT	186660	FLOW TRANSMITTER	WATERDOSING FOR K1 (COPULADOR) AND TLK1 (TANQUE LAVADOR)			1	
Y/GOS	186670	BALL VALVE 2"	WATERDOSING FOR K1 (COPULADOR) AND TLK1 (TANQUE LAVADOR)			1	

GE	186680	HAND-VALVE REPEATER	WELL WATER (WW) SUPPLY	1			
GE	186690	HAND-VALVE REPEATER	DEMINERALIZED WATER (WDST) SUPPLY	1			
GE	186700	HAND-VALVE REPEATER	K1 (COPULADOR) WATER SUPPLY	1			
GE	186710	HAND-VALVE REPEATER	TLK1 (WASHING TANK) WATER SUPPLY	1			
TT	186390	EXISTING TEMPERATURE SENSOR	K1 (COPULADOR) HEATING SYSTEM			1	
Y/GOS	186740	BALL VALVE 2"	K1 (COPULADOR) HEATING SYSTEM		1		

6.2.1 Matriz de causa-efecto

Tabla 6.1 Matriz de causa-efecto

En la matriz se proporciona información suficiente para poder realizar la lógica de control de los elementos que intervienen en cada proceso, así como las condiciones que se necesitan para que la operación se realice de manera correcta, en la parte izquierda superior se tiene un transmisor de flujo (FT) que en conjunto con la combinación de las válvulas (GE) activan el solenoide (YY) como se muestra.

DOSIFICACIÓN DE AGUA EN DIAZOTADOR D1 Y DISOLVEDOR L1.						
	FT 186600	GE 186620	GE 186630	GE 186640	GE 186650	YY 186610
Línea 1	0	0	0	0	0	Bloqueada
	0	0	0	0	1	Bloqueada
	0	0	0	1	0	Bloqueada
	0	0	0	1	1	Bloqueada
	0	0	1	0	0	Bloqueada
	1	0	1	0	1	Activa
	0	0	1	1	0	Bloqueada
	0	0	1	1	1	Bloqueada

6.3 Especificaciones (documentación)

Las especificaciones son documentos proporcionados por el ingeniero a cargo, mismos que permiten realizar una lectura detallada sobre los equipos que se requieren, el tipo de dispositivos que pueden ser utilizados bajo ciertas normas, así como el número de señales correspondientes a cada uno de los procesos para los que se tiene pensando implementar el sistema de control distribuido. Su función dentro del proceso es la aclarar entre las dos partes cliente-proveedor cuáles son los puntos importantes que debe cubrir el proyecto propuesto, la planta de pigmentos delimitó a través de dicho documento las normas que debían cumplirse al realizarse los trabajos de manufactura, ya sea en gabinetes con grado

de protección, porcentajes de falla del equipo de periferia descentralizada así como en controladores. También sirvió para conocer qué tipo de requerimientos necesitaba el sistema, como los porcentajes de espacio para señales en las tarjetas, con la finalidad de tener un espacio para poder ampliar el sistema cuando sea necesario y sin tener ningún problema, saber si el sistema sería redundante o sencillo o si estaría implementado en una zona de riesgo de explosión, etc. Es una guía que sirve de apoyo para la selección correcta del equipo y materiales a utilizar.

6.4 Normas y estándares

Las normas y estándares de seguridad que deben cumplir los gabinetes, controladores, tarjetas de comunicación, módulos de entrada-salida, fuentes, módulos de expansión, entre otros, tienen mucha relevancia ya que de no hacerlo, no podría ni siquiera realizarse la oferta con seguridad de cumplir con todos los lineamientos de la licitación ya que no se estaría cumpliendo con los requisitos que el cliente pide como mínimos para el proyecto, para este caso en particular son las siguientes:

IEC 61511. *Functional safety- safety instrumented systems for the process industry sector.*

Se ha utilizado durante muchos años para llevar a cabo la seguridad instrumentada y las funciones en las industrias de proceso. Es esencial para que la instrumentación logre cierto mínimo de estándares y niveles de rendimiento.

IEC 61804-2. *Function blocks (FB) for process control.*

Proporciona especificaciones de bloques de funciones conceptuales, que pueden ser asignados a los sistemas de comunicación.

IEC 870-5. *Supervisory control and data acquisition.*

Protocolo utilizado para normalizar los sistemas SCADA que son los sistemas de control de tipo industrial

IEC 1131-3. *PLC programming language.*

Se utiliza para normalizar los lenguajes de programación usados en automatización industrial.

6.6 Lista de señales

La lista de señales es un resumen que engloba todas aquellas señales que debían ser consideradas como totales para el proyecto, esto con la finalidad de tener un control de los tipos de señal que deben manejarse, así como la selección de la periferia descentralizada (tarjetas de comunicación) que se utilizó, esto es importante ya que en la especificación

que el cliente provee se propuso un *spare* (reserva) para expansión a futuro, por lo que se debió tener muy bien definido el alcance que tenía el proyecto.

Tabla 6.2

Tabla de tipos de señal e instrumentos

En la tabla 6.2 e listan las señales clasificadas por tipo, así como por instrumento al que pertenece la señal, de manera que se puede ver en este extracto que se tienen solenoides como salidas digitales, con identificador “YY”, los sensores de posición como entradas digitales, los posicionadores como salidas analógicas, también se puede ver que para las válvulas de control no existen entradas analógicas, pero en los sensores de temperatura sí, esto debido a que el sensor recolecta el dato del sensor y envía esa lectura hacia el gabinete, en donde el controlador recibe y concentra todos los datos para mostrarlos en tiempo real en la estación de ingeniería y en la estación de operación.

VÁLVULAS DE CONTROL			
SALIDA DIGITAL	ENTRADA DIGITAL	SALIDA ANALÓGICA	ENTRADA ANALÓGICA
SOLENOIDE	SENSOR DE POSICION	POSICIONADOR	
YY 186610	GE 186620	YG 186730	
YY 186670	GE 186630	YG 186750	
YY 186720	GE 186640	YG 188020	
YY 186740	GE 186650	YG 188040	
YY 190060			
SENSORES DE TEMPERATURA EXISTENTES			
SALIDA DIGITAL	ENTRADA DIGITAL	SALIDA ANALÓGICA	ENTRADA ANALÓGICA
			TT 186440
			TT 186390
			TT 186450
			TT 186500
			TT 186410

6.8 Selección de equipo

Para realizar la selección del equipo se usó excel en el que fue desarrollado un programa con macros por personal de la SIEMENS, del cual se muestra la pantalla principal en la figura 6.3. Consta de diferentes pantallas en las que se debe seleccionar el número de entradas y salidas que contiene el proyecto; fue importante contemplar el tipo de señal y la aplicación que se le dió al sistema, así como las normas que intervinieron y de esa forma se determinó que la periferia descentralizada sería estándar ya que no se encuentra en zonas con riesgo de explosión y tampoco se requieren certificados de seguridad. Este programa me dio una guía de los materiales que se utilizarían y para completarlo era necesario la selección de las licencias que intervendrían. Para eso es necesario saber la versión de software que se instalaría, en ocasiones se tiene que realizar una minuta con el ingeniero a cargo para saber si su

planta es compatible con el software nuevo de SIEMENS, en caso de haber equipos existentes (equipos bajo el mismo concepto de control pero con versiones de software anteriores), como en este proyecto el alcance era para instalar componentes nuevos para el sistema se optó por instalar licencias de software con la versión más actual de PCS7 V8.1 SP2.

SIMATIC PCS 7

Calc&Layout Reset

Subtotal: ,--

Terminalbus Single electrical ring 100MB Scalance Security Modules?

Systembus Single electrical ring 100MB

AS410S AS410S AS410H RTX MEC AS410S AC Onboard Com PO 2000+

ET200M		ET200iSP		ET200M Failsafe	
	Signals		Signals		Signals
	single	single	single	single	single
	red.	red.	red.	red.	red.
32DI, 24V		8DI NAMUR		24DI 24V F-SIL2 (MTA)	
16DI 24V, Diag. (MTA)		2DI COUNTER NAMUR		12DI 24V F-SIL3 (MTA)	
16DI NAMUR 5ms, Diag.		4DO 23,1VDC/20MA "H"		8DI NAMUR F-SIL2 Ex	
8DI, Counter, Diag.		4DO 23,1VDC/20MA "L"		4DI NAMUR F-SIL3 Ex	
32DO, 24V		4DO 17,4VDC/27MA "H"		10DO 24V F-SIL3 (MTA)	
16DO, Relais		4DO 17,4VDC/27MA "L"		8DO 24V/2A F-SIL3	
16DO 24VDC 0.5A DIAG. (MTA)		4DO 17,4VDC/40MA "H"	Ex	6AI 4-20MA F-SIL2/3 (MTA)	
8AI, Diag. (MTA)		4DO 17,4VDC/40MA "L"		ASIA VERSION ?	no
8AI, HART, Diag. (MTA)		2DO 60V/2A		Process type: light / medium / complex	medium
8AI, RTD, Diag. (MTA)		4AI HART, 2 wires		Assetmanagement (AMS)	no
8AI, TC, Diag. (MTA)		4AI HART, 4 wires		Software Update Service (SUS)	no
8AO, Diag. (MTA)		4AI, TC		Customer Software Reserve in %	20%
8AO, HART, Diag. (MTA)		4AI, RTD		8/12 Slots per ET200M rack	12
No of Profibus DP devices, e.g. Simocode		4AO HART, 4 - 20MA		16/32 Slots per ET200iSP rack	32
PA Instr. (non intrinsically safe) / red. ring		8DIF		Enter Spare I/O space in %	20%
PA Instr. (Intrins.) / red. ring <input type="checkbox"/> via barriers		4DOF		Enter Spare I/O channels in %	
FF Instr. (non intrinsically safe) / red. ring		4AIF HART		Marshalled Termination Assemblies MTA ?	no
FF Instr. (Intrinsically safe) / red. ring				Spare parts in %	
Links AS-Interface				Is Training required ?	no
				Are Cabinets required ?	no
				IO Power Supply ?	24VDC

Info Budget Layout IPC_Configurator ES_OS Bus SW_Calc AS AS_Bundles Cabinets Power Training Catalog_AddOns My_ProTime BOM

Figura 6.3 Pantalla principal de Protime para la selección de equipo y materiales.

6.8.1 Lista de equipo, materiales

En la tabla 6.3 se listan las licencias para su aplicación, así como el tipo de software.

Tabla 6.3 *Tabla de licencias que se seleccionaron*

Aplicación	Licencia
Creación y configuración de estrategias de control basado en bloques y bibliotecas predefinidas	<i>PCS7 Engineering AS/OS V8.0</i>
Creación de gráficos dinámicos de proceso mediante plantillas definidos y personalizables, incluyendo tendencias, plantillas de operación de secuencias de paro, arranque, manejo de lazos de control	<i>PCS7 Engineering AS/OS + PCS7 Runtime</i>
Verificar alarmas, cambio de estado de equipos, revisar tendencias, eventos históricos, interactuar con secuencias de control, visualizar cómo va cambiando el proceso	<i>PCS7 Runtime + Visualization</i>
Supervisión, monitoreo y control del proceso Monitoreo del estado de la comunicación con el controlador principal Control y monitoreo de equipos de campo Generación de tendencias de las variables analógicas Señalización de condiciones consideradas como alarmas y que requieran indicación hacia el operador de la planta Almacenamiento de información Generación de reportes y de eventos históricos.	<i>PCS7 Runtime</i>

6.9 Elaboración de lista de señales (HBL)

El HBL es un documento en donde se listaron las señales de importancia para el proyecto, como son las válvulas con su respectiva clasificación de los elementos que las componen (solenoides, sensor de posición, posicionador, etc.) y de la misma manera para los demás dispositivos como los sensores de temperatura, los transmisores de flujo los monitores de ph, las lámpara de indicación; todo esto con la finalidad de llevar un control de las señales que se contemplan para la implementación final en gabinetes, cabe mencionar que cuando se elabora el HBL se tiene que detallar toda la información sobre la señal, desde su identificador,

hasta el gabinete al que pertenece, ya que con la especificación se consideró también el *spare* que requería el cliente y son señales que se ocuparán para nuevos equipos a futuro o implementaciones hechas por el cliente. Esta lista se realizó de manera detallada y conforme a la información que a la planta de pigmentos le interesaba

6.10 Elaboración de planos

La elaboración de planos comenzó desde la selección del equipo; en general se acomodan diferentes dispositivos de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Estos planos son la parte de ingeniería de detalle que se requiere para el armado de los tableros que contienen los equipos seleccionados para el sistema, primero se hizo el plano frontal del gabinete en el que se muestra su distribución general, la cual es la base para el armado del mismo; posterior a este plano es preciso detallar cada uno de los rieles y se comienza desde la parte superior del gabinete donde se colocan las fuentes, las clemas que son conectores tipo bornera e interruptores.

En el riel siguiente se colocan las tarjetas de comunicación, al final se colocan las clemas fusible que corresponde a cada uno de los bits de salida de las tarjetas que se montaron. La selección de tarjetas quedó con tarjetas de entradas digitales (DI) para 32 señales, de salidas digitales (DO) para 32 señales, de entradas analógicas (AI) con 8 señales y de salidas analógicas AO con 8 señales. En la Figura 6.4 se muestra la distribución general de uno de los gabinetes que componen la red para la planta, en la que se muestra del lado izquierdo los identificadores que se utilizan para los rieles +.A, +.B, +.C, etc. que es la forma en que se designan para su fácil lectura, del lado derecho se puede ver burbujas con números que van desde el 101 hasta el 105, estos indican el tipo de material que se encuentra señalado, las cotas indican el espacio requerido para el montaje de los rieles y está dado en mm.

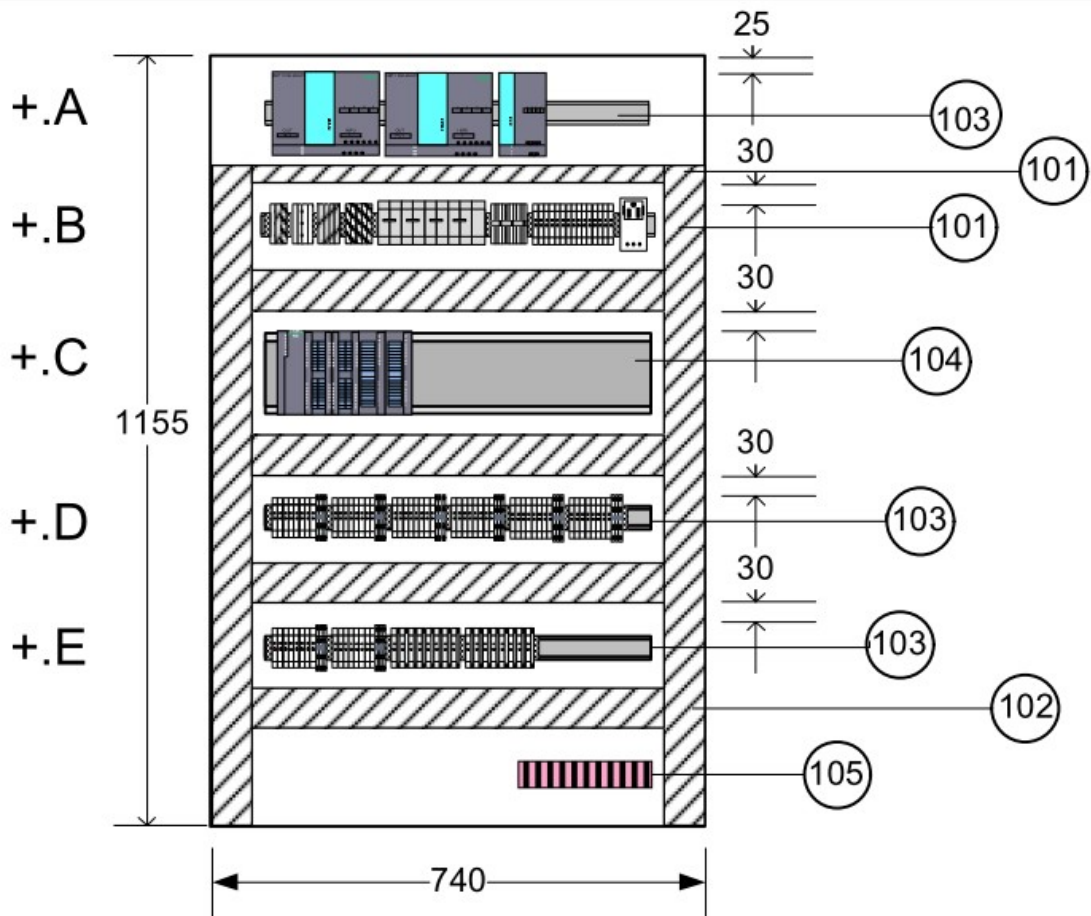


Figura 6.4 Dibujo de gabinete que describe la distribución de los dispositivos (Anexo D).

Los diagramas eléctricos como el de la Figura 6.5, también se incluyeron dentro de los planos, ya que es la forma de hacerle saber al cliente y a los técnicos la manera la forma en que los dispositivos se encuentran conectados y cuál sería la forma de acomodarlos con respecto a los *switches*, tarjetas y clemas.

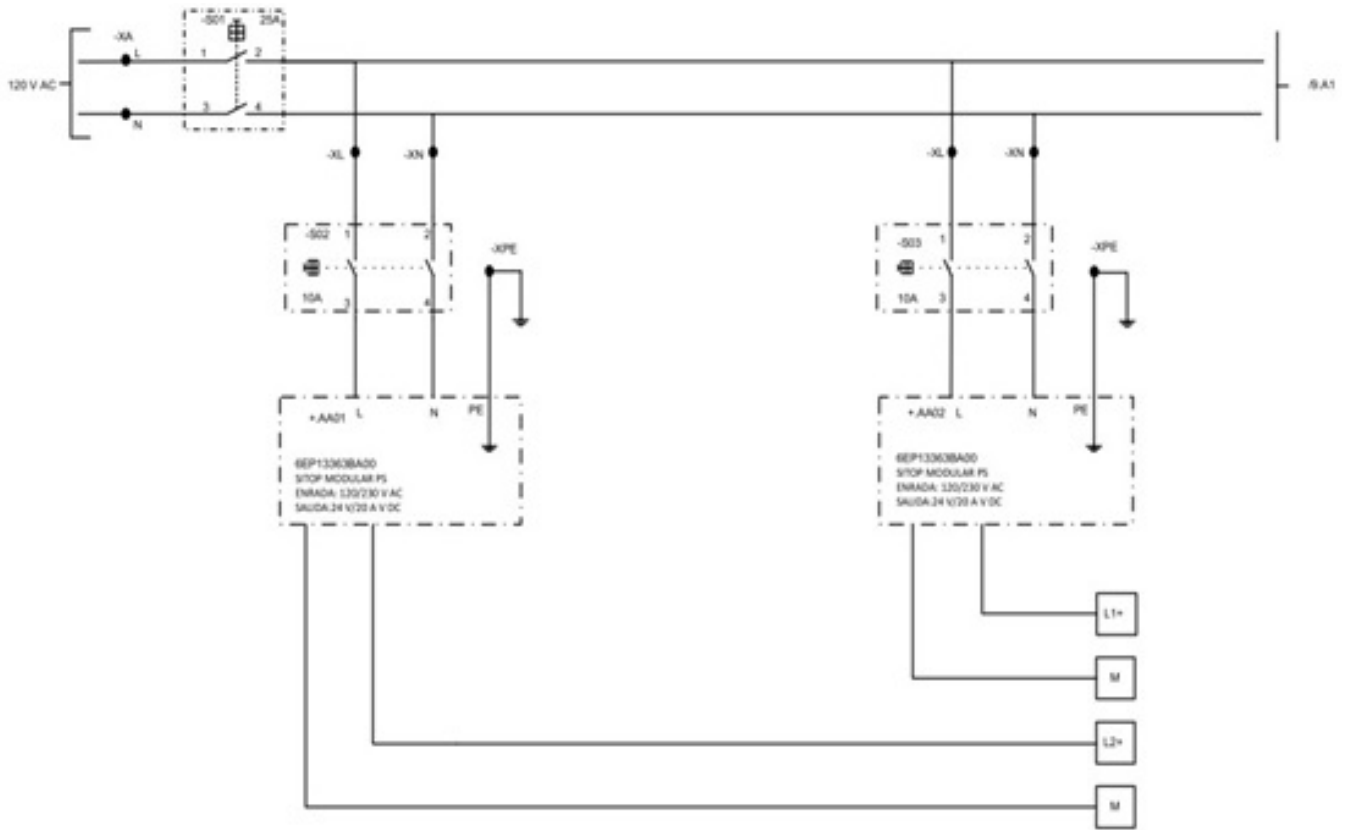


Figura 6.5 Diagrama eléctrico de conexión acometida-fuentes.

Los diagramas van desde lo general hasta lo particular, esto se refiere a la conexión de las tarjetas (Figura 6.6), ya que esto es de importancia porque son las entradas o salidas que van hacia los dispositivos de campo que se muestra en la Figura 6.7. Las interconexiones de los dispositivos entre planos se llaman tag y estos hacen referencia al plano en que se encuentra el dispositivo siguiente y la sección en que se encuentra dicha conexión.

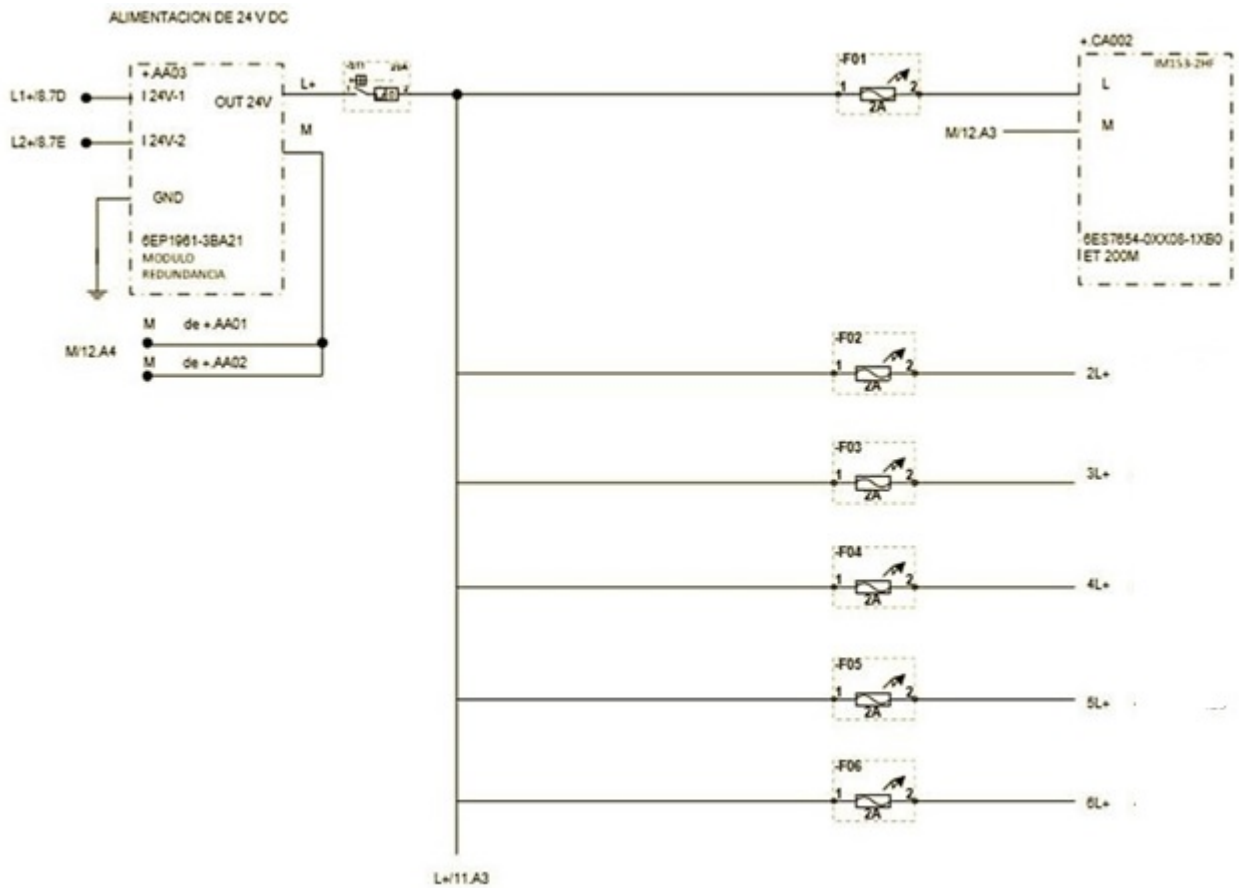


Figura 6.6 Diagrama eléctrico de conexión de las tarjetas de comunicación.

