

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y**

**TELECOMUNICACIONES**



**“INTEGRACIÓN DE ANALIZADORES DE RED DE LOS TABLEROS DE  
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE LAS EMPRESA OPP FILM S.A. AL SISTEMA  
SCADA POWER MONITORING EXPERT PARA EL MONITOREO DE  
CONSUMO ELÉCTRICO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

para optar por el Título Profesional de

**INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

TASAYCO VIGO, BRUSS DEYRE

**Villa el salvador**

**2015**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mis padres por ser un gran apoyo durante toda mi vida y que con su motivación me he podido formar profesionalmente.

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo se realizó con apoyo del ingeniero José Goicochea, jefe del área de mantenimiento eléctrico en la empresa OPP FILM S.A., quien me brindó orientación en el área de energía y automatización, agradezco la asesoría y la confianza para el desarrollo del proyecto dentro de la empresa.

También quiero agradecer a todos mis amigos técnicos eléctricos- electrónicos de la empresa que me apoyaron en la ejecución del proyecto, que con sus conocimientos y experiencia se pudo realizar de manera correcta y segura la instalación y puesta en marcha de todos los medidores.

Por último, agradezco a mi asesor el Ingeniero Oscar Dall'Orto Gates quien me brindó orientación en el desarrollo de la metodología de este trabajo de investigación para optar el título de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	9
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	10
1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	11
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.5 OBJETIVOS	12
1.5.1 Objetivo General	12
1.5.2 Objetivos Específicos	12
CAPÍTULO II	13
MARCO TEÓRICO	13
2.1 ANTECEDENTES	13
2.2 BASES TEÓRICAS	16
2.3 MARCO CONCEPTUAL	33
CAPÍTULO III	37
DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	37
3.2. Implementación del Proyecto	41
3.2.1 Montaje e instalación eléctrica	41
3.2.2 Implementación de la red de comunicaciones	47
3.2.3 Desarrollo del sistema SCADA e integración de los analizadores	54
3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS	65
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS	75

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Demanda Energética de OPP Film. Año 2014	10
Figura 2: Área de extrusión BOPP 2	38
Figura 3: Área de corte de las láminas	38
Figura 4: Áreas de producción de las Naves	39
Figura 5: Detalle de conexiones y montaje PM 700	41
Figura 6: Dimensiones del analizador PM 700	42
Figura 7: Alimentación monofásica del PM 700	43
Figura 8: Instalación del transformador de corriente	43
Figura 9: Esquema de conexión eléctrica PM 700	44
Figura 10: Funcionamiento del analizador PM 700	45
Figura 11: Configuración manual del PM 700	45
Figura 12: Instalación de la red Modbus	47
Figura 13: Conexión Gateway con un computador	48
Figura 14: Autenticación de usuario	48
Figura 15: Configuración Gateway "Ethernet & TCP/IP"	50
Figura 16: Configuración Gateway "Serial Port"	51
Figura 17: Dispositivos conectados en la red Modbus	52
Figura 18: Testeo de conectividad Gateway-SCADA	52
Figura 19: Funcionamiento del Gateway EGX 300	53
Figura 20: Topología de la red de comunicaciones	53
Figura 21: Configuración del servidor – Manage Console	55
Figura 22: Habilitado del servidor – Manage Console	55
Figura 23: Añadido de puerta de enlace – Manage Console	56
Figura 24: Configuración de puerta de enlace – Manage Console	56

Figura 25: Añadido de dispositivo serie – Manage Console	57
Figura 26: Configuración de dispositivo serie – Manage Console	57
Figura 27: Configuración de objetos de agrupamiento	60
Figura 28: Configuración de objetos numéricos	61
Figura 29: Configuración de objetos visor	61
Figura 30: Selección de parámetros registrados	62
Figura 31: Interfaz Gráfica – Monitoreo de PLANTA 1	63
Figura 32: Interfaz Gráfica – Monitoreo de PLANTA 1 y PLANTA 2	63
Figura 33: Monitoreo remoto Nave 1	64
Figura 34: Monitoreo remoto Nave 2	64
Figura 35: Monitoreo remoto Nave 3	65
Figura 36: Resultado Final de la Interfaz SCADA	66
Figura 37: Registro de parámetros eléctricos de las Naves	66
Figura 38: Reporte de calidad de energía	67
Figura 39: Histograma de Consumo eléctrico total	68
Figura 40: Histograma de consumo eléctrico por Planta	68

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros de comunicación PM 700	46
Tabla 2: Lista de elementos para instalación de los analizadores	46
Tabla 3: Parámetros de configuración red Ethernet	49
Tabla 4: Parámetros de configuración red Modbus	50
Tabla 5: Lista de elementos para la red de comunicaciones	53
Tabla 6: Distribución de los analizadores de red dentro de planta	58

## INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas, las industrias o cualquier consumidor de energía eléctrica buscan optimizar costos para ser más competitivos en el mercado. Para realizar ahorros en los costos se puede actuar sobre un gran número de parámetros, entre ellos el consumo de energía eléctrica

El presente trabajo muestra una solución al control y supervisión del consumo eléctrico en las distintas áreas de producción de la empresa fabricante de láminas de polyester y polipropileno OPP FILM S.A., integrando un conjunto de analizadores de red eléctrica montados en los tableros de distribución eléctrica de la planta al sistema SCADA POWER MONITORING EXPERT para medir y registrar parámetros eléctricos y calcular el consumo energético de la maquinaria industrial, para establecer un plan de mantenimiento preventivo y/o correctivo adecuado.

La estructura que se ha seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento del problema, el segundo capítulo el desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo del proyecto.

El autor.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

El consumo de energía eléctrica de la empresa industrial OPP FILM S.A. es elevada, tal como se aprecia en la figura 01, y un inadecuado control puede ser perjudicial paralizando la planta y generando cuantiosas pérdidas, para ello recurrimos a la instalación de analizadores de red eléctrica Power Logic PM 700 que nos permita la medición de parámetros eléctricos, e integrarlos a un sistema de supervisión, control y adquisición de datos abreviado por las siglas SCADA, herramienta fundamental para supervisar y controlar parámetros de manera local y remota la energía consumida por la maquinaria de la industria, minimizando las penalidades, en la factura eléctrica mensual, por concepto de exceder la potencia contratada.

En la siguiente figura, se muestra la tendencia de los consumos de energía en cada mes del año 2014, en el cual se puede apreciar que en los meses de

abril-mayo, son los meses de mayor consumo, y esto se da por el tema estacional, es decir la fábrica tiene más demanda de venta de películas de polipropileno.

