

Trabajo Fin de Máster
Ingeniería Electrónica, Robótica y Automática

**SUPERVISIÓN EN LA NUBE DE
INTERRUPTORES GENERALES DE BAJA
TENSIÓN MEDIANTE PLC Y PROTOCOLO
ESTÁNDAR DE COMUNICACIÓN**

Autor: Antonio Jesús Gálvez López
Tutor: Luis Fernando Castaño Castaño

**Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2021







Trabajo Fin de Máster
Ingeniería Electrónica, Robótica y Automática

SUPERVISIÓN EN LA NUBE DE INTERRUPTORES GENERALES DE BAJA TENSIÓN MEDIANTE PLC Y PROTOCOLO ESTÁNDAR DE COMUNICACIÓN

Autor:

Antonio Jesús Gálvez López

Tutor:

Dr. Luis Fernando Castaño Castaño

Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2021

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor, Luis Fernando Castaño Castaño por su esfuerzo, ayuda y haberme guiado y tutelado durante el desarrollo del proyecto y la elaboración del presente documento.

A la Universidad de Sevilla, por ayudarnos a realizar este máster y llevar a cabo el desarrollo de este.

A mi familia, amigos y compañeros de la universidad de Sevilla por su gran apoyo, por animarme a alcanzar mis objetivos y por ayudarme siempre que lo he necesitado.

ÍNDICE GENERAL

Resumen	10
Palabras claves	10
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. ANTECEDENTES	13
1.2. OBJETIVOS PRINCIPALES	13
1.3. ESTRUCTURA DEL PROYECTO	14
2. HARDWARE Y SOFTWARE INICIAL	15
2.1. PLC FP-SIGMA C32K (PANASONIC)	15
2.2. INTERRUPTORES GTW1 (REVALCO)	16
2.3. FPWIN PRO 7	17
2.4. CONEXIÓN INTERRUPTOR-PLC-ORDENADOR	19
3. LECTURA DE DATOS	22
3.1. PRIMERA LECTURA	22
3.1.1. Configuración con FPWIN Pro	22
3.1.2. Resultados obtenidos	24
3.2. EXTENSIÓN DE LA LECTURA	26
3.3. LECTURA FINAL	28
4. HARDWARE Y SOFTWARE FINAL	29
4.1. PLC FP0H C32EP (PANASONIC)	29
4.2. PANTALLA TÁCTIL HME10 (PANASONIC)	30
4.3. HMWIN STUDIO	31
4.4. CORVINA CLOUD (PANASONIC)	32
5. MUESTRA DE DATOS POR PANTALLA	34
5.1. PÁGINA PRINCIPAL	34

5.2. LECTURA EN GRÁFICAS DE BARRA	35
5.3. SELECCIÓN DE INTERRUPTOR	36
5.4. DATOS DE CADA INTERRUPTOR	36
5.4.1. Lectura General	36
5.4.2. Gráfica Tensiones	37
5.4.3. Gráfica Intensidades	38
5.5. CONEXIÓN PLC-PANTALLA	38
6. CONEXIÓN CON LA NUBE	41
6.1. ESQUEMA	41
6.2. DASHBOARD	42
7. ESQUEMAS ELÉCTRICOS Y CROQUIS	47
8. PRESUPUESTO	51
9. CONCLUSIÓN	52
10. BIBLIOGRAFÍA	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Instalación Eléctrica utilizada en el Proyecto	12
Figura 2.1. PLC FP-SIGMA 32k	15
Figura 2.2. Interruptor GTW1	16
Figura 2.3. Estructura interruptor GTW1	17
Figura 2.4. FPWIN Pro 7	18
Figura 2.5. Esquema conexión Interruptor-PLC-Ordenador	19
Figura 2.6. Conexión Interruptor-PLC mediante cable de comunicación	20
Figura 2.7. Conexión Interruptor-PLC taller	20
Figura 2.8. Conexión Interruptor-PLC taller (2)	21
Figura 3.1. Bloque MODBUS FPWIN Pro 7	22
Figura 3.2. Configuración puerto COM1	23
Figura 3.3. Posibilidades FunctionCode	23
Figura 3.4. Bloque MODBUS Configurado Tensiones	24
Figura 3.5. Resultado Lectura en Ordenador e Interruptor	25
Figura 3.6. Código Lectura Datos	27
Figura 3.7. Bloque LECTURA_ESCLAVO del Interruptor número 3	28
Figura 4.1. PLC FP0H C32EP	30
Figura 4.2. Pantalla Táctil HMe10	31
Figura 4.3. Plataforma Corvina Cloud	33
Figura 5.1. Página Principal Pantalla (Interruptores 1 y 2)	35
Figura 5.2. Página de Lectura en Barra (Interruptores 5 y 6)	35
Figura 5.3. Página de Selección de Interruptor	36

Figura 5.4. Página Lectura General (Interruptor 2)	37
Figura 5.5. Página Gráfica Tensiones (Interruptor 7)	37
Figura 5.6. Página Gráfica Intensidades (Interruptor 10)	38
Figura 5.7. Dirección IP PLC (FPWIN Pro)	38
Figura 5.8. Conexión de Usuario (FPWIN Pro)	39
Figura 5.9. Protocolo de Comunicación (HMWIN Studio)	39
Figura 5.10. Conexión de Pantalla y PLC en el Interruptor	40
Figura 5.11. Network Interfaces Pantalla HMe10	40
Figura 6.1. Esquema Conexionado Final	41
Figura 6.2. Activación Cloud Service en Pantalla HMe10	42
Figura 6.3. Creación Aplicación VNC en Corvina Cloud	43
Figura 6.4. Creación nuevo Gateway en Corvina Cloud	43
Figura 6.5. Conexión Pantalla-Cloud vista en pantalla	44
Figura 6.6. Conexión Pantalla-Cloud vista en Corvina	44
Figura 6.7. Endpoint VNC con Aplicaciones	45
Figura 6.8. Direcciones de la pantalla	46
Figura 6.9. Conexión en Remoto con la Pantalla desde el Ordenador	46
Figura 7.1. Unifilar del Cuadro General de Distribución (1)	48
Figura 7.2. Unifilar del Cuadro General de Distribución (2)	49
Figura 7.3. Croquis de la Distribución del Cuadro General	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Direcciones Tensiones	24
Tabla 3.2. Resultados Lectura de Tensiones	25
Tabla 3.3. Direcciones Intensidades, Potencias y Frecuencia	27
Tabla 8.1. Presupuesto de Materiales del Proyecto	51

RESUMEN

El objetivo del presente informe es establecer la metodología llevada a cabo para el diseño y desarrollo de un sistema de control y supervisión para los cuadros generales de distribución de baja tensión de instalaciones eléctricas.

Para ello, el proyecto se desarrollará a tres niveles fundamentales: nivel de control, mediante la programación del PLC de la instalación; nivel de supervisión, mediante el diseño, instalación y conexión de una pantalla HMI que facilite la lectura de los parámetros eléctricos de todos los interruptores del cuadro general y la maniobrabilidad del proyecto; y nivel de comunicaciones, mediante la implementación de un software pasarela que permitirá almacenar todos estos datos en la nube para poder almacenarlos y supervisarlos desde cualquier dispositivo con conexión a internet.

Palabras claves:

PLC, automatización, Modbus, Panasonic, nube, interruptores, lectura de datos, cuadro general de distribución, panel de control, pantalla táctil, monitorización.

Capítulo 1:

INTRODUCCIÓN

En los últimos años comenzó a surgir el paradigma industrial conocido como Industria 4.0, que se encargó de acortar la brecha entre el ser humano y las máquinas. Esta tecnología rápidamente fue ganando terreno en todo el mundo para maximizar la productividad de las empresas, contribuir al crecimiento de la ciencia y enriquecer la economía de las naciones. En resumen, para mejorar la calidad de vida de las personas.

La Industria 4.0 supone la cuarta etapa de la evolución técnico-económica de la humanidad, a partir de la Primera Revolución Industrial, y se espera que se desarrolle con más ímpetu hacia finales de la década del 20 y principios del 30 de este siglo XXI.

Para construir las industrias del futuro se necesitan soluciones innovadoras que se demuestren abiertas, que ofrezcan flexibilidad y una conectividad sin límites para disfrutar de operaciones seguras y sostenibles. Deben mostrar arquitecturas aptas para el IoT y con servicios digitales, pudiendo abrir la puerta a nuevas oportunidades de negocio para plantas, instaladoras y fabricantes de maquinaria gracias a una mayor productividad y rentabilidad.

En este proyecto se ha llevado a cabo un protocolo de comunicación Modbus RTU entre un PLC y los interruptores de un gran cuadro general de distribución de baja tensión como el que se puede ver en la figura 1.1, que presenta una carga total de 13500 A. Estos interruptores están preparados para el futuro y contribuyen a aumentar la eficiencia energética y el tiempo de actividad de su instalación eléctrica. Algunas ventajas de estos interruptores son las siguientes:

- Presentan una seguridad optimizada, ya que poseen una protección impecable y tienen alta resistencia al estrés ambiental.
- Monitorización integrada de eficiencia energética, con una integración perfecta que permite acceder a datos de los interruptores en tiempo real con un dispositivo móvil o un PC a cualquier usuario. También es posible tener una

comunicación local y remota con causa de disparo y alarmas que hace posible una eficiencia proactiva operativa y energética.

- La instalación y futura modernización de dichos interruptores se puede llevar a cabo sin problemas gracias a la amplia gama estandarizada de accesorios.



Figura 1.1. Instalación Eléctrica utilizada en el Proyecto

El PLC utilizado para la comunicación Modbus con los interruptores es de la marca Panasonic, concretamente un FP0H C32EP. Sin embargo, el proyecto se inició con un PLC distinto, un FP-SIGMA 32k, también de la marca Panasonic, por lo que las pruebas de las primeras lecturas de datos se realizaron con él. Esto se debe a que para realizar una conexión RS485 entre el FP0H y los interruptores, era necesaria una tarjeta adicional de la que no se disponía inicialmente. Por lo tanto, el protocolo usado será el protocolo de comunicación RS485 Modbus.

Esto se plantea con el objetivo de leer los parámetros eléctricos de todos los interruptores del cuadro general, y hacer un servidor en la nube donde se almacenen los datos. La conexión entre el PLC y la nube es posible gracias al uso de una pantalla táctil HMe10, también de la marca Panasonic, y a la plataforma Corvina Cloud. Tras la obtención y el almacenamiento de los datos, se realiza un panel de control para la monitorización del cuadro.

Dicha pantalla táctil también sirve para facilitar la lectura y la maniobrabilidad del proyecto, ya que en ella se podrán visualizar los datos de los interruptores.

1.1. ANTECEDENTES

En este Trabajo Fin de Máster se desarrolla un proyecto real que pretende introducir a las empresas esta Industria 4.0.

Dentro de los diferentes paradigmas de la industria 4.0, el aumento del rendimiento energético ocupa un papel de relevancia. Entre las posibilidades existentes para ello, las industrias y grandes terciarios apuestan por el concepto de Cuadro de Baja Tensión Inteligente. Durante el proyecto se pretende diseñar un cuadro de baja tensión que posibilite la supervisión, el control y la medida en las instalaciones eléctricas desde el propio interruptor automático y a distancia, formando parte de una solución para la eficiencia energética porque aumenta la disponibilidad de energía y permite conocer los consumos. Para ello, deberá centrarse en arquitecturas de comunicación basadas en estándares abiertos y flexibles coherentes en baja tensión para aparatos de todos los calibres.

1.2. OBJETIVOS PRINCIPALES

Los principales objetivos que se buscan cumplir con el proyecto son:

- Diseñar un programa con el software FPWIN Pro 7 para realizar la comunicación Modbus entre el PLC y los interruptores del cuadro general de distribución.
- Realizar la lectura de todos los datos importantes de dichos interruptores, ordenándolos y visualizándolos.
- Conectar una pantalla táctil al PLC para leer y cambiar los datos leídos de los interruptores.
- Almacenar todos esos datos en un servidor en la nube con la ayuda del software Corvina Cloud de Panasonic.
- Crear un panel de control a través de esta plataforma, para así poder monitorizar el funcionamiento del cuadro general y leer los datos de los interruptores desde cualquier dispositivo con conexión a internet.

1.3. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto se ha estructurado en 6 etapas:

- **Primera lectura.** En primer lugar, se desarrolla el código necesario para realizar la lectura de las tensiones de las tres líneas (AB, BC y CA) de uno de los interruptores del cuadro general en FPWIN Pro 7.
- **Comprensión de los datos y lectura general.** Tras realizar esa primera lectura del interruptor correctamente, se observa el orden y el formato en el que se encuentran dichos datos. Después se leerán el resto de los datos considerados interesantes del interruptor GTW1.
- **Expansión del programa.** Después de comprobar que se pueden ordenar y entender bien los datos leídos de uno de los interruptores, se copia el proceso para todos los demás interruptores del cuadro general.
- **Conexión Pantalla táctil-PLC.** Para hacer más fácil y visual el proceso, se conectará una pantalla táctil al PLC en la que se podrán ver los datos leídos de todos los interruptores. Además, se podrá activar y desactivar la lectura en el momento que se quiera.
- **Almacenamiento de datos en la nube.** Una vez ordenados y colocados todos los datos del cuadro para su correcta comprensión, se realiza la conexión entre el PLC y un servidor en la nube. Esta conexión, como ya se ha especificado antes, es posible gracias a la plataforma Corvina Cloud.
- **Creación del panel de control.** Durante esta etapa, se crea el panel de control necesario para llevar a cabo la monitorización del cuadro general de distribución.