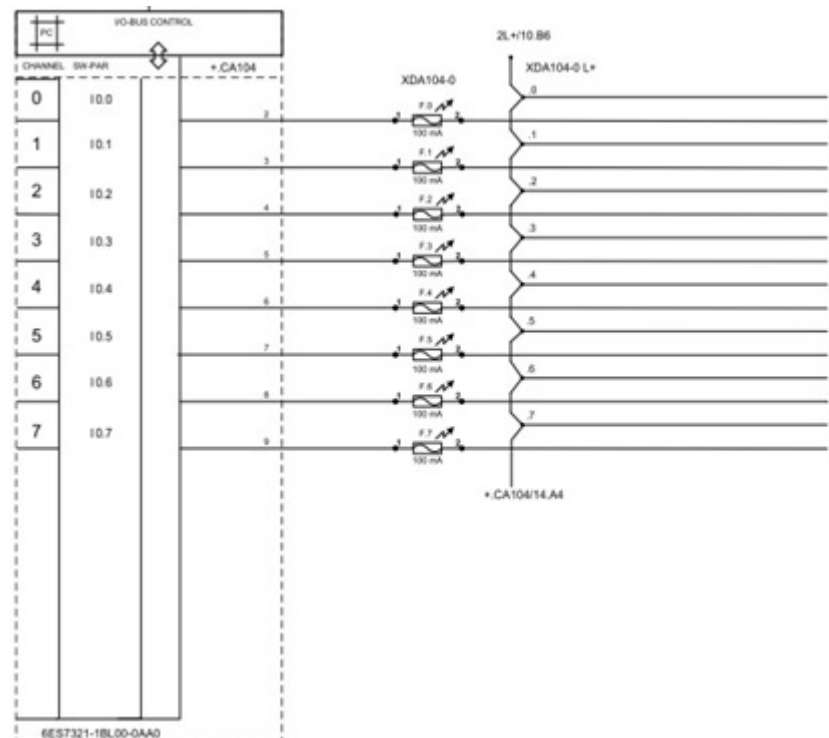


Figura 6.7 Diagrama eléctrico de conexión con los dispositivos de campo.

6.11 Elaboración de pantallas

La elaboración de pantallas se realizó a través del software *WinCC* que es parte de PCS7 (software de programación); *WinCC* es un programa que permite generar el entorno gráfico para la programación y la visualización de los procesos de la planta, estos pueden ser monitoreados fácilmente, ya que es una conexión entre el interfaz humano-máquina (*HMI*) y el proceso dentro de una interfaz detallada de los parámetros requeridos por el cliente para su visualización; este software provee también alarmas visuales que son de ayuda para que el operador tenga un control adecuado de los procesos implicados en el sistema de control implementado; un ejemplo de pantalla bajo el software mencionado se muestra en a Figura 6.8.

Este software cuenta con herramientas de dibujo similares a paint y bloques predeterminados, diseñados para procesos industriales, como tanques, contenedores, paletas, válvulas, motores, bombas, tuberías, etc.



Figura 6.8 Pantalla de control *HMI* (ver Anexo E)

6.12 Alta de equipos en la estructura de programación

Para dar de alta los equipos, fue necesario utilizar el software de programación PCS7, propio de la empresa. El proceso que se siguió para poder realizar esto de manera correcta es la siguiente:

- 1 Identificación de las computadoras, en este caso y siguiendo la arquitectura del sistema se tiene una estación de operación OS01 y una estación de ingeniería ES01.

Se listan los equipos clasificados para su uso en el proyecto, así como el tipo de software que será instalado, la versión y el identificador que la máquina tendrá en el proyecto.

Tabla 6.4 *Tabla de equipos*

MÁQUINA	SOFTWARE	VERSIÓN	ID
Estación de operación	PCS 7	PCS 7 V8.0	OS01
Estación de ingeniería	PCS 7	PCS 7 V8.0	ES01

- 2 Hacer la conexión de la red de *Terminal Bus* (Figura 6.9) con el cable RJ45 del sistema de ingeniería y la estación de operación al *switch* concentrador que permite centralizar las conexiones de uno más dispositivos bajo el mismo protocolo de red *ethernet* (*Scalance*) para completar la comunicación.

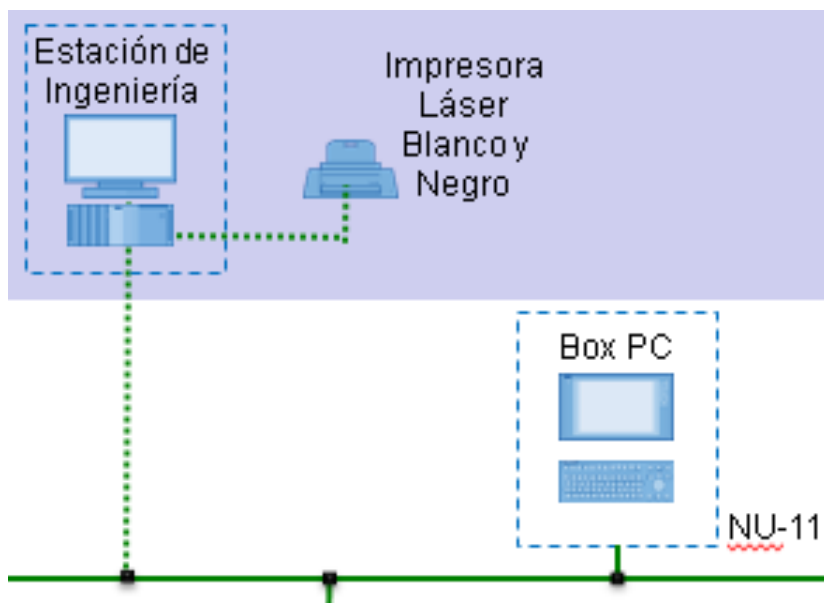


Figura 6.9 Conexión de *terminal bus*.

3 Se Inició con el asistente del programa PCS7

- Se selecciona crear multi-proyecto
- Se selecciona el controlador, de preferencia que coincida con el número de parte o uno de características similares
- Se selecciona el nombre del proyecto y se elige la ruta en donde se guardó
- En la pestaña view se selecciona *plant view*
- En la pestaña *view* se selecciona *component view*.

Nota: antes de continuar con cualquier paso, se debe corroborar que el lenguaje esté en inglés, de no ser así esto genera problemas al momento de compilar (Figura 6.10).

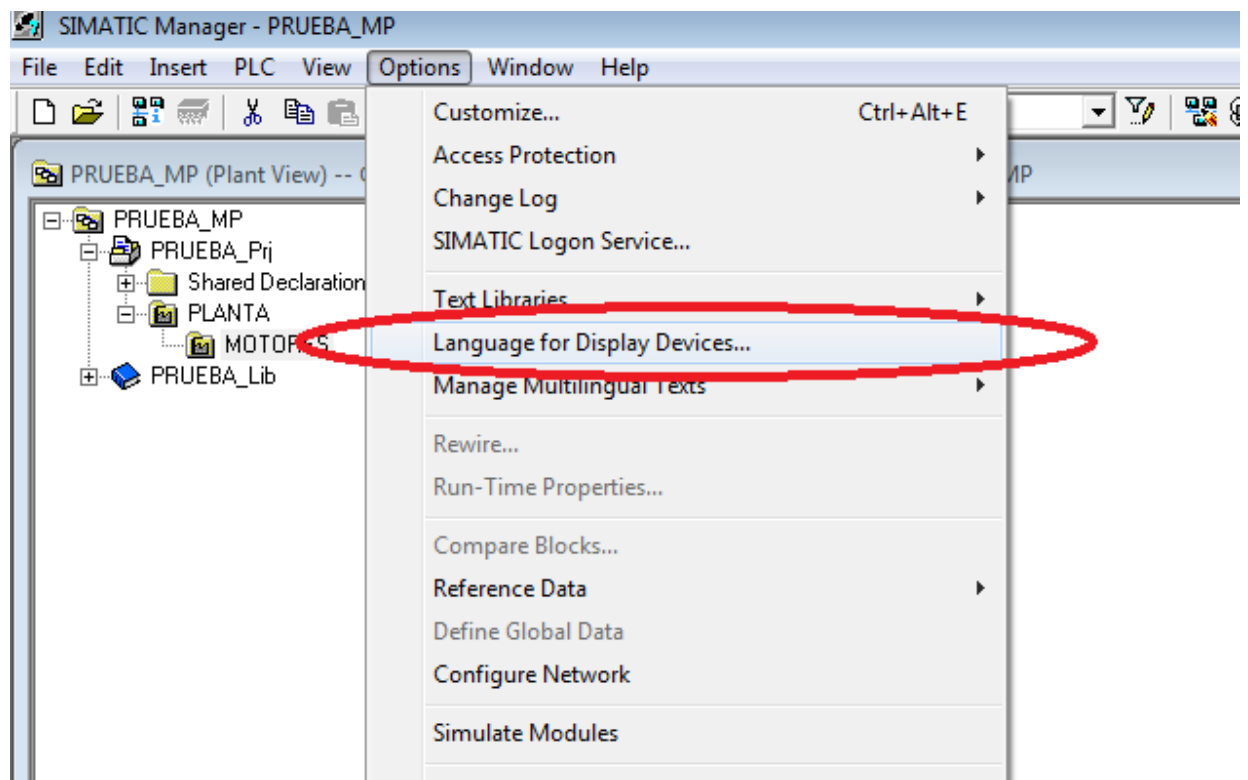


Figura 6.10 Pantalla de configuración de *terminal bus* para verificación de lenguaje.

- Se crean los elementos que se utilizarán en la programación y de esta manera se genera la jerarquía de planta servidores, clientes, Estaciones de ingeniería (ES), Estaciones de operación (OS); en la Figura 6.11 se muestra subrayado en rojo qué elemento se seleccionó.
- Para cada una de las computadoras que se requirieron (Estación de ingeniería, Estación de operación) se crean desde el panel izquierdo de la vista de componente (*component view*) pulsando

botón derecho del mouse y seleccionando el comando SIMATIC PC station

- Una vez creadas todas las computadoras necesarias para el proyecto se llevó a cabo la personalización de cada una
- Se renombra primero, de esta forma se identificó cada una de ellas conforme al proyecto.

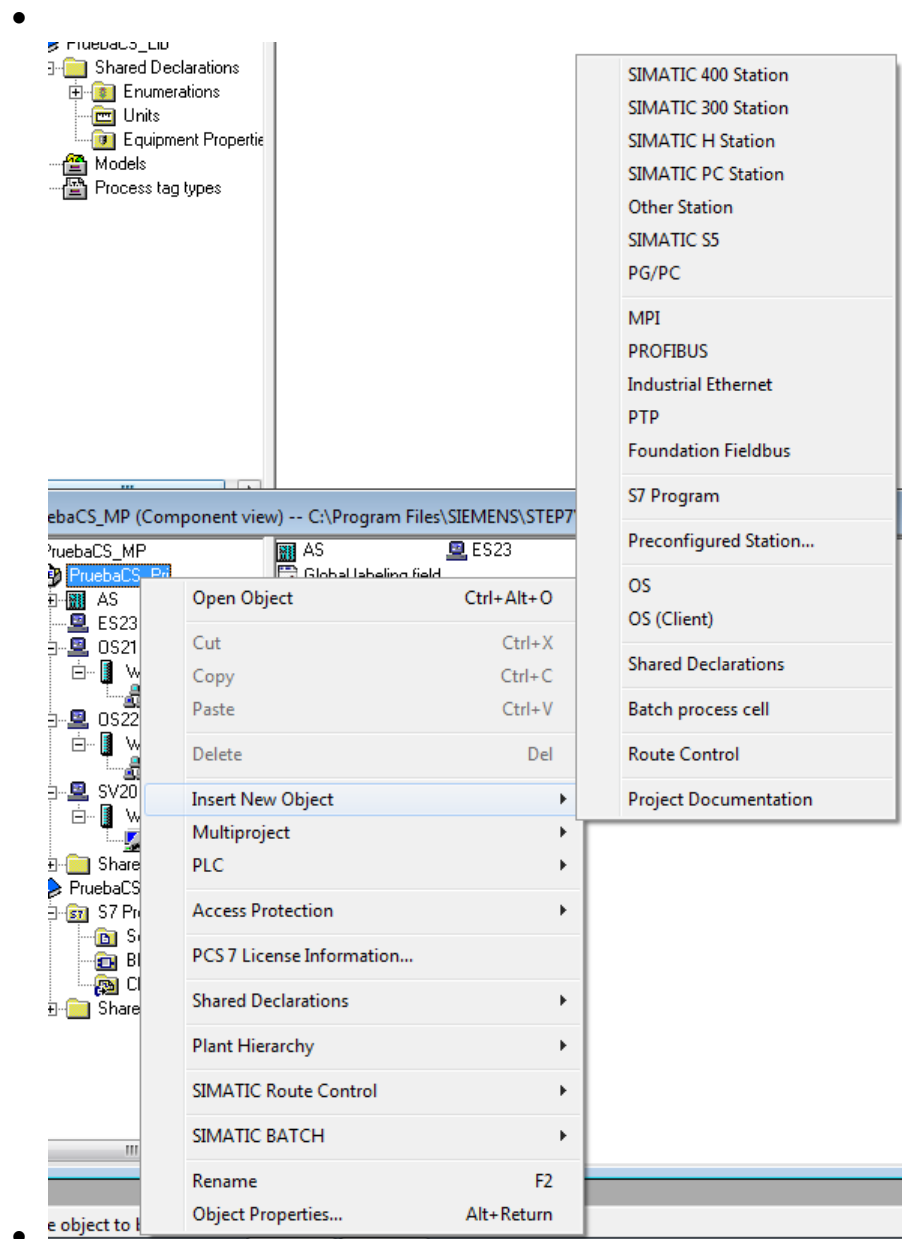


Figura 6.11 Pantalla de configuración de *terminal bus* para la selección de equipos.

- Dependiendo de la función que desempeñe cada una de las máquinas del proyecto, se elige el tipo de aplicación de *WinCC* que esta requiere:
 - Servidor (*WinCC App*)
 - Clientes (*WinCC App Client*)
- Se selecciona la máquina a la que se agregará la aplicación de *WinCC* y en el *Hardware Config* (HW) que se encuentra en el panel derecho de

la ventana de *component view* como se señala en la imagen de la Figura 6.12.

- Se realiza el mismo proceso con el botón derecho del mouse y se selecciona la opción *compilar*.• Posterior a esto se elige el tipo de aplicación de *WinCC* en el panel de la derecha del *Hardware config* en el que aparece un listado, en donde se selecciona.

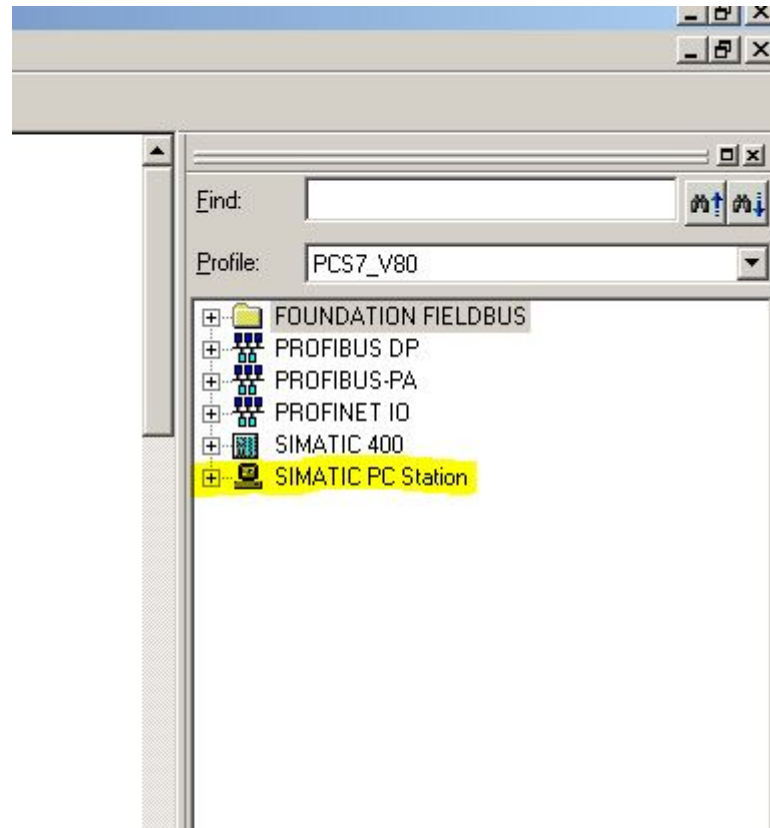


Figura 6.12 configuración de *terminal bus* para el panel de catálogos.

En el catálogo que se despliega en el árbol de la derecha se selecciona la aplicación desde la carpeta de *HMI* que se encuentra en la carpeta de “SIMATIC PC STATION” (Figura 6.13).

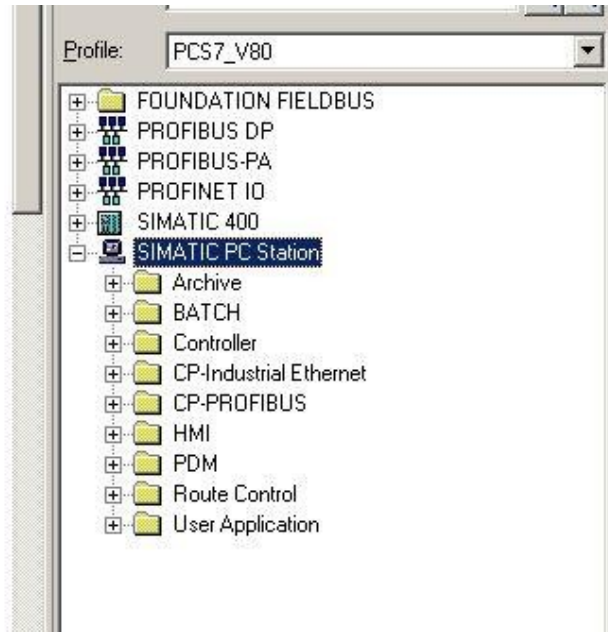


Figura 6.13 Pantalla de configuración de *Terminal Bus* para la selección del catálogo.

El menú de selección de la aplicación desde la carpeta *HMI* se muestra en la Figura 6.15

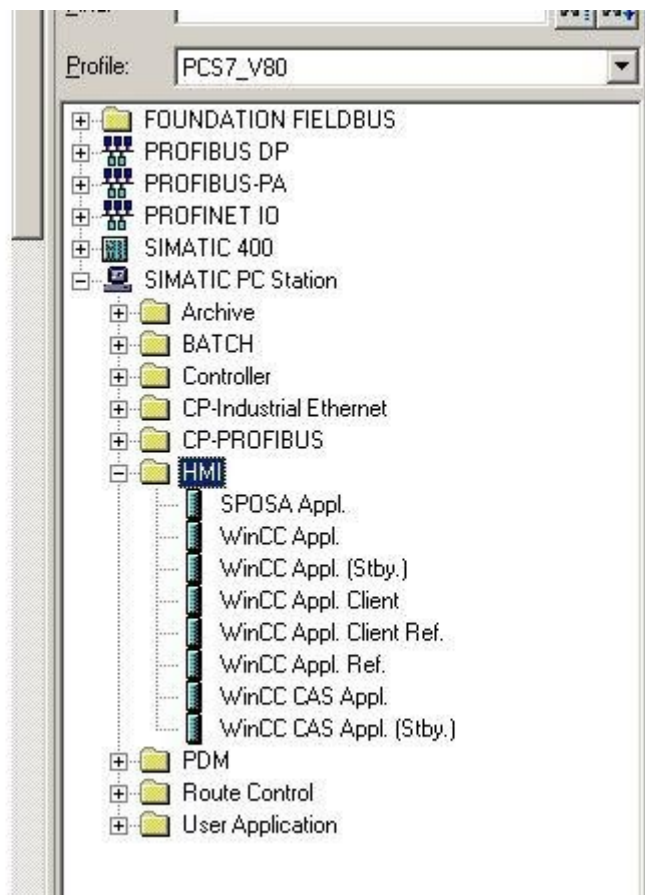


Figura 6.15 Menú de selección de la aplicación.

En el catálogo que se despliega en el árbol de la derecha se selecciona el controlador *profinet* (CP) en la categoría “IE GENERAL” desde la carpeta de” SIMATIC STATION” la más actual (Figura 6.16).

nota: se agrega una CP diferente de la CP general cuando existe plant bus dentro del proyecto, si sólo harán pruebas con la parte de *terminal bus*, entonces no es necesaria

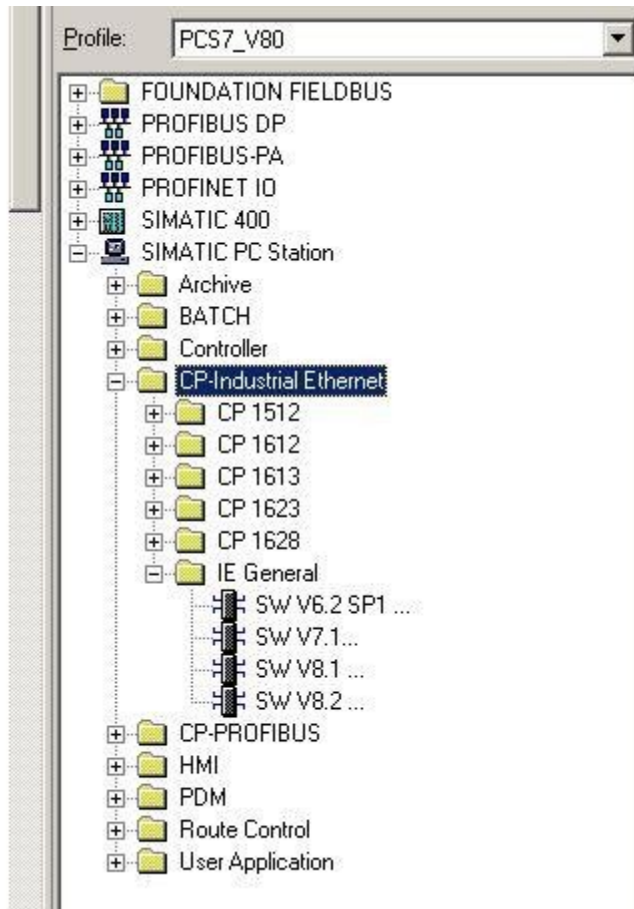


Figura 6.16 pantalla de configuración de *terminal bus* (Selección de la CP)

Posterior a esto se arrastra la aplicación de WinCC seleccionada hacia el lado izquierdo de la ventana que se muestra la ventana de la figura 6.17.