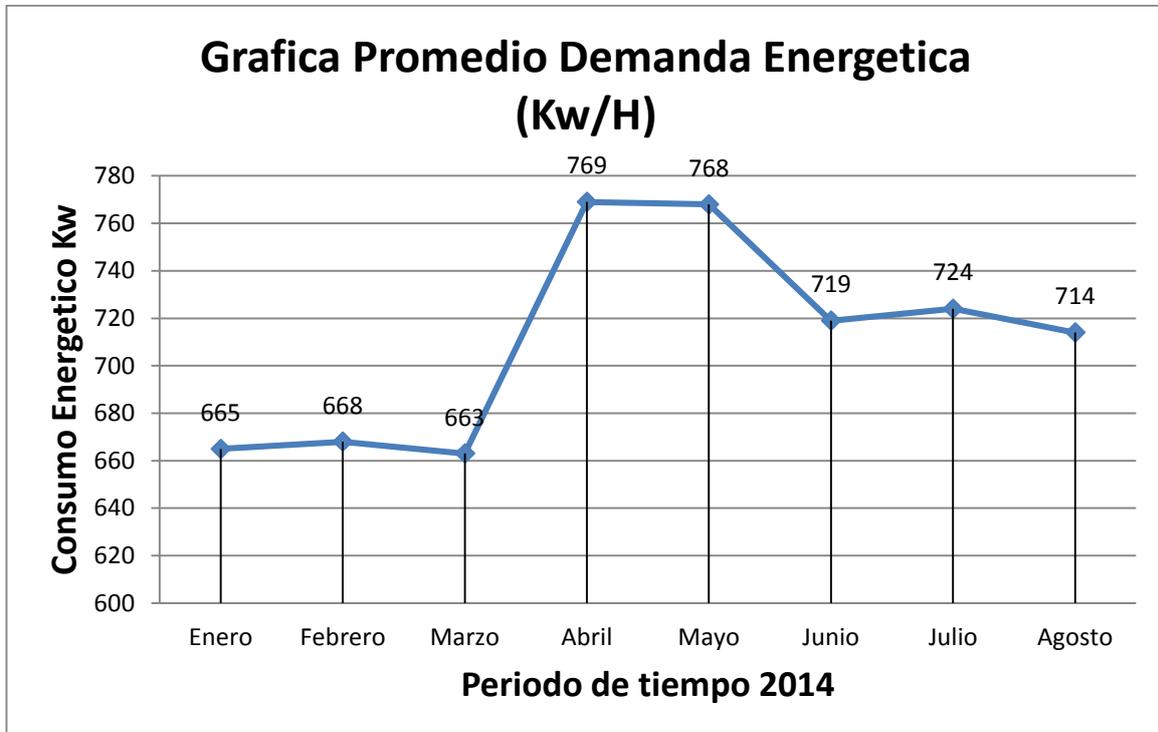


Figura 1: Demanda Energética de OPP Film. Año 2014

## 1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El desarrollo y configuración de un sistema SCADA de energía, al cual se integrarán los analizadores de red eléctrica, dispositivos que miden y muestran parámetros eléctricos de un determinado circuito, dan solución a la medición, supervisión y control del consumo eléctrico de la maquinaria de toda la planta, en este caso de las distintas áreas con su respectiva maquinaria industrial.

Con el desarrollo del sistema SCADA se tendrá un monitoreo y control de parámetros eléctricos a distancia, un registro de datos, donde se podrá analizar

en qué momento el consumo eléctrico llega a un tope máximo o mínimo, se podrá determinar el consumo eléctrico por área dentro de la planta, al poder saber cuánto es lo que consume cada maquinaria industrial, y se tendrán reportes de la calidad de energía suministrada.

El almacenamiento de datos de los parámetros eléctricos para su respectivo análisis y plan de acción justifica el desarrollo del proyecto, para mejorar el rendimiento de la maquinaria industrial, facturar el consumo energético y controlar los parámetros eléctricos.

### **1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

**1.3.1 Espacial:** Se realizará en la empresa fabricante de láminas de plástico OPP FILM S.A.

**1.3.2 Temporal:** Comprende el periodo enero 2014- Noviembre 2014

### **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿De qué manera se debe de integrar los analizadores de red eléctrica al sistema SCADA POWER MONITORING EXPERT para monitorear el consumo eléctrico y mejorar la calidad de energía eléctrica en la empresa OPPFILM S.A.?

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo General**

Instalar e integrar los analizadores de red eléctrica al sistema SCADA POWER MONITORING EXPERT para monitorear consumo eléctrico y mejorar el rendimiento eléctrico de la maquinaria industrial en la empresa OPP FILM S.A.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Registrar en una base de datos las magnitudes eléctricas para predecir el consumo eléctrico Anual.
- Generar reportes de supervisión mensual para mantener informado a las altas directivas de la empresa.
- Servir como antecedente para una futura implementación del proyecto en todas las plantas de la fábrica.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES

Existen trabajos de investigación similares el cual uno de ellos es:

1. Cruz, I. (2011). **Sistema SCADA para la supervisión de consumo eléctrico en la Ronera Central “Agustín Rodríguez Mena”**. Tesis de Licenciatura. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Se concluye lo siguiente:

“El sistema SCADA implementado permitió tener, en una base de datos y gráficos, aquellos valores que en un momento determinado pueden ser de gran utilidad para reclamaciones a la Empresa Eléctrica por irregularidades en el servicio eléctrico (baja o alta tensión, caída de una fase, etc), y permite hacer análisis de históricos y comparaciones con períodos de tiempos anteriores.”

2. Bilbao, G. (2006). **Implementación de un SCADA de energía eléctrica en una refinería polimetálica de 71 Mw de potencia contratada.** Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Ingeniería.

Se concluye lo siguiente:

“El SCADA de energía eléctrica tiene la capacidad de monitorear el consumo interno de cada una de las plantas existentes en una refinería, en los siguientes parámetros: potencia activa, potencia reactiva, energía activa, energía reactiva, corriente por fase, tensión y factor de potencia”

3. Junas, E. (2015). **Eficiencia energética mediante sistemas SCADA para el control de la demanda de una residencia.** Tesis de licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.

Se concluye lo siguiente:

“El sistema SCADA para el control de la demanda energía eléctrica en una residencia, permite la reducción de energía consumida en horas de demanda pico mediante la desconexión de cargas según la prioridad dada por el usuario a determinado equipo, la cual es ingresada en un HMI.”

4. Carchipulla, M. (2013). **Diseño e Implementación de un Sistema SCADA para la administración del suministro de energía del edificio de corporación GPF.** Tesis de Licenciatura. Escuela Politécnica Nacional de Quito.

Se concluye lo siguiente:

“El HMI realiza un monitoreo y control confiable del sistema representándolo en pantallas para poder diferenciar los estados de los elementos del sistema, brindando toda la información necesaria sobre el proceso al usuario y permitiéndole conocer sobre las variables analógicas y digitales de todos los elementos que comprenden el sistema de control eléctrico.”