Capítulo 2:

HARDWARE Y SOFTWARE INICIAL

En este capítulo se describe de forma detallada, tanto el hardware y software inicial usado para la lectura de datos, como el interruptor del cuál se van a leer esos datos. Para el desarrollo del proyecto se aplicará el estándar internacional IEC 61131 [11], estableciendo la norma relativa a los controladores programables, y todos los aspectos relacionados con los mismos.

Además, se ha consultado el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión [1], los principios básicos y de seguridad para Interfaces Hombre-Máquina [12], e instrucciones técnicas complementarias publicadas mediante sus correspondientes Decretos, Reales Decretos, u Órdenes Ministeriales y normas UNE conformes al Reglamento de Baja Tensión.

2.1. PLC FP-SIGMA 32K (PANASONIC)

Para empezar, la primera misión es aprender a leer los datos de uno de nuestros interruptores. Para ello, se utiliza un PLC de la marca Panasonic. Exactamente, el modelo FP-SIGMA 32k como el que se puede observar en la figura 2.1.



Figura 2.1. PLC FP-SIGMA 32k

La serie FP-Sigma de controladores programables de Panasonic [4] son unos autómatas compactos que permiten la comunicación remota con la mayoría de los elementos de telecontrol existentes en el mercado. Este autómata se va a programar con el FPWIN Pro.

2.2. INTERRUPTORES GTW1 (REVALCO)



Figura 2.2. Interruptor GTW1

Los interruptores de la marca Revalco como el de la figura 2.2 tienen como características principales la inteligencia y el elevado poder de corte. [5]

Presentan 3 y 4 polos, tipo cajón y tipo fijo, por lo que se pueden instalar en línea inversa. Además, presenta varios controladores inteligentes que proporcionan una protección de tres o cuatro etapas, función de monitoreo y funciones de memoria de fallas. Dichos interruptores pueden equiparse con una interfaz de comunicación para realizar la telemetría y una regulación, comunicación y control remotos, y también cumplen con algunos estándares, tales como IEC60947-2, GB/T14048.2, etc.

Las características de protección de los GTW1 son muy completas, como instancias, demoras cortas, demoras largas, conexión a tierra monofásica, etc. La configuración es conveniente y la precisión es alta.

La corriente está entre 200A-6300A, y la capacidad de corte de cortocircuito está entre 50kA-120kA.

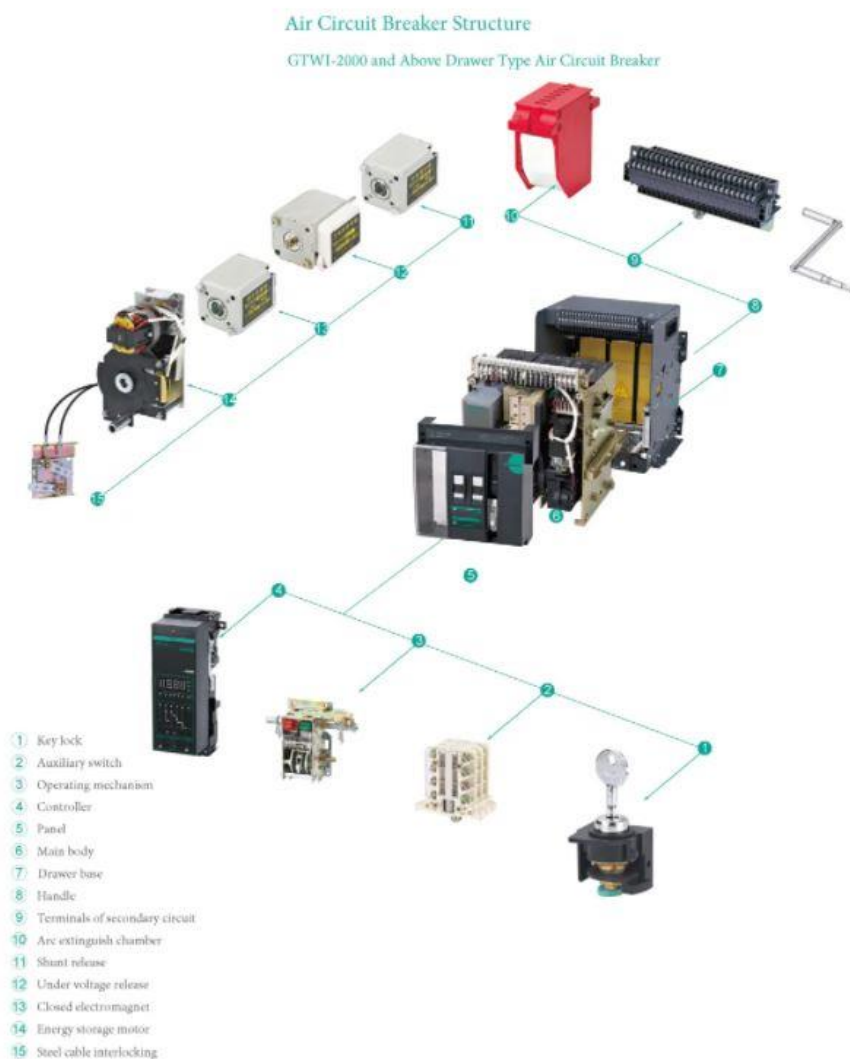


Figura 2.3. Estructura Interruptor GTW1

2.3. FPWIN PRO 7

Este software de programación está diseñado según el estándar internacional IEC61131-3 (para Windows 2000, XP, Vista o Windows 7). Esta versión concreta de FPWIN Pro es fruto de los muchos años de experiencia trabajando en la organización

PLCopen, nos permite programar cualquier autómatas de la serie FP (en nuestro caso, el FPOH y el FPSigma) y presenta un entorno ordenado como se puede ver en la figura 2.4.

Además, también nos permite abrir los programas realizador con otras herramientas de programación como NPST-GR, FP-Soft o FPWIN-GR.

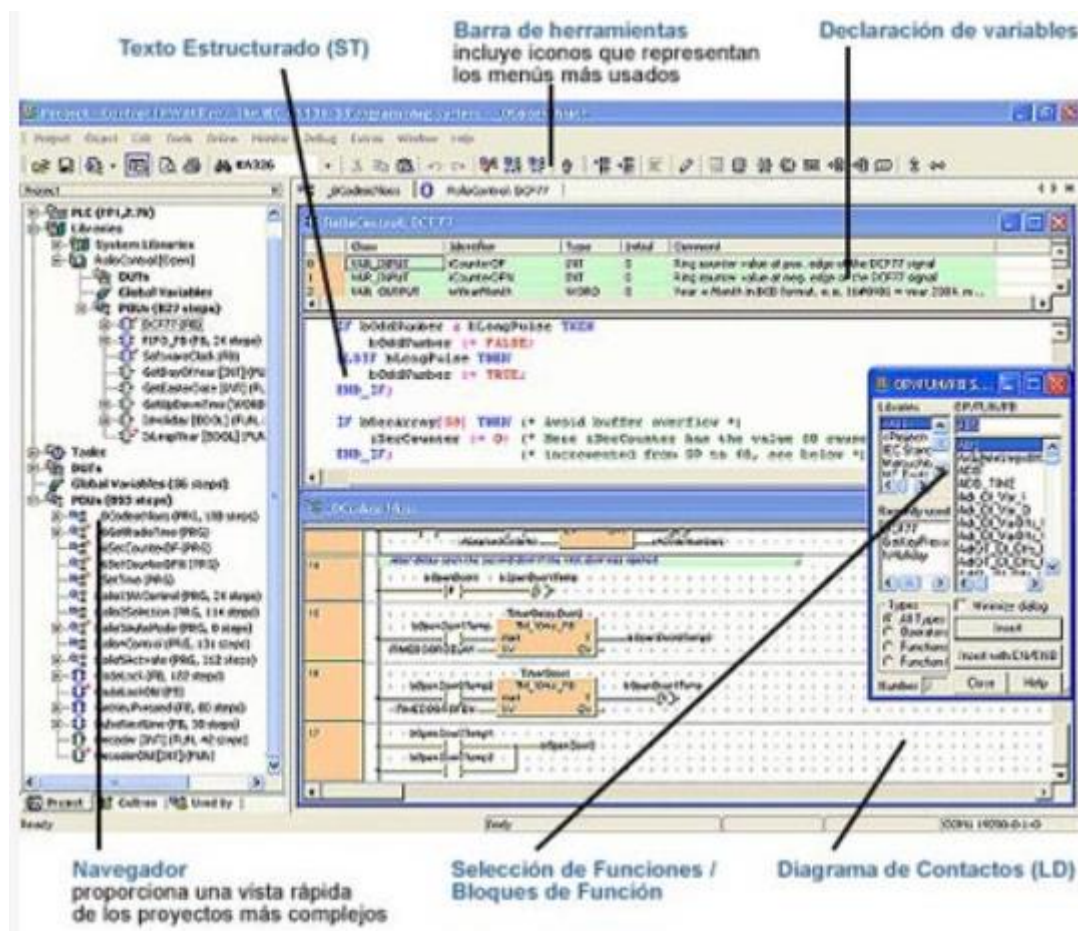


Figura 2.4. FPWIN Pro 7

El FPWIN Pro presenta las siguientes características principales [2]:

- Un sólo software para todos los PLCs de la serie FP.
- 5 lenguajes de programación (lista de instrucciones, diagrama de contactos, diagrama de bloques de funciones, diagrama secuencial de funciones, texto estructurado).
- Navegador bien estructurado que proporciona una visión efectiva de las POU's (Programming Organization Units), de las tareas, de los registros del sistema, etc. que simplifica la gestión del proyecto.

- Reutilizar las funciones y los bloques de funciones ahorra tiempo de programación y de depuración.
- Programación, servicio, monitorización y diagnóstico vía RS232 (COM), Modem, Ethernet, USB.
- Se pueden forzar a ON/OFF las entradas y las salidas desde el PC.
- Comentarios extensos- documentación online creada a partir del programa.
- Gracias a la codificación Unicode, los nombres de las variables, de las funciones, de los bloques de funciones y de los comentarios se pueden escribir en todos los idiomas.
- Aumenta la comodidad de programación: colocación automática de los elementos nuevos insertados, las conexiones se mantienen al mover los elementos, etc.
- Modo control por teclado que permite acelerar la programación.
- Interfaz de usuario en 8 idiomas: Inglés, Alemán, Francés, Italiano, Español, Japonés y Coreano y Chino.
- Configuración desde el software del calendario/reloj.
- Soporta todas las instrucciones IEC para el FP7.
- Nuevas funciones de comunicación y punteros.
- Nueva serie de instrucciones sobrecargadas y tipos de datos para los PLCs de 32 y 16 bits.
- Instrucciones para la tarjeta SD.

2.4. CONEXIÓN ORDENADOR-PLC-INTERRUPTOR

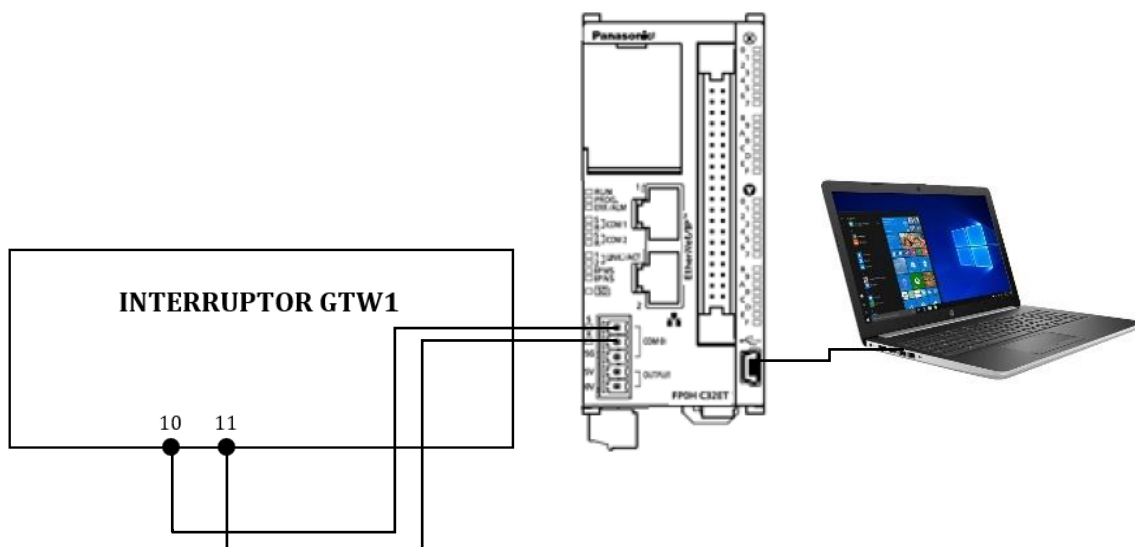


Figura 2.5. Esquema conexión Interruptor-PLC-Ordenador

Como se puede ver en la imagen anterior, el ordenador se conecta al PLC mediante el puerto USB del ordenador y la entrada correspondiente al microUSB del FPOH. El PLC, a su vez, se conecta al interruptor GTW1 mediante un cable de comunicación que conecta el puerto COM0 del PLC con las entradas 10 y 11 del interruptor, como se puede observar en la figura 2.6.



