



Universidad de Oviedo

Memoria del Trabajo Fin de Máster realizado por

DAVID MARQUÉS DEL RÍO

para la obtención del título de

Máster en Ingeniería de Automatización e Informática Industrial

**ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE POSIBLES
ESTRATEGIAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS
EDIFICIOS DE PHOENIX CONTACT**

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA



ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	4
1.1	DATOS GENERALES DEL PROYECTO	4
1.2	PETICIONARIO	4
1.3	OBJETO	4
1.4	ALCANCE	5
1.5	DOCUMENTACIÓN	5
2.	ANTECEDENTES.....	6
3.	DETALLES DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	8
3.1	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ILUMINACIÓN	8
3.1	MONITORIZACIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS	10
3.1.1	Dispositivos y circuitos de medición.....	11
3.1.2	Bases de datos Acron.....	13
3.2	ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL	14
3.3	FUNCIONALIDADES ADICIONALES	15
3.3.1	Configuración de medidores de energía EMpro	15
3.3.2	Envío de correo electrónico desde un PLC de la familia ILC-1x1.....	18
3.3.3	Función Datalogger.....	18
3.4	HARDWARE UTILIZADO.....	19
3.4.1	Equipos de control.....	19
3.4.2	Medición de energía	22
4.	CONCLUSIONES DEL ESTUDIO REALIZADO	25
5.	BIBLIOGRAFÍA	26



ÍNDICE DE TABLAS E IMÁGENES

Tabla 1.1 - Datos generales del Proyecto	4
Tabla 1.2 - Peticionario	4
Imagen 3.1 - Esbozo conexionado de los contactores y mecanismos	9
Imagen 3.2 - Comunicación protocolos OPC	10
Imagen 3.3 - Conexión módulos IB IL PM 3P/N/EF-PAC a través de traf. intensidad	12
Imagen 3.4 - Diagrama arquitectura sistema de control	14
Imagen 3.5 - Banco de pruebas EMpro	15
Imagen 3.6 - Webserver EMM-ETH-MA600	16
Imagen 3.7 - Instalación de módulos de comunicación EMM-MA600	16
Imagen 3.8 - Diagrama de conexión RS-485.....	17
Tabla 3.1 - ILC 370 PN 2TX-IB.....	19
Tabla 3.2 - ILC 191 ME/AN	19
Tabla 3.3 - ILC 131 ETH	20
Tabla 3.4 - IBS IL 24 RB-T-PAC.....	20
Tabla 3.5 - IBS IL 24 BK-T/U-PAC.....	20
Tabla 3.6 - IB IL 24 SEG-ELF-PAC	21
Tabla 3.7 - IB IL 24 DI 16-PAC/SN.....	21
Tabla 3.8 - IB IL 24 DO 16-PAC	21
Tabla 3.9 - IB IL PM 3P/N/EF-PAC	22
Tabla 3.10 - EEM-MA600	22
Tabla 3.11 - EEM-ETH-MA600	23
Tabla 3.12 - EEM-RS485-MA600.....	23
Tabla 3.13 - EEM-MA200	23
Tabla 3.14 - PACT MCR-V1-21-44-50-5A-1	24
Tabla 3.15 - PACT RCP-4000A-1A-D95.....	24



1. INTRODUCCIÓN

1.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

Datos Generales del Proyecto	
Título del Proyecto	ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE POSIBLES ESTRATEGIAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS EDIFICIOS DE PHOENIX CONTACT
Autor	David Marqués del Río (DNI 71525467-K)
Empresa Colaboradora	Phoenix Contact S.A.U.
Tutor en la Empresa	Enrique Montes Rodríguez
Tutor Académico	Víctor Manuel González Suárez
Área de Conocimiento	Máster MAIIND - Ingeniería de Sistemas y Automática
Fecha de presentación	Convocatoria Enero 2016

Tabla 1.1 - Datos generales del Proyecto

1.2 PETICIONARIO

El presente Proyecto, se desarrolla a petición de la Empresa Colaboradora, propietaria de la instalación sobre la que se aplica, cuyos datos se detallan a continuación:

Peticionario	
PHOENIX CONTACT S.A.U.	
Dirección	Parque Tecnológico de Asturias p. 16-17 - LLANERA (Asturias)
Teléfono	+34 985 791 636
Fax	+34 985 985 559
E-mail	info@phoenixcontact.es

Tabla 1.2 - Peticionario

1.3 OBJETO

En este Proyecto se pretende llevar a cabo la implantación de un sistema de gestión de la iluminación y registro de consumos energéticos en las instalaciones que la firma Phoenix Contact posee en el Parque Tecnológico de Asturias (Llanera), con el objetivo de ser capaces de extraer conclusiones acerca de la mejora de la eficiencia energética en las mismas a partir de los datos obtenidos.



Este trabajo comprenderá la adaptación del sistema actual de gestión de la iluminación del edificio de oficinas para su trabajo con un SCADA web de última generación, así como su ampliación, tanto a nivel hardware como software, de cara a añadir funcionalidades de medición y registro de parámetros eléctricos para su posterior estudio, para así ser capaces de tomar decisiones para la mejora de la eficiencia energética de la instalación.

1.4 ALCANCE

El alcance del presente Proyecto comprende las tareas necesarias para la implementación de los desarrollos descritos, siguiendo el siguiente esquema:

- Estudio del actual sistema de gestión de la iluminación: adaptación de los programas de control para su funcionamiento con el paquete Atvise (SCADA web). Diseño de las pantallas de operador y pruebas de funcionamiento. Documentación de los trabajos.
- Implantación de sistema de monitorización de consumos energéticos, con la instalación de nuevo hardware para la medición de parámetros del suministro eléctrico. Registro y almacenamiento de la información en bases de datos: creación de históricos, informes y gráficas de tendencias mediante el software Acron (BBDD). Documentación de los trabajos.
- Demostración, a través de ejemplos desarrollados y explicados, de funcionalidades adicionales que poseen los equipos de Phoenix Contact, y que pueden ser útiles en este tipo de desarrollos: Datalogger, envío de e-mail desde el PLC, plantillas para la parametrización y configuración de otros equipos de medida dentro del catálogo de Phoenix Contact (serie EMpro), etc. Documentación de los trabajos.