5. Guzmán, R. (1993). **Sistemas SCADA en distribución de energía eléctrica**. Tesis de Licenciatura. Escuela Politécnica Nacional de Quito.

Se concluye lo siguiente:

“El sistema SCADA, brinda al operador una información amplia y casi instantánea del estado de la red y le permite operar sobre la misma de una manera segura y rápida.”

6. Guerrero, G. (2007). **Diseño e Implementación de un sistema de control digital con conexión a redes de datos para medición de parámetros eléctrico**. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Se concluye lo siguiente:

“Es posible desarrollar un sistema de control digital que posea características avanzadas tal cual las presentan equipos comerciales para la medición de parámetros de calidad de energía.”

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### Energía eléctrica

En una de las formas de manifestarse la energía. Tiene como cualidades la docilidad en su control, la fácil y limpia transformación de energía en trabajo, y el rápido y eficaz transporte, son las cualidades que permiten a la electricidad ser "casi" lo energía perfecta.

Los fundamentos físicos de la electricidad se explican a partir del modelo atómico. La materia está compuesta por un conjunto de partículas elementales: electrones, protones y neutrones. Cuando un átomo tiene el mismo número de protones (cargas positivas) que de electrones (cargas negativas) es eléctricamente neutro. Es decir, la electricidad no se manifiesta, ya que las cargas de diferente signo se neutralizan. Los electrones de las capas más alejadas del núcleo, sobre todo de los átomos metálicos, tienen cierta facilidad para desprenderse. Cuando un átomo pierde electrones queda cargado positivamente y si, por el contrario, captura electrones, entonces queda cargado negativamente. Este es el principio por el que algunos cuerpos adquieren carga negativa (hay más electrones que protones) o adquieren carga positiva (hay más protones que electrones). Un cuerpo con carga negativa tiene predisposición a ceder electrones y un cuerpo con carga positiva tiene tendencia a capturarlos. Por lo tanto, cuando se comunican dos cuerpos con cargas eléctricas distintas, mediante un material conductor de la electricidad, fluye una corriente eléctrica que no es otra cosa que la circulación de electrones. Por lo tanto, la corriente eléctrica circula desde el cuerpo cargado negativamente hacia el cuerpo positivo.

Para que se produzca una corriente eléctrica es necesario que exista una diferencia de potencial o tensión eléctrica entre dos puntos. Dicha diferencia se puede conseguir por distintos procedimientos, aunque a nivel industrial, las forma más empleadas son:

– Por Inducción: Si se desplaza un conductor eléctrico en el interior de un campo magnético, aparece una diferencia de potencial en los extremos del mismo. Los generadores industriales de electricidad están basados en esta propiedad electromagnética.

– Por acción de la luz: Al incidir la luz sobre ciertos materiales aparece un flujo de corriente de cierta importancia. Las células fotovoltaicas aprovechan esta energía, tal como se ha visto en temas anteriores.

La producción de energía eléctrica se realiza en centrales eléctricas, y debe ajustarse al consumo, dada la imposibilidad de almacenar la electricidad. La ubicación de las centrales de producción debe de estar lo más próxima posible a los centros de consumo, además, los centros de producción están interconectados entre sí para poder efectuar intercambios de energía desde las zonas excedentes de producción hacia aquellas en que la producción no cubre el consumo.

### **Analizador de red Eléctrica**

Actualmente las empresas, las industrias o cualquier consumidor de energía eléctrica buscan optimizar costes para ser más competitivos en el mercado. Para realizar ahorros en los costes se

puede actuar sobre un gran número de parámetros, entre ellos el consumo de energía eléctrica

Los analizadores de redes disponen de la más alta tecnología, miden una gran variedad de parámetros eléctricos, con el principal objetivo de obtener el control y la gestión de una instalación, máquina, industria, etcétera, permitiendo optimizar al máximo los costes energéticos.

Estos equipos son analizadores de elevadas prestaciones. Diseñados para ser instalados de forma muy sencilla en cualquier instalación y para que su uso sea totalmente adaptable a cualquier tipo de medida requerida. Disponen de una memoria interna donde se guardan todos los parámetros deseados, totalmente programables.

Además, un mismo analizador puede contener varios *software*, cuyas aplicaciones vayan destinadas a distintos tipos de análisis.

Existe una gran variedad de analizadores los cuales exportan o muestran los parámetros eléctricos directa o indirectamente a través de display y transmiten por comunicaciones todas las magnitudes eléctricas medidas y/o calculadas.

#### Ventajas:

#### Ahorro:

- Detectar y prevenir el exceso de consumo (kW ·h)
- Analizar curvas de carga para ver dónde se produce la máxima demanda de energía.

- Detectar la necesidad de instalación de una batería de condensadores, así como su potencia.
- Detectar fraude en los contadores de energía.

### Prevención

- Son ideales para realizar mantenimientos periódicos del estado de la red eléctrica, tanto en baja como en media tensión, ver curvas de arranque de motores, detectar posibles saturaciones del transformador de potencia, cortes de alimentación, deficiente calidad de suministro eléctrico, etc.

### Solvencia

- Poder analizar dónde tenemos un problema en la red eléctrica, para poder solucionar problemas de disparos intempestivos, fugas diferenciales, calentamiento de cables, resonancias, armónicos, perturbaciones, *flicker*, desequilibrios de fases, etc. Al mismo tiempo, nos permite diseñar los tamaños adecuados para los filtros activos o pasivos de armónicos y filtros para variadores de velocidad, etc.

## **Redes de Comunicaciones industriales**

Las comunicaciones deben poseer unas características particulares para responder a las necesidades de intercomunicación en tiempo real. Además, deben resistir un ambiente hostil donde existe gran cantidad de ruido electromagnético y condiciones ambientales duras. En el uso de comunicaciones industriales se pueden separar dos áreas principales: una comunicación a nivel de campo, y una comunicación hacia el SCADA. En ambos casos la transmisión de datos se realiza en tiempo real o, por lo

menos, con una demora que no es significativa respecto de los tiempos del proceso, pudiendo ser crítico para el nivel de campo.

Según el entorno donde van a ser instaladas, dentro de un ámbito industrial, existen varios tipos de redes:

*Red de Factoría:* Para redes de oficina, contabilidad y administración, ventas, gestión de pedidos, almacén, etc. El volumen de información intercambiada es muy alto, y los tiempos de respuesta no son críticos.