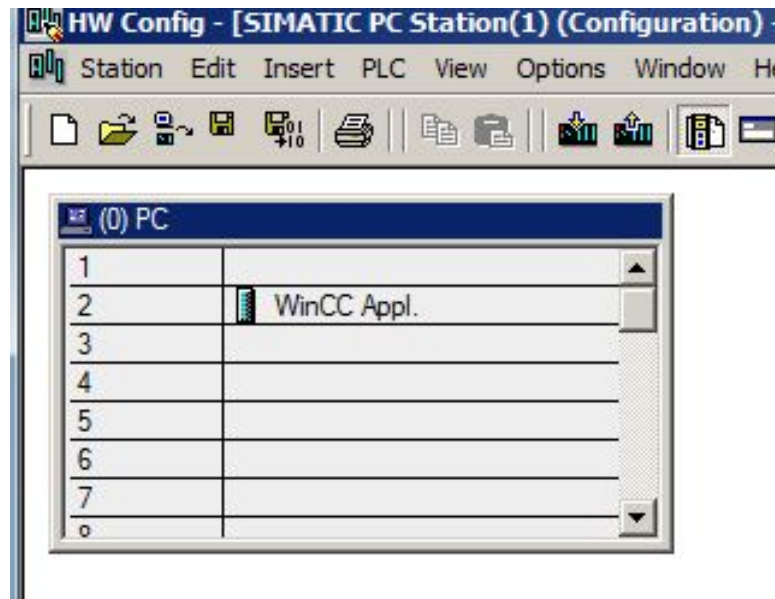


Figura 6.17 pantalla de configuración de *terminal bus* para la colocación de la aplicación en la ventana correspondiente.

Una vez terminado todo el proceso debe quedar como se muestra en las Figuras 6.18 y 6.19

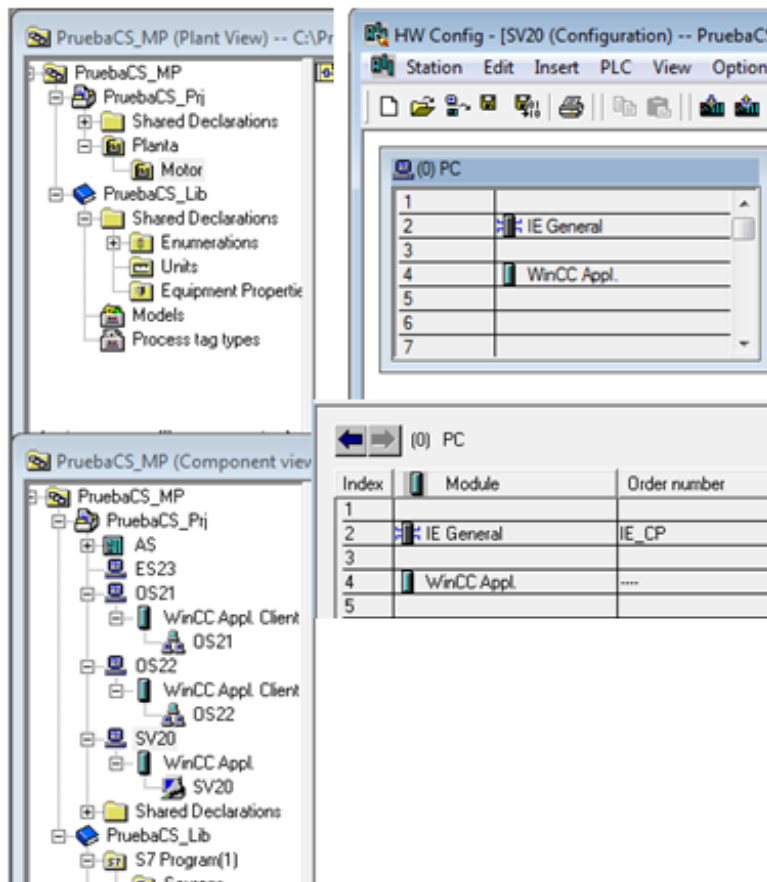


Figura 6.18 Pantalla de configuración de *Terminal Bus* para la verificación de los elementos de configuración.

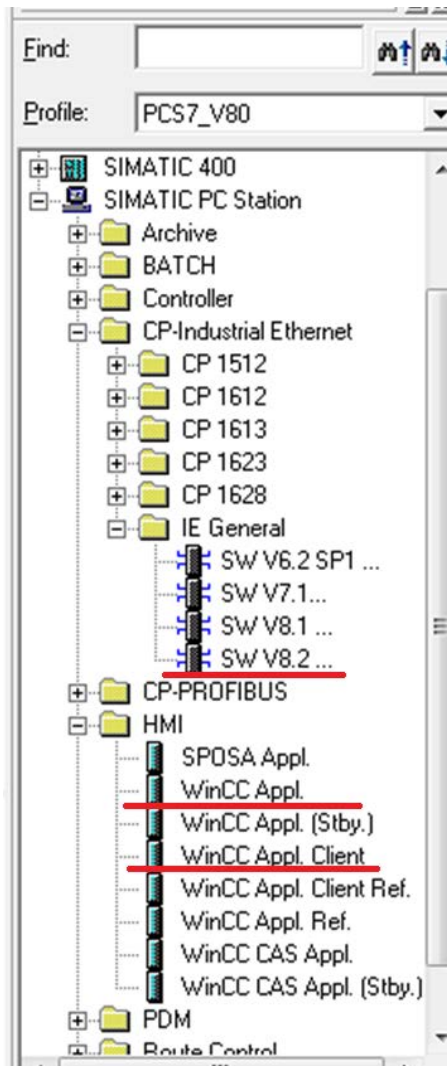


Figura 6.19 Pantalla de configuración de *terminal bus* para el resumen de pasos del proceso.

Conexión entre máquinas

En el servidor y en los clientes se creó una carpeta en la Unidad D y se renombra para todos los equipos de la misma manera Figura 6.20.

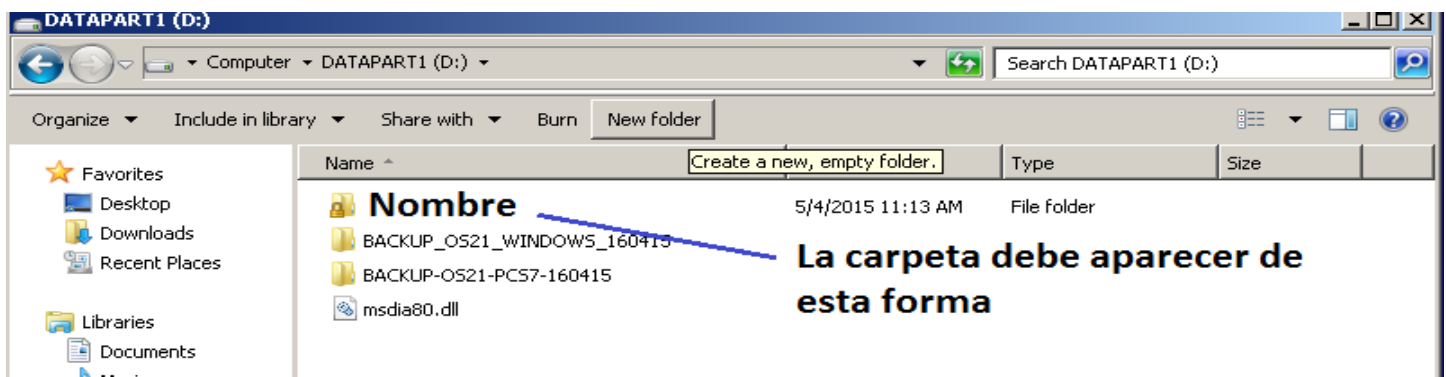


Figura 6.20 Pantalla de configuración de *terminal bus* para la creación de la carpeta compartida.

Para compartir la carpeta:

- Activar compartir carpeta
- Configuración de la carpeta Figura 6.21

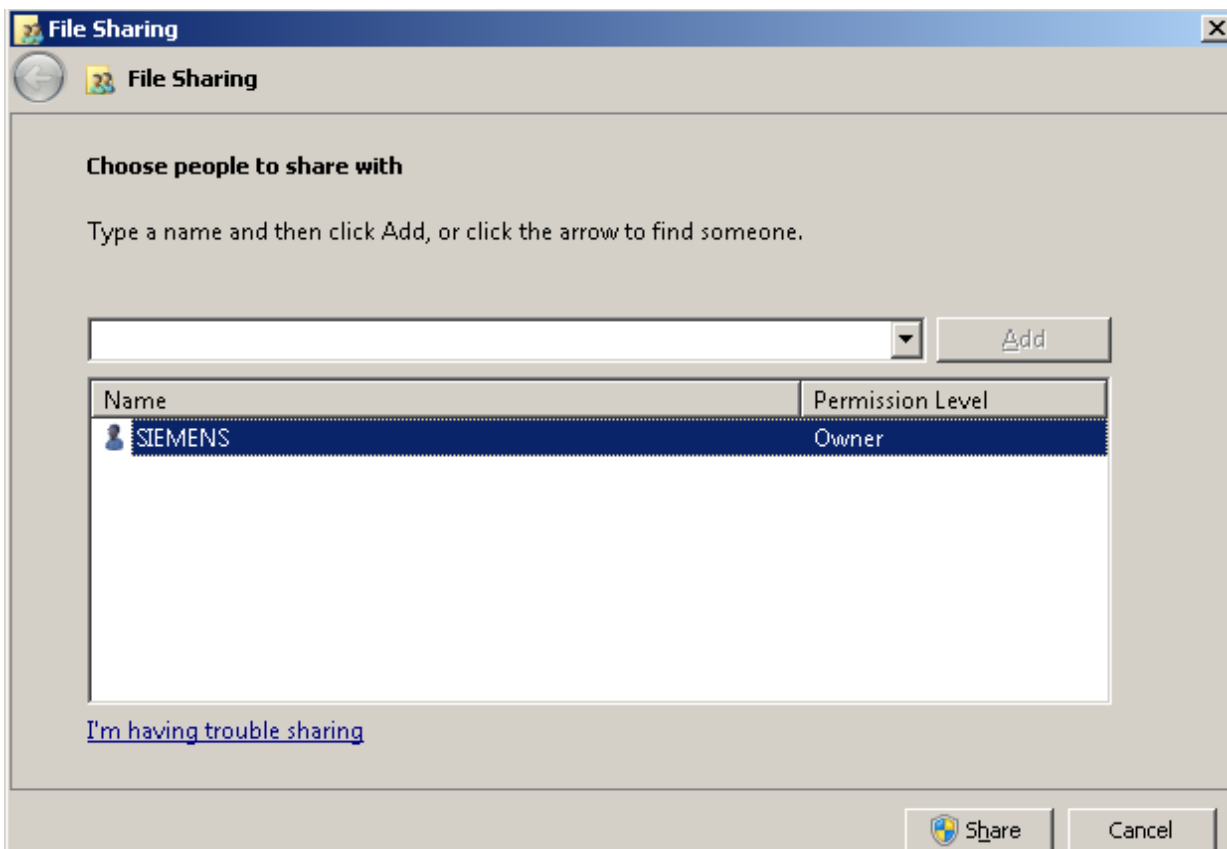


Figura 6.21 Pantalla de configuración de *terminal bus* para configuración de la carpeta compartida.

Para cuestiones de seguridad:

- Se activaron todos los usuarios que comparten la carpeta con *full control* (figura 6.22).

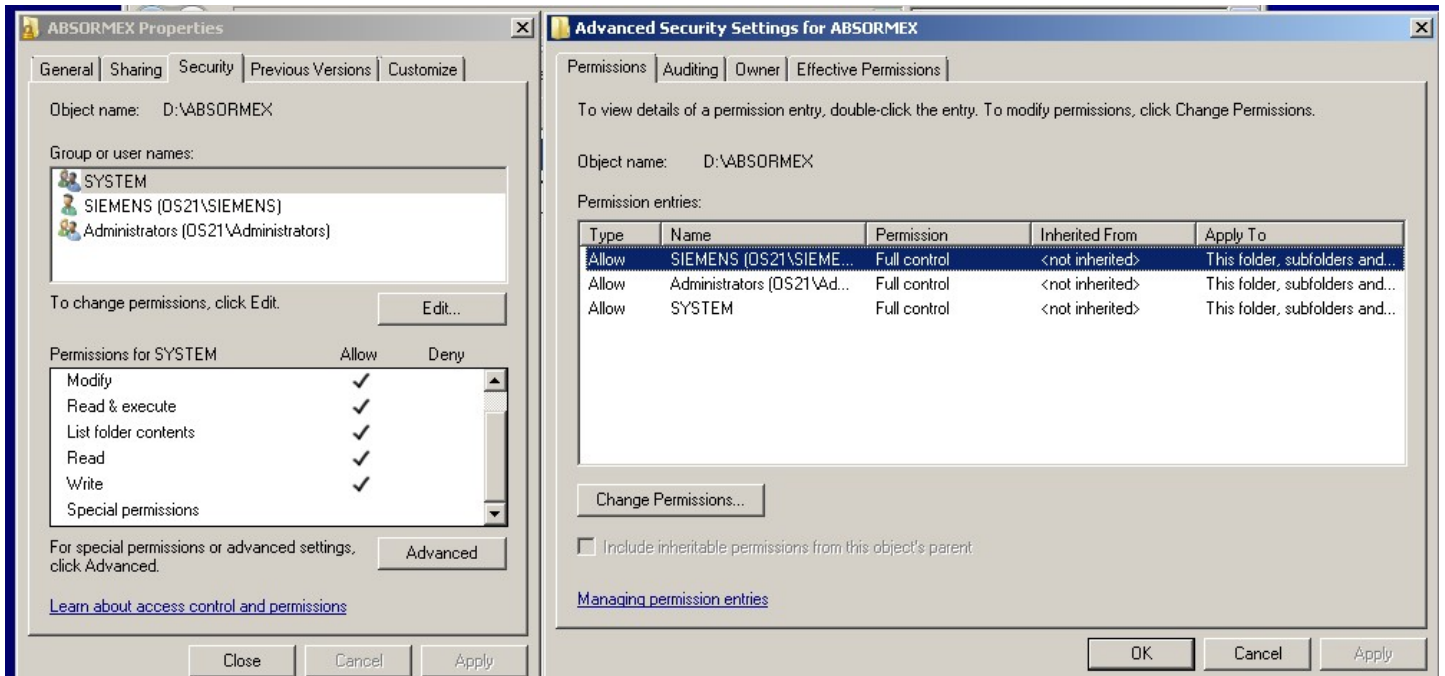


Figura 6.22 Pantalla de configuración *terminal bus* para configuración de permisos.

Es importante que todas las maquinas (clientes y estación de ingeniería) tengan el mismo usuario y mismo contraseña. Se verificó que estuviesen conectadas a la misma red, para este caso nombrado: *terminal bus* Figura 6.23.

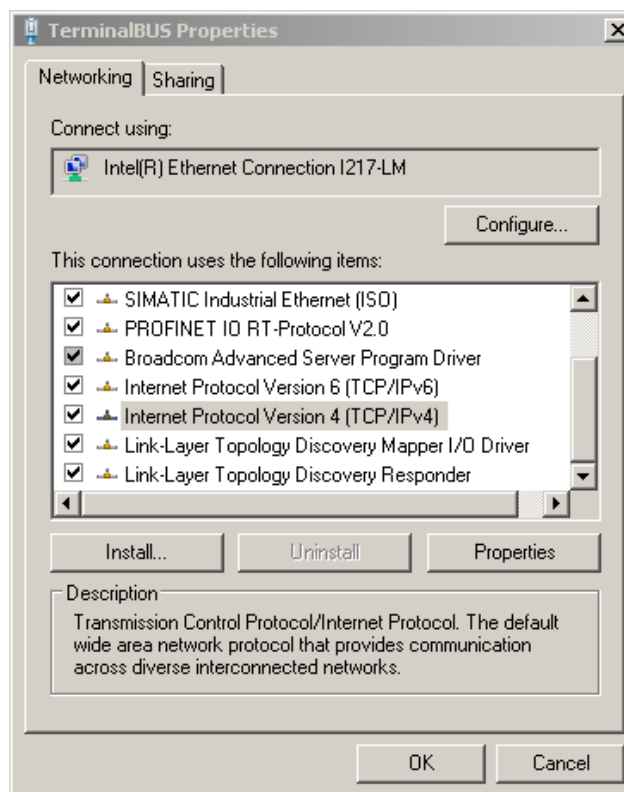


Figura 6.23 Pantalla de *terminal bus* para configuración de la IP.

Se verificó que la dirección IP corresponda a la establecida desde un inicio Figura 6.24.

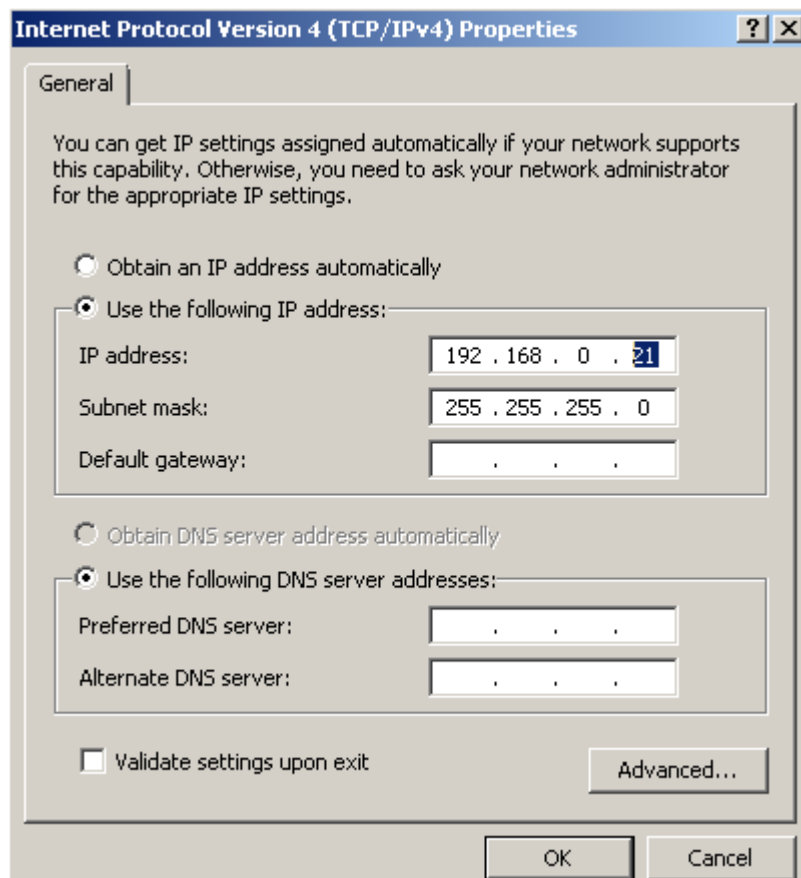


Figura 6.24 Pantalla de configuración de *terminal bus* verificación de la IP.

Para poder verificar que la instalación del software ha sido correcta en la estación de operación se siguieron los siguientes pasos:

- 1 Dando clic derecho en la estación se verificó que el nombre de la computadora fuera el mismo que el de la PC y se seleccionó la opción como se muestra en la Figura 6.25.

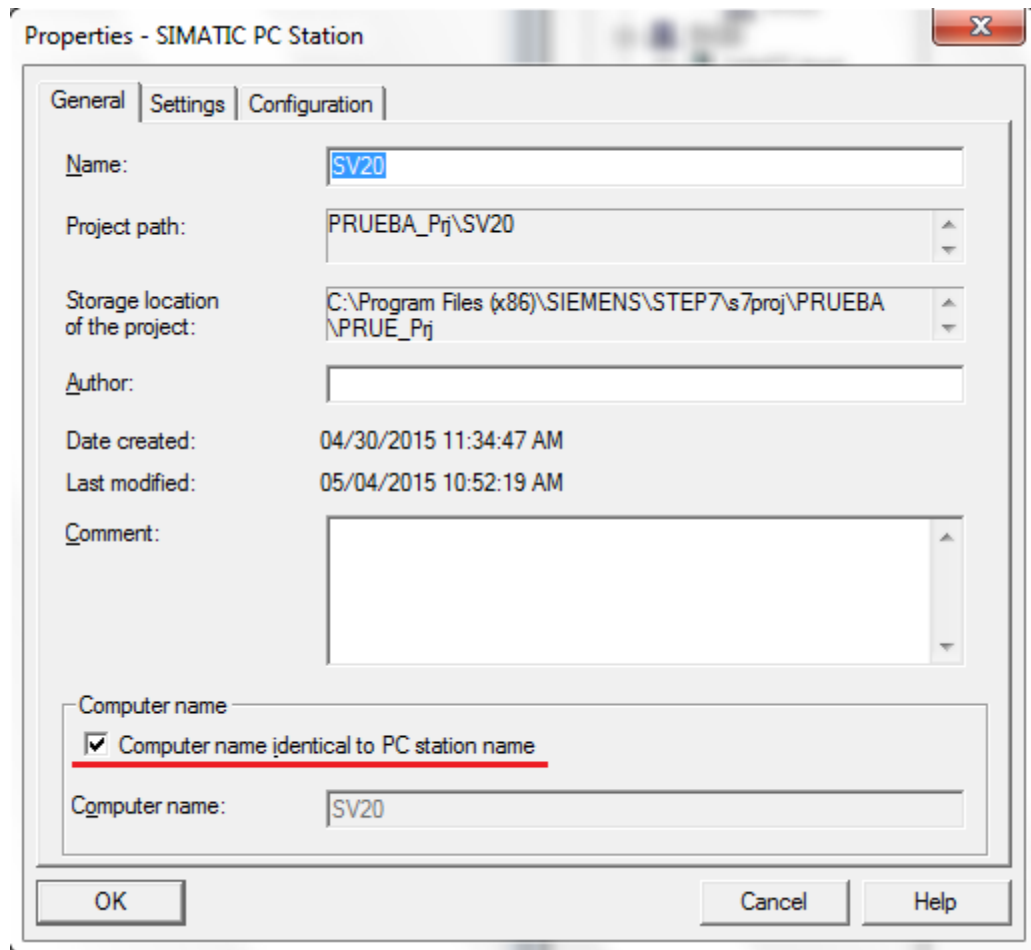


Figura 6.25 Pantalla de configuración de *terminal bus* de propiedades de la máquina.

- 2 Una vez confirmado el paso anterior, se seleccionó la opción *configure* en *PCS7* se muestra en la Figura 6.26, para poder revisar que la conexión entre las computadoras es correcta.