1.5 DOCUMENTACIÓN

La documentación que acompaña a este Proyecto se estructura en los siguientes documentos, refiriéndose a los tres puntos generales descritos en el Alcance del Proyecto:

- Documento Nº1: Memoria
- Documento Nº2: Manual de Usuario
- Documento Nº3: Manual del Programador
- Documento Nº4: Código Fuente
- Documento Nº5: Planificación Temporal y Presupuesto



2. ANTECEDENTES

El punto de partida de este desarrollo se remonta al sistema de gestión de la iluminación que Phoenix Contact desarrolló en su momento, basado en el uso de una arquitectura de periferia descentralizada de INTERBUS. Como el objetivo del Proyecto es implantar un sistema tanto para la visualización y registro de variables energéticas a partir de la adaptación de dicho programa de control, se nos presentan las siguientes decisiones:

En cuanto a la implantación:

Los edificios que componen las instalaciones de Phoenix Contact en Llanera son 2: un edificio de oficinas, y una nave dedicada a centro logístico. Para este trabajo, se ha decidido centrarse en el edificio de oficinas, pues ya posee todos los equipos de control, la periferia y los buses de campo necesarios para comenzar nuestro estudio.

Debido al alto coste de ampliar esta arquitectura de control al centro logístico, la propiedad ha decidido por el momento centrar el estudio únicamente al edificio de oficinas.

En cuanto al hardware:

Utilización de módulos de medición fabricados por la propia Phoenix Contact, de la gama Inline para permitir acoplarlos a las remotas de INTERBUS ya existentes en los armarios eléctricos del edificio de oficinas. La otra gran familia de estos medidores presente en el catálogo de Phoenix Contact es la gama EMPro, la cual se ha tratado en el apartado de funcionalidades adicionales dentro de este desarrollo.

En cuanto a los circuitos eléctricos y de HVAC:

La medición de los parámetros correspondientes a los circuitos eléctricos se realiza, como ya se ha mencionado, gracias a la adición de módulos de medida al sistema de control actual.

Por el contrario, la cuantificación de los consumos del circuito de climatización (HVAC - *Heating, Ventilating and Air Conditioning* -) que completarían este estudio de eficiencia, no ha sido posible. En este caso, existe una centralita en la sala de calderas que fue instalada en el momento de la construcción del edificio, pero que nunca fue utilizada con lo cual no se encuentra disponible, y tampoco pertenece a ningún modelo comercial conocido del que pueda encontrarse fácilmente información para su puesta en marcha. Sería conveniente sustituir dicha centralita para continuar el estudio por esta parte, lo cual no se ha valorado por el momento.



En cuanto al software:

Además de las aplicaciones propias de Phoenix Contact usadas para la configuración y programación del hardware, es necesario decidir qué software ha de utilizarse tanto para el SCADA como para la BBDD.

En este caso, y por requerimiento de la propiedad, se han usado Atvise y Acron, respectivamente. La razón principal es que ambas suites se han incorporado recientemente al catálogo de Phoenix Contact como distribuidor, a pesar de ser productos externos, comercializando además dispositivos de control pre-configurados para su uso con estos paquetes.

Por su parte, Atvise incorpora gráficos vectoriales más avanzados que un SCADA web típico (como AXweb o WebVisit, de Phoenix Contact), mientras que Acron ofrece una gestión de históricos con la generación transparente para el usuario de informes y gráficas, frente a otros sistemas como SQL. Debido a la universalidad de este último, se ofrece un ejemplo de configuración de la librería que permite la comunicación de los controladores de Phoenix Contact con una base de datos SQL en el apartado dedicado a las funcionalidades adicionales.

Estos paquetes de software correrán en el servidor que la empresa posee en la planta baja de las oficinas.



3. DETALLES DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

En este apartado se pretenden detallar en profundidad las particularidades de la solución adaptada para cada uno de los apartados del Proyecto de acuerdo a los puntos anteriores:

3.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ILUMINACIÓN

Los trabajos llevados a cabo en esta parte se resumen en la adaptación del programa base que Phoenix Contact posee para la gestión del encendido y apagado de las luces del edificio, para permitir su interacción con el SCADA Atvise, que utiliza tecnología web y puede emplearse desde cualquier navegador moderno.

El objetivo de la implementación de este SCADA es la visualización en tiempo real, de las luces del edificio que permanecen encendidas, así como del estado de los contactores de los que cuelgan las distintas luminarias, y sus opciones de rearme.

El modo de funcionamiento de la gestión existente se basa en un PLC de la serie ILC 370PN situado en la planta baja del edificio de oficinas, el cual controla los contactores principales del sistema de iluminación, que se encuentran en las 4 plantas de las que se compone el edificio:

- Planta 2ª
- Planta 1ª
- Planta Baja
- Planta (semi)Sótano

Estos contactores, del tipo NC, se conectan a remotas de INTERBUS ya existentes dentro de los cuadros generales de cada planta en un sistema de periferia descentralizada, y controlan los circuitos de iluminación del edificio. Es decir, se encuentran cerrados por defecto si no se actúa sobre ellos, pudiendo manejar los interruptores que accionan las distintas luminarias a nuestro antojo. Si por el contrario, el sistema de control les envía órdenes de apertura, quedarán sin tensión todos los circuitos de iluminación que se encuentran aguas abajo.

De este modo, el PLC es capaz de controlar gracias al programa implementado, las horas en que estos circuitos se mantienen en tensión, dados los horarios laborables, jornadas de trabajo de verano, y días festivos/fines de semana (en estos últimos, los contactores permanecen abiertos).