*Red de Planta:* Interconexión de módulos y células de fabricación entre sí y con departamentos como diseño o planificación. Suele emplearse para el enlace entre las funciones de ingeniería y planificación con las de control de producción en planta y secuencia de operaciones. Como ejemplo, se tiene la transmisión a un sistema de control numérico del programa de mecanizado elaborado en el departamento de diseño CAD/CAM. Estas redes deben manejar mensajes de cualquier tamaño, gestionar eficazmente errores de transmisión (detección y corrección), cubrir áreas extensas (puede llegar a varios kilómetros), gestionar mensajes con prioridades (gestión de emergencias frente a transferencia de ficheros CAD/CAM), y disponer de amplio ancho de banda para admitir datos de otras subredes como pueden ser voz, vídeo, etc.

*Red de Célula:* Interconexión de dispositivos de fabricación que operan en modo secuencial, como robots, máquinas de control numérico (CNC), autómatas programables (PLC), vehículos de guiado automático (AGV). Las características deseables en estas redes son: gestionar mensajes cortos

eficientemente, capacidad de manejar tráfico de eventos discretos, mecanismos de control de error (detectar y corregir), posibilidad de transmitir mensajes prioritarios, bajo coste de instalación y de conexión por nodo, recuperación rápida ante eventos anormales en la red y alta fiabilidad.

*Bus de Campo:* Un bus de campo es, en líneas generales, “un sistema de dispositivos de campo (sensores y actuadores) y dispositivos de control, que comparten un bus digital serie bidireccional para transmitir informaciones entre ellos, sustituyendo a la convencional transmisión analógica punto a punto”. Permiten sustituir el cableado entre sensores- actuadores y los correspondientes elementos de control. Este tipo de buses debe ser de bajo coste, de tiempos de respuesta mínimos, permitir la transmisión serie sobre un bus digital de datos con capacidad de interconectar controladores con todo tipo de dispositivos de entrada-salida, sencillos, y permitir controladores esclavos inteligentes.

### **Red Ethernet TCP/IP**

Es un estándar de transmisión de datos para redes de área local que utiliza los protocolos TCP/IP, bajo el método de control de acceso al medio conocido como CSMA/CD "Carrier Sense Multiple Access, with Collision Detection". CSMA/CD determina cómo y cuándo un paquete de dato es ubicado en la red. Antes de que un dispositivo Ethernet esté habilitado a transmitir datos, primero tiene que escuchar para asegurarse de que el medio está "libre" y no hay otros dispositivos transmitiendo. Así cuando la red está libre, los dispositivos inician la transmisión. Durante el proceso de transmisión, el dispositivo tendría que continuar escuchando la red para ver si algún otro

dispositivo está también transmitiendo. Si no hay ningún otro, entonces el paquete de datos se considera enviado al receptor sin interrupciones. Sin embargo, si durante la transmisión detecta que otro dispositivo también está transmitiendo se puede dar una colisión de datos, así pues, ambos detendrán sus transmisiones y realizarán un proceso conocido como back-off en el que esperaran un tiempo aleatorio antes de intentar volver a transmitir nuevamente.

ETHERNET INDUSTRIAL es una potente red de área y célula de acuerdo con los estándares IEEE 802.3 (Ethernet) con la que se pueden crear redes de comunicación eficaces de gran extensión. Es un sistema que ofrece todo el potencial que ofrece Ethernet, pero utiliza medidas de seguridad, incluidas las de control de acceso y autenticación, seguridad en la conectividad y administración, a fin de asegurar y garantizar la confidencialidad e integridad de la red y ofrecer datos libres de interferencias. Efectivamente, las redes Ethernet Industrial deben ser altamente confiables y seguir en funcionamiento durante duras condiciones ambientales, interrupciones accidentales de red y fallas de los equipos. La caída de una red puede ser peligrosa y cara. Un elemento clave de preocupación es el rendimiento de extremo a extremo. Por esto, el determinismo, es decir, la capacidad de garantizar que un paquete es enviado y recibido en un determinado período de tiempo, es un importante objetivo para el diseño de las redes industriales.

Al objeto de conseguir tal seguridad, las redes industriales utilizan dispositivos Switch y Procesadores de comunicación gestionados que

permiten asegurar y garantizar la integridad de los datos y el establecimiento sin errores de la comunicación entre equipos.

## **Red Modbus**

Modbus es un protocolo de comunicación serie desarrollado y publicado por Modicon en 1979. En su origen el uso de Modbus estaba orientado exclusivamente al mundo de los controladores lógicos programables o PLCs de Modicon. Hoy por hoy el protocolo Modbus es uno de los protocolos de comunicaciones más comunes utilizados en entornos industriales, sistemas de telecontrol y monitorización. El objeto de este protocolo es bien sencillo: La transmisión de información entre distintos equipos electrónicos conectados a un mismo bus. Existiendo en dicho bus un solo dispositivo maestro (Master) y varios equipos esclavos (Slaves) conectados.

En su origen estaba orientado a una conectividad a través de líneas serie como pueden ser RS-232 o RS-485, pero con el paso del tiempo han aparecido variantes como la Modbus TCP, que permite el encapsulamiento del Modbus serie en tramas Ethernet TCP/IP de forma sencilla. Esto sucede porque desde un punto de vista de la pirámide OSI, el protocolo Modbus se ubica en la capa de aplicación. El hecho que se haya extendido su uso hasta convertirse en uno de los protocolos más extendidos en el sector industrial se debe a varias razones diferenciales respecto a otros protocolos:

El estándar Modbus es público, lo que permite a los fabricantes desarrollar dispositivos tanto Master como Slave sin royalties aplicados al protocolo.

Este hecho facilita el acceso a la información y estructura del protocolo que, además, es muy básica pero funcional para su objetivo.

Desde un punto de vista técnico, su implementación es muy sencilla y en consecuencia el tiempo de desarrollo se acorta considerablemente respecto a otros protocolos en los que se complica la estructura de las tramas y en consecuencia el acceso a los datos que no están almacenados en estructuras complejas. La transmisión de información no está comprometida a ningún tipo de datos. Lo que implica cierta flexibilidad a la hora del intercambio de información. Para expresarlo de forma más clara, si se transmite un dato de 16 bits de información su representación no está sujeta a ninguna restricción, por lo que puede tratarse de un dato tipo Word con signo, un entero sin signo de 16 bits o la parte alta de una representación tipo Float de 32 bits, etc. La representación del valor vendrá definida por la especificación que el fabricante del dispositivo, lo que permite la representación de un amplio rango de valores. El bus se compone de una estación activa (principal) y de varias estaciones pasivas (subordinadas). La estación principal es la única que puede tomar la iniciativa de intercambio de información, no pudiendo las estaciones subordinadas comunicarse directamente. Existen dos mecanismos de intercambio:

*Pregunta/respuesta:* La estación principal transmite preguntas a una subordinada determinada, que a su vez transmite una respuesta a la principal.