Figura 2.6. Conexión Interruptor-PLC mediante cable de comunicación



Figura 2.7. Conexión Interruptor-PLC taller



Figura 2.8. Conexión Interruptor-PLC taller (2)

Finalmente, el interruptor queda conectado al PLC como se ve en las figuras anteriores.

Capítulo 3:

LECTURA DE DATOS

En este capítulo se describe como se realiza la primera lectura de las tensiones, como se extiende el programa para leer el resto de los datos tras realizar la comunicación Modbus [6], y cómo finalmente se usa ese mismo código para leer los datos de todos los interruptores.

3.1. PRIMERA LECTURA

3.1.1. Configuración con FPWIN Pro

Para comenzar la lectura de las tres tensiones, primero hay que decidir que bloque de instrucciones se va a utilizar para realizar la comunicación Modbus entre el interruptor y nuestro PLC, que actuarán como esclavo y maestro respectivamente. En este caso, se debe utilizar un bloque F145F146_MODBUS_MASTER como el de la figura 3.1.

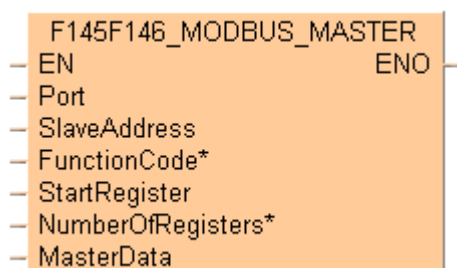


Figura 3.1. Bloque MODBUS FPWIN Pro

Este bloque de instrucción se utiliza para escribir datos de un maestro a un esclavo o leer datos de un esclavo a través del puerto de comunicación, utilizando el protocolo Modbus RTU. Por lo tanto, hay que configurar el protocolo para el puerto deseado en los registros del sistema, que en nuestro caso será el puerto COM1. Dicho puerto queda configurado como se ve en la figura 3.2.

No	Nombre del elemento	Datos	Dime...	Rango
412	Modo de Comunicación	Maestro/Esclavo Modbus RTU		Maestro/Escla...
410	Número de estación	1		1 a 99
415	Velocidad	19200	baudi...	115200
413	Longitud de datos	8 bits		8 bits
413	Paridad	Impar		Ninguno
413	Bits de parada	1 bit		1 bit

Figura 3.2. Configuración puerto COM1

Tras configurar el puerto COM1, se tiene que hacer lo propio con el bloque de instrucciones. Éste consta, como se puede observar en la imagen 3.1, de 7 entradas y 1 salida:

- **EN:** La entrada EN es la que debe activarse para que el bloque se ejecute, por lo que se va a conectar con una señal de pulso de 2 segundos, de forma que se realice una lectura de datos cada 2 segundos.
- **Port:** Como se ha dicho antes, el puerto utilizado para la comunicación Modbus será el puerto COM1.
- **SlaveAddress:** La dirección del esclavo será la que tenga el interruptor del que se quiere hacer la primera lectura. En este caso será la dirección 3.
- **FunctionCode:** Para la entrada del código de función existen las siguientes posibilidades:

[SYS MODBUS 01 READ COIL](#)
[SYS MODBUS 02 READ INPUT](#)
[SYS MODBUS 03 READ HOLDING REGISTER](#)
[SYS MODBUS 04 READ INPUT REGISTERS](#)
[SYS MODBUS 05 FORCE COIL](#)
[SYS MODBUS 06 PRESET REGISTER](#)
[SYS MODBUS 15 FORCE COILS](#)
[SYS MODBUS 16 PRESET REGISTERS](#)

Figura 3.3. Posibilidades FunctionCode

En este caso, se quieren leer los datos del esclavo, por lo que se utiliza el 03: *SYS_MODBUS_READ_03_HOLDING_REGISTER*.

- **StartRegister:** En esta entrada se tiene que indicar en qué dirección del esclavo se va a iniciar la lectura de datos. Esas direcciones se encuentran en el protocolo de comunicaciones RS485 del interruptor.

Address	Define	Variable Types	Unit	attribute	Variable format
260	AB line voltage	Uint	V	R	The X1
261	BC line voltage	Uint	V	R	The X1
262	CA line voltage	Uint	V	R	The X1

Tabla 3.1. Direcciones Tensiones

En la tabla anterior se puede ver que la primera dirección de las tensiones que se pretende leer es la 260, correspondiente a la tensión de la línea AB.

- **NumberOfRegisters:** En esta entrada se coloca un 3, ya que es el número de tensiones que se quieren leer.
- **MasterData:** En la última entrada hay que establecer la dirección dónde se pretende guardar los datos leídos. En este caso, se usa una variable tipo Array (Int) en la dirección DT0.

Tras ajustar todas estas variables, el bloque queda de la siguiente manera:

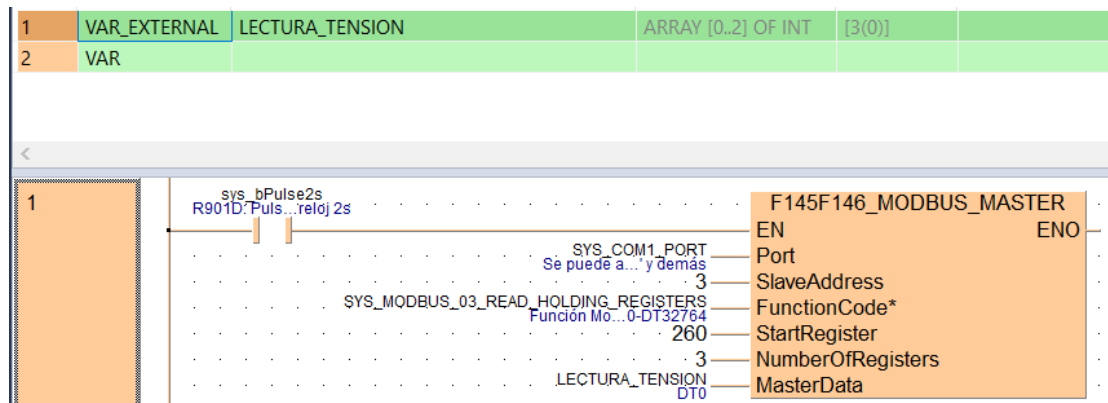


Figura 3.4. Bloque MODBUS Configurado Tensiones

3.1.2. Resultados obtenidos

Una vez ejecutado el código de la figura 3.4, se obtienen los siguientes resultados en las direcciones DT0 (Línea AB), DT1 (Línea BC) y DT2 (Línea CA):

Address	Define	Value	Unit
260	AB line voltage	408	V
261	BC line voltage	410	V
262	CA line voltage	411	V

Tabla 3.2. Resultados Lectura Tensiones

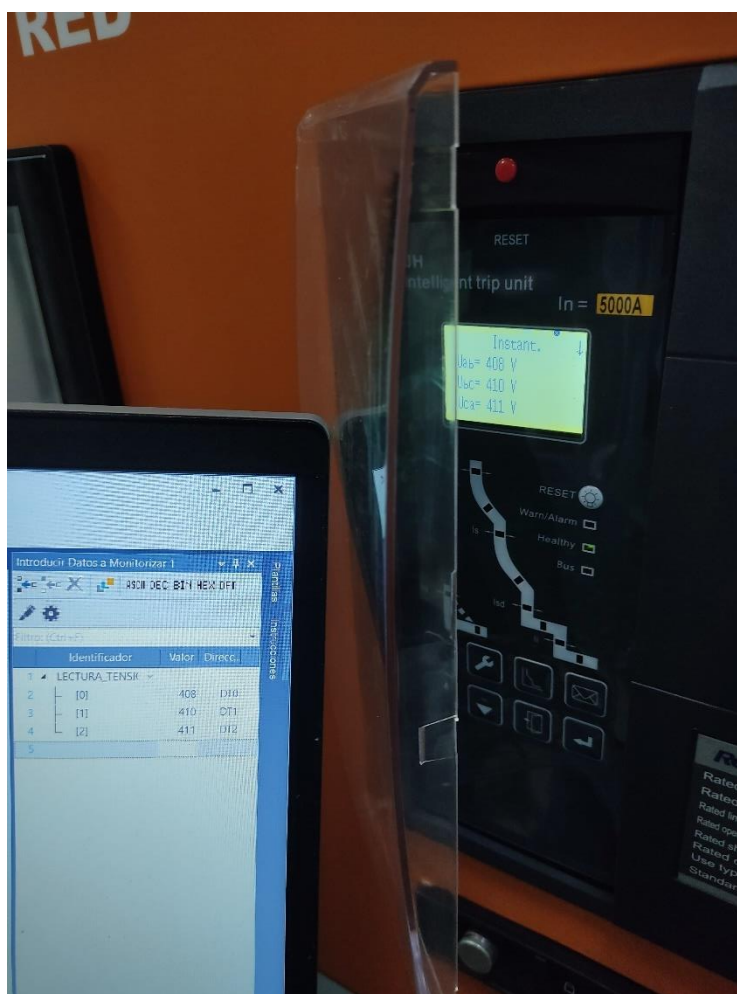


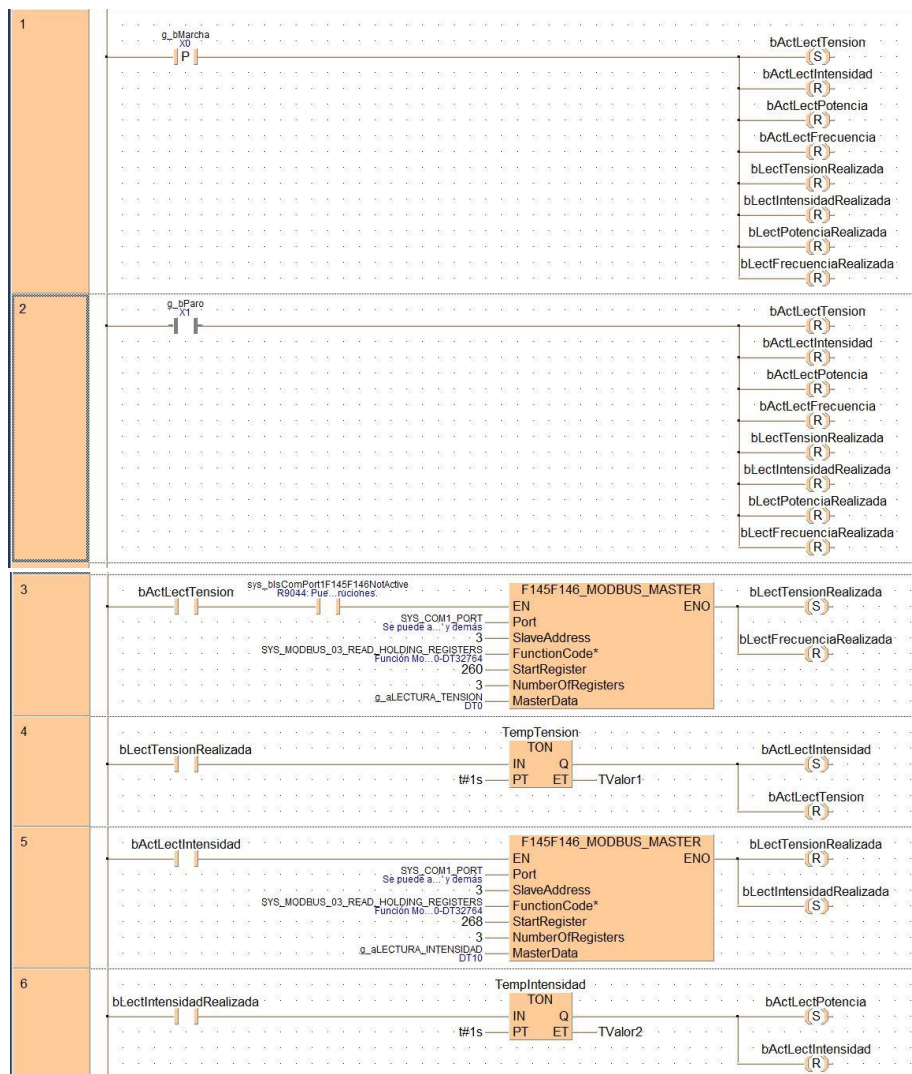
Figura 3.5. Resultado Lectura en Ordenador e Interruptor

Como se puede ver en la tabla anterior, los resultados son bastante lógicos. Sin embargo, para asegurar que la lectura se realiza correctamente, se comprueba que el resultado es el mismo que se muestra en la pantalla del interruptor y, efectivamente, el resultado es el mismo, como se puede ver en la figura 3.5. Por lo tanto, se confirma que la comunicación Modbus entre el PLC y el interruptor funciona a la perfección.