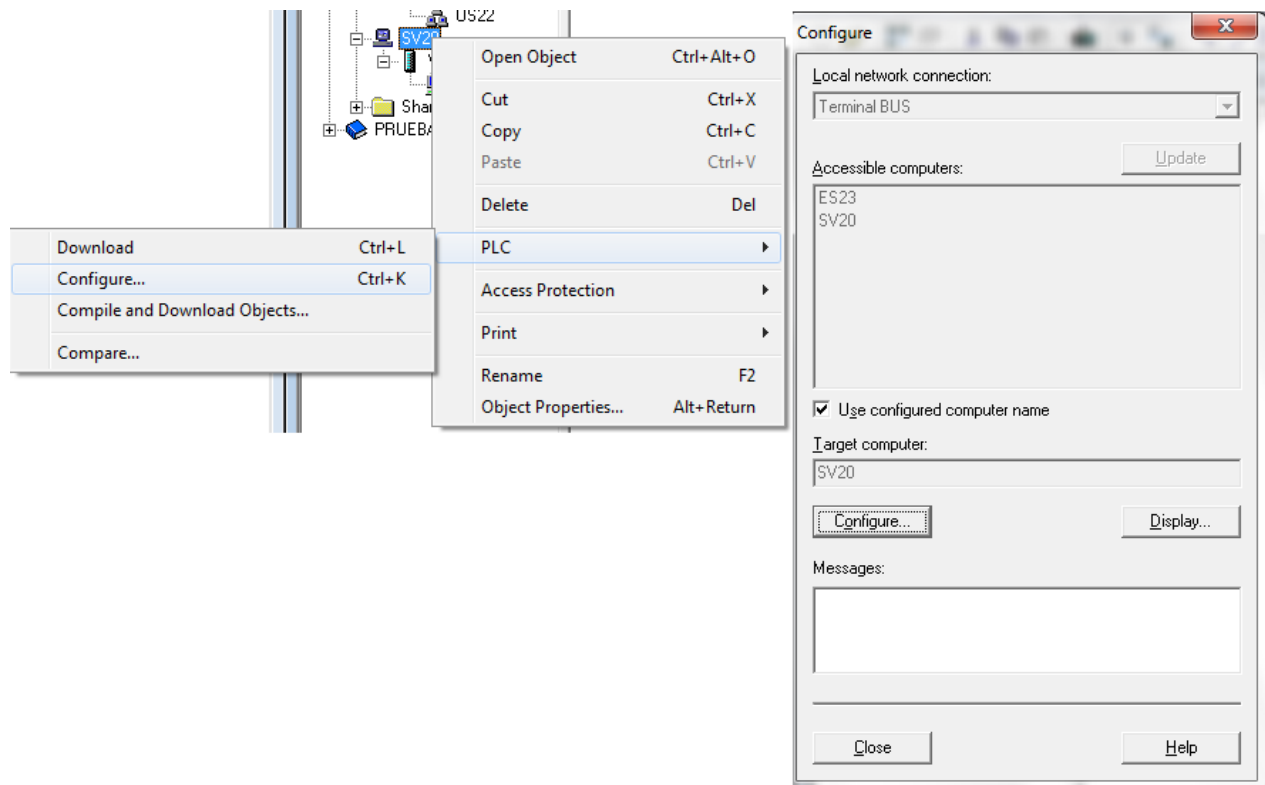


Figura 6.26 Pantalla de configuración de *terminal bus* de propiedades de la máquina.

- 3 En propiedades de la aplicación de la estación de operación se cargó la ruta del programa con extensión .mcp Figura 6.27.

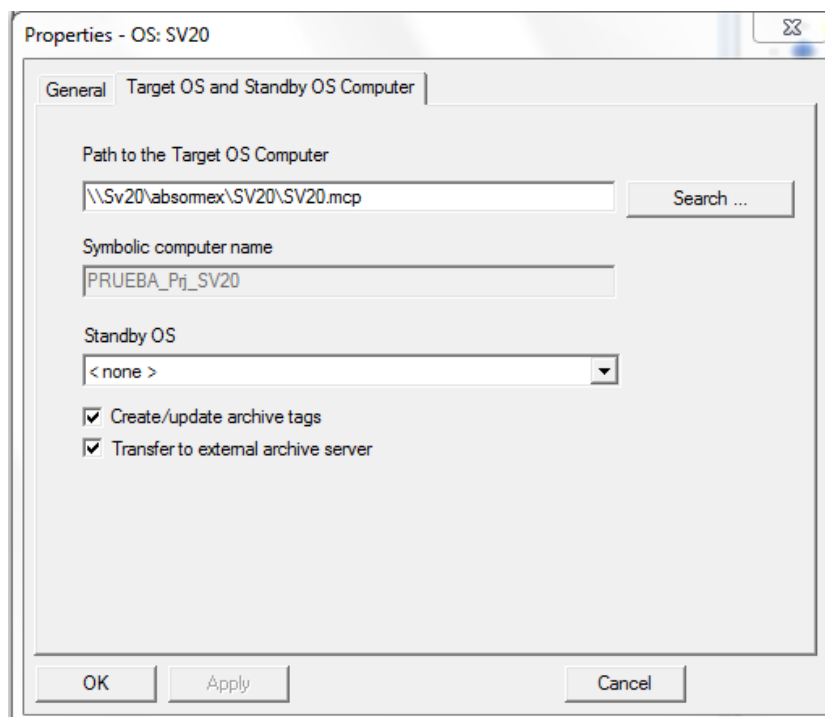


Figura 6.27 Pantalla de configuración de *terminal bus* de carga del programa que contiene la aplicación.

- 4 Para poder descargar el programa se da clic derecho sobre la aplicación de la estación de operación, Figura 6.27.

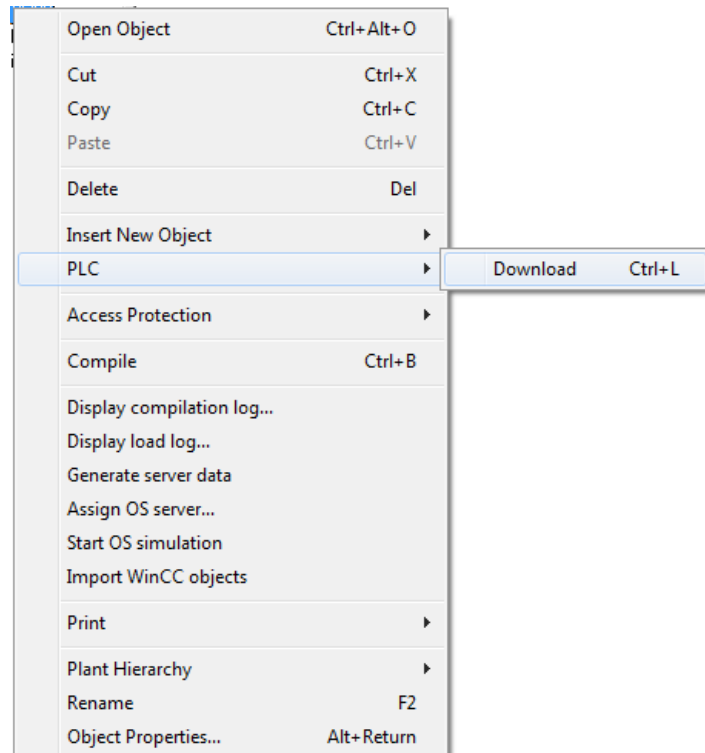
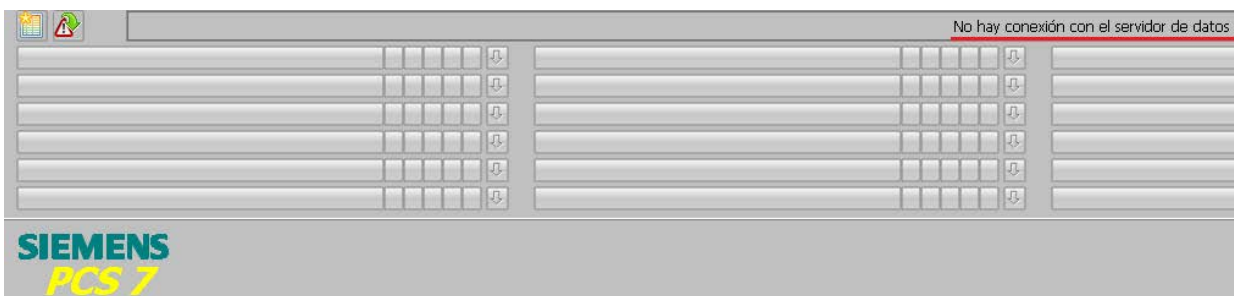


Figura 6.28 Pantalla de configuración de *terminal bus de descarga* del programa de la aplicación.

En seguida en la pantalla de la máquina con la que se hizo la conexión, se desplegó una barra que notificó que la transferencia se hizo adecuadamente. De presentarse algún error, aparecerá un indicador señalando un error en el lugar correspondiente.

Para poder visualizar la correcta conexión entre los clientes y la estación de ingeniería se abre con botón derecho la estación de operación y se carga el archivo con extensión .mcp, automáticamente se abrirá la aplicación WinCC en donde se puede corroborar el acceso al *Graphic Designer* en donde en la parte superior desaparece la leyenda: “No hay conexión con el servidor de datos”.



6.13 Verificación de enlace entre dispositivos y elementos de automatización en la programación

Se realizó por medio del software de programación PCS7, lo primero fue verificar que las señales (tag's) se encontraran relacionadas con su bloque Figura 6.29 correspondiente en el programa, esto se hizo cuidando que cada elemento tuviera el mismo nombre que el tag al que se les relacionó.

Variable	Address
EA	
MonAmL	
Presión	OB35
	7/4
PV	MS_Relea
24.0	PV_AH_Li
21.6	PV_WH_Li
7.8	PV_TH_Li
6.0	PV_TL_Li
5.4	PV_WL_Li
3.6	PV_AL_Li
1.0	LogTime
100.0	PV_OpSca
1145	PV_Unit
0	OosLi
CSF	

Figura 6.29 Pantalla de configuración de *terminal bus* de configuración de propiedades de la máquina.

Posterior a este paso, se hizo la verificación de los elementos que componen las pantallas; esto se realiza de manera particular porque existen válvulas, indicadores o cualquier otro elemento que debe ir en determinada posición, o a veces la misma válvula se encuentra involucrada en dos pantallas diferentes, lo que implica un proceso de copiado que requiere renombrar el elemento desde las propiedades (se muestra la ventana que aparece en la Figura 6.30) para que al compilarlo, el programa no lo borre en automático.

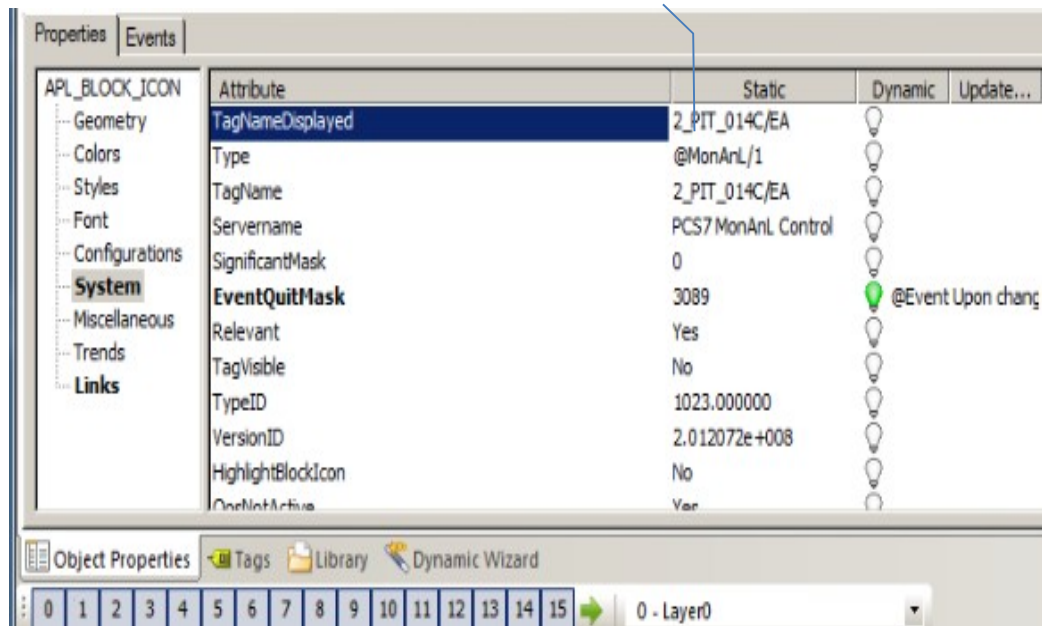


Figura 6.30 Pantalla de configuración de *terminal bus* de configuración de propiedades de los elementos del *HMI*.

Este proceso se realizó para todos y cada uno de los elementos para cerciorarse que todos los elementos estuvieran identificados, animados y relacionados con los bloques de la programación. Es importante quitar “@” de los elementos copiados, ya que si se omite este paso, el programa borrará el elemento copiado una vez que se haya compilado.

6.14 Armado de gabinetes

El armado de los gabinetes se realizó conforme a los planos descritos anteriormente. Se tiene que realizar la distribución y alambrado tal cual se explica en los mismos; de esta tarea se encargaron los técnicos quienes son los que apoyan en el montaje de componentes y conexiones de los dispositivos que se muestran en la Figura 6.31. La revisión general de los gabinetes estuvo a mi cargo, desde la revisión del armado, la distribución requerida y las pruebas de continuidad para cada señal.

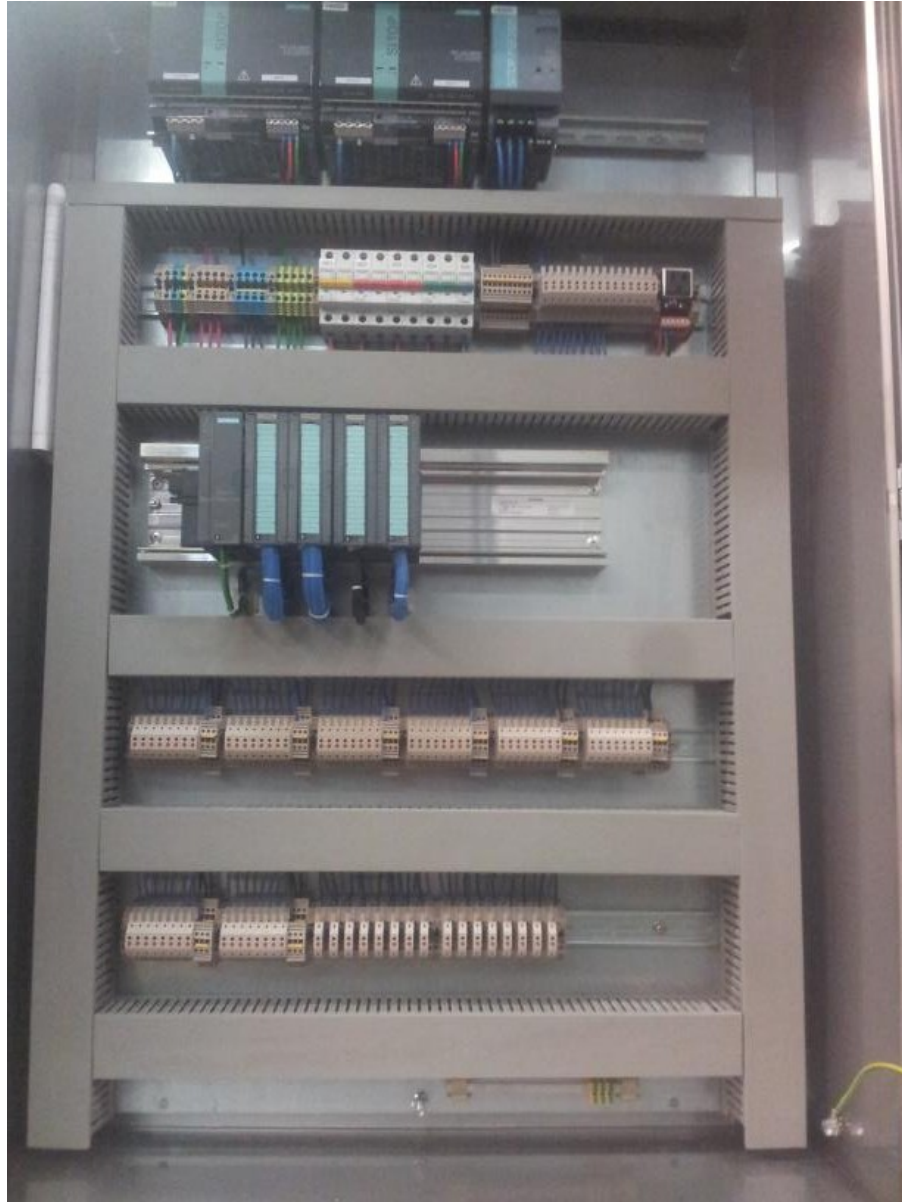


Figura 6.31 Distribución de un gabinete armado.

Para cada gabinete se tiene una distribución similar y hubo que verificar las señales que corresponden a cada gabinete. En las clemas que componen la distribución es en donde se aloja la conexión de cada señal; se debe identificar cuáles clemas son las que corresponden a cada tarjeta, esto se hace conforme al número de bits con los que cuenta cada tarjeta, y en el armado generalmente se hace un acomodo de grupos de 8 clemas que representan los bits; siguiendo esta información, el arreglo quedó como se muestra en la Figura 6.32.

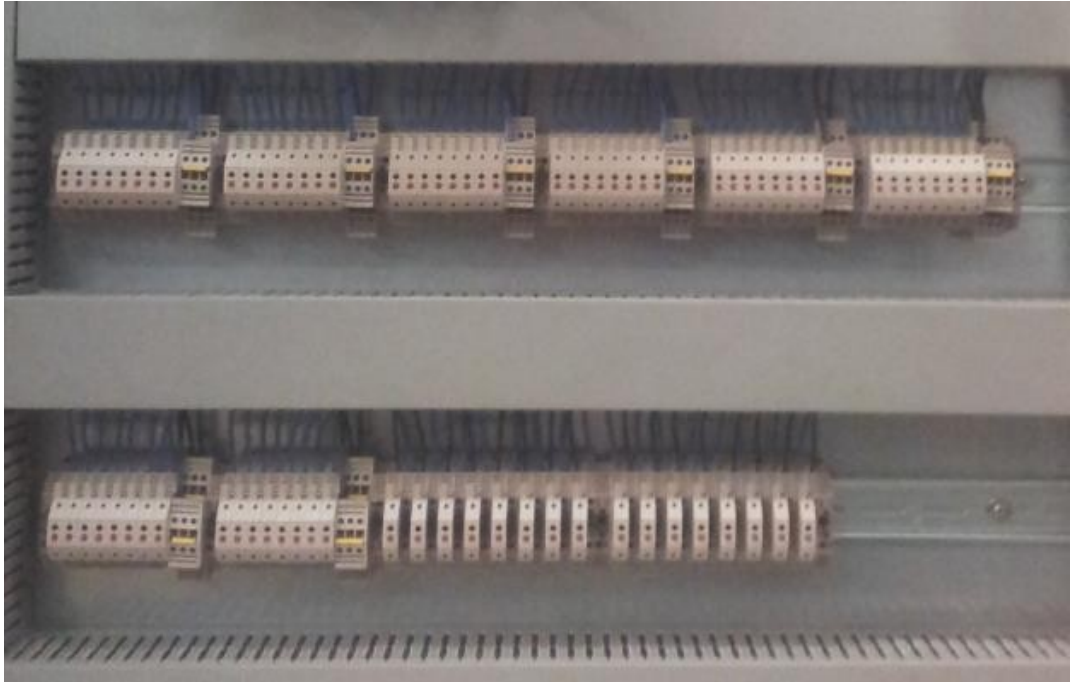


Figura 6.32 Clemas fusible.

Cada módulo representa 8 bits por tarjeta, y siguiendo la configuración de cada una se tiene que cada dos de esos módulos de 8 clemas corresponde a una tarjeta, es decir, cada tarjeta es de 16 bits (8 bits X 2 canales); la diferencia que se nota en las clemas de la derecha abajo en la imagen 6.32 es porque corresponden a las entradas y salidas analógicas, respectivamente; estas tarjetas son únicamente de 8 bits.

6.15 Armado de las redes *terminal bus* & *plant bus*

El armado de la red terminal se hizo siguiendo la arquitectura presentada en la Figura 6.33.

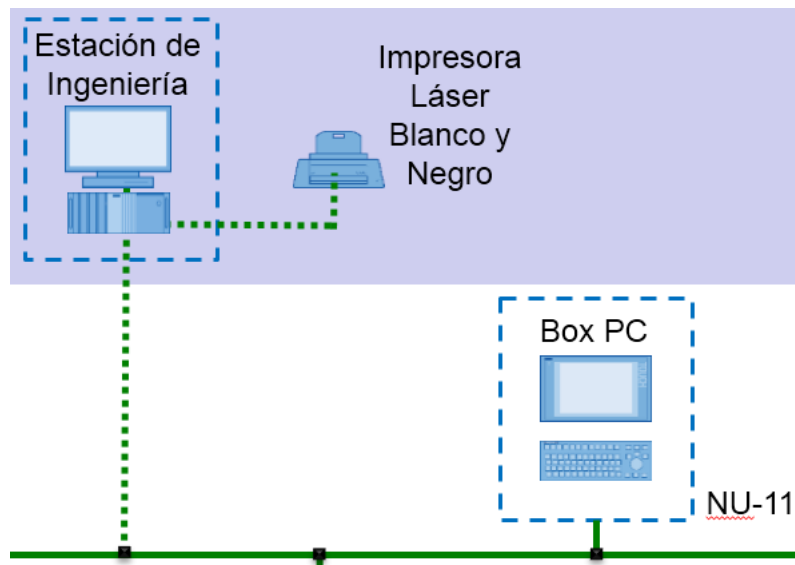


Figura 6.33 Terminal bus.

El procedimiento comienza con el armado de los cables, se pelaron los cables con el cortador especial para *Ethernet Industrial* y se colocaron los *switches* RJ45; este proceso es muy sencillo debido a que los cortadores facilitan mucho la tarea, están diseñados de tal forma que permiten que el armado de un cable se lleve a cabo en 3 minutos. Una vez terminados los cables de *Ethernet Industrial* del OS (gabinete NU-11) se conectaron al switch (scalance) que se encontraba en el gabinete NU-10, también se debe conectar el CPU con un cable del mismo tipo y de esa forma quedó lista la parte del *terminal bus*.

Para armar el *plant bus* Figura 6.34, fue necesario hacer el cableado de *Profibus* para esto se requirió cable para *Profibus*, propio de la empresa y un cortador especial, que de manera similar a la anterior, permitió armar los cables de forma muy rápida.

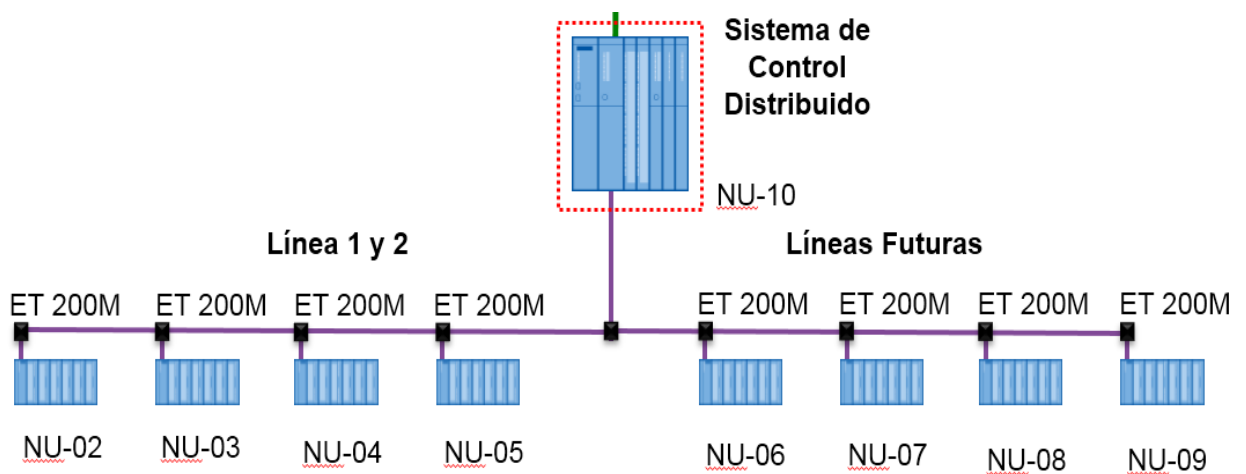


Figura 6.34 Plant Bus red *Profibus*

Se muestra en la Figura 6.35 un conector para *Profibus* que se utiliza para montar la red a través de los gabinetes, contiene una entrada y una salida.