*Difusión:* La estación principal transmite un mensaje a todas las estaciones subordinadas del bus, que ejecutan la orden sin transmitir ninguna respuesta.

En una red Modbus existen 1 estación principal y hasta 247 estaciones subordinadas (direcciones en el rango 1 a 247). Sólo la principal puede iniciar una transacción. Para comunicarse con las estaciones subordinadas, la principal envía unas tramas que llevan: la dirección del receptor, la función a realizar, los datos necesarios para realizar dicha función y un código de comprobación de errores. Cuando la trama llega a la estación subordinada direccionada, ésta lee el mensaje, y si no ha ocurrido ningún error realiza la tarea indicada. Entonces la subordinada envía una trama respuesta formada por: la dirección de la subordinada, la acción realizada, los datos adquiridos como resultado de la acción y un código de comprobación de errores. Si el mensaje enviado por la principal es de tipo difusión (broadcast), o sea, para todas las estaciones subordinadas (se indica con dirección 0), no se transmite ninguna respuesta. Si la estación receptora recibe un mensaje con algún error, contesta a la principal con un código de error (Función ilegal. Datos de direccionamiento ilegales. Datos de valores ilegales. Fallo en el dispositivo, Mensaje rechazado). En Modbus existen dos posibles modos de transmisión para las estructuras de las unidades de información (caracteres) que forman el mensaje:

#### ASCII (American Standard Code for Information Interchange).

El sistema de codificación es hexadecimal y cada carácter consta de 1 bit de inicio, 7 bits de codificación de los datos, 1 bit de paridad (opcional) y 1 o 2 bits de parada, o sea, un total de 9 a 11 bits por carácter.

## RTU (Remote Terminal Unit).

El sistema de codificación es binario y cada carácter consta de 1 bit de inicio, 8 bits de codificación de los datos, 1 bit de paridad (opcional) y 1 o 2 bits de parada, o sea, un total de 10 a 12 bits por carácter. Los dispositivos Modbus usan interfaces serie compatibles con RS- 232C y RS-485, siendo el bus capaz de transferir datos a velocidades de 19'2 Kbps y alcanzar distancias de 1 Km.

## **Gateway**

Una pasarela o Gateway es un sistema de hardware/software para conector dos redes entre sí y que funcionen como una interfaz entre diferentes protocolos de red.

Se trata de un equipamiento que trabaja a nivel de capas superiores del modelo OSI, es decir, a partir de las capas de sesión, presentación y/o aplicación

NIVEL DE APLICACIÓN
NIVEL DE PRESENTACIÓN
NIVEL DE SESIÓN
NIVEL DE TRANSPORTE
NIVEL DE RED
NIVEL DE ENLACE
NIVEL FÍSICO

En el caso de TCP/IP, trabajaría a nivel de aplicación.

NIVEL DE APLICACIÓN
NIVEL DE TRANSPORTE
NIVEL DE RED
NIVEL DE ENLACE DE DATOS

Cuando un equipo quiere conectarse a otro equipo que esta fuera de su rango de red, debe contactar con la pasarela para que le dé acceso a la red exterior.

Como ambas redes pueden trabajar en protocolos distintos, es función del Gateway realizar la traducción automática de paquetes y protocolos de manera totalmente transparente para el usuario para que ambos equipos puedan conectarse.

El funcionamiento es el siguiente: cuando un usuario es remoto contacta con la pasarela, esta examina su solicitud. Si dicha solicitud coincide con las reglas que el administrador de red ha configurado, la pasarela crea una conexión entre las dos redes. Por lo tanto, la información no se transmite directamente, sino que se traduce para garantizar una continuidad entre dos protocolos.

El Gateway además ofrece seguridad adicional dado que toda la información se analiza antes de ser enviada.

Las pasarelas o Gateway son por lo tanto convertidores de protocolos que permiten conectar LAN's que utilicen diferentes tecnologías, traduciendo los paquetes y el tráfico de un esquema a otro.

Gateway Asíncrono: Se corresponde a un tipo de Gateway que permite a los usuarios de ordenadores personales acceder a grandes ordenadores (mainframes) asíncronos a través de un servidor de comunicaciones, utilizando líneas telefónicas conmutadas o punto a punto. Generalmente están diseñados para una infraestructura de transporte muy concreta, por lo que son dependientes de la red.

Gateway SNA: Permite la conexión a grandes ordenadores con arquitectura de comunicaciones SNA (System Network Architecture, Arquitectura de Sistemas de Red), actuando como terminales, y pudiendo transferir ficheros o listados de impresión.

Gateway TCP/IP: Estos Gateways proporcionan servicios de comunicaciones con el exterior vía LAN o WAN y también funcionan como interfaz de cliente proporcionando los servicios de aplicación estándares de TCP/IP.

### **Sistemas de Supervisión y Control Industrial**

Un Sistema de Supervisión y Control Automático es una combinación de sensores, transmisores, controladores, elementos de control final, software, medios y equipos de comunicación, interfaces hombre-máquina, estrategias y procedimientos aplicados a resolver tres tipos de tarea en una planta de procesos: El Monitoreo de los Procesos, el Control de los Procesos y la Supervisión de los Procesos. Equivocadamente se asigna indistintamente el nombre de Sistema SCADA a un Sistema de Supervisión y la falta de conocimiento hace creer que un Sistema de Supervisión es un software. Se

podría decir que un Sistema de Supervisión se deriva del concepto de un SCADA, sin embargo, un Sistema de Supervisión es más que un simple SCADA. SCADA son las siglas de Supervisory Control and Data Acquisition, es decir Control Supervisor y Adquisición de Datos. Los sistemas SCADA fueron desarrollados en los años 80 como una alternativa a los sistemas de control distribuido. Su concepto básico consiste en la instalación de unidades remotas (RTU, Remote Terminal Unit) para la recolección de datos de campo tales como estados de motores o válvulas, temperaturas o niveles, y su transmisión a largas distancias hacia interfaces que permitían visualizar los datos en una pantalla de computadora operando con un software especial. Este concepto es el núcleo de los modernos Sistemas de Supervisión, sin embargo, a este concepto se han agregado algunos otros tales como integrar la capacidad de interactuar con sistemas gerenciales y administrativos, el manejo de alarmas y sistemas de emergencia, la manipulación histórica y estadística de datos, el control de calidad, la aplicación de sistemas redundantes, etc. El nombre SCADA puede retenerse y usarse para describir un Sistema de Supervisión sólo si se entiende que se trata de mucho más que un simple sistema de recolección de datos y control a distancia.