3.2. EXTENSIÓN DE LA LECTURA

Tras la confirmación de la buena comunicación Modbus, se realiza la extensión del programa de forma que se lean, además de las 3 tensiones anteriores, las tres intensidades, la potencia reactiva y activa del sistema, y la frecuencia total.

Para llevar a cabo dichas lecturas, es necesario más de un bloque de instrucciones Modbus, ya que las direcciones de los datos no son correlativas. Además, para que la lectura se realice de forma ordenada, se incluyen unas variables internas booleanas y unos temporizadores TON de 1 segundo de duración detrás de cada bloque Modbus, quedando el código como se muestra en la figura 3.6.



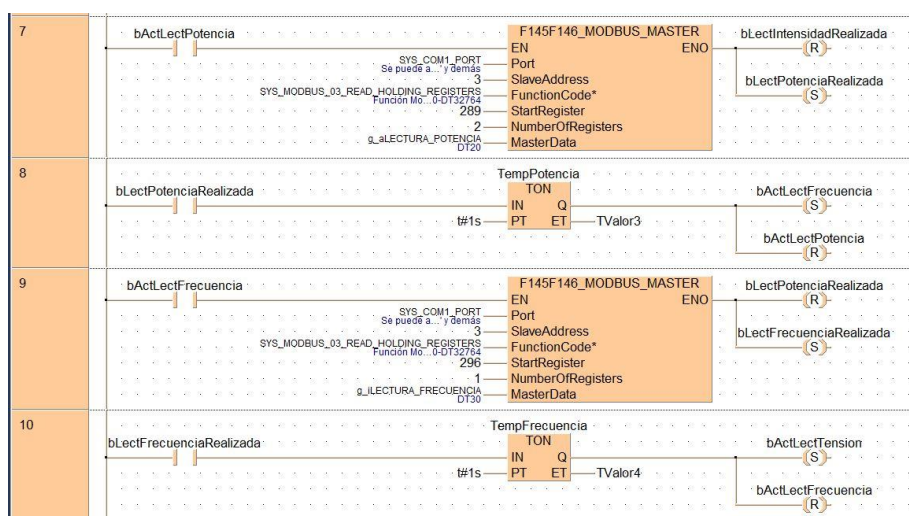


Figura 3.6. Código Lectura Datos

El proceso de lectura comienza cuando se activa la variable $g_bMarcha$ (entrada X0) y continuará, mientras le sigan llegando datos desde el interruptor, hasta que se pulse el botón de Paro, el cual se incluye con la variable g_bParo (entrada X1).

En las entradas *StartRegister* se ponen las direcciones que se pueden ver en la tabla 3.3. Estas direcciones, al igual que se hizo con las tensiones, se sacan del protocolo de comunicación.

Address	Define	Variable Types	Unit	attribute	Variable format
268	A phase current	Uint	a.	R	X1 or X2 note L
269	B phase current	Uint	a.	R	X1 or X2 note L
270	C phase current	Uint	a.	R	X1 or X2 note L
289	Total active power of the system	Int	kW	R	The X1
290	Total reactive power of the system	Int	Kvar	R	The X1
296	The system frequency	Uint	Hz	R	X0.01

Tabla 3.3. Direcciones Intensidades, Potencias y Frecuencia

Tras configurar el código y todos los bloques correctamente, se vuelve a ejecutar para obtener, en este caso, la lectura de los 9 datos indicados, y se ve como la lectura y, por lo tanto, la comunicación Modbus entre PLC e interruptor, se realizan correctamente al extender el programa.

3.3. LECTURA FINAL

Una vez realizada correctamente la lectura de todos los datos considerados importantes del interruptor, se tiene que realizar el mismo proceso para el resto de los interruptores del cuadro general.

Para facilitar el entendimiento del programa, se cambia el número de esclavo de los interruptores, adjudicando el esclavo número 1 al interruptor 1, el 2 al interruptor 2, y así sucesivamente hasta llegar al interruptor número 10.

Para ello, lo primero es comprimir parte del código anterior en un bloque de función llamado *LECTURA_ESCLAVO*, para así simplificar el código final.

El bloque de función tendrá como variables de entrada el número de esclavo, que variará según el interruptor del que se vayan a leer los datos, y las direcciones dónde se guardarán dichos datos.

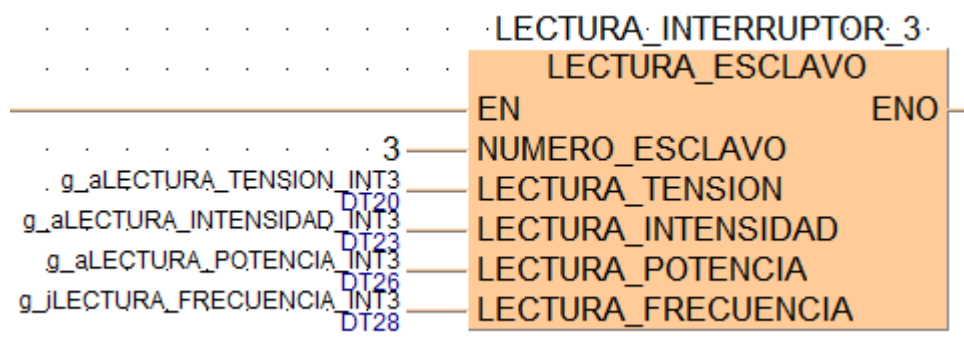


Figura 3.7. Bloque *LECTURA_ESCLAVO* del Interruptor número 3

Este bloque de función es utilizado para el resto de los interruptores, y se indica que, una vez que se active el botón de Marcha, se lean los datos de todos los interruptores, a no ser que se active el Paro de Emergencia en algún momento durante el proceso.

Capítulo 4:

HARDWARE Y SOFTWARE FINAL

En este capítulo se describe la parte del hardware que se ha añadido o cambiado con respecto a las pruebas realizadas para la lectura de datos, ya que para realizar el siguiente paso (subir los datos a la nube) es necesaria la pantalla HMe10, la plataforma de Corvina Cloud y el FP0H C32EP.

4.1. PLC FP0H C32EP (PANASONIC)

Para empezar, la siguiente misión es poder subir a la nube todos los datos leídos de nuestros interruptores. Para ello se va a utilizar otro PLC de la marca Panasonic, el modelo FP0H C32EP como el que se muestra en la figura 4.1.

La serie FP0H de controladores programables de Panasonic [3] mejora significativamente el rendimiento básico en un cuerpo ultra compacto. Con velocidades hasta ocho veces más rápidas que los modelos convencionales, y una mayor capacidad de hasta 64 K pasos, el FP0H reduce los costos de producción. La conexión es más fácil gracias a los protocolos Ethernet / IP, Modbus TCP o MC, lo que permite la comunicación con todo tipo de robots y otros PLC. La unidad principal acepta otras unidades de expansión de E/S, casetes de comunicación y unidades de posicionamiento.

Estas características hacen del FP0H el dispositivo perfecto para controles distribuidos. El cableado en serie elimina un concentrador central, reduce la carga en una unidad de control y permite la recuperación de dispositivos fallidos, lo que reduce las horas de trabajo.



Figura 4.1. PLC FP0H C32EP

4.2. PANTALLA TÁCTIL HME10 (PANASONIC)

La actual revolución industrial exige la comunicación entre el ser humano y la máquina en todos los ámbitos. Para garantizar una conexión en red exitosa, la pantalla táctil, que sirve como interfaz de comunicación, es de vital importancia [9]. Esta pantalla permite que las personas utilicen equipos y máquinas de forma intuitiva y correcta, y es de vital importancia para que los procesos y los datos se visualicen claramente en la pantalla. Además, gracias a la arquitectura de servidor web de la serie HM, los usuarios tienen herramientas para controlar y monitorear la máquina o equipo, y pueden acceder a él a través del ordenador, tablet o teléfono móvil.



Figura 4.2. Pantalla Táctil HMe10

En este caso, se emplea una pantalla HMe10 de Panasonic como la mostrada en la figura 4.2 para visualizar los datos de las lecturas de todos los interruptores, y además poder manejar los botones de Marcha y Paro del proceso, para así poder leer cuando y lo que se quiera.

Por otro lado, la pantalla funcionará como Gateway en la comunicación final entre el PLC y la plataforma Corvina Cloud de la que se habla en el apartado 4.4.

4.3. HMWIN STUDIO

Con el software HMWin, gracias a su arquitectura escalable y de alto rendimiento, se puede implementar cualquier tipo de aplicación. Sea cual sea el alcance necesario, la aplicación se puede ampliar en cualquier momento.

El software HMWin tiene una interfaz amigable que permite al usuario configurar las aplicaciones de la HMI de forma rápida y eficiente.

El corazón del software es el protocolo OPC UA, clave en la Industria 4.0 y en el IoT. Hace que la información leída de su planta de producción sea accesible cuando se quiera y desde donde se quiera, y facilita la conectividad total con cualquier equipo: sensores, autómatas programables, etc.

El software de HMWIN Studio tiene las siguientes características principales [10]:

- Interfaz sencillo e intuitivo
- Navegador con menús desplegados
- Importación de variables de los PLCs de Panasonic
- Menú de propiedades para programación avanzada
- Potente motor JavaScript
- Librería de macros predefinida
- Administración de usuario y contraseña
- Registro de operaciones
- Multilenguaje con funciones para importar y exportar textos
- Recetas
- Gestión de alarmas e histórico de eventos
- Impresión de informes en impresora USB
- Configuración XML
- Librería de objetos avanzados: planificador de eventos, rotación del menú, archivos RSS
- Entrada para cámara IP
- Monitorización y control remotos
- Simulación online y offline

4.4. CORVINA CLOUD (PANASONIC)

Corvina Cloud es la plataforma de administración de conectividad que permitirá tener el control de los interruptores. Corvina es una solución en la nube segura para la industria y está basada en SSL, que permite la administración remota de plantas y equipos industriales.

Con Corvina es posible definir diferentes roles con diferentes privilegios de usuario. En su núcleo, Corvina es un servidor de alto rendimiento con las últimas tecnologías libres para administrar datos y controlar flujos.



Figura 4.3. Plataforma Corvina Cloud

Corvina Cloud (figura 4.3) es una plataforma centralizada que permite conexiones VPN seguras con el PC para asistencia remota a las pantallas instaladas en el campo. Además, gracias a las funciones de enrutamiento admitidas por la pantalla HMI, tiene la posibilidad de llegar a las subredes para programar también los PLC.

Es posible utilizarla en diferentes aplicaciones como:

- FTP para transferir archivos.
- Consulta de páginas web de la pasarela o del PLC, si dispone de servidor web, utilizando un navegador estándar.
- HMWIN Studio para la reprogramación de HMI.
- HMWIN Client para interactuar, paralelamente al operador, con el proyecto HMI.
- VNC para control remoto de la HMI.
- FPWIN Pro 7 para programar y monitorizar el PLC de la serie FP conectado a la red o en serie (modo transparente) con la HMI.

Capítulo 5:

MUESTRA DE DATOS POR PANTALLA

Una vez leídos los datos de todos los interruptores, se diseña un programa para que se reflejen esos datos de diferentes formas en nuestra pantalla HMe10. Este programa es llevado a cabo con el software HMWIN Studio.

5.1. PÁGINA PRINCIPAL

Se presentan un total de 5 páginas principales como la mostrada en la figura 5.1 (una para cada dos interruptores):

Para cada página principal se incluyen 3 botones:

- Uno para activar la variable Marcha, que al pulsarse accionará la lectura de datos.
- Otro para el Paro de Emergencia, que además de activar dicha variable, desactivará el botón de Marcha.
- Finalmente, un botón para guardar las lecturas de datos mostrados en las gráficas.

Además de estos botones, se muestran las lecturas de la potencia activa y reactiva de todos los interruptores.



Figura 5.1. Página Principal Pantalla (Interruptores 1 y 2)

5.2. LECTURA EN GRÁFICAS DE BARRA

Tras las 5 páginas principales, hay 5 páginas con las lecturas de las 3 tensiones y las 3 intensidades de cada interruptor. En este caso, también se incluyen 2 interruptores en cada página. Los datos se muestran cómo se puede ver a continuación:



Figura 5.2. Página de Lectura en Barras (Interruptores 5 y 6)

Como se puede ver en la imagen 5.2, también se incluye un botón en la esquina inferior izquierda. Dicho botón permite volver a la página principal de los interruptores de los que estás visualizando los datos.

5.3. SELECCIÓN DE INTERRUPTOR

Para moverse por las diferentes páginas del programa de la pantalla habrá dos flechas en la parte superior de cada página. Sin embargo, dichas flechas sólo te permiten moverte por las páginas de una en una. Por lo tanto, en caso de que tengas claro que sólo quieres ver los datos de un interruptor concreto, se ha diseñado la página mostrada en la figura 5.3 que te permitirá ir directamente a los datos leídos del interruptor deseado.