Figura 6.35 Conector para *Profibus*.

Con base en la arquitectura explicada en la sección 4.1, la conexión mostrada en los planos de redes en la Figura 6.36 es la que se realizó para los gabinetes.

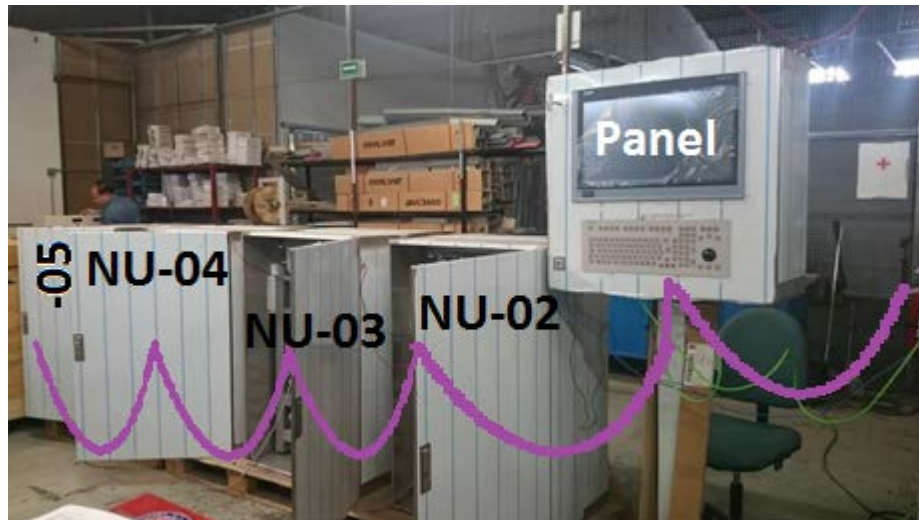


Figura 6.36 Red Profibus armada.

6.16 Comunicación ES/OS-AS

Partiendo de que ya se hizo el alta de los equipos y se realizó el procedimiento descrito en el apartado 6.12 Alta de equipos en la estructura de programación, se tiene que revisar que se encuentren dentro de la misma red, sólo como verificación de rutina, esto se hace con base en el comando ipconfig, cuyo resultado se muestra en la figura 6.37. Para completar dicho comando se realiza el siguiente procedimiento:

- Tecla de Windows + R
- Escribir CMD
- Enter
- Escribir ipconfig

Verificar cuál es la dirección IP (IPv4 en el CMD).

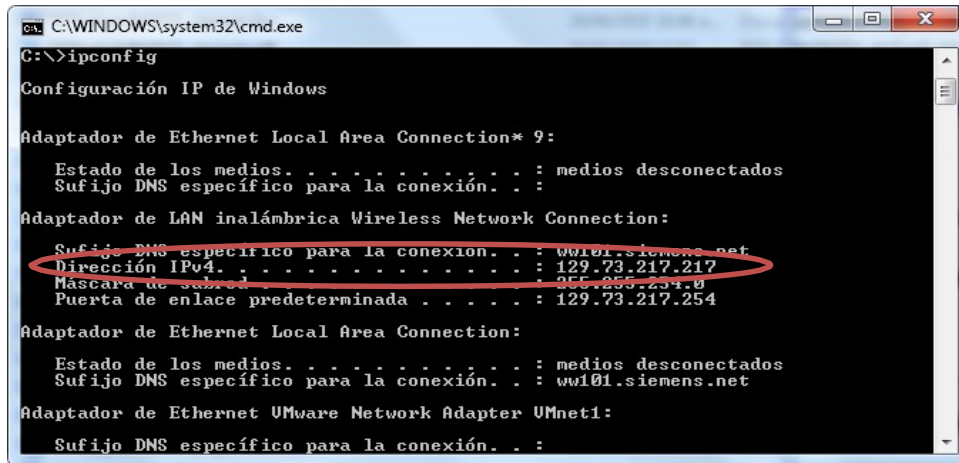


Figura 6.37 Verificación de IP en cmd.

*Nota: esto se realiza para la estación de ingeniería y la estación de operación.

Una vez obtenido el IP de cada computadora, se hizo ping desde línea de comandos de Windows cmd con la dirección IP que se quería visualizar Figura 6.38.

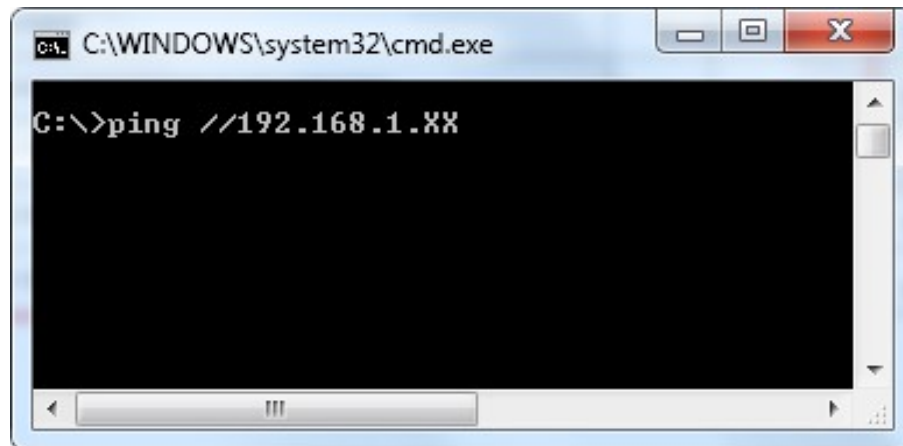


Figura 6.38 Ejemplo del comando ping en cmd

Una vez realizado esto, lo siguiente fue ejecutar la aplicación de cliente WinCC al que le llamamos runtime, para ejecutarlo es necesario abrir el explorador de WinCC tal como se muestra en las Figuras 6.39 y 6.40.

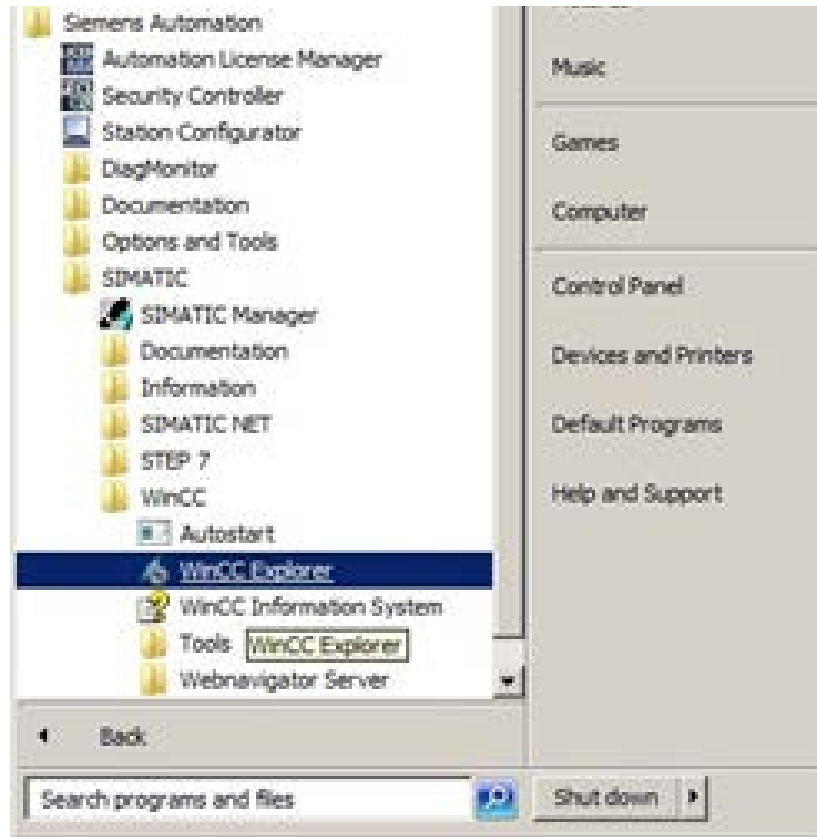


Figura 6.39 Ubicación de WinCC explorer.

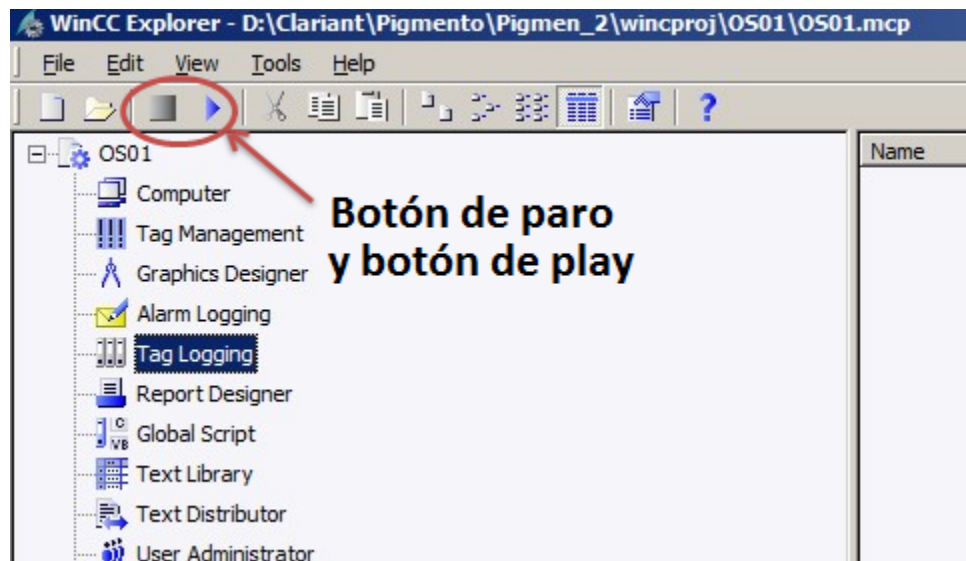


Figura 6.40 Botones de paro y arranque de la aplicación para HMI

Para verificar que la aplicación de cliente funciona correctamente en la estación de operación, es necesario hacer clic en el botón de *play* del explorador, con lo que se inicia la aplicación que reflejará en la máquina (OS) las pantallas que se realizaron para cada uno de los procesos.

Cada pantalla consta de tres áreas, distribuidas de la siguiente manera:

- Área de navegación
- Área de trabajo
- Área de botones.



Figura 6.41 Pantalla principal de la aplicación para HMI.

El resultado de pantallas se muestra en la Figura 6.42 (Anexo E)

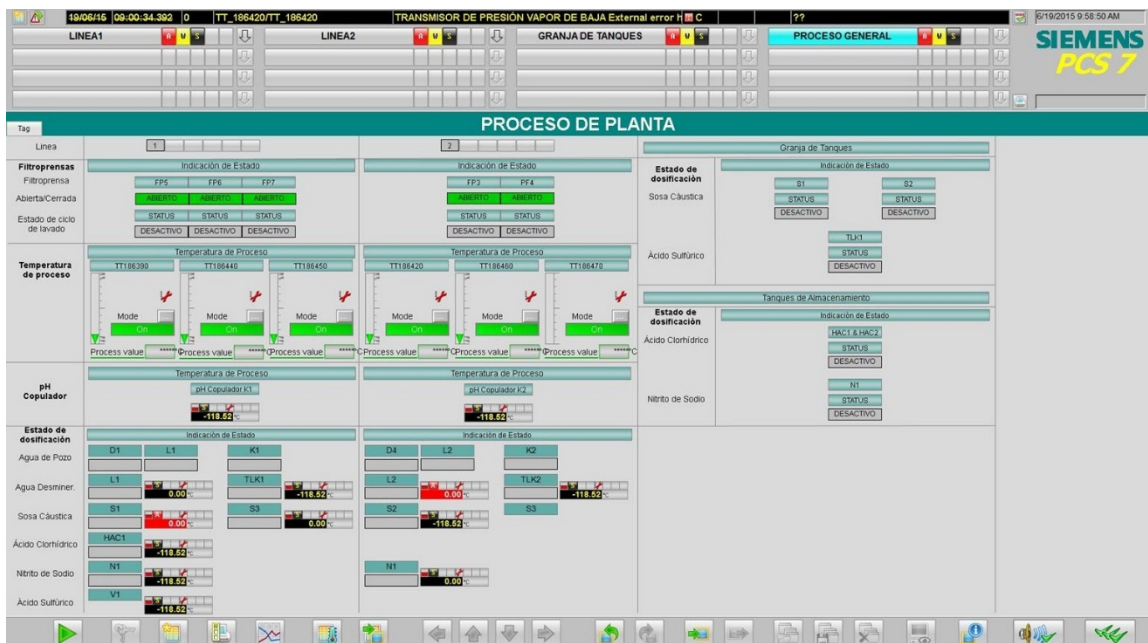


Figura 6.42 Pantalla principal del proceso de la planta en HMI.

6.17 Elaboración de protocolos de aceptación en fábrica (FAT)

Las pruebas funcionales para el sistema de control distribuido *PCS7* en la planta de pigmentos se realizaron para 10 gabinetes, identificados como NU-02 hasta NU-11. El sistema de control se compone de una arquitectura single user system, una estación de ingeniería, un panel PC que se encuentra en el gabinete identificado como NU-11 y un controlador central Simatic S7-400 ubicado en el gabinete NU-10, y para la adquisición de señales 8 gabinetes (NU-02 hasta NU-09) que mediante periferia distribuida ET-200 y red de campo *Profibus DP*, concentran las señales en el CPU 410-5H. El sistema de control distribuido Simatic *PCS7* coordina al sistema para automatización de la planta.

El procedimiento que se debe seguir para la realización de las pruebas correspondientes es como se muestra a continuación.

- Pruebas FAT: energización e inspección de los gabinetes
- Revisión de equipo: Inspección de los equipos, coincidencia de números de parte y software instalado
- Verificación de las señales por gabinete y en conjunto con la interfaz
- Acuerdo de aceptación certificado de aceptación.

6.18 Pruebas de aceptación en fábrica

Las pruebas FAT consisten dar la garantía de un correcto funcionamiento de los equipos y sin alteraciones posteriores a su entrega en la instalación final; los equipos y componentes se deben inspeccionar asegurando el cumplimiento de la especificación que expuso el ingeniero a cargo por parte de la planta de pigmentos, para evitar cualquier sanción por exceso de presupuesto o incumplimiento de alguna norma. Para asegurar que el equipo opera correctamente se tiene un protocolo en donde se describen las condiciones en las que se realizarán las pruebas a los equipos, con el objetivo de asegurar que se entregará un proyecto con la calidad respaldada por SIEMENS.

Al asegurar la calidad de los equipos también se asegura la integridad de la planta de pigmentos, a través de la comprobación total de los equipos, la verificación de acuerdo al protocolo, las pruebas de funcionalidad y simulación, así como la inspección durante todo el proceso del ingeniero a cargo.

6.18.1 Procedimiento de encendido de gabinetes

- 1 Verificar que los cables de alimentación externa de 220VCA están correctamente conectados al interruptor principal ubicado en el interruptor principal -S01. Repetir este punto para cada gabinete del sistema.
- 2 Verificar que todos los interruptores están en posición OFF. Repetir este punto para cada gabinete del sistema.
- 3 Dirigirse al gabinete NU10
 - 3.1 Encender el interruptor principal -S01 para permitir el flujo de corriente a los interruptores secundarios y energizar el ventilador y la lámpara. (Ver plano 7 de NU10)
 - 3.2 Encender el interruptor número 2 -S02 para energizar la fuente de 24 VDC -G01.
 - 3.3 Encender el interruptor número 3 -S03 para energizar la fuente de 5 VDC PS407.
 - 3.4 Encender el interruptor número 4 -S04 para energizar la lámpara y multicontacto.
 - 3.5 Encender el interruptor número 5 -S05 para energizar el ventilador.
 - 3.6 Encender el interruptor número 6 -S06 para energizar 24 VDC a fusibles -F01 a -F06, para alimentación de los scalance X310 de terminal bus y plant bus.
 - 3.7 Encender la fuente de poder PS407 cambiando de posición "0" a la posición "1" el interruptor ubicado en la fuente, verificar que solo los LED indicadores DC 5V y DC 12V estén encendidos de color verde.
- 4 Dirigirse al gabinete NU-11.
 - 4.1 Encender el interruptor 1 -S01 de la tabilla +.AA para permitir el flujo de corriente a los interruptores secundarios. (Ver plano 4 NU-11)
 - 4.2 Encender el interruptor 2 -S02 para energizar el panel OS01

- 5 Dirigirse al gabinete NU-02
 - 5.1 Encender el interruptor 1 -S01 de la tablilla +.BA01 para permitir el flujo de corriente a los interruptores secundarios.
 - 5.2 Encender el interruptor 2 -S02 para energizar la fuente principal de 24 VDC +.AA01
 - 5.3 Encender el interruptor 3 -S03 para energizar la fuente de poder de 24 VDC +.AA02
 - 5.4 Encender el interruptor 4 -S04 para energizar la lámpara y multicontacto.
 - 5.5 Encender el interruptor 5 -S05 para energizar los fusibles –F01 a –F15 de alimentación a IM ET 200M y módulos de señal
- 6 Encender Box PC para verificar características de equipo.
 - 6.1 Revisar No. de parte
 - 6.2 Revisar que cumpla con el voltaje de alimentación 11/32 VDC
 - 6.3 Revisar la capacidad de disco duro
 - 6.4 Revisar la memoria SDRAM del equipo
 - 6.5 Revisar el sistema operativo
 - 6.6 Revisar que el software de programación PCS7 se encuentre instalado
- 7 Encender la estación de ingeniería para verificar características de equipo.
 - 7.1 Verificar el No. de parte de la estación de ingeniería ES01.
 - 7.2 Revisar que el voltaje de alimentación sea 220 VCA
 - 7.3 Verificar la capacidad del disco duro
 - 7.4 Revisar la memoria SDRAM del equipo
 - 7.5 Revisar el sistema operativo

- 7.6 Verificar que el equipo contenga la licencia y software de programación de ES/OS Single Station PCS7 V8.0 SP1

6.18.2 Verificación de señales en gabinetes

El procedimiento a utilizar para la verificación de cada uno de los módulos, es por medio de una prueba aleatoria de alguno de los puntos de cada módulo de entrada-salida, comprobando así su correcto funcionamiento.

- Para el caso de las entradas digitales, se realizó un puente en cualquiera de los bornes indicados en los diagramas de conexión de los módulos para simular un cambio de estado en el canal de entradas digitales correspondiente, y para que el CPU registrara este cambio por medio de la estación de ingeniería.
- Para el caso de las entradas analógicas, se inyectó una señal analógica por medio de un simulador de señal, el cual suministró una señal a los bornes seleccionados indicados en los diagramas de conexión de los módulos, con lo que se simuló un cambio de valor en el canal de entrada analógica correspondiente, y para que el CPU registrara este cambio por medio de la estación de ingeniería.
- Para el caso de las salidas digitales se realizó una simulación desde la estación de ingeniería, lo que debía reflejarse en un cambio de estado en el canal correspondiente, que según sea el caso, se verifica con ayuda de un multímetro.
- Para el caso de las salidas analógicas, se realizó una simulación desde la Estación de ingeniería, provocando variaciones de voltaje (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) en algún canal de salida analógica, verificando por medio de un multímetro que las variaciones simuladas desde la estación se reflejen en el canal correspondiente, conectándolo de acuerdo con el diagrama de conexión de los módulos.
- Para el caso de las señales de red *Profibus* DP, el montaje y alimentación de los módulos fue suficiente para la prueba de HW, debido a que al ser una red y estar conectado directamente a las IM, en caso de algún fallo con la red, no habría comunicación gabinete-gabinete y entre CPU-gabinete, además de generar una alerta directa en la programación y también en el indicador del *hardware* que se encuentra en la parte frontal, que al tener esta falla comienza a parpadear en color rojo,

7 Resultados

Una vez terminado el armado de los gabinetes, lo primero fue realizar las pruebas de continuidad que constan de llevar a cabo una inspección contra planos y de esa manera constatar que las conexiones están tal y como se habían planeado; por lo que una vez completado dicho procedimiento, hubo que hacer algunas correcciones a los planos, debido a que la distribución que se realizó físicamente fue un poco diferente de la planeada y eso afectó de manera significativa a 3 de los 8 gabinetes, ya que no contaban con la fuente que se requería, ésta era del tipo estándar y se requerían fuentes que cumplieran con el protocolo A-SI, además de tener errores en algunas conexiones eléctricas entre clemas y tarjetas de comunicación. Esto tiene como consecuencia que los dispositivos no trabajen correctamente y no se cumple con los requerimientos de la planta de pigmentos; además de que al tener este problema no se pueden completar las pruebas de aceptación en fábrica sino hasta tener todos los dispositivos tal y como se exponen en los planos; para seguir con la revisión es indispensable haber completado las correcciones tanto en planos y en los gabinetes, por lo que se revisó desde el principio nuevamente con la finalidad de garantizar que todos y cada uno de los gabinetes cumplan al 100% con lo estipulado, una vez que se inspeccionó todo, desde cables de conexión, conectores de red, diagramas eléctricos y componentes, se dio pie al siguiente procedimiento que fueron las pruebas de señales digitales en las cuales anteriormente descritas se pretende encontrar errores de conexión por medio del puente que simula el cambio de estado en los indicadores frontales de las tarjetas de comunicación. Al realizar esto en cada uno de los gabinetes se encontró que había errores en las tarjetas de entrada en 2 de los gabinetes por lo que al revisar las conexiones junto con los técnicos, nos dimos cuenta que estaban flojos los tornillos ajustadores de dichas tarjetas y en uno de ellos faltaba un puente entre dos bornes, por lo que una vez corregido ese problema se continuó con las salidas digitales. Para este procedimiento fue necesario hacer la simulación de las señales desde la estación de ingeniería lo cual permite enviar la instrucción que activa todas las señales simultáneamente y así se verificó con el multímetro que había salidas que no estaban dando el voltaje esperado que era de 24 VDC por lo que se reconfiguró la conexión siguiendo la recomendación de la hoja de datos, referente al tipo de tarjeta de comunicación de la que se trataba, esto se hizo para los gabinetes que contaban con módulos de salidas digitales, por lo que fue necesario cablear nuevamente y esperar a que estuviesen listos para volver a realizar las pruebas para esas señales, una vez realizadas y también verificados los voltajes de cada una de las salidas, se procedió con las entradas. Para estas señales es necesario hacer uso del multímetro simulador de corriente, por ello se hizo de manera gradual empezando desde 0%, después 25% y así sucesivamente hasta 100% que corresponde a inyectar 20 mA en las entradas de los módulos, para estas pruebas no se presentó ningún inconveniente en los gabinetes ni en sus conexiones, por lo que se procedió a verificar

la prueba desde la interfaz de la estación de operación, los elementos que fueron probados y también se verificaron en pantalla, se tomaba el valor en porcentaje de la corriente y se comparaba con el valor del multímetro, al notar que no había problema, se decide seguir con las salidas analógicas que a diferencia de las entradas, esta vez el multímetro fue en donde se monitoreó el valor de cada señal, por lo que en la estación de ingeniería se programaba el valor máximo para verificar si mandaba los 20 mA desde el software y así sucesivamente desde 100% hasta 0%, en esta prueba tampoco se detectó ninguna anomalía, por lo que se verificaron los valores con la interfaz de la estación de operación, en la cual se modificaban las propiedades de los dispositivos para enviar desde un 0% hasta un 100% de la señal para corroborar que no hubiera diferencia en el funcionamiento entre máquinas y tampoco errores en la interfaz.