Para el encendido de las luces fuera de este horario laborable, es necesario rearmar dichos contactores. Los métodos de rearme son dos:

- A través del interruptor (mecanismo) que acciona una de las luminarias que cuelga de ese contactor. Esto se conoce como *Rearme por mecanismo*, y tendrá validez por un tiempo dado. Los mecanismos se conectan al sistema de control por medio de entradas digitales, a los módulos de remotas de INTERBUS.
- A través de los botones al efecto que se han implementado en las pantallas de operador, lo cual se conoce como *Rearme manual*. Este tipo de rearme puede ser por un tiempo definido por el usuario en el SCADA, o bien por un tiempo predefinido en el programa. Esta última opción se reconocerá por *Rearme por defecto*, una vez se pase a describir el funcionamiento de las pantallas en el Manual de Usuario correspondiente.

El tiempo por defecto en todos los casos será de una (1) hora, reseteándose las opciones de tiempo que pudo haber introducido el usuario, a este tiempo por defecto en el momento en que se comience una nueva jornada laboral.

El siguiente esbozo pretende ilustrar el conexionado de los elementos físicos descritos, dentro de los cuadros eléctricos de las plantas:

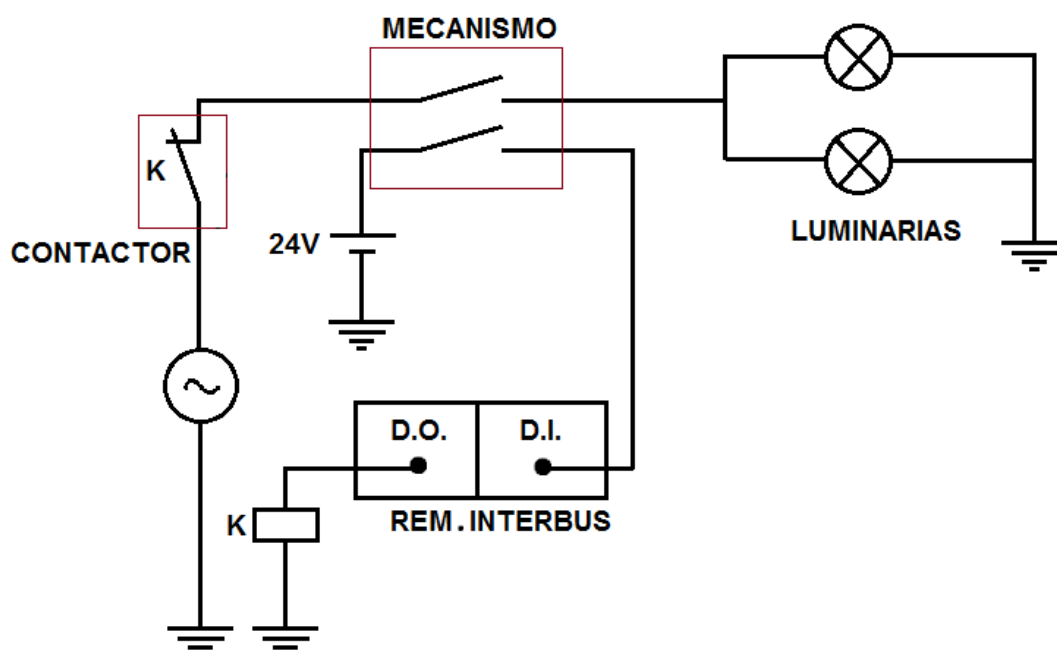


Imagen 3.1 - Esbozo conexionado de los contactores y mecanismos



Las modificaciones necesarias en el programa, las cuales se detallan en el Manual del Programador correspondiente, serán por lo tanto las que habilitan la interacción entre estos elementos del sistema de control y el nuevo SCADA.

3.1 MONITORIZACIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS

La segunda gran parte de la que se compone la solución implementada trata de la ampliación del actual sistema de gestión de la iluminación en el edificio de oficinas, para añadir funcionalidades de medición y registro de las variables del suministro eléctrico, en diversos puntos clave del edificio.

En este caso, se parte del programa de control ya modificado para su trabajo conjunto con Atvise, para añadirle las funcionalidades de registro y almacenamiento de datos que permitan la creación de informes y gráficas a partir de dichos históricos, para así ser capaces de introducir medidas de mejora de la eficiencia energética del edificio a partir del estudio de esta información.

La toma de datos con los que Acron trabaja se realiza desde el servidor OPC-UA que Atvise incorpora, siendo Atvise el que captura dichas variables desde el sistema de control por medio de OPC-DA, gracias al servidor AX-OPC server que incorpora la suite *Automation software* de Phoenix Contact.



Imagen 3.2 - Comunicación protocolos OPC

La razón por la que se ha escogido este planteamiento, radica en que el PLC, de la familia ILC-370PN, no soporta el nuevo protocolo OPC-UA. Además, se ha observado que las pruebas realizadas intentando establecer todas las comunicaciones entre programas utilizando el servidor integrado OPC-DA, originan inestabilidades en el ordenador de procesos, ya que en ciertas situaciones se intentan pisar datos unos a otros por intentar abrir nuevas instancias del servidor AX-OPC, en vez de conectarse a la ya existente.

Por el momento no existe una solución documentada a este problema por parte de Phoenix Contact, funcionando correctamente el planteamiento escogido, con el inconveniente de que es necesario que el servicio de Atvise esté corriendo para que Acron sea capaz de capturar los datos de proceso.



3.1.1 Dispositivos y circuitos de medición

En el caso de la medición y registro de los consumos eléctricos, se ha previsto la instalación de módulos INLINE (referencia IB IL PM 3P/N/EF-PAC), que sean capaces de medir los parámetros deseados del suministro.