### Componentes de un Sistema de Supervisión

#### Variable de Proceso

Desde el punto de vista del intercambio entre componentes de un Sistema de Supervisión las variables de un proceso pueden ser de Entrada o de Salida, Analógicas o Discretas. Las Variables de Entrada son aquellas producidas en el proceso que son medidas y transmitidas hacia el Sistema

de Control. Por ejemplo, el estado de un motor o la temperatura de un líquido. Las Variables de Salida son aquellas que el Sistema de Control envía hacia los equipos operando en el campo, por ejemplo, las señales para arrancar un motor o cerrar una válvula. La clasificación entre Variables Discretas y Analógicas se refiere a los valores que éstas pueden tomar. Las Variables Discretas, llamadas también booleanas, sólo pueden tener uno de dos posibles valores: Uno o Cero, Abierto o Cerrado, Arriba o Abajo. Ejemplo de Variables Discretas son la presencia o ausencia de una pieza, el estado de una bomba, operando o parada. Las Variables Analógicas, por el contrario, pueden tomar cualquier valor posible entre dos valores máximo y mínimo.

### Sensores, Transductores y Transmisores

Los Sensores miden las variables de un proceso, tales como temperatura, presión, o nivel. Los sensores generan señales que representan el valor medido y éstas pueden ser de tipo Analógico o Discreto (booleano). Por ejemplo, una termocupla genera una señal analógica expresada en milivoltios mientras que un presostato genera una señal discreta que indica si la presión está por encima o por debajo del valor de su ajuste. Las señales discretas normalmente se envían como una señal de voltaje fijo predefinido tal como 24 vdc ó 110 vac. Las señales analógicas pueden darse en miliamperios, milivoltios, voltios, ohmios, psig, pulsos, etc. El estándar actualmente usado en la industria es la señal cuyo mínimo valor se representa por 4 miliamperios y su máximo por 20 miliamperios, es la señal de 4-20 mA. Los transmisores envían la señal medida hacia el dispositivo que va a usar la señal, generalmente un controlador o un recolector de datos. La señal es enviada

con un valor proporcional al valor real de la variable medida. Por ejemplo, un transmisor de temperatura que mida en el rango de 0 ° a 100° C enviará una señal de 12 miliamperios en el rango estándar de 4-20 mA. En el caso de los transmisores digitales modernos el valor de la variable es enviada en forma numérica por medio de una comunicación digital bajo alguno de los protocolos establecidos. Posteriormente se ampliará más sobre este punto.

### Controladores y Sistemas de Control

Los controladores son los que ejecutan la lógica de control adecuada al proceso. Los controladores pueden ser discretos si se encargan de controlar una de las variables, o multi-lazo si controlan varias variables al mismo tiempo. También pueden ser analógicos, si operan con señales analógicas o digitales si operan intercambiando valores numéricos. También pueden ser programables o no. Según su Modo de Control, los controladores pueden efectuar control On/Off, Control de Tiempo Proporcional, Control PID, Control Adaptivo, etc. El control ON/OFF consiste simplemente en activar una salida de control (por ejemplo, abrir totalmente una válvula) si la variable de proceso excede cierto valor prefijado (setpoint), y desactivarla (cerrar totalmente la válvula) si la variable tiene un valor por debajo del valor prefijado. El control de Tiempo Proporcional es una variante del control ON/OFF donde la salida de control se activa durante un tiempo que es proporcional al tiempo en que la variable de proceso excede el valor prefijado. El Control PID produce una salida variable que combina tres modos de control: la Parte proporcional produce una salida proporcional al alejamiento de la variable de proceso respecto al setpoint. La parte integral, por el contrario, produce una salida

proporcional al tiempo en que la variable de proceso está alejada del setpoint. La parte derivativa produce una salida proporcional a la velocidad de cambio de la variable de proceso respecto al setpoint. Las tres salidas se combinan para dar una salida de control única. Para determinar la magnitud de las salidas de 39 cada modo se usan parámetros denominados Constante Proporcional, Constante de Tiempo Integral y Constante de Tiempo Derivativo. En un Controlador PID estándar los parámetros de control son fijos. Como una mejora del control PID, el control Adaptivo utiliza una metodología que permite estimar y modificar permanentemente los valores de los parámetros PID para que el control se adapte mejor al proceso. Este tipo de control se adapta mejor a los procesos en que sus características son muy variables con el tiempo, como en el caso de los reactores cuyos reactantes aumentan grandemente su viscosidad a lo largo del proceso.

### Elementos de Control Final

Los elementos de control final son los dispositivos que actúan manipulando variables que influyen el comportamiento del proceso. Los elementos de control final reciben el comando desde los controladores y afectan directamente las variables de proceso que se desea controlar. Los más comunes son las válvulas, los actuadores y posicionadores.

### Interfaz Hombre Maquina

Las interfaces Hombre-Máquina son las que permiten al operador interactuar con el proceso: le dan la información sobre el proceso y reciben los comandos para modificarlo u operarlo. Existe una gran variedad de

Interfaces Hombre-Máquina, desde los más simples hasta los más sofisticados: pulsadores, lámparas, selectores, displays, mímicos, registradores, teclados, pantallas LCD, VGA, etc.

## **2.3 MARCO CONCEPTUAL**

### **Planta Industrial**

Fábricas donde se elaboran diversos productos de manera automatizada.

### **Tablero de distribución**

Los tableros, son gabinetes donde se realizan las conexiones eléctricas, que concentran dispositivos de protección y de maniobra o comando.

### **Transformador de corriente**

Un transformador de corriente o "TC" es el dispositivo que nos alimenta una corriente proporcionalmente menor a la del circuito para aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.

### **Tensión**

Magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

### **Intensidad de Corriente**

Cantidad de electricidad o carga eléctrica) que circula por un circuito en la unidad de tiempo.

## **Frecuencia**

Magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

## **Factor de Potencia**

Relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por una carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna.

## **Consumo Eléctrico**

Cantidad de energía eléctrica utilizada por una carga o maquinaria en un determinado periodo de tiempo.

## **Integración**

Proceso mediante el cual un determinado elemento se incorpora a una unidad mayor.

## **Protocolo**

Es un sistema de reglas que permiten que dos o más entidades de un sistema de comunicación se comuniquen entre ellas para transmitir y recibir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física.

## **Topología de Red**

Mapa físico o lógico de una red para intercambiar datos. En otras palabras, es la forma en que está diseñada la red, sea en el plano físico o lógico.

### **Dispositivo Maestro**

Se trata generalmente de los equipos que realizan el control central mediante el intercambio de información con los equipos distribuidos o esclavos.

### **Dispositivo Esclavo**

Son periféricos que generalmente realizan funciones de I/O, recogiendo el estado de los sensores y entregando valores a los actuadores del proceso.

### **Sistema**

Módulo ordenado de elementos que se encuentran interrelacionados y que interactúan entre sí.

### **SCADA**

Acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos).

### **Monitoreo remoto**

Acción de supervisar a distancia un determinado proceso y/o actividad en tiempo real.