Figura 5.3. Página de Selección de Interruptor

5.4. DATOS DE CADA INTERRUPTOR

Los datos de cada interruptor se podrán visualizar de diferentes formas:

5.4.1. Lectura General

En esta página se podrá observar el dato numérico de todas las lecturas del interruptor elegido, como se puede observar en la siguiente imagen:

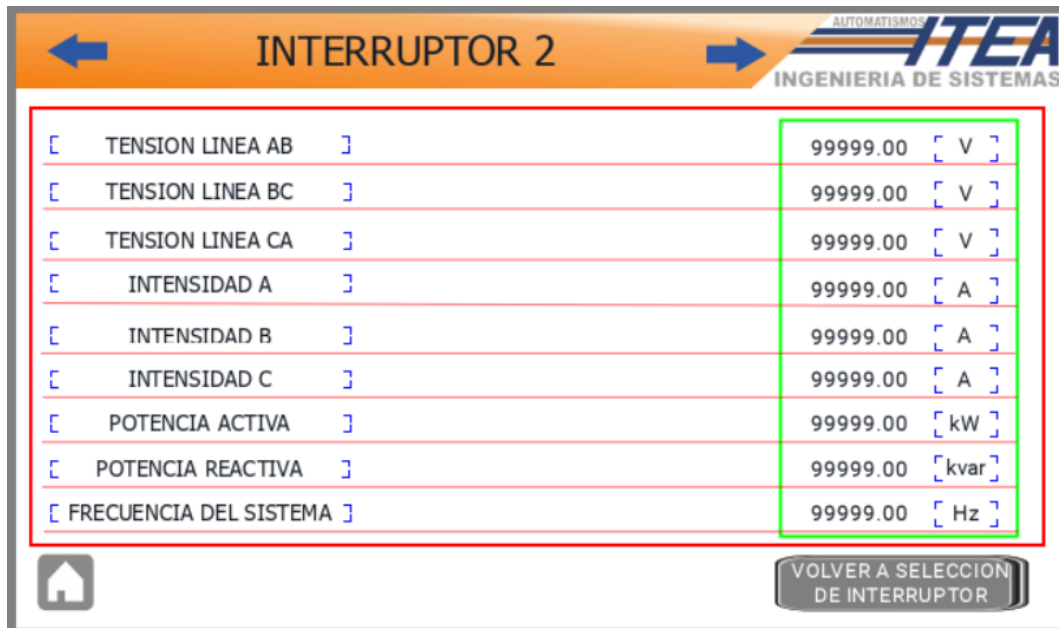


Figura 5.4. Página Lectura General (Interruptor 2)

5.4.2. Gráfica Tensiones

En la página de las gráficas de las tensiones (figura 5.5) se podrá observar la variación de las tensiones de las tres líneas de cada interruptor (AB, BC y CA) durante 12 horas.

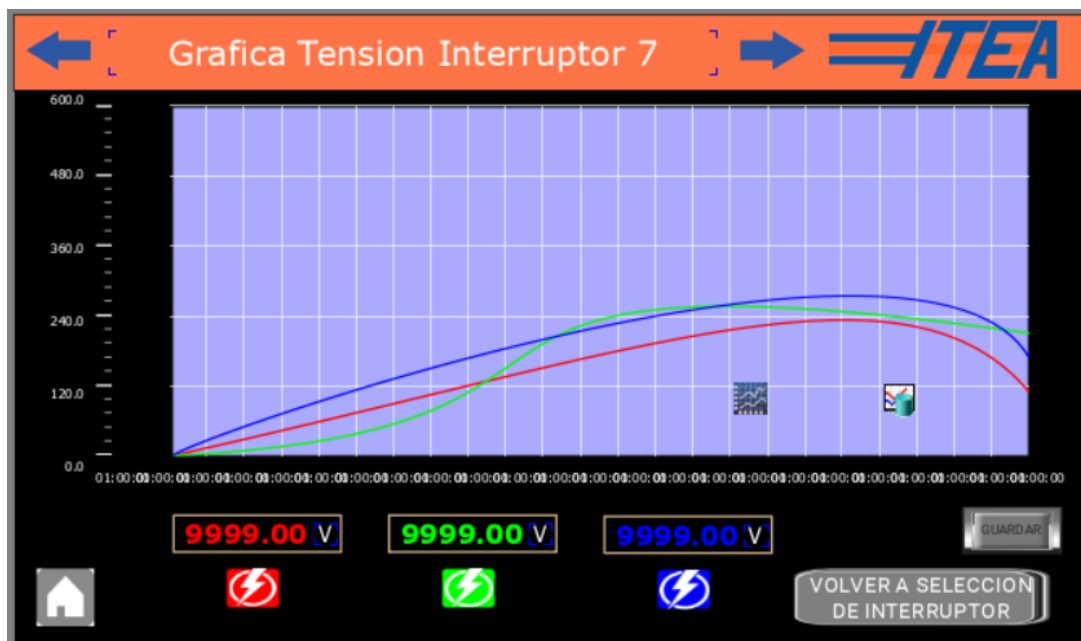


Figura 5.5. Página Gráfica Tensiones (Interruptor 7)

5.4.3. Gráfica Intensidades

En la página de las gráficas de las intensidades (figura 5.6) se podrá observar la variación de las 3 corrientes de cada interruptor (A, B y C) durante el mismo tiempo que las tensiones.

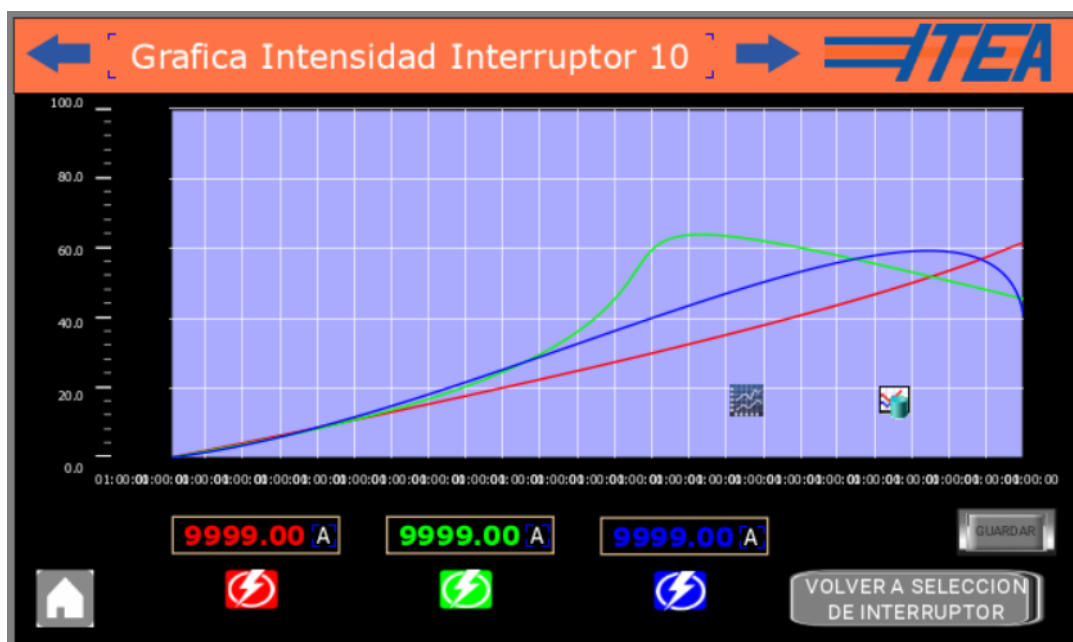


Figura 5.6. Página Gráfica Intensidades (Interruptor 10)

5.5. CONEXIÓN PLC-PANTALLA

El PLC se va a conectar a la pantalla HMe10 [7] mediante uno de sus puertos Ethernet. Para ello, se establece la dirección IP de 192.168.0.200, como se puede ver en la figura 5.7, y una puerta de enlace IPv4 dentro de la misma red (192.168.0.1):

No	Nombre del elemento	Datos
1017	Mantener la dirección IP actual y los aju...	No
1000	Obtener automáticamente direcciones...	Deshabilitado
1001	Direcciones IPv4	192.168.0.200
1003	Máscara de subred IPv4	255.255.255.0
1005	Puerta de enlace IPv4	192.168.0.1

Figura 5.7. Dirección IP PLC (FPWIN Pro)

No	Nombre del elemento	Datos	Dime...
1344	Conexión de usuario 1	Habilitar	
1343/1...	Modo de Comunicación	Maestro/Esclavo MEWTOC...	
1349	Registro inicial del buffer de recepci...	0	
1350	Capacidad del buffer de recepción	0	palabra
1344	Método de Comunicación	TCP/IP	
1344	Método de apertura	Conexión Modo Servidor (...)	
1344	Apertura automática	Habilitar	
1345	Número de puerto fuente	60001	
1351	Dirección IPv4 de destino	0.0.0.0	
1346	Número de puerto de destino	0	
1347	Tiempo de inactividad	60	s

Figura 5.8. Conexión de Usuario (FPWIN Pro)

Ahora se habilita la conexión de usuario en FFWIN, y se observa en la figura 5.8 que el puerto fuente es el 60001. Este mismo puerto es el que se establece en el HMWIN Studio, como se puede ver en la siguiente figura:

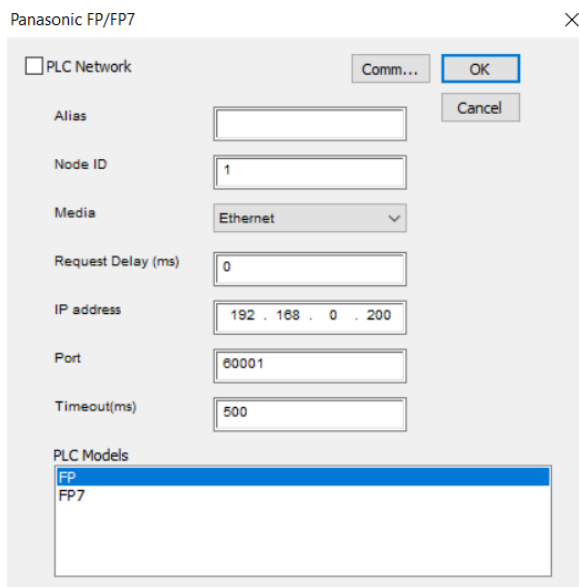


Figura 5.9. Protocolo de Comunicación (HMWIN Studio)

Además, se indica la dirección IP 192.168.0.200, y se conecta la pantalla a la misma red que el PLC y el HMWIN Studio.

Para corroborar la conexión entre HMWIN y pantalla, se debe ir dentro de la pantalla al apartado Network Interfaces, y se puede ver que se detecta la conexión por el puerto ethernet 0 de nuestra pantalla HMe10 como aparece en la figura 5.11.



Figura 5.10. Conexión de Pantalla y PLC en el Interruptor

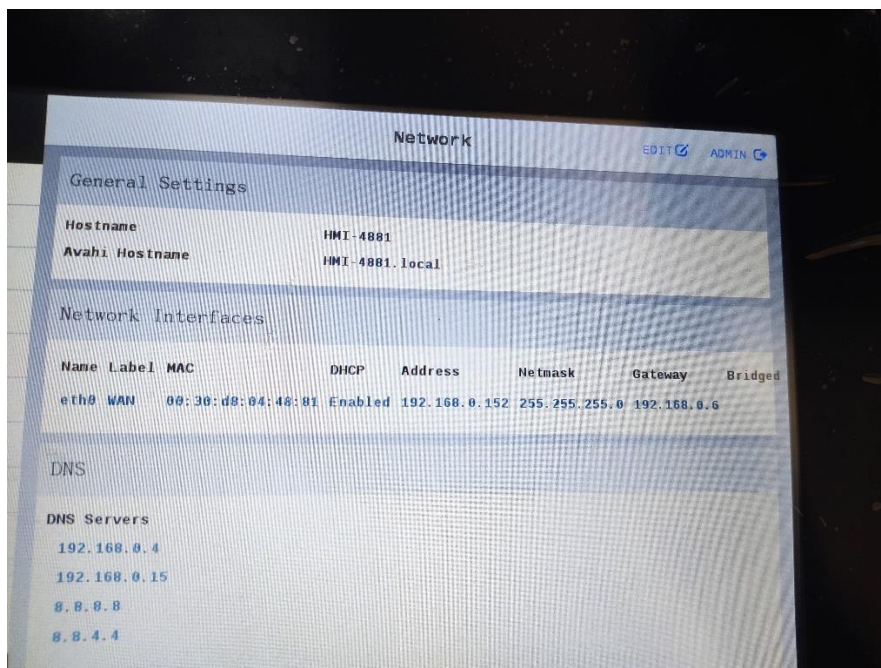


Figura 5.11. Network Interfaces Pantalla HMe10

Capítulo 6:

CONEXIÓN CON LA NUBE

Una vez leídos los datos de todos los interruptores y mostrados por la pantalla HMI, se lleva a cabo la conexión de dicha pantalla con la nube. Esto se realiza con Corvina Cloud (Panasonic). La pantalla táctil servirá de puerta de enlace con la red local (serie HMe). Dicha pantalla táctil debe estar conectada a un servidor central, y el PLC Panasonic que se está usando puede actuar como nodo.