El número de módulos necesarios y su disposición se ha decidido a partir de los planos originales de la instalación eléctrica del edificio. A partir de esta información, se segmentan los circuitos de la siguiente forma:

- 4 plantas (Sótano, Planta Baja, Plantas 1 y 2) divididas a su vez en circuitos de *Fuerza* y *Alumbrado*, con lo que tenemos un total de 8 módulos para esta parte. La situación de dichos módulos será en los cuadros secundarios de la planta correspondiente, acoplados a las remotas de INTERBUS ya existentes.
- Medición de las variables eléctricas de la acometida general del edificio (*Acometida*), con la instalación de un noveno módulo en el armario principal situado en la Planta Baja, en este caso acoplado directamente al controlador.

Dado que la limitación de paso de corriente del módulo IB IL PM 3P/N/EF-PAC es de 5A, es necesaria la instalación adicional de transformadores de intensidad, dimensionados a la corriente máxima que podrá circular por el circuito en el que se encuentra, limitada por su magneto-térmico correspondiente.

En los casos de los módulos que miden las variables eléctricas en los distintos circuitos de *Fuerza* y *Alumbrado*, se recurre al uso de transformadores de intensidad estándar para tubo, existiendo uno por fase + neutro para cada circuito. La referencia de estos elementos es PACT MCR-V1-21-44-50-5A-1, siendo la relación de transformación de 50/5A.

Para la medición en la acometida del edificio, será necesario utilizar transformadores de intensidad para su acoplamiento al embarrado existente. La referencia usada aquí será PACT RCP-4000A-1A-D95 (transformadores efecto Rogowski), también dentro del propio catálogo de Phoenix Contact.

Los detalles de estos dispositivos se desglosan en el apartado dedicado al hardware utilizado, dentro del presente documento.

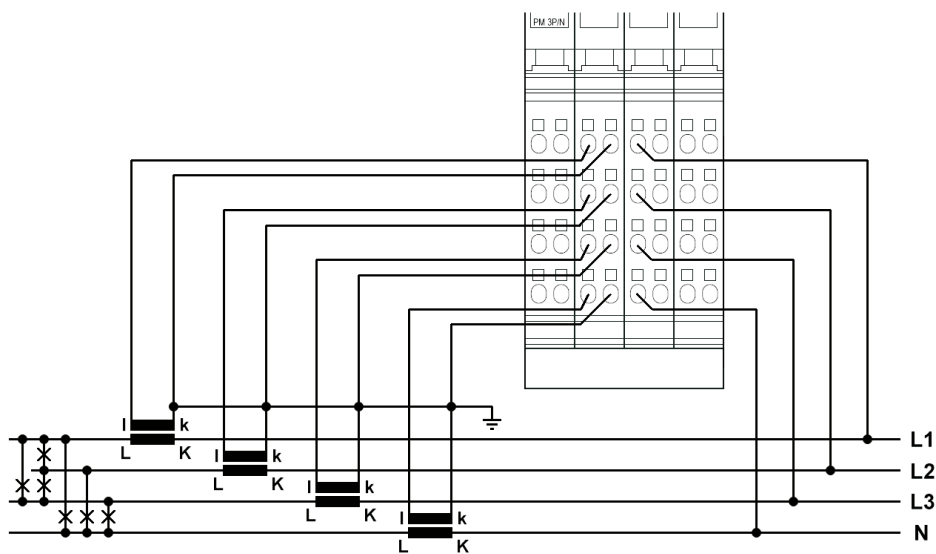


Imagen 3.3 - Conexión módulos IB IL PM 3P/N/EF-PAC a través de traf. intensidad

En cuanto a la parametrización de los dispositivos, se realiza directamente en PC-Worx a través de los datos de proceso (PD), debiendo activar las opciones de medición a través de transformadores de intensidad, además de seleccionar el tipo de línea (3L+N). Las distintas opciones de configuración se explican convenientemente en el *Manual del Programador* que acompaña al Proyecto.

Teniendo en cuenta lo anterior, se definen todas las variables que se medirán para cada módulo, bien para su uso en el SCADA, o su registro en la base de datos Acron (como *Measured Values* -copia directa de la información que le llega por OPC-):

- Tensiones de fase (V1, V2, V3)
- Corrientes de fase (I1, I2, I3)
- Corriente del neutro (In)
- Potencia activa por fase (P1, P2, P3)
- Potencia activa total (P)
- Potencia reactiva por fase (Q1, Q2, Q3)
- Potencia aparente por fase (S1, S2, S3)
- Potencia aparente total (S)
- Factor de potencia por fase -power factor- (PF1, PF2, PF3)
- Factor de potencia resultante (PF)
- Frecuencia (F)



3.1.2 Bases de datos Acron

En la base de datos creada en Acron, se pretende cruzar la información del estado de las luminarias que nos aporta el programa de gestión original, con los nuevos datos de consumos energéticos obtenidos a partir de los módulos de medición.

Adicionalmente al registro de los datos leídos desde los módulos y el estado de las luminarias, se prevé la creación de nuevas variables en Acron (*Calculated Values*), que son combinaciones de las anteriores, y nos darán información más global y útil de dónde se están produciendo los consumos:

- Total de potencias por planta (Fuerza + Alumbrado)
- Total de potencias de Alumbrado (suma de potencias de Alumbrado por planta)
- Total de potencias de Fuerza (suma de potencias de Fuerza por planta)
- Potencia consumida por elementos externos a estos circuitos (ascensor, caldera, etc.), de forma aproximada, mediante la diferencia entre la potencia total leída en la Acometida con el resto de los registros.

Con este abanico de información disponible, se consiguen todos los datos del suministro que nos interesan para así poder trabajar con ellos en cada parte. El objetivo final, como ya se ha mencionado, es el de obtener una cantidad de información (históricos) que permita tomar decisiones de cara a la mejora de la eficiencia, con el apoyo de los informes y gráficas que este software permite crear de forma sencilla.