### **Interfaz gráfica**

Es un programa o entorno que gestiona la interacción con el usuario basándose en relaciones visuales como iconos, menús o un puntero.

## **Histograma**

Representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados, ya sea en forma diferencial o acumulada.

## **Datasheet**

Hoja o especificaciones técnicas de un equipo o accesorio.

## **COES**

Comité de Operaciones del Sistema Interconectado Nacional.

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

OPP FILM, perteneciente al grupo Oben Holding Group, es una empresa fabricante de láminas de polipropileno, poliéster y nylon para empaques flexibles, películas recubiertas para la industria gráfica y productos termoformados de polipropileno, está presente en diversos países de Latinoamérica y Europa.

Cuenta con diversas áreas de producción, y se detalla de manera resumida a continuación:

- a) **Extrusión:** Área donde se produce láminas denominada como BOPP (película bio-orientada de polipropileno) y BOPET (película bio-orientada de poliéster)
- b) **Corte:** Área donde la lámina es cortada a medida según el requerimiento del cliente.
- c) **Metalizado:** Área donde se le deposita aluminio de alta pureza a las láminas en una cámara de vacío.
- d) **Recuperado:** Área donde se recicla parte del material no utilizado generado en el área de corte.

En las siguientes figuras 01 y figura 02 se muestran el área de “extrusión” denominada como BOPP 2 y el área de “corte” de una línea de producción respectivamente.



Figura 2: Área de extrusión BOPP 2



Figura 3: Área de corte de las láminas

Dentro de la planta existen tres líneas de producción, cada una de ellas denominadas como “Nave”; cada nave contiene sus áreas de producción, como se mencionó anteriormente. En la siguiente figura 04 se detalla las líneas de producción o naves, de aquí en adelante, y sus áreas que poseen cada una.

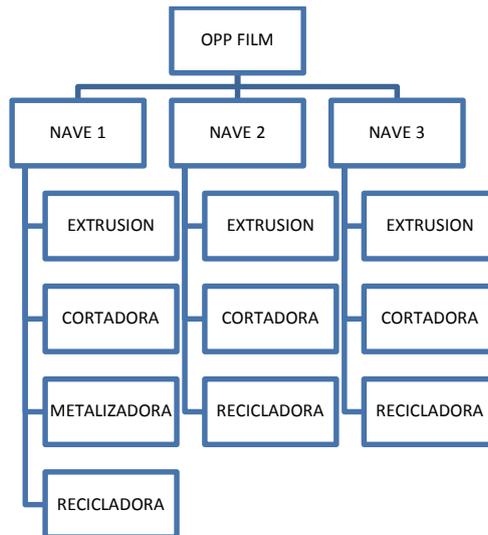


Figura 4: Áreas de producción de las Naves

### 3.1 Descripción del proyecto:

Este proyecto consiste en el montaje e instalación de los analizadores de red eléctrica Power Logic PM 700 del fabricante Schneider Electric en los tableros de distribución eléctrica y su integración en el sistema SCADA Power Monitoring Expert, también del fabricante Schneider Electric, para el control y supervisión de manera remota del consumo eléctrico de las cargas y maquinarias industriales dentro de las áreas de producción de la empresa OPP FILM S.A.

La integración de los analizadores de red al sistema SCADA se realizó mediante la instalación y configuración de los Gateways EGX 300 del fabricante Schneider Electric para interconectar la red modbus con protocolo serial RS-485 y la red Ethernet TCP/IP.

En una cabina de control alejada de las Naves, se colocó una computadora específicamente para la instalación y desarrollo del sistema SCADA, donde se configuró los parámetros de comunicación para los analizadores de red

eléctrica, se diseñó la interfaz gráfica para monitoreo remoto y se creó un servidor para el almacenamiento periódico de los parámetros eléctricos para un soporte o mantenimiento ante una anomalía o deficiencia en el consumo eléctrico de la maquinaria industrial de cada Nave.

Cabe señalar que ante un problema de consumo eléctrico en toda el área que es monitoreada, el SCADA, es capaz de generar un reporte basado en el registro de datos indicando en que zona estaría la posible anomalía. El proyecto comprende tres etapas desarrolladas de manera consecutiva:

La primera etapa, montaje e instalación eléctrica, donde se colocan los analizadores en los tableros de distribución, se instalan los transformadores de corriente en los cables trifásicos de fuerza, y se realizan las conexiones eléctricas para sensar los parámetros eléctricos de voltaje y corriente.

La segunda etapa, implementación de una red de comunicaciones, donde se realiza el tendido de cable de 4 hilos apantallado para interconectar dispositivos esclavos (analizadores de red eléctrica) con un Gateway utilizando el protocolo serial RS-485; y el tendido de cable Ethernet UTP para interconectar el Gateway con la computadora donde se desarrolló el sistema SCADA mediante el protocolo Ethernet TCP/IP.

La tercera etapa, el desarrollo del sistema SCADA e integración de los analizadores de red, donde se realiza la interfaz gráfica, se vincula los dispositivos esclavos y se monitorea de manera remota el consumo eléctrico.

Se implementó cuatro analizadores para el monitoreo de la Nave 1, dos analizadores para el monitoreo de la Nave 2, y nueve analizadores de red para

el monitoreo de la Nave 3, que medirán el consumo eléctrico de la maquinaria ubicada en sus áreas y otras cargas como iluminación, aire acondicionado.

Como nota aclaratoria, se indica que la instalación de los analizadores se realiza en los tableros de distribución y no en la maquinaria.

Para la parte de la red de comunicaciones se instalaron tres Gateway's, uno por cada red de dispositivos conectados en cada Nave.

### 3.2. Implementación del Proyecto

#### 3.2.1 Montaje e instalación eléctrica

Para el montaje de los analizadores de red se realizó un corte cuadrado de 96x96 mm en la parte delantera y central de los tableros de distribución utilizando una amoladora eléctrica; el dispositivo trae consigo un gancho sujetador, lo cual sirve para asegurar que no se mueva.

En la siguiente figura se muestra detalles de conexión y montaje del analizador de red PM 700 del fabricante SNEIDER ELECTRIC.