6.1. ESQUEMA

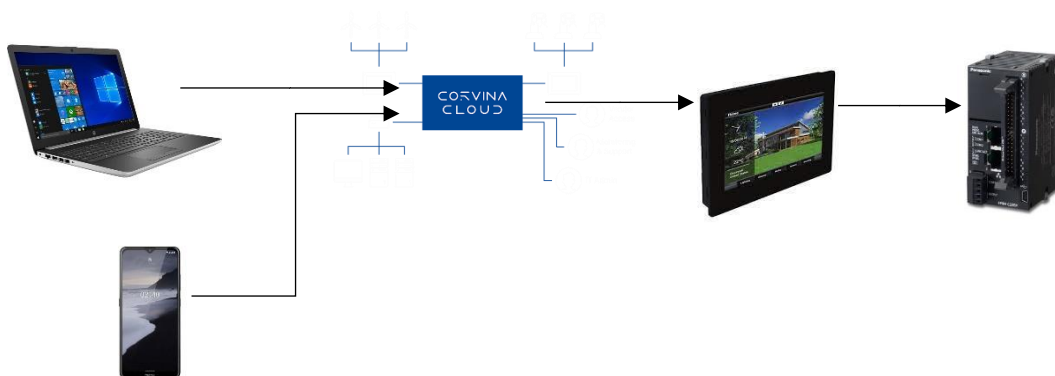


Figura 6.1. Esquema Conexionado Final

Como se puede ver en la figura 6.1, se podrá acceder a los datos de los interruptores por medio de Corvina Cloud, que hace posible conectar el punto de acceso (ya sea un ordenador o un teléfono móvil con conexión a internet) con la pantalla HMe10. Dicha pantalla, a su vez, está conectada al PLC FPOH mediante un cable Ethernet que controla y lee los datos de todos los interruptores mediante una comunicación Modbus con ellos.

6.2. DASHBOARD

Para la creación del panel de control en la plataforma Corvina Cloud [8] se tiene primero que permitir la conexión de ésta con la pantalla HMe10. Para ello, hay que ir al apartado de Service Settings de la pantalla y activar el Cloud Service como se ve en la figura 6.2.

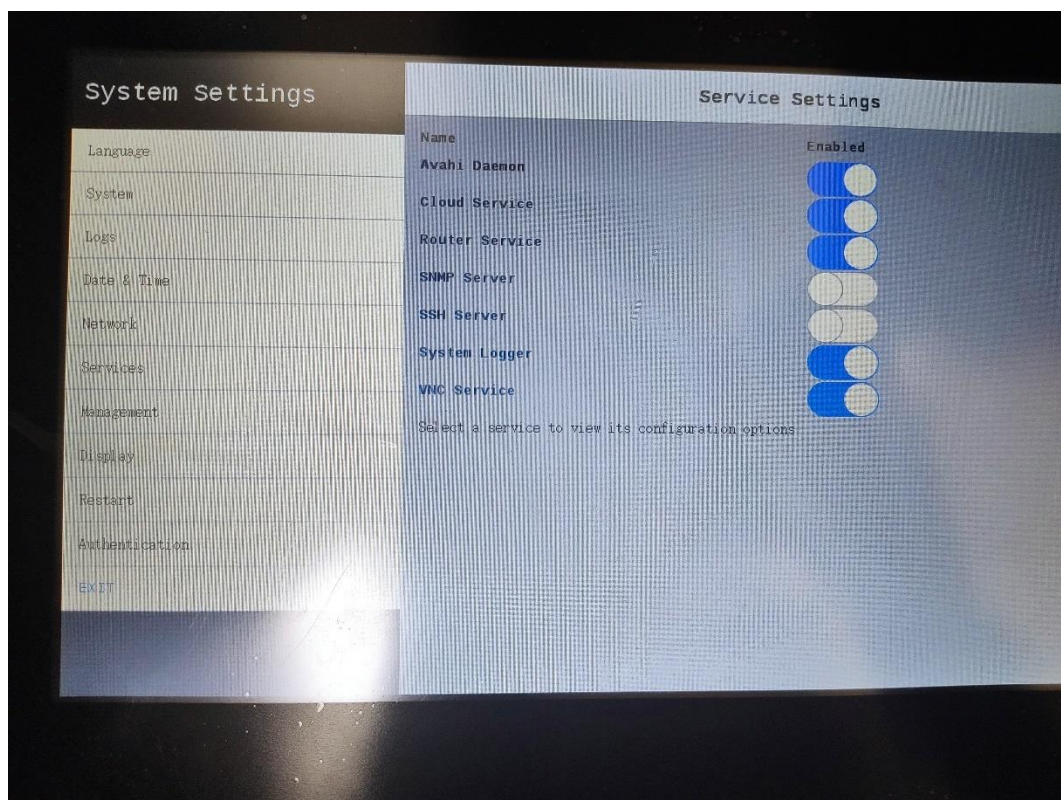
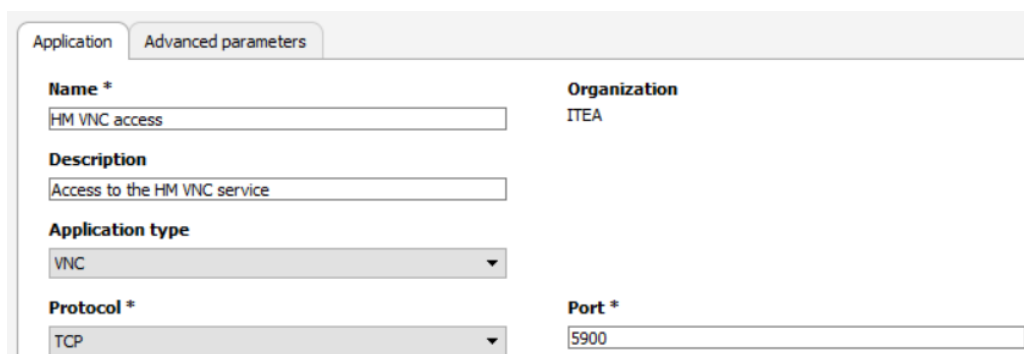


Figura 6.2. Activación Cloud Service en Pantalla HMe10

Una vez activado el Cloud Service, se dirige a la aplicación del Corvina Cloud para crear una aplicación de tipo VNC (figura 6.3) que haga posible realizar la conexión con la pantalla, y también se crea el Gateway que corresponderá a la pantalla HMe10 (figura 6.4).



Application | **Advanced parameters**

Name *
HM VNC access

Description
Access to the HM VNC service

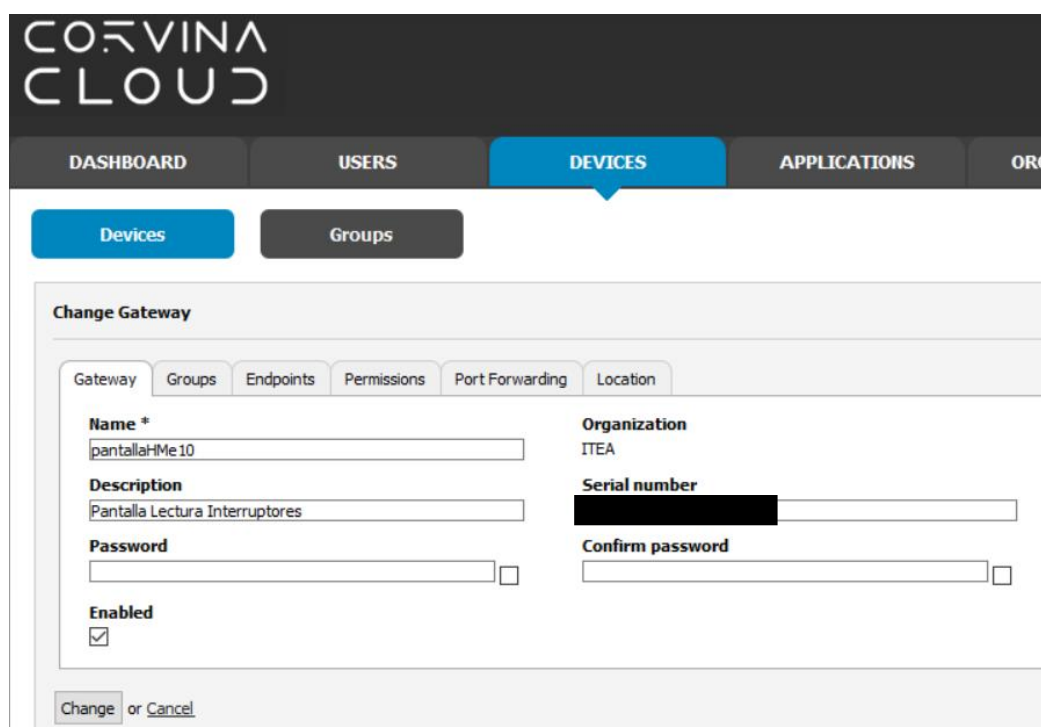
Application type
VNC

Protocol *
TCP

Organization
ITEA

Port *
5900

Figura 6.3. Creación Aplicación VNC en Corvina Cloud



CORVINA CLOUD

DASHBOARD | USERS | **DEVICES** | APPLICATIONS | ORG...

Devices | Groups

Change Gateway

Gateway | Groups | Endpoints | Permissions | Port Forwarding | Location

Name *
pantallaHMe10

Description
Pantalla Lectura Interruptores

Password

Enabled

Organization
ITEA

Serial number

Confirm password

Change or Cancel

Figura 6.4. Creación nuevo Gateway en Corvina Cloud

Una vez creado el Gateway, se introduce el nombre de usuario en la pantalla para realizar la conexión.

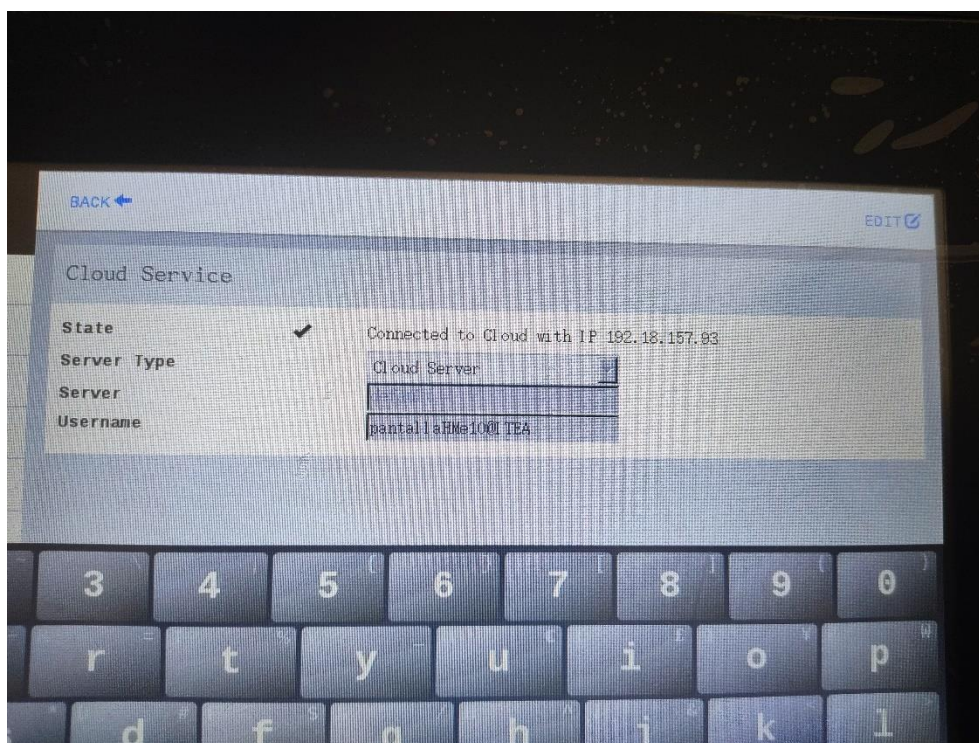


Figura 6.5. Conexión Pantalla-Cloud vista en pantalla

En el mensaje de la figura 6.5 se puede ver la dirección IP de la pantalla dentro de la red VPN. En este caso será la 192.18.157.93. Por lo tanto, la conexión con el Cloud se realiza correctamente, tal y como se puede ver en la captura anterior tomada en nuestra pantalla.

Además, al mirar la pantalla desde la aplicación del Corvina Cloud, se puede ver que el Gateway creado para la pantalla HMe10 se encuentra “online”, tal y como se observa en la figura 6.6.