En el documento *Manual de usuario*, se introduce al usuario la forma de generación de estos informes y gráficas a partir de los históricos almacenados, utilizando las siguientes aplicaciones que forman parte de la suite Acron:

- Acron Designer: Definición de nuevos informes y gráficas, gestión de datos de la planta.
- Acron Reporter: Impresión de informes y consulta temporal de todos los datos de proceso.
- Acron Graph: Visualización de las gráficas a partir de las variables almacenadas.



3.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

Sobre los puntos anteriores, se muestra a continuación el diagrama correspondiente a la arquitectura final del sistema de control posteriormente a las modificaciones realizadas en las remotas del bus de campo, en una disposición de periferia descentralizada.

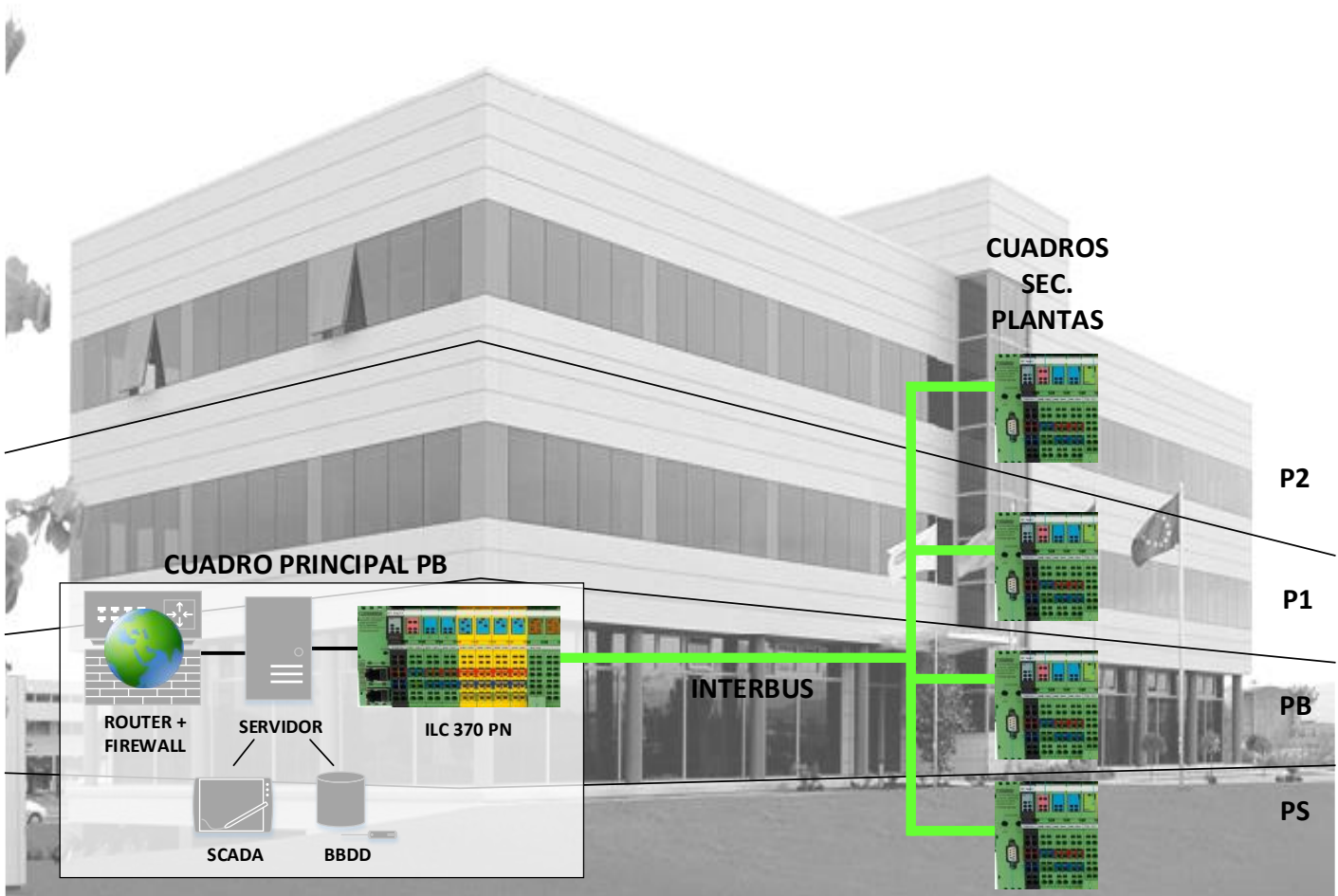


Imagen 3.4 - Diagrama arquitectura sistema de control

En él, se aprecia la disposición de elementos situados en el armario general en la planta baja del edificio: PLC de la serie ILC-370PN como controlador (+ módulo de medición), conectado directamente a la red local en la cual se encuentra el servidor de la compañía, donde se alojan el SCADA y la base de datos utilizados, con salida a Internet a través del correspondiente router + firewall.

En la parte derecha de la imagen se encuentran las remotas de INTERBUS correspondientes a cada planta del edificio, contando en este caso con sus módulos de E/S digitales del sistema de gestión de iluminación y los dedicados a la medición.



3.3 FUNCIONALIDADES ADICIONALES

En el presente apartado, se detallan algunas funcionalidades adicionales de la familia de dispositivos de Phoenix Contact, que se han tratado por considerarse válidas como ampliación de este sistema de medición y registro de consumos energéticos. Son tres las que se aquí se incluyen:

- Parametrización y comunicación de medidores de energía eléctrica, de la familia EMpro de Phoenix Contact. Se utilizarán para ello los modelos EMM-MA200 y EMM-MA600. Las comunicaciones se establecen por medio de MODBUS (RS-485) Y MODBUS/TCP (Ethernet RJ-45), en conexión con un PLC de la familia ILC-1x1. Los datos obtenidos, por su parte, se almacenan en una tabla SQL Server mediante el uso de las librerías necesarias en PC-Worx, como ejemplo de alternativa a la utilización de Acron.
- Ejemplo de envío de datos de proceso por correo electrónico (e-mail) desde un PLC de la familia ILC-1x1.
- Ejemplo de adquisición y registro de datos en la memoria del PLC: Función Datalogger. Se desarrolla conjuntamente con el envío de e-mail desde el PLC.