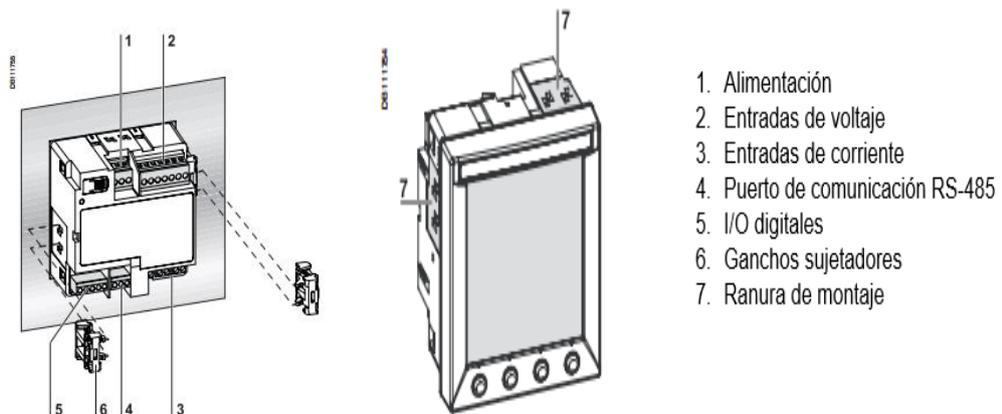


Figura 5: Detalle de conexiones y montaje PM 700

Cabe señalar que, una vez realizado el corte en el tablero, se procedió a limar los lados para que pueda encajar el analizador y no se dañe físicamente.

En la siguiente figura se detalla las dimensiones y el encaje del analizador de red en el tablero de distribución.

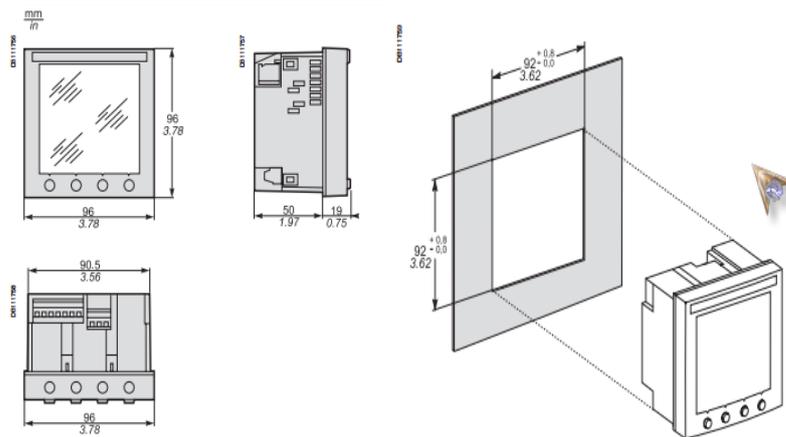


Figura 6: Dimensiones del analizador PM 700

Realizado el montaje físico, se procedió con la parte eléctrica. Antes de iniciar las conexiones se tuvo que cortar la energía en los tableros de distribución, esto pudo realizarse en el momento de un mantenimiento eléctrico programado, ya que, por ser una planta de producción continua, no se puede paralizar los trabajos porque generaría pérdidas y costos en la producción.

Se realizan las conexiones para energizado del analizador desde la barra de fuerza hacia las borneras del dispositivo. El PM 700 tiene alimentación monofásica y en corriente alterna, así que se tomaron las fases “R” y “S” de la acometida y se conectó al analizador; para protección del dispositivo se utilizó bornera porta fusible, ante posibles cortocircuitos. En la siguiente figura se muestra la conexión monofásica realizada para energizar el analizador.

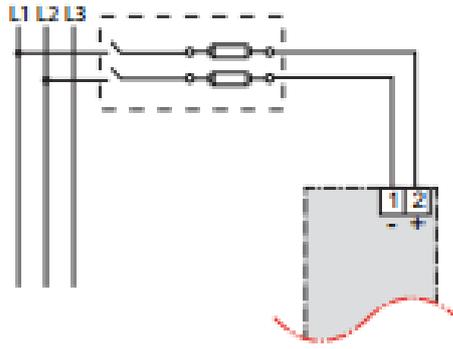


Figura 7: Alimentación monofásica del PM 700

Posteriormente se realiza la instalación de los transformadores de corriente tipo toroide, estos transformadores son desarmables, y se colocan alrededor de los cables trifásicos de fuerza, su función es convertir la corriente eléctrica de alta intensidad, en una corriente de salida proporcional pero reducida, condicionada por el número de vueltas del bobinado interno, así pues, esta corriente de salida será sensada por el analizador de red. En la siguiente figura se muestra la instalación de los transformadores toroidales en el cableado trifásico de fuerza.



Figura 8: Instalación del transformador de corriente

El analizador de red mide la tensión existente en las fases trifásicas y la corriente que circula para calcular el resto de los parámetros eléctricos (potencia,  $\cos \pi$ , frecuencia, KW/h, etc). Para la medición de tensión, se hace la conexión desde la barra de potencia hacia los bornes de entradas de tensión, para ello se utiliza un esquema de conexionado eléctrico brindado por el fabricante, además de utilizar dispositivos de protección ante posibles cortocircuitos.

En la siguiente imagen se muestra un esquema de conexión eléctrica para las entradas de tensión y de corriente desde la acometida hasta el analizador de red.

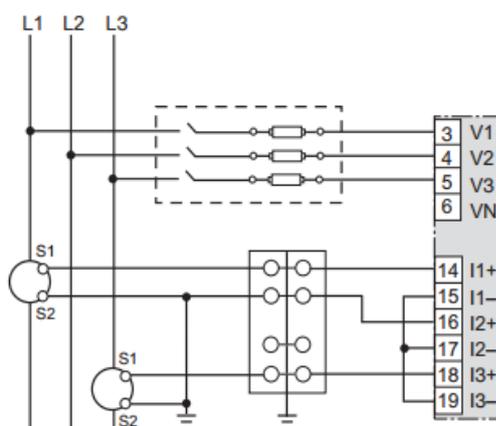


Figura 9: Esquema de conexión eléctrica PM 700

Terminada las instalaciones eléctricas de los analizadores, como medida de prevención, se procede a revisar si existen cortocircuitos o fugas a tierra en las conexiones eléctricas con la ayuda de un multímetro, si todo procede correctamente, se energiza los tableros de distribución. En la siguiente imagen se muestra el montaje de los analizadores sobre un tablero de distribución y su puesta en operatividad.



Figura 10: Funcionamiento del analizador PM 700

Posterior al energizado, viene la configuración manual de cada analizador, para ello se ingresa al menú “Setup” y se configurará el número de vueltas del bobinado de entrada (1250 n) y salida (5 n) del transformador de corriente indicado en el manual o datasheet, y luego los parámetros de comunicación para la red modbus (ver tabla N° 01). En la figura 11 se observa la configuración manual del dispositivo.

**Ejemplo de configuración:** este ejemplo muestra cómo configurar los TI. Utilice el mismo método para configurar los TT y las comunicaciones.

1. Pulse  $\rightarrow$  hasta que vea SETUP (configuración).
2. Pulse SETUP.
3. Introduzca su contraseña. La contraseña predeterminada es 00000.
4. Pulse OK.
5. Pulse