Al final de las pruebas y con la garantía de que todo el material se encontraba en perfecto estado, se llamó al cliente para hacer la verificación de las pruebas FAT en forma, es decir que el ingeniero de la planta de pigmentos siguió el protocolo detallado para verificar todas y cada una de las señales de los gabinetes, que eran alrededor de 630, además de los equipo entregados para la implementación en su fábrica, y verificando que se cumpliera con la especificación pactada por ambas partes. Una vez concluidas las pruebas que duran alrededor de 2 semanas, se firmó el certificado de aceptación, mismo que expone la conformidad por parte del cliente de que los dispositivos funcionan correctamente, además de erigir el permiso para que se traslade dicho equipo a la fábrica en donde sería instalado y probado nuevamente bajo protocolos similares.

8 Conclusiones

El aprendizaje que me dejó esta participación en el desarrollo del proyecto, es la aplicación del conocimiento que a lo largo de mi formación como ingeniero he tenido la fortuna de aprender; por otra parte, también puedo decir que, conforme al tiempo de estadía en la empresa aprendí mucho en poco tiempo, me atrevo a decir que las nuevas experiencias que obtuve al estar dentro del proyecto me dejaron ver que, como ingenieros, tenemos mucha capacidad para realizar cualquier tarea.

Pude aplicar mis habilidades a este proyecto de automatización, desde el uso de Office hasta las pruebas físicas a los gabinetes, software y *HMI*. Me permitió conocer cómo es que se realiza un proyecto de tal magnitud, el alcance que tiene, y de qué forma se lleva el desarrollo. Fue muy importante aprender desde lo más básico hasta el conocimiento de los equipos con que se trabaja, ya que cada uno de los equipos se clasifica según su utilización; gracias a eso, se puede llevar a cabo el armado de un sistema, dependiendo de las condiciones que requiere el proceso. El diseño de arquitecturas de los sistemas, me abrió el panorama sobre la infraestructura que hace posible un proyecto como éste, es una manera de conocer cómo pueden armarse las redes de comunicación y los dispositivos que se requiere, ya que la arquitectura se construye a partir la especificación del cliente.

Los planos de los gabinetes detallan cómo armar un sistema completo y dedicado para una tarea específica, me enseñó que cada vez que hacemos ingeniería es necesario realizar la ingeniería a detalle ya que es en donde se corrige de manera más rápida los errores que se hayan cometido durante el proceso.

Una de las posibles áreas de mejora sería cambiar el software obsoleto Visio MS Office; una alternativa viable sería AutoCad, por su uso para la elaboración de planos. Por otra parte, la construcción de los gabinetes y el alambrado fue realizado por los técnicos, y los planos permiten corroborar el trabajo que ellos hacen, así como entender las conexiones físicas comparándolas con el plano en mano.

La programación es algo de lo más complejo que tiene el proyecto, en general es lo que más tarda, debido a que el software que se utiliza no es interactivo ya que es un programa muy complicado, en el sentido de que la forma de utilizarlo mejora cuando se hace prueba y error para ir conociendo poco a poco las funciones y su comportamiento; aun teniendo un manual es complicado, pero la forma de programación es por bloques y es lo que de alguna manera lo facilita, ya que contiene funciones instrumentos y operaciones ya establecidas; tal es el caso de un control PID, válvulas, motores, entre otros.

El haber tenido la fortuna de conocer esos equipos y procedimientos, me dejaron un aprendizaje sobre cómo una empresa estructura los proyectos, la forma de manejarlos y llevarlos a cabo, así como la personalización con que se realizan; podría parecer que son iguales al ser sistemas que ya están definidos por el tipo de tarea que van a realizar, pero recordando la teoría: “un proceso de automatización se adapta al tipo de tareas que éste conlleva”, esa personalización viene desde escoger el material, hasta programarlo y hacer que funcione como el cliente pide. La automatización como tal es algo muy importante y en ciertos casos necesarios en estos tiempos, desde hacer tareas sencillas y adoptar un método que permita no tardar tanto al crear un proceso que aproveche y mejore cualquier cosa que hacemos hasta los procesos de riesgo en donde el peligro es latente.

Hoy en día, la tendencia de la tecnología es hacer las cosas tan flexibles que puedan ser automáticas si es que lo deseamos.

Finalmente, puedo decir que me llena de orgullo el saber que estoy preparado para este tipo de retos, que mi experiencia desarrollando proyectos representa el trabajo y dedicación que he puesto a cada uno de los procesos complejos y extensos que requería la empresa y que el aprendizaje que la facultad de ingeniería es más que suficiente para afrontar para cualquier tarea.

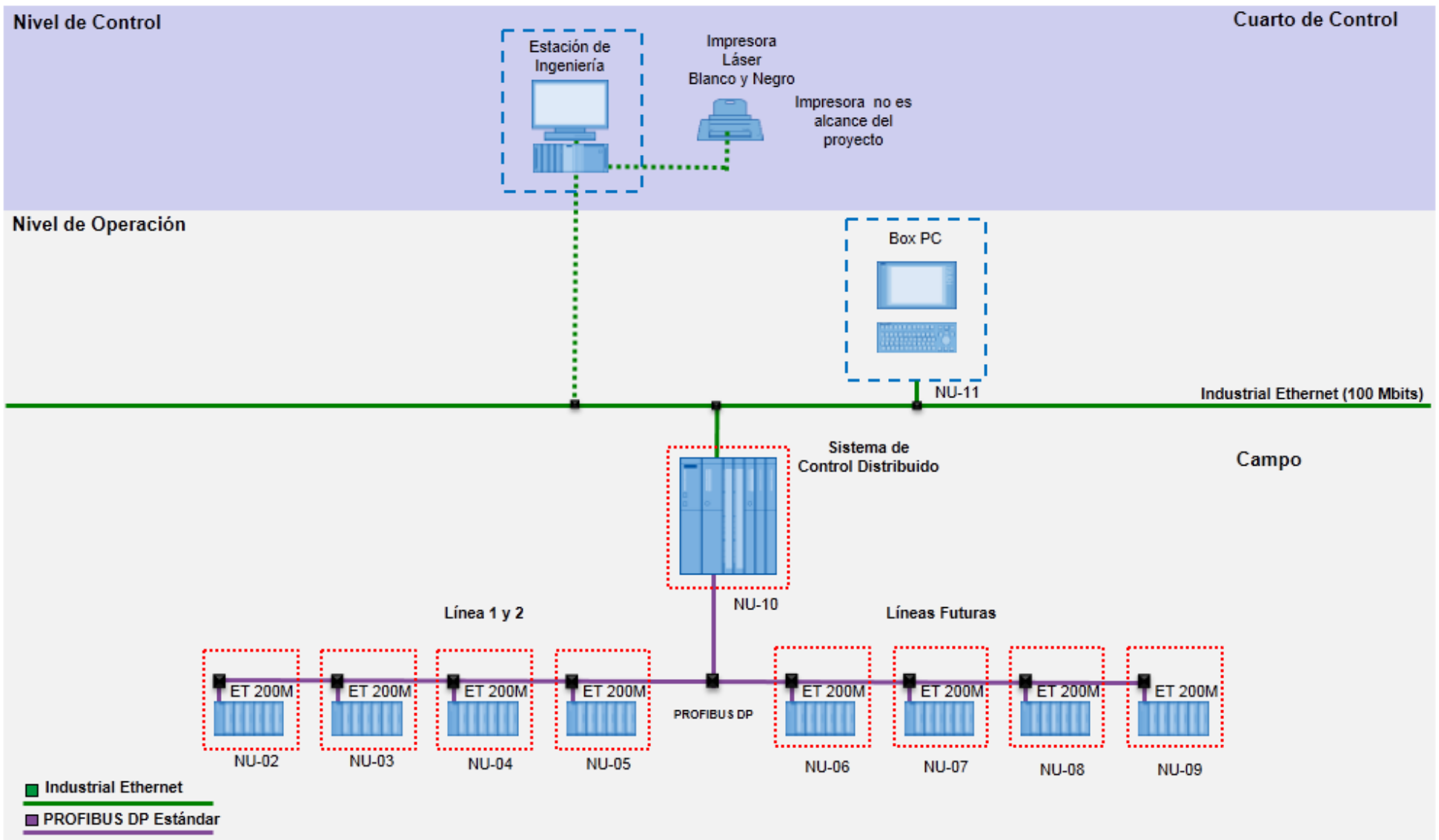
9 Anexos

9.1 Arquitectura

Es la representación gráfica de los términos de la especificación que proporciona el cliente; se describe la red Ethernet y Profibus que intervienen en el proyecto. La jerarquía de los dispositivos y elementos están dispuestos de la manera en que se programaron para el mejor entendimiento del personal que lo manejó y también para tener un acomodo que permita su fácil uso.

Arquitectura Propuesta DCS

Proyecto Automatización de Planta de Pigmentos



9.2 Lista de equipos

Este apartado contiene una tabla con la clasificación del equipo que se seleccionó durante el proceso de elaboración de la oferta técnica para el cliente, por lo que se puede constatar cuáles fueron los elementos que se requirieron para la elaboración del proyecto.

Los materiales están clasificados conforme al uso que se les da en cada proyecto, va desde el hardware, el software, las comunicaciones, las tarjetas de comunicación y misceláneos.

En la tabla se muestra la clasificación del equipo para su uso en el proyecto. El dispositivo I/O-Bus, ET200M - 001 corresponde a un gabinete de los mencionados en el documento principal por lo que esta tabla se multiplica por 8 para obtener el equipo completo de los gabinetes.

Tabla a.1 *Tabla de selección del equipo*

POS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	OS/ES-HARDWARE	
	En este apartado se coloca todo el hardware que está sugerido para el acondicionamiento de la estación de ingeniería y de la estación de operación; computadoras de tipo industrial, paneles, teclados, mouse, entre otros	
	OS/ES-SOFTWARE	
	En este apartado se coloca todo el software que está sugerido para el acondicionamiento de la estación de ingeniería y de la estación de operación, en general son las licencias que se ocupan para cada una de las computadoras.	
	SYSTEMBUS	
	En este apartado se colocan los elementos que componen el plant bus, esencialmente son switches concentradores para red Ethernet, conectores para cable, cable, entre otros.	
	AS-HARDWARE	
	En este apartado se coloca el controlador central, así como sus componentes.	
	I/O-Bus,ET200M - 001	
	En este apartado se colocan los módulos de entrada-salida, IM, rieles de montaje, fuentes de poder, entre otros.	
	MISCELANEOS	
	En este apartado se colocan los gabinetes, sillas, mesas, entre otros.	

9.3 Planos

Se muestra la distribución general del gabinete que se utilizó para su armado; cabe mencionar que la distribución es similar para los demás gabinetes requeridos, el cambio notorio se da en las tarjetas de comunicación debido a que cada gabinete está designado para tareas específicas.

En el plano 1: se hace referencia a los dispositivos vistos a detalle en el riel de la sección A en el que se muestran de las fuentes de poder.

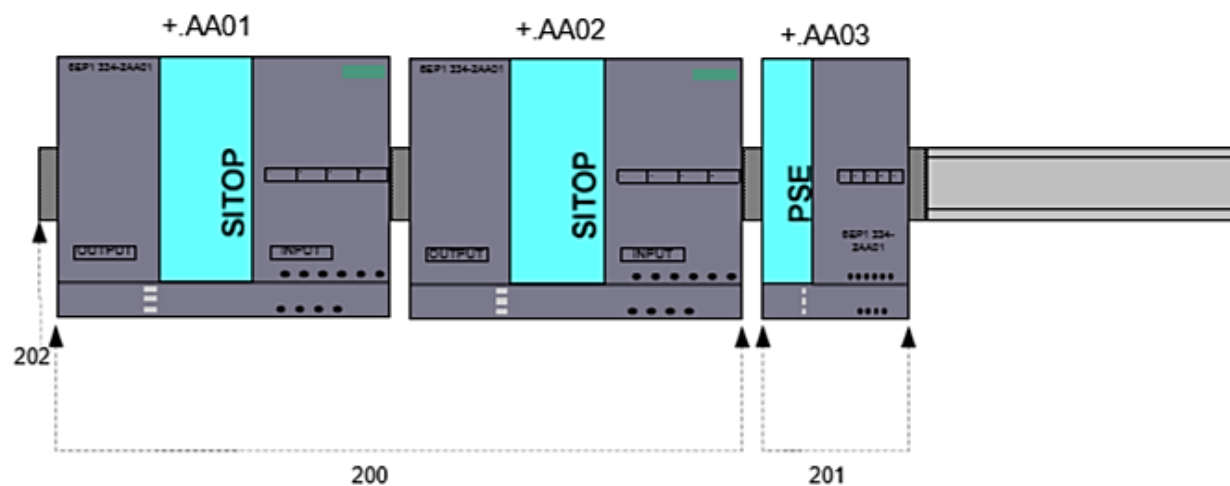
En el plano 2: se muestra la distribución de los switches y clemas de los que se alimenta a los demás dispositivos.

En el plano 3: se muestran las tarjetas de comunicación a detalle y la distribución que tienen en el gabinete.

En los planos 4 y 5: se muestra la distribución de las clemas designadas para las señales que se utilizarán en el sistema.

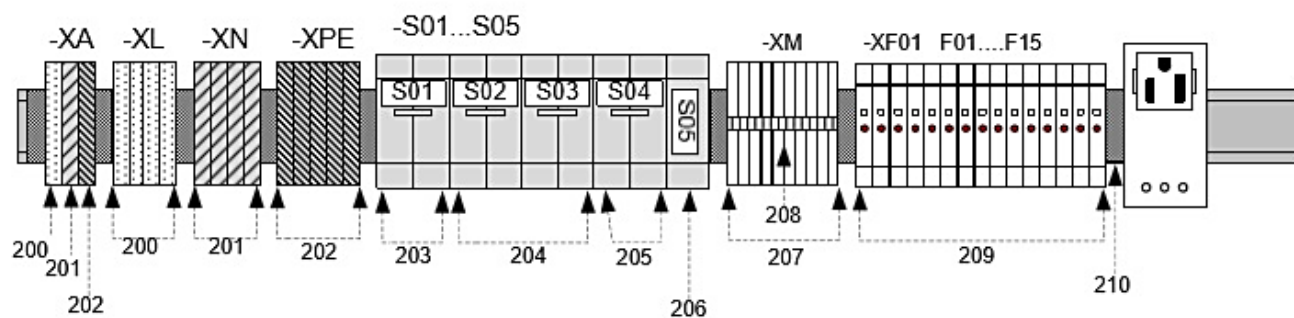
En el plano 6-14: asimismo, se muestran las conexiones eléctricas de todo el sistema, comenzando desde la acometida. Se muestran a detalle las clemas de conexión de instrumentos de campo, haciendo referencia también al tipo de señal que se conectará y la acción para la que está asignada.

+AA



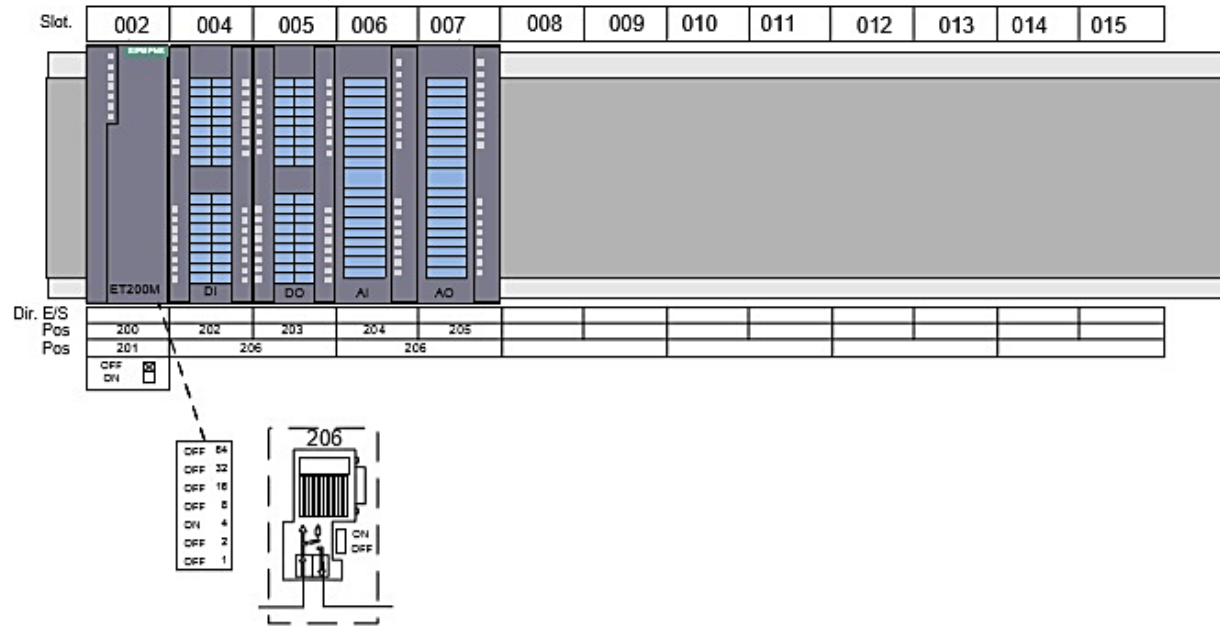
Pos	Cant.	Unidad	No. Parte	Descripción	Fabricante	Comentario
200	2	Pza	6EP1336-3BA00	SITOP MODULAR 20 FUENTE ALIMENTACION ESTABILIZ. ENTRADA: AC 120/230 V	SIEMENS	
201	1	Pza	6EP1961-3BA21	SITOP PSE202U MOD.REDUNDANCIA ENTRADA/SALIDA: DC 24 V/40 A	SIEMENS	
202	4	Pza	EW 35	TOPE PARA CLEMA	WIDMULLER	

+BA



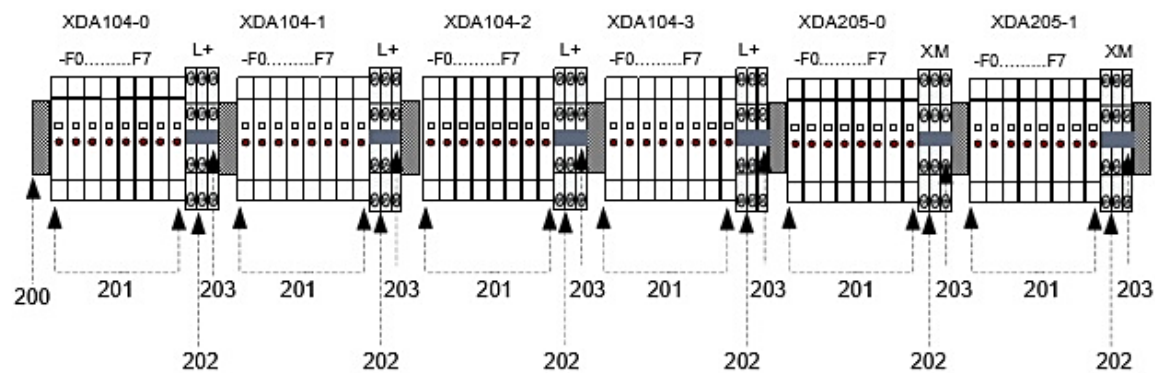
Pos	Cant.	Unidad	No. Parte	Descripción	Fabricante	Comentario
200	5	Pza.	WDU 6	CLEMA DE PASO 6 mm ²	WEIDMULLER	
201	5	Pza.	1020280000	CLEMA DE PASO AZUL	WEIDMULLER	
202	6	Pza.	1010200000	CLEMAS TIERRA PE MODELO WPE 6	WEIDMULLER	
203	1	Pza.	6SY6225-7	CIRCUIT BREAKER 400V 6KA, 2-POLE, C, 25A, D=70MM	SIEMENS	
204	2	Pza.	6SY6210-7	INTERR. PROTECCION SELECT. 400V 6KA, 2POLOS, C, 10A, P=70MM	SIEMENS	
205	1	Pza.	6SY6210-7	CIRCUIT BREAKER 400V 6KA, 2-POLE, C, 10A, D=70MM	SIEMENS	
206	1	Pza.	6SY6120-7	INTERR. PROTECCION SELECT. 400V 6KA, 1POLOS, C, 20A, P=70MM	SIEMENS	
207	10	Pza.	1021500000	CLEMAS DOBLE PISO	WEIDMULLER	
208	1	Pza.	1054460000	PUENTES DE CONEXIÓN	WEIDMULLER	
209	15	Pza.	1018300000	CLEMAS PARA FUSIBLE WSI 6 LD. CON INDICADOR LED	WEIDMULLER	
210	8	Pza.	EW 35	TOPE PARA CLEMA	WEIDMULLER	

+CA



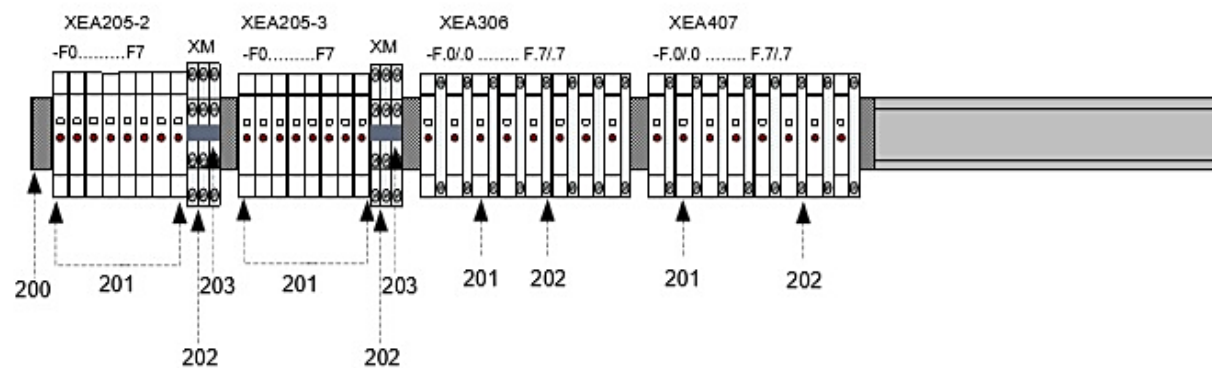
Pos	Cant.	Unidad	No. Parte	Descripción	Fabricante	Comentario
200	1	Pza	6ES763-2BA02-0XB0	SIMATIC DP, ET 200M INTERFACE IM 63-2 HIGH FEATURE FOR MAX. 12 S7-300 MODULES	SIEMENS	
201	1	Pza	6ES795-7HB00-0XA0	DP, BUS UNIT FOR ET200M F. THE INTEGR. OF TWO 40 MM WIDE I/O SUBMODULES	SIEMENS	
202	1	Pza	6ES732-1BL00-0AA0	S7-300, DIGITAL INPUT SM 321 OPTICALLY ISOLATED 32DI, 24 V DC	SIEMENS	
203	1	Pza	6ES7322-1BL00-0AA0	S7-300, DIGITAL OUTPUT SM 322, OPTICALLY ISOLATED, 32DO, 24V DC, 0.5A	SIEMENS	
206	2	Pza	6ES795-7HB00-0XA0	SIMATIC DP, ELEMENTO DE BUS P/ ET 200M, PARA 2 MODULOS DE PERIFERIA DE 40 MM DE A	SIEMENS	