3.3.1 Configuración de medidores de energía EMpro

En este ejemplo se pretende establecer la comunicación de los dispositivos EMpro EMM-MA200 y EMM-MA600 con un PLC modelo ILC 191 ME/AN, por medio de diversos buses de campo. Las distintas pruebas se han llevado a cabo en el banco de trabajo:

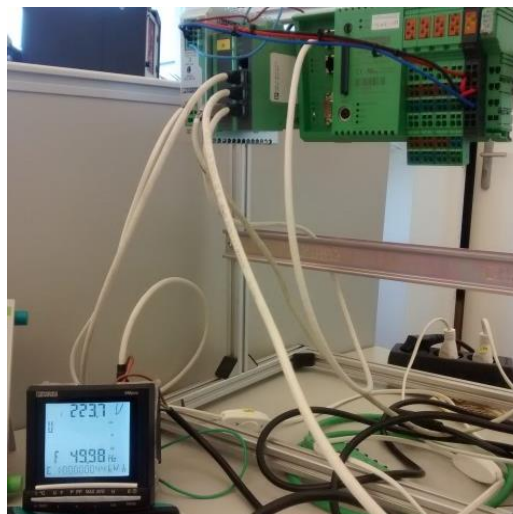


Imagen 3.5 - Banco de pruebas EMpro



En este caso las comunicaciones se establecen mediante los protocolos MODBUS (RS-485) Y MODBUS/TCP (Ethernet RJ-45), dedicando un apartado de la programación para cada uno de los casos. En el caso de optar por el uso de conectividad Ethernet, se ofrece una funcionalidad básica de visualización de los parámetros eléctricos (Webserver) a la que puede accederse por medio de un navegador web estándar.



Imagen 3.6 - Webserver EMM-ETH-MA600

Por su parte, el dispositivo EMM-MA600 admite en su parte trasera la utilización de módulos de expansión que permiten habilitar estos canales de comunicación (ver apartado Hardware Utilizado). El conexionado de los módulos de expansión Ethernet (EMM-ETH-MA600) y RS-485 (EMM-RS485-MA600), está disponible en las hojas de características de los componentes, que se adjuntan en este Proyecto.

La conexión Ethernet se efectúa a través de un switch industrial, asignando a este módulo una dirección IP en el rango de direcciones en el que se encuentran el resto de equipos a comunicar (PLC y PC). Si nos decidimos por un protocolo RS-485, la conexión es directa a 2 hilos al canal de entrada analógico del ILC-191, debiendo configurar los jumpers que actúan como resistencias terminadoras del bus.

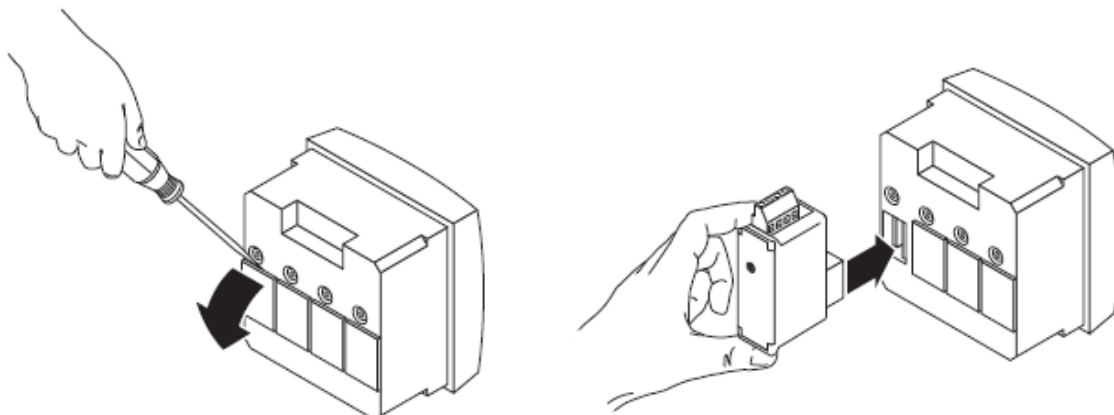


Imagen 3.7 - Instalación de módulos de comunicación EMM-MA600

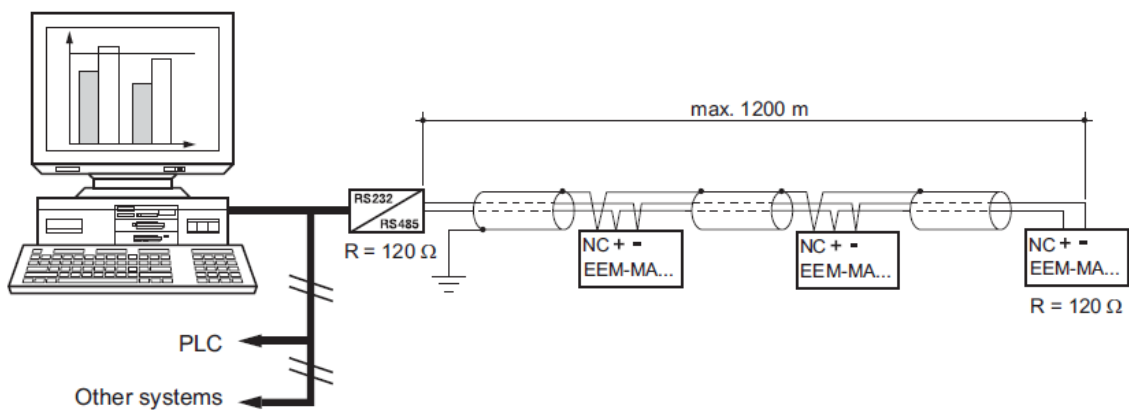


Imagen 3.8 - Diagrama de conexión RS-485

En el documento Manual del Programador, se desarrolla este ejemplo, con la medida a través de estos protocolos de los siguientes parámetros dentro de una instalación alterna monofásica:

- Tensión de la fase (V1)
- Corriente de la fase (I1)
- Frecuencia (F)
- Potencia aparente (S)
- Potencia activa (P)
- Potencia reactiva (Q)
- Factor de potencia (PF)

Estas variables, equivalentes a la que se obtienen con el módulo de Inline utilizado en el programa principal (con la única diferencia de tratarse de líneas trifásica/monofásica), pueden ser igualmente almacenadas en bases de datos, o usarse en otras partes de un supuesto programa de mayor envergadura.