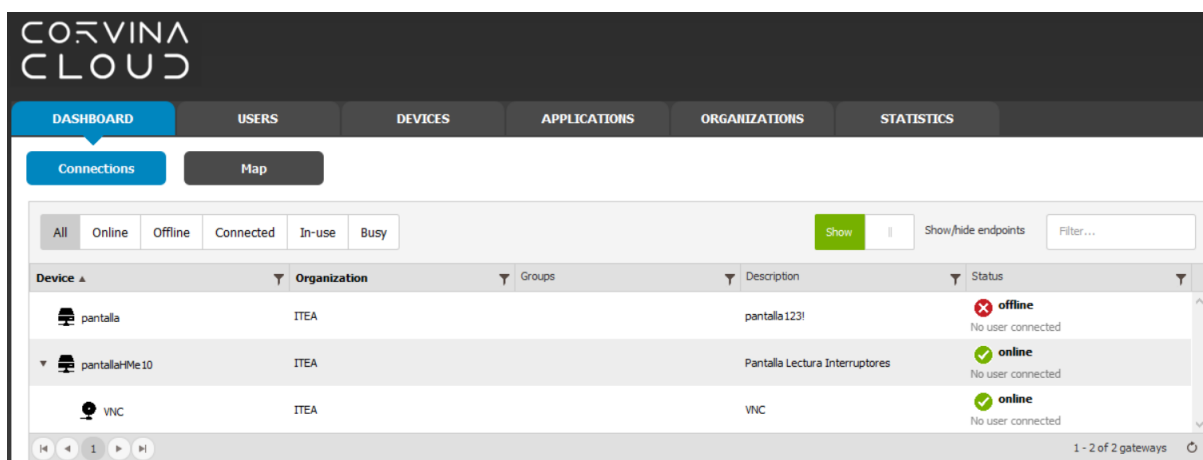
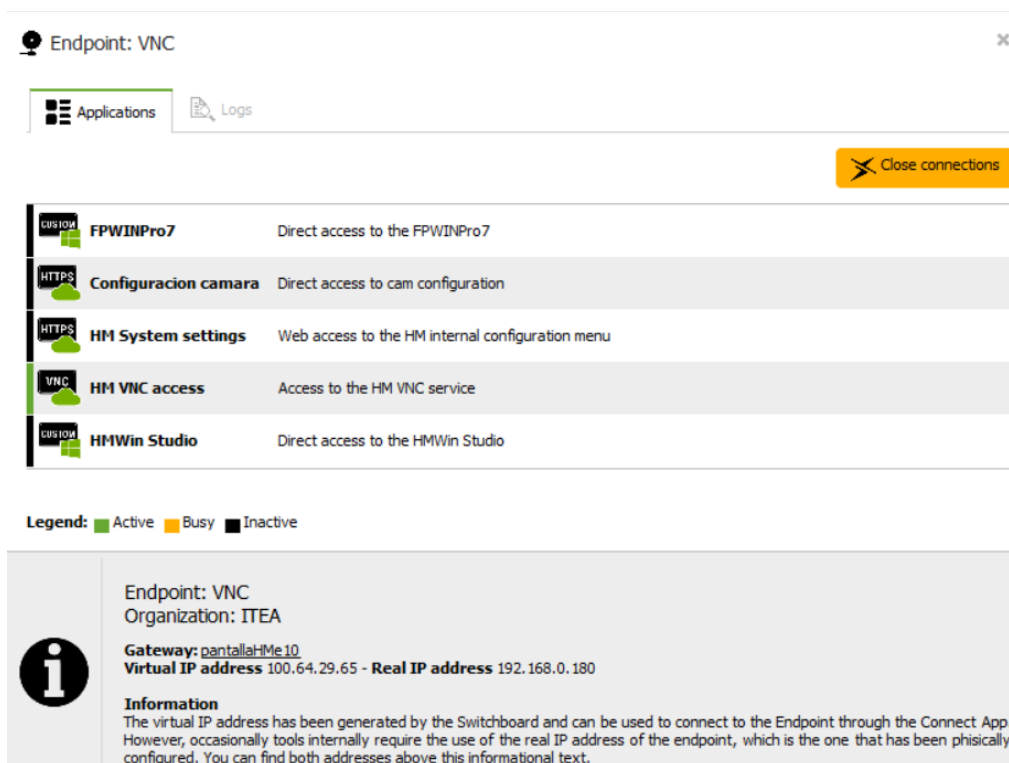


Figura 6.6. Conexión Pantalla-Cloud vista en Corvina



The screenshot shows a web interface for an 'Endpoint: VNC'. At the top, there are tabs for 'Applications' and 'Logs'. A yellow button labeled 'Close connections' is visible. Below this is a table of applications:

Protocol	Application Name	Description
CUSTOM	FPWINPro7	Direct access to the FPWINPro7
HTTPS	Configuracion camara	Direct access to cam configuration
HTTPS	HM System settings	Web access to the HM internal configuration menu
VNC	HM VNC access	Access to the HM VNC service
CUSTOM	HMWin Studio	Direct access to the HMWin Studio

Legend: ■ Active ■ Busy ■ Inactive

Endpoint: VNC
Organization: ITEA

Gateway: pantallaHMe10
Virtual IP address: 100.64.29.65 - **Real IP address:** 192.168.0.180

Information
The virtual IP address has been generated by the Switchboard and can be used to connect to the Endpoint through the Connect App. However, occasionally tools internally require the use of the real IP address of the endpoint, which is the one that has been physically configured. You can find both addresses above this informational text.

Figura 6.7. Endpoint VNC con Aplicaciones

Como se puede en la captura de la figura 6.7, desde el Endpoint VNC que se ha creado es posible acceder a varias aplicaciones a las que se ha conectado, como por ejemplo FPWINPro7 o HMWin Studio.

Finalmente, se comprueba que es posible conectarse a la pantalla en remoto desde el ordenador, y se observa como las direcciones IP (tanto la IP real del Gateway (192.168.0.180) como la de la conexión con el Cloud Service (192.18.157.93)), coinciden (figura 6.8) y se conectan a la perfección (figura 6.9).

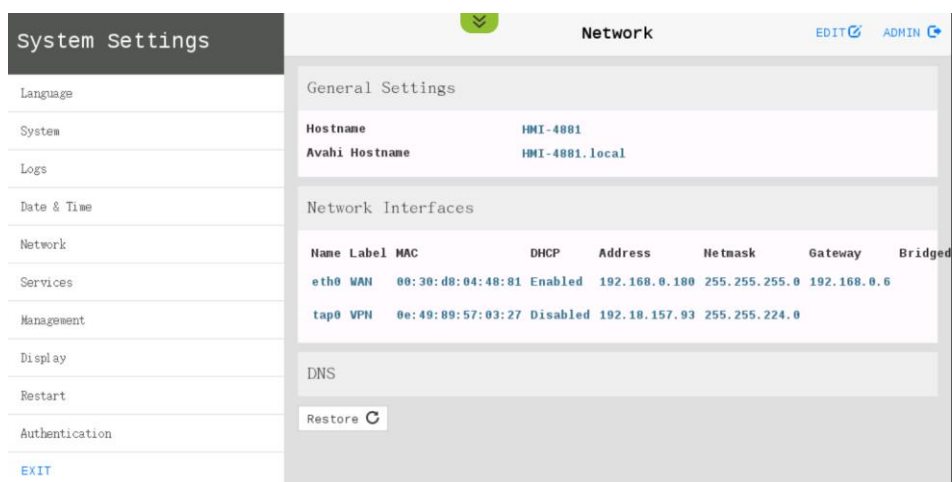


Figura 6.8. Direcciones de la Pantalla

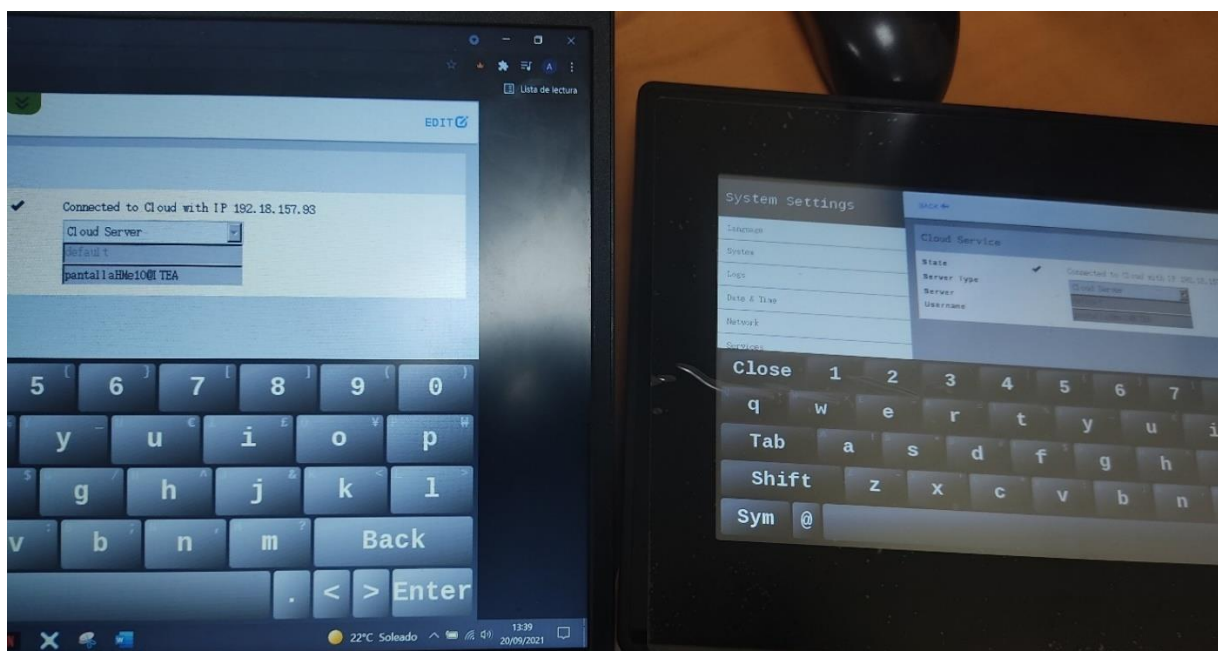


Figura 6.9. Conexión en Remoto a la Pantalla desde el Ordenador

Capítulo 7:

ESQUEMAS ELÉCTRICOS Y CROQUIS

En las tres siguientes imágenes se podrán observar, tanto el unifilar del cuadro general de distribución utilizado en el proyecto, como el croquis de la distribución en dicho cuadro general de la fábrica.

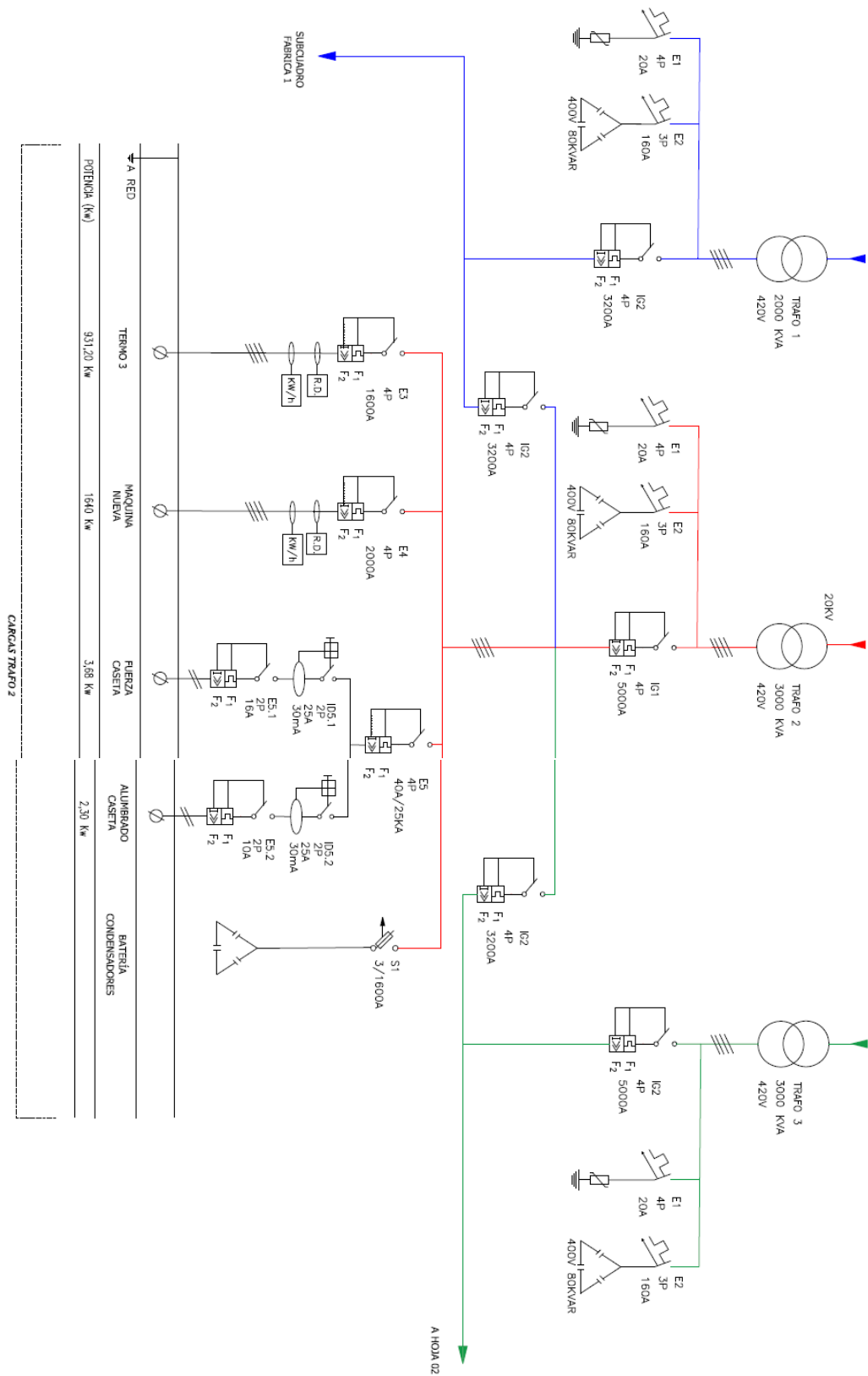


Figura 7.1. Unifilar del Cuadro General de Distribución (1)