+DA

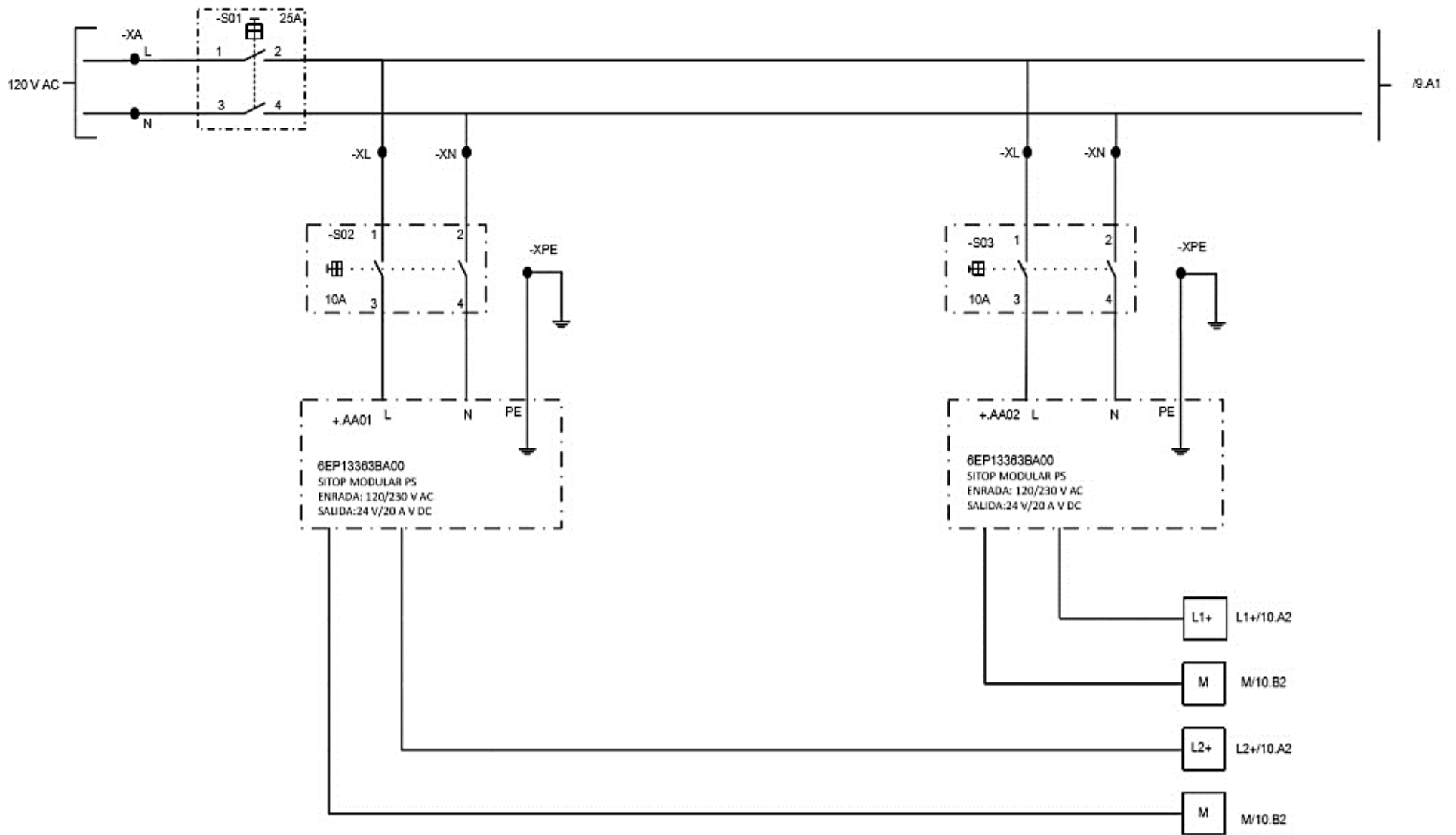


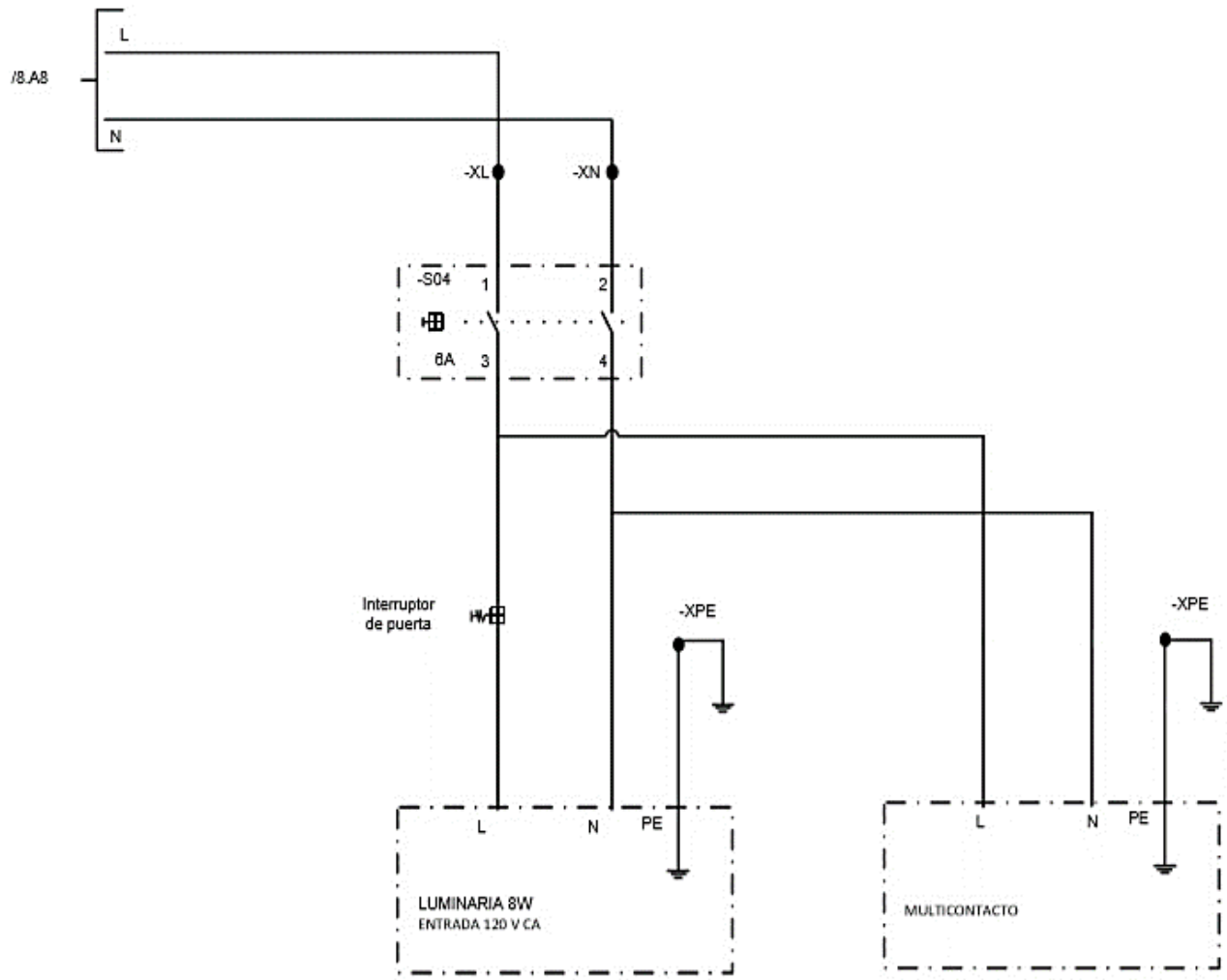
Pos	Cant.	Unidad	No. Parte	Descripción	Fabricante	Comentario
200	7	Pza.	EW 35	TOPE PARA CLEMA	WEIDMULLER	
201	48	Pza.	WSI8/LD 10-36VDC/AC	CLEMA PORTA FUSIBLE	WEIDMULLER	
202	18	Pza.	WQV 2.5	CLEMA DE CONTROL DOBLE PISO	WEIDMULLER	
203	6	Pza.	1693880000	CONEXIÓN TRANSVERSAL PARA 10 POLOS	WEIDMULLER	

+EA

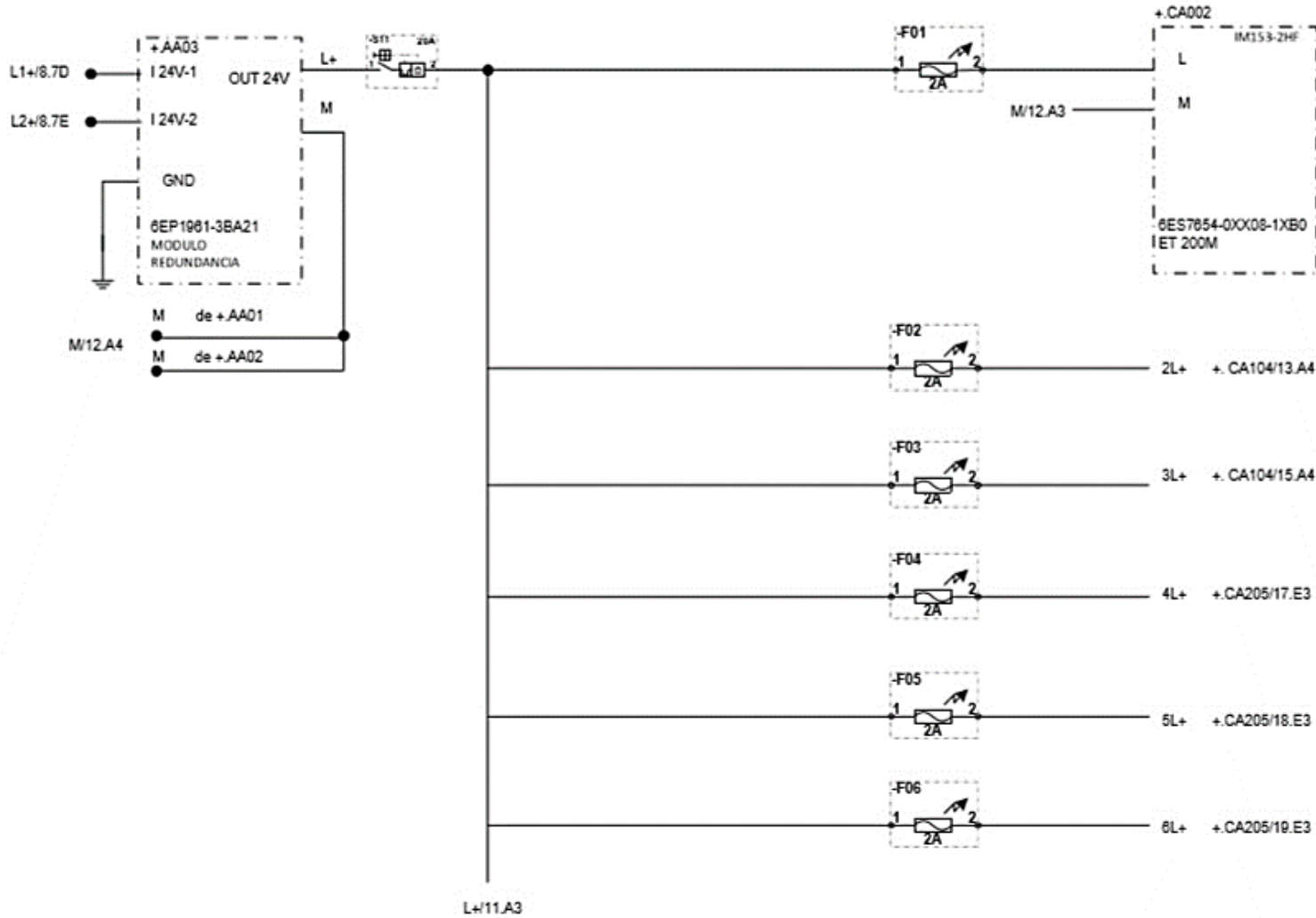


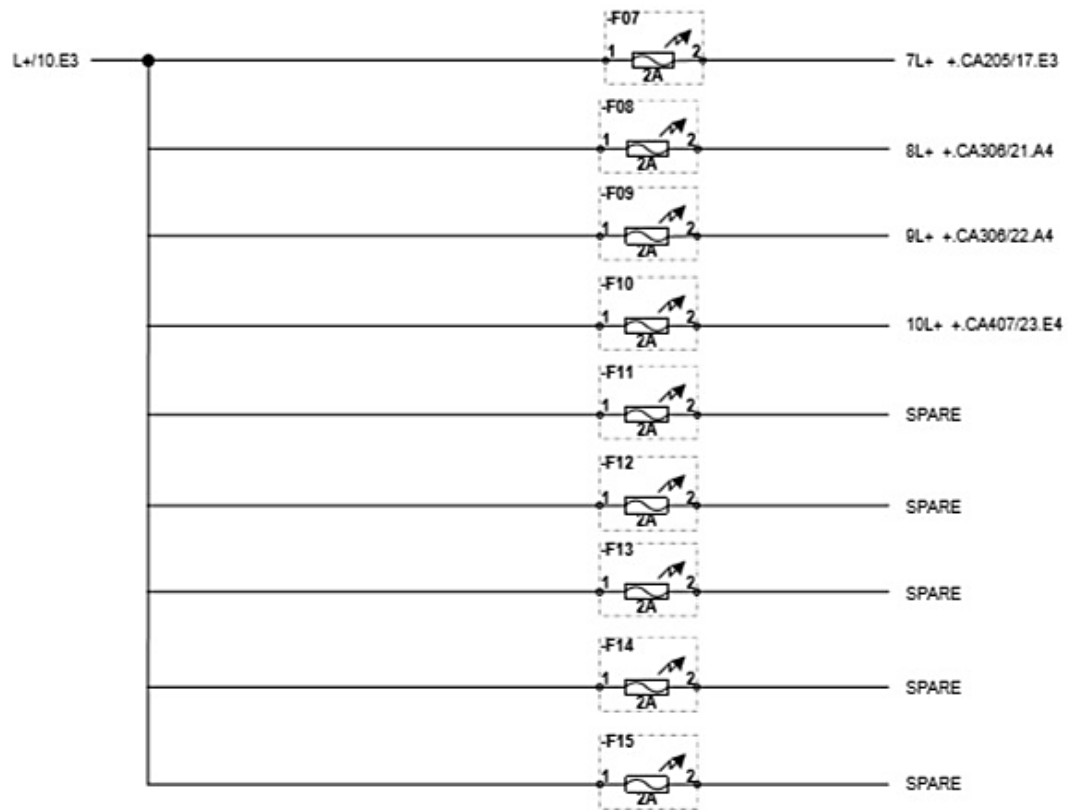
Pos	Cant.	Unidad	No. Parte	Descripción	Fabricante	Comentario
200	0	Pza.	EW 35	TOPE PARA CLEMA	WEIDMULLER	
201	0	Pza.	WS8/LD 10-30VDC/AC	CLEMA PORTA FUSIBLE	WEIDMULLER	
202	0	Pza.	WQV 2.5	CLEMA DE CONTROL DOBLE PISO	WEIDMULLER	
203	0	Pza.	1893880000	CONEXION TRANSVERSAL PARA 10 POLOS	WEIDMULLER	