Para el ejemplo desarrollado, se muestra la simple escritura de los valores obtenidos por alguno de los protocolos ModBus descritos, como una secuencia en una tabla SQL Server, pudiendo así ser utilizada a modo de plantilla en programas de mayor tamaño, que sigan estas directrices básicas de funcionamiento.



3.3.2 Envío de correo electrónico desde un PLC de la familia ILC-1x1

Para la implementación de esta segunda funcionalidad, se ha optado por utilizar el PLC más básico de la actual familia ILC-1xx, concretamente el ILC-131 ETH, que ya soporta el protocolo SMTP necesario para llevar a cabo esta tarea.

Como ejemplo, se ha desarrollado un programa en PC Worx que contiene una configuración de los bloques de función básicos necesarios para el envío de correo, adjuntando en el ejemplo uno de los archivos .csv originados por la funcionalidad de Datalogger del PLC.

3.3.3 Función Datalogger

Los PLCs de Phoenix Contact permiten también la programación de Dataloggers, es decir, la recogida de ciertos datos de proceso para su posterior registro en archivos .csv. Estos ficheros pueden almacenarse de forma local en la memoria del PLC, o alojarse externamente en servidores FTP, pudiendo abrirse para su consulta/edición en cualquier editor de archivos .csv, como Microsoft Excel.

La cantidad de variables y datos que es capaz de almacenar se ve limitada por el espacio de la memoria interna del autómata. Siempre que se desee, pueden generarse nuevos archivos de forma periódica para separar los datos cronológicamente, para poder procesar los archivos antiguos convenientemente una vez que se han cerrado.

A modo de ejemplo, se ha desarrollado un pequeño programa que registra una serie de tipos de datos básicos (REAL, INT, BOOL, BYTE) cada cierto tiempo en un archivo .csv, el cual es capaz de almacenarse automáticamente en la propia memoria del PLC, o subirse a un servidor FTP, con los nombres de archivo que deseemos.



3.4 HARDWARE UTILIZADO

3.4.1 Equipos de control

En este apartado se enumeran los dispositivos de control que se han utilizado para la implementación de este Proyecto, indicando en todos los casos la parte del Proyecto a la que afectan, un breve resumen de su funcionalidad, y la inclusión de su correspondiente hoja de características para mayor información.


Ref. Dispositivo	Phoenix Contact ILC 370 PN 2TX-IB	
Código	2876915	
Características	Controlador Inline con interfaces PROFINET e INTERBUS para el acoplamiento a otros mandos o sistemas	
Funcionalidad	Control de la iluminación, conexión a remotas INTERBUS para gestión luminarias y conexión a módulos de medición de energía	

Tabla 3.1 - ILC 370 PN 2TX-IB


Ref. Dispositivo	Phoenix Contact ILC 191 ME/AN	
Código	2700074	
Características	Controlador Inline con interfaz de dirección de impulsos/modulación por amplitud de pulsos, RS-485/422, entradas analógicas (0 ... 10 V) y salidas analógicas (0 ... 10 V)	
Funcionalidad	Conexión de dispositivos EMpro mediante interfaz RS-485 y Modbus/TCP en banco de trabajo.	

Tabla 3.2 - ILC 191 ME/AN




Ref. Dispositivo	Phoenix Contact ILC 131 ETH	
Código	2700973	
Características	Controlador Inline con interfaz PROFINET, conectividad Ethernet y Modbus/TCP	
Funcionalidad	Prueba, en banco de trabajo, de las funciones de envío de correo y Datalogger	

Tabla 3.3 - ILC 131 ETH


Ref. Dispositivo	Phoenix Contact IBS IL 24 RB-T-PAC	
Código	2861441	
Características	Borne de derivación de bus remoto INTERBUS, 24 V DC	
Funcionalidad	Derivación INTERBUS del controlador ILC-370PN, para habilitar conexión de remotas en cada planta.	

Tabla 3.4 - IBS IL 24 RB-T-PAC


Ref. Dispositivo	Phoenix Contact IBS IL 24 BK-T/U-PAC	
Código	2861580	
Características	Acoplador de bus INTERBUS, conexión para cobre, 24 V DC	
Funcionalidad	Conexión de remotas INTERBUS en los cuadros secundarios de cada una de las plantas, al controlador principal de la instalación.	

Tabla 3.5 - IBS IL 24 BK-T/U-PAC




Ref. Dispositivo	Phoenix Contact IB IL 24 SEG-ELF-PAC	
Código	2861409	
Características	Borne de segmento Inline, 24 V DC, fusible electrónico	
Funcionalidad	Segmentación de circuitos en remotas de INTERBUS en los cuadros secundarios de cada planta.	

Tabla 3.6 - IB IL 24 SEG-ELF-PAC


Ref. Dispositivo	Phoenix Contact IB IL 24 DI 16-PAC/SN	
Código	2862958	
Características	Borne de entradas digitales Inline, 16 entradas, 24 V DC	
Funcionalidad	Entradas digitales en remotas de INTERBUS en los cuadros secundarios de cada planta.	

Tabla 3.7 - IB IL 24 DI 16-PAC/SN


Ref. Dispositivo	Phoenix Contact IB IL 24 DO 16-PAC	
Código	2861292	
Características	Borne de salidas digitales Inline, 16 salidas, 24 V DC	
Funcionalidad	Salidas digitales en remotas de INTERBUS en los cuadros secundarios de cada planta.	