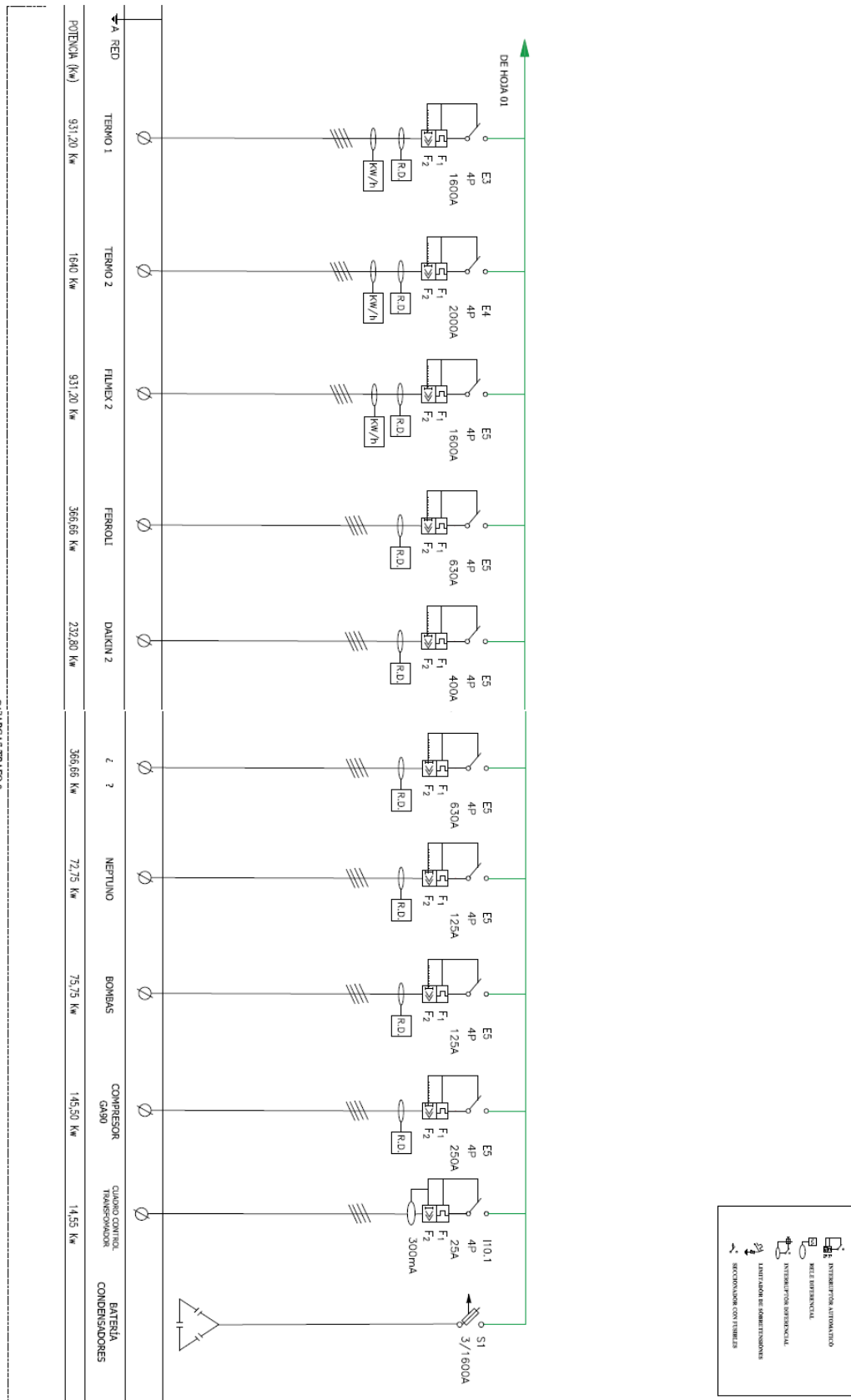


Figura 7.2. Unifilar del Cuadro General de Distribución (2)

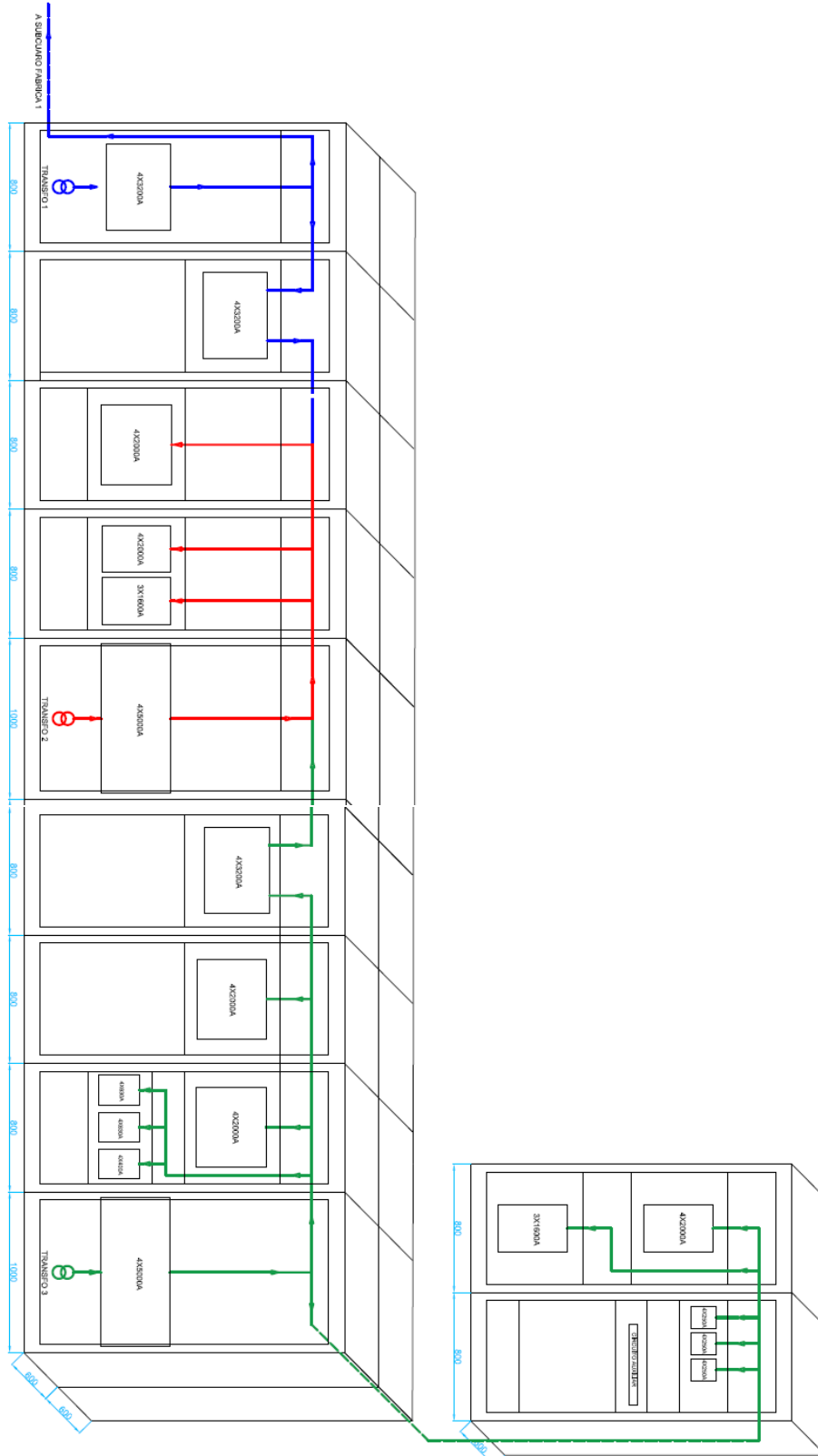


Figura 7.3. Croquis de la Distribución del Cuadro General

Capítulo 8:

PRESUPUESTO

En la siguiente tabla queda reflejado el coste aproximado del proyecto (en cuanto a materiales):

Material	Marca	Unidades	Coste/unidad	Coste Total
Autómata FP0H C32EP	Panasonic	1	381,56 €	381,56 €
Interruptor GTW1	Revalco	10	~12.000 €	~120.000 €
Autómata FP Sigma	Panasonic	1	369,92 €	369,92 €
Licencia Corvina Cloud	Panasonic	1	251,45 €	251,45 €
Pantalla HMe10	Panasonic	1	838,30 €	838,30 €
Fuente de Alimentación 24V	Omron	2	61,59 €	123,18 €
			Subtotal	121.964,41 €
			IVA 21%	25.612,53 €
			TOTAL	147.576,94 €

Tabla 8.1. Presupuesto de Materiales del Proyecto

Capítulo 9:

CONCLUSIONES

La realización del proyecto surge ante la necesidad de llevar un control más detallado y facilitar la lectura, comprensión y tratamiento de los datos de los interruptores, y así también llevar un mejor control del coste tanto económico como de energía que conllevan.

Todos los objetivos marcados a la hora de realizar el proyecto se han completado satisfactoriamente, e incluso se podría llevar a cabo una ampliación futura del proyecto realizando un análisis predictivo para observar con más detalle la rentabilidad del proyecto.

Durante este periodo de prácticas también he actualizado mis conocimientos sobre las nuevas tecnologías y su uso para mejorar el rendimiento de otras empresas clientes. Además, he podido ver más de cerca y vivir en primera persona como funciona una empresa tan amplia como Automatismos ITEA hoy en día, y como se complementan los distintos tipos de empleados de ella.

Capítulo 10:

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado [en línea]. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión [consulta 24 mayo 2021]
Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2002/08/02/842>
- [2] PANASONIC ELECTRIC [en línea]. Control FPWIN Pro [consulta 7 junio 2021]
Disponible en: <https://www.panasonic-electric-works.com/es/control-fpwin-pro.htm>
- [3] PANASONIC ELECTRIC [en línea]. Autómatas programables [consulta 9 junio 2021]
Disponible en: <https://www.panasonic-electric-works.com/es/automatas-programables.htm>
- [4] PANASONIC ELECTRIC [en línea]. FP Sigma [consulta 27 mayo 2021]
Disponible en: <https://www.panasonic-electric-works.com/es/potente-automata-compacto-fp-sigma.htm>
- [5] Made-in-China Connecting Buyers with Chinese Suppliers [en línea]. Manufacturers & Suppliers [consulta 9 junio 2021]
Disponible en: <https://jubangelectric.en.made-in-china.com/product/WBLQsSfAAjrZ/China-Gtw1-1000-3p-4p-Intelligent-Universal-Air-Circuit-Breaker-Acb-with-IEC60947-2.html>
- [6] Pedro Osvel Unñez Izaguirre, Proyecto “Simulación De Un Sistema De Adquisición De Datos Para Sistemas Eléctricos De Potencia”.
Disponible en: <https://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17349/1/UPS-GT002636.pdf>
- [7] José Manuel Piñero Rueda, Proyecto “Control de un motor de inducción usando un variador de frecuencia”.
Disponible en:
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90201/fichero/proyecto.pdf>
- [8] PANASONIC ELECTRIC [en línea]. Corvina Cloud User Manual [consulta 3 septiembre 2021]
Disponible en: http://www.panasonic-electric-works.com/cps/rde/xbcr/pew_eu_en/mn_hm_corvina_cloud_user_peweu_en.pdf

- [9] PANASONIC ELECTRIC [en línea]. Pantallas táctiles serie HMe [consulta 15 julio 2021]
Disponible en: <https://www.panasonic-electric-works.com/es/pantallas-tactiles-serie-hme.htm>
- [10] PANASONIC ELECTRIC [en línea]. Software de programación HMWin [consulta 20 julio 2021]
Disponible en: <https://www.panasonic-electric-works.com/es/software-de-programacion-hmwin.htm>
- [11] IEC 61131 [en línea]. Estandarización en la Programación del Control Industrial [consulta 24 mayo 2021]
Disponible en: <http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/IEC%2061131.pdf>
- [12] UNE-EN 60073 [en línea]. Principios básicos y de seguridad para Interfaces Hombre-Máquina, el marcado y la identificación [consulta 13 julio 2021]
Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0032974>