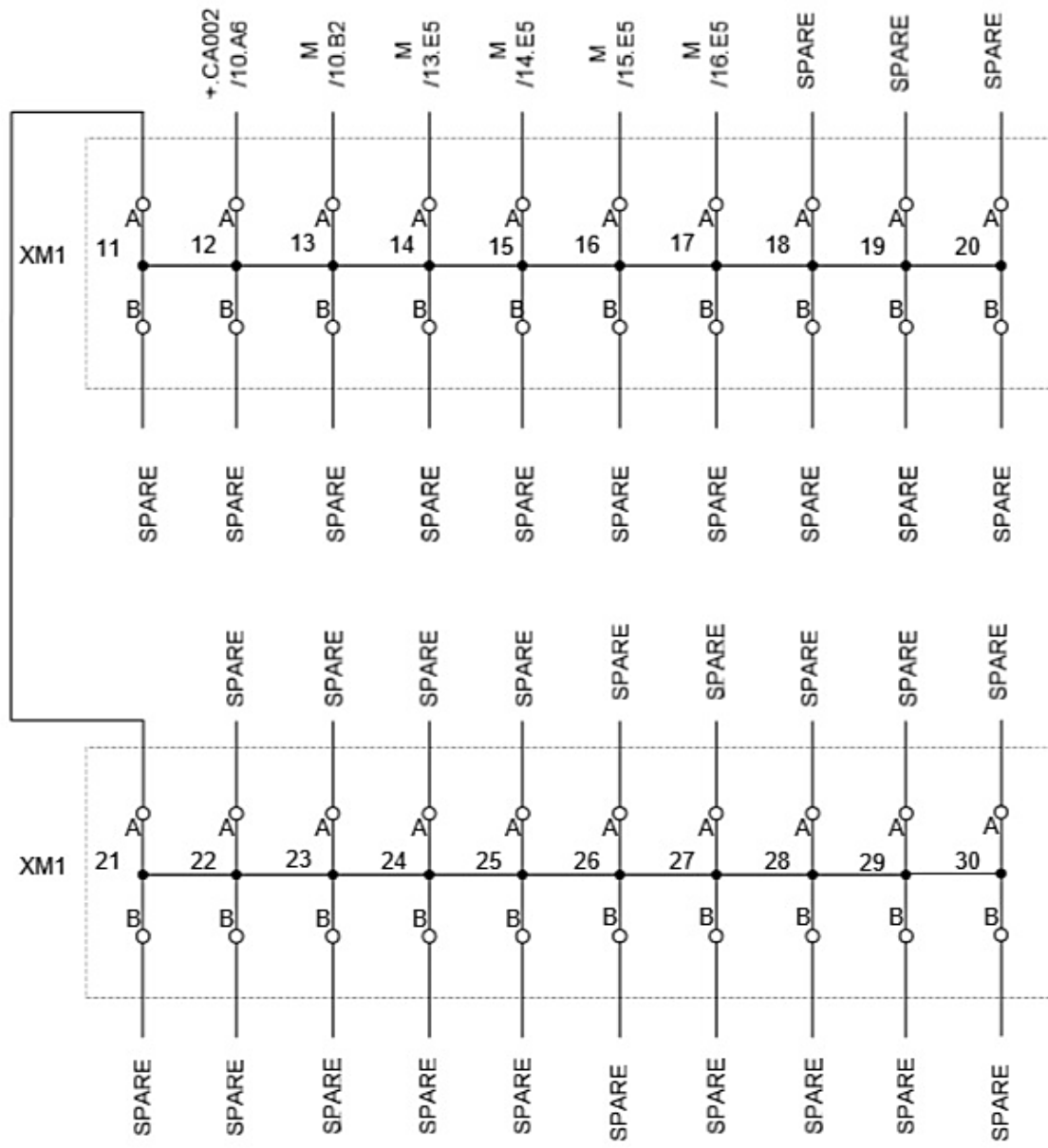




ALIMENTACION DE 24 V DC

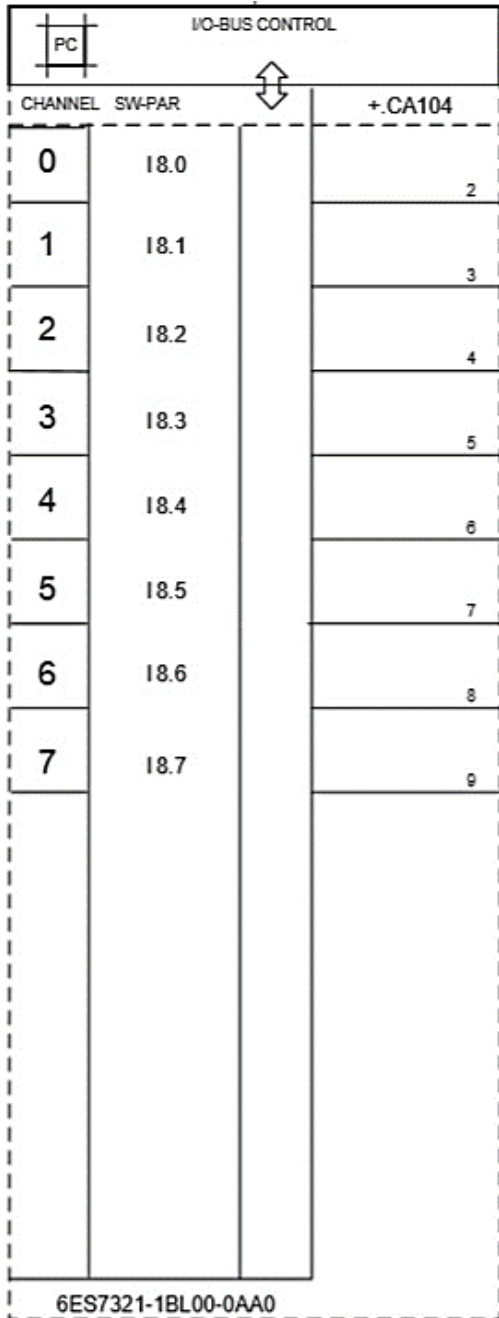






Piso 1

Piso 2



2L+/10.B6

XDA104-0

XDA104-0 L+

F.0

100 mA

F.1

100 mA

F.2

100 mA

F.3

100 mA

F.4

100 mA

F.5

100 mA

F.6

100 mA

F.7

100 mA

+CA104/14.A4

Reserva

Reserva

Reserva

Reserva

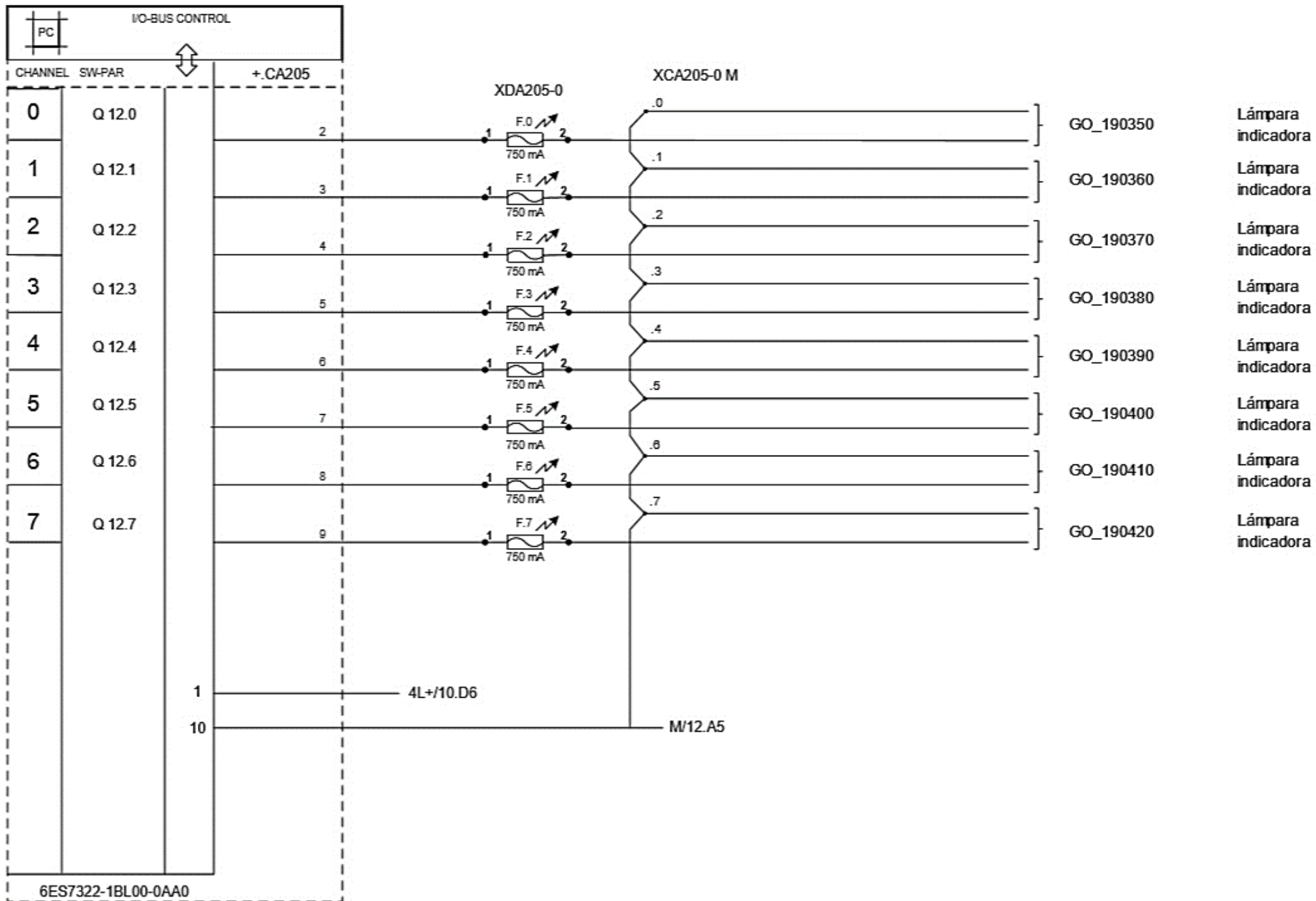
Reserva

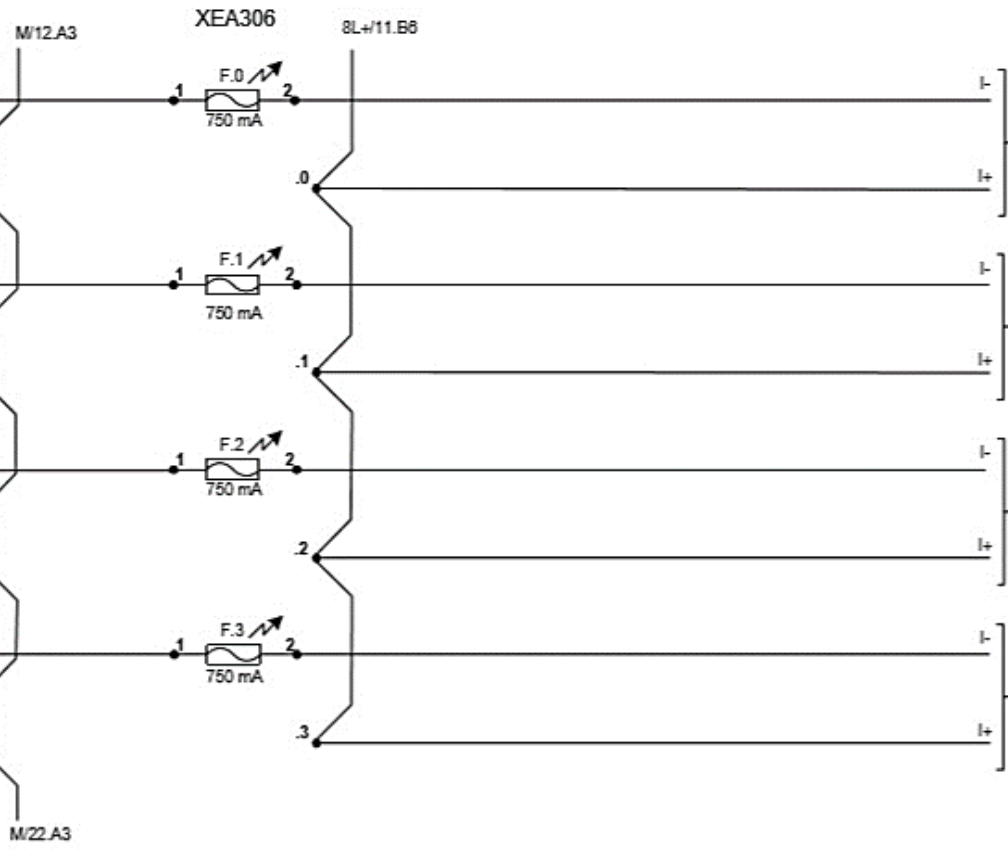
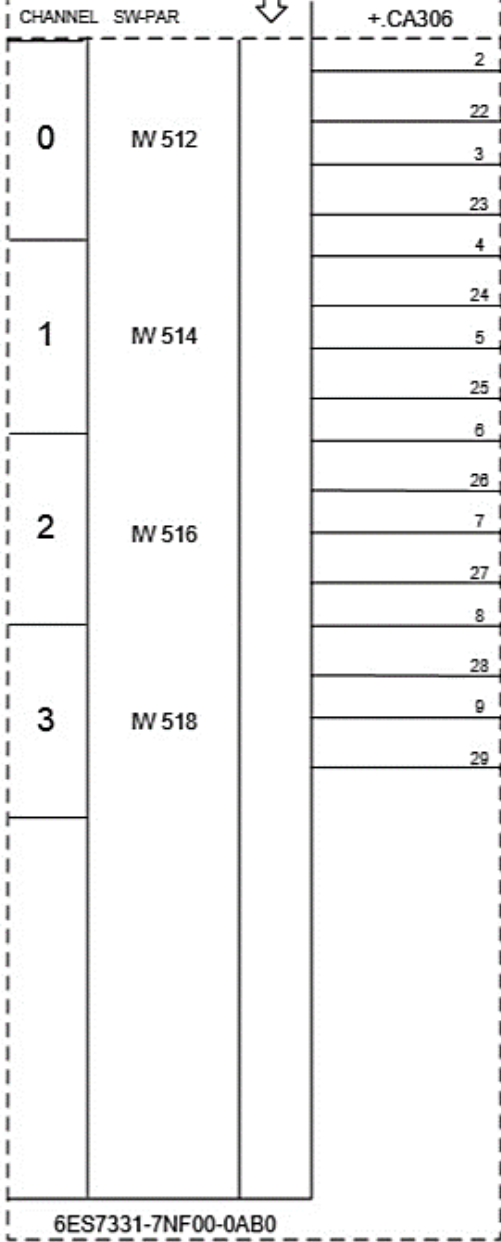
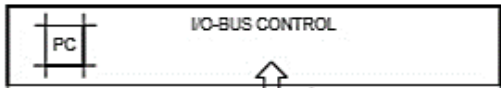
Reserva

Reserva

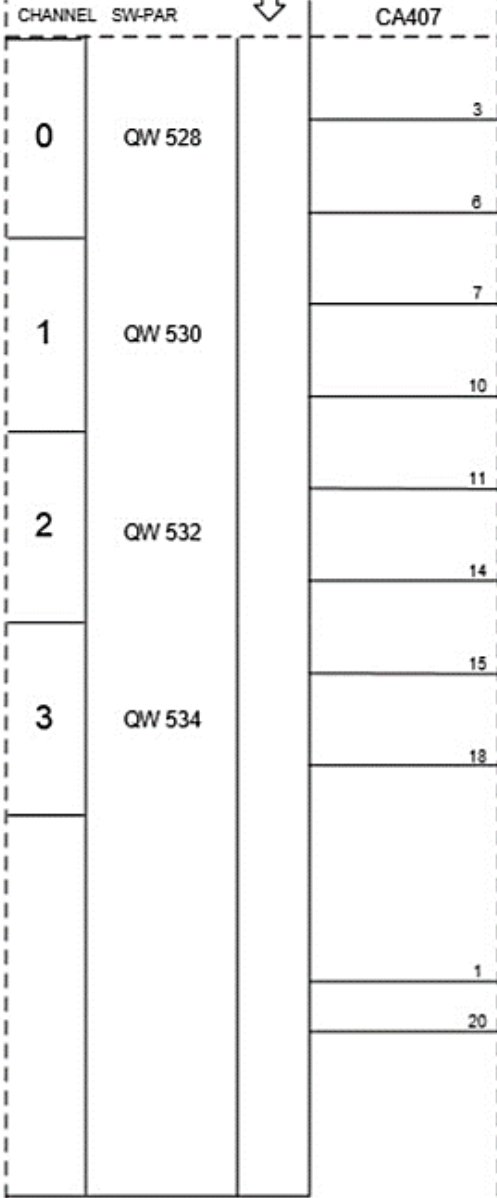
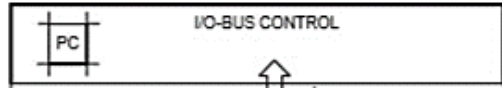
Reserva

Reserva

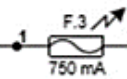
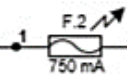
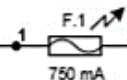
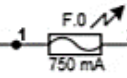




Reserva I-
I+
Reserva I-
I+
Reserva I-
I+
Reserva I-
I+



XEA407



Reserva

Reserva

Reserva

Reserva

10L+/11.B6

M/12.A6

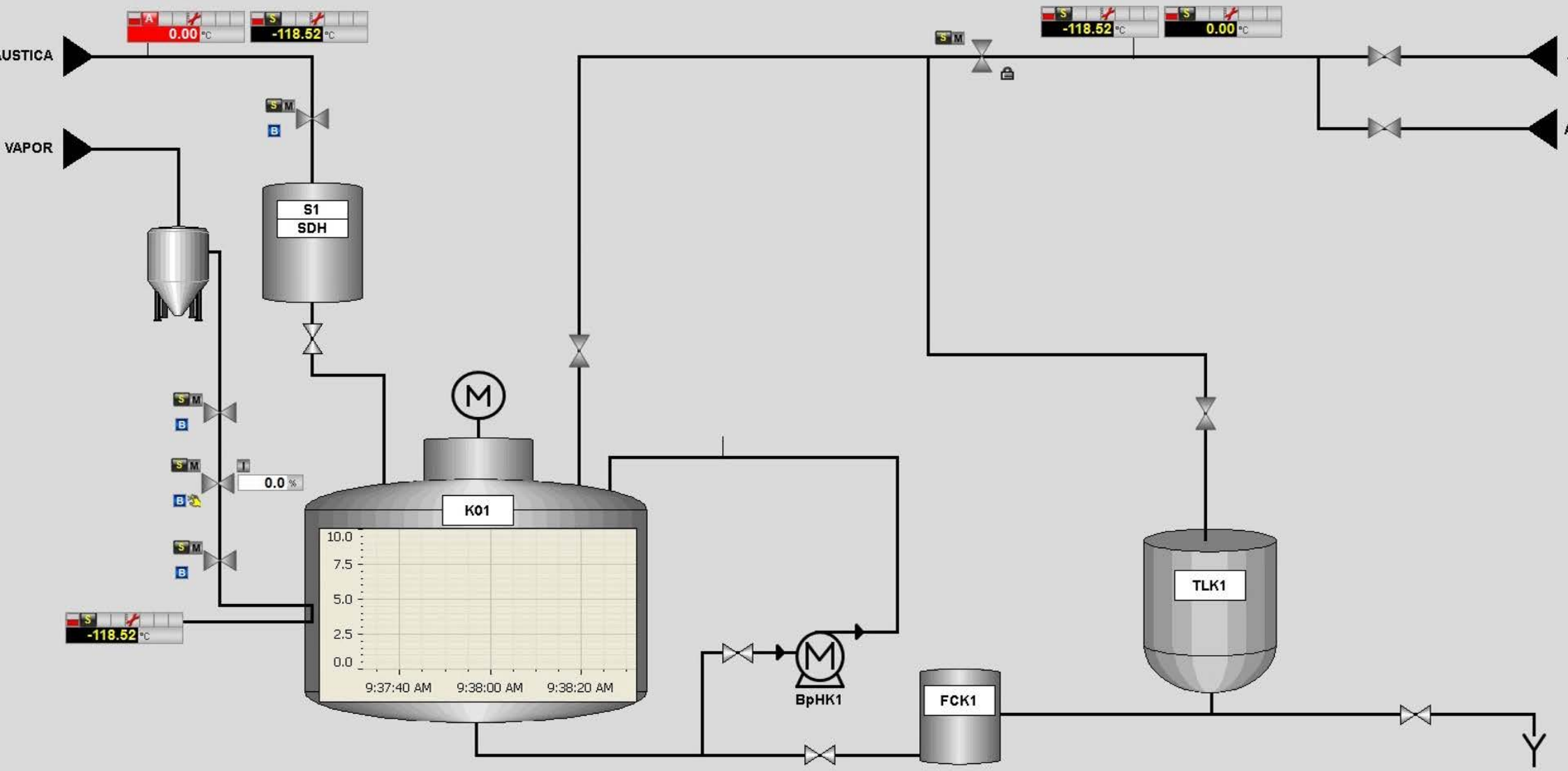
6ES7332-5HF00-0AB0

9.4 Pantallas

En la pantalla que se muestra a continuación se puede ver algunas de las estadísticas que fueron requeridas por el cliente, desde porcentajes de flujo, hasta mediciones de temperatura. Se muestra también un proceso de la planta que es monitoreado y que contiene algunos de los dispositivos que son auxiliares en la planta como los tanques, las válvulas y los medidores de flujo y temperatura.

LINEA2	GRANJA DE TANQUES	PROCESO GENERAL

COPULADOR K1



9.5 Redes

En los planos de redes se puede ver cómo se planeó la distribución de las redes, tanto de Ethernet como de Profibus; esto ayuda a los técnicos que hacen la instalación a cablear dentro de la planta y a ejecutar la logística necesaria para poderla llevar a cabo.

Terminal BUS

ES-01
Estación de ingeniería y
mantenimiento



Impresora Laboratorio



OS-02
Estación de Operación
Cliente Control de proceso



Plant BUS

NU-10

+ DA001

NU-02

NU-03

NU-04

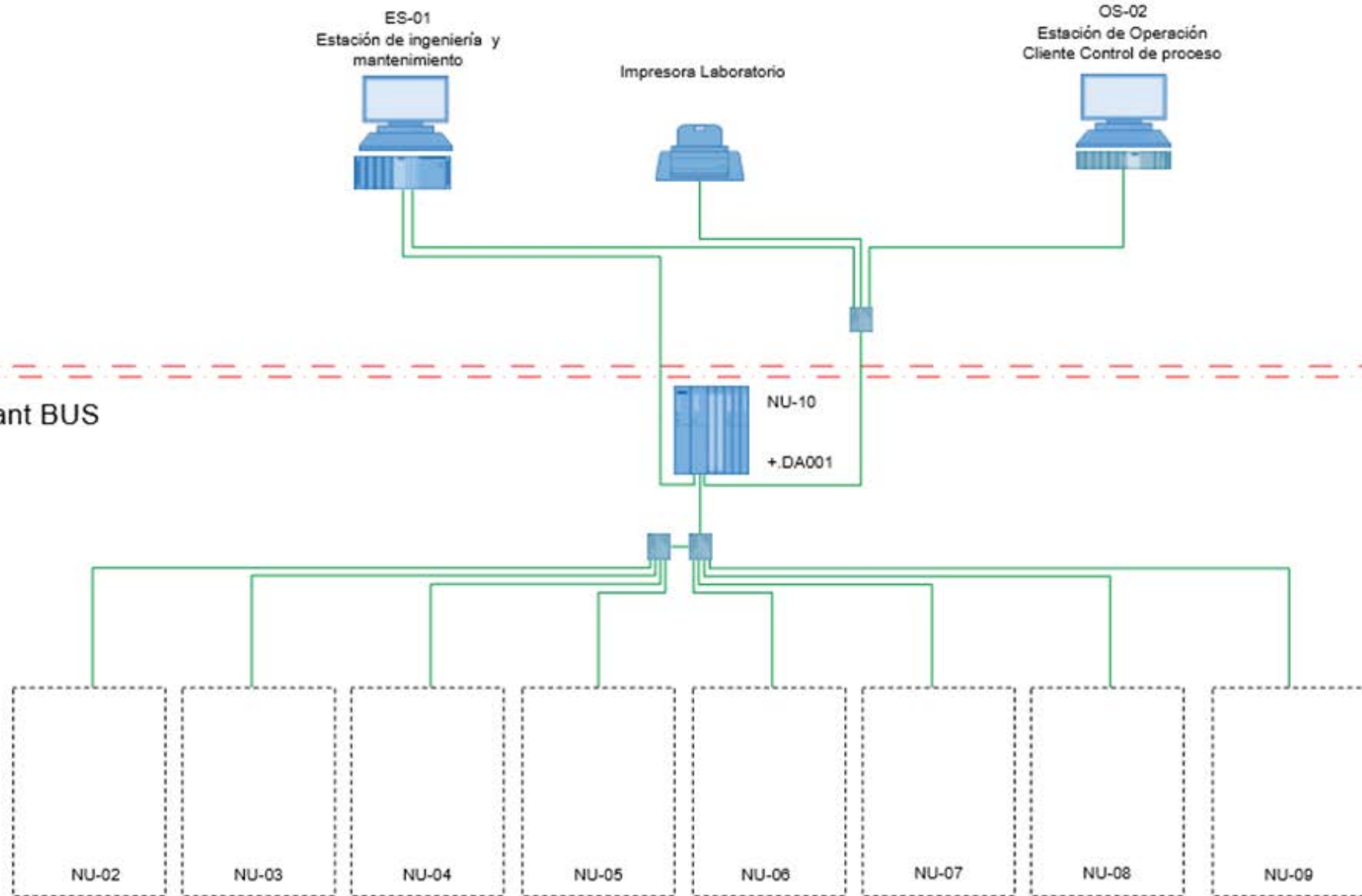
NU-05

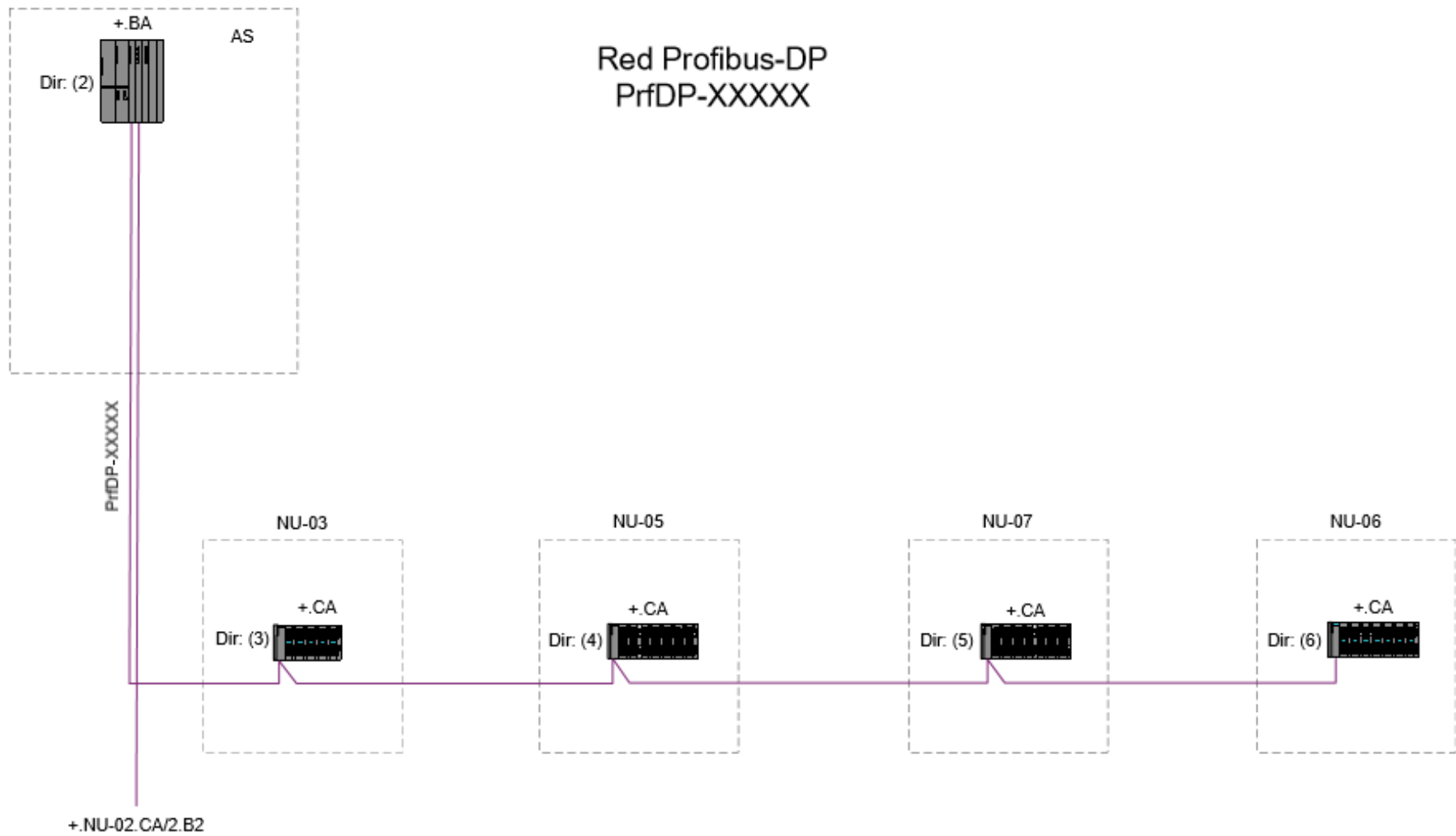
NU-06

NU-07

NU-08

NU-09





9.6 Glosario

Pruebas FAT. Por las siglas en inglés de *Factory Acceptance Test* o pruebas de aceptación en fábrica. El propósito de estas pruebas es llevar a cabo la inspección de los sistemas y sus equipos en la fábrica de acuerdo a los protocolos predefinidos.

Pruebas SAT. Por las siglas en inglés de *Site Acceptance Test*, son las pruebas de aceptación en sitio. El propósito de estas pruebas es llevar a cabo la inspección de los sistemas y sus equipos en el lugar donde se encuentra la empresa.

SDMC. Sistema digital de monitoreo en control. Se refiere al sistema que monitorea las variables que intervienen en el proceso.

SIS. Sistema instrumentado de seguridad. Ejecuta acciones que permiten al sistema mantenerse en un estado seguro cuando se presenta una situación anormal de funcionamiento.

SGyF. Sistema de gas y fuego. Es un sistema que diagnostica y previene fallas, lo que permite hacer un paro de emergencia del proceso, en caso de ser necesario.

Terminal bus. En este lugar es donde se tienen los elementos de comunicación y control conectados punto a punto al controlador.

Plant bus. Se le llama también bus de campo y es en este lugar en donde se tienen todos los elementos que se conectan a la periferia descentralizada, y no directamente al controlador.

Profibus. Es como se conoce como un protocolo de comunicación estándar para comunicaciones de campo.

Estación de ingeniería. Computadora dedicada para configurar, mantener y operar con un sistema desde una única posición.

Estación de operación. Computadora dedicada a la operación dinámica, a través de la interfaz diseñada para el control del proceso.

DTI. Diagrama de tuberías e instrumentos.

SCD. Sistema de control distribuido, este tipo de sistemas se aplican a procesos industriales que requieren controlar un gran número de señales y centralizar todo el proceso.

DI. Por las siglas en inglés *digital input* o señal de entrada digital

DO. Por las siglas en inglés *digital output* o señal de salida digital

AI. Por las siglas en inglés *analog input* o señal de entrada analógica

AO. Por las siglas en inglés *analog output* o señal de salida analógica