Tabla 3.8 - IB IL 24 DO 16-PAC



3.4.2 Medición de energía

En este apartado se enumeran los dispositivos de medición de energía que se han utilizado para la implementación de este Proyecto, indicando en todos los casos la parte del Proyecto a la que afectan, un breve resumen de su funcionalidad, y la inclusión de su correspondiente hoja de características para mayor información.


Ref. Dispositivo	Phoenix Contact IB IL PM 3P/N/EF-PAC	
Código	2700965	
Características	El módulo de medición de Inline sirve para medir directamente intensidades de corriente AC de hasta 5 A (intensidades mayores a través de transformadores de corriente), así como de la corriente del neutro y tensiones de conductores externos de hasta 400 V AC (fase / conductor neutro)	
Funcionalidad	Medición de parámetros eléctricos en el edificio de oficinas	

Tabla 3.9 - IB IL PM 3P/N/EF-PAC


Ref. Dispositivo	Phoenix Contact EEM-MA600	
Código	2901366	
Características	Medidor de energía para medir parámetros eléctricos en instalaciones de baja tensión hasta 700 V, registro de armónicos por separado	
Funcionalidad	Medición de parámetros eléctricos en banco de trabajo, como funcionalidad adicional al módulo Inline	

Tabla 3.10 - EEM-MA600




Ref. Dispositivo	Phoenix Contact EEM-ETH-MA600	
Código	2901373	
Características	Módulo de comunicación Ethernet para EEM-MA600 con servidor web integrado	
Funcionalidad	Comunicación Modbus TCP del MA-600	

Tabla 3.11 - EEM-ETH-MA600


Ref. Dispositivo	Phoenix Contact EEM-RS485-MA600	
Código	2901367	
Características	Módulo de comunicación RS-485 JBUS/MODBUS para EEM-MA600	
Funcionalidad	Comunicación Modbus RS-485 del MA-600	

Tabla 3.12 - EEM-RS485-MA600


Ref. Dispositivo	Phoenix Contact EEM-MA200	
Código	2901362	
Características	Medidor de energía para medir parámetros eléctricos en instalaciones de baja tensión hasta 500 V, registro de armónicos.	
Funcionalidad	Medición de parámetros eléctricos en banco de trabajo, como funcionalidad adicional al módulo Inline	

Tabla 3.13 - EEM-MA200




Ref. Dispositivo	Phoenix Contact PACT MCR-V1-21-44-50-5A-1	
Código	2277019	
Características	Transformador de intensidad "tubo" 50A/5A	
Funcionalidad	Salida de corriente 0-5A a la entrada de los módulos Inline de medición, situados en los cuadros secundarios de cada planta.	

Tabla 3.14 - PACT MCR-V1-21-44-50-5A-1


Ref. Dispositivo	Phoenix Contact PACT RCP-4000A-1A-D95	
Código	2904921	
Características	Transformador de intensidad bobina efecto Rogowski, hasta 4000A.	
Funcionalidad	Salida de corriente 0-1A eff. Situados en las barras de la acometida general del edificio para medida de parámetros globales.	

Tabla 3.15 - PACT RCP-4000A-1A-D95



4. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO REALIZADO

Las conclusiones que pueden extraerse del estudio realizado, desde el punto de vista de la eficiencia, deberían obtenerse a partir de la información almacenada en las bases de datos durante un periodo lo suficientemente largo como para poder emitir juicios al respecto.

Por lo tanto, y como se ha venido mencionado durante el desarrollo de los documentos, el objetivo de este Proyecto no es tanto aportar soluciones cuantitativas de ahorro energético, si no el de aportar las herramientas para, dado el caso, ser capaces de definir las gracias a la implantación de un sistema de medición y registro temporal de los consumos. Esto se ha conseguido gracias a la instalación de nuevo hardware añadido al sistema de control existente, y su programación correspondiente como punto central de este desarrollo, aportando además posibilidades adicionales de comunicaciones e IT gracias a las características de los controladores utilizados.

Aun así, pueden deducirse medidas inmediatas que surgen de la simple observación de las instalaciones y la disposición de los circuitos eléctricos. Se ha observado que los equipos que cuelgan de los distintos circuitos de fuerza, por su naturaleza no son susceptibles de mejora sin grandes inversiones: calderas, ascensores, portón, seguridad y protección anti-incendios, etc. El resto de elementos aquí presentes engloban todo el equipamiento informático propio de la labor que se desarrolla.

Si nos fijamos en los circuitos de iluminación, vemos que aproximadamente el 30% de la potencia total instalada está dedicada a esta tarea. Esto lo hace un terreno donde una mayor eficiencia en las luminarias puede derivar en un ahorro importante en los costes energéticos.

Para ello, sería valorable la sustitución de los tubos fluorescentes por tubos LED según vayan alcanzando el final de su vida útil, ya que aportan un ahorro considerable en grandes cantidades como es el caso, ya que la mayoría de la iluminación presente es de este tipo. Con esta sustitución, además, se mantienen las luminarias existentes y se culmina el trabajo ya realizado con la iluminación de emergencia, y que ha dado buenos resultados.

Finalmente, continuar con las *buenas prácticas* por parte de todos es un apoyo fundamental a este estudio, manteniendo unos consumos contenidos que se verán reflejados en los históricos almacenados.



5. BIBLIOGRAFÍA

- Sitio web Phoenix Contact España
(<https://www.phoenixcontact.com/online/portal/es?1dmy&urile=wcm:path:/eses/web/home>)
- Phoenix Contact Global
(<https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pc?NOCC=1>)
- OPC Foundation (<https://opcfoundation.org/>)
- Curso SQL Keydata (<http://www.1keydata.com/es/sql/>)
- The Modbus Organization (<http://www.modbus.org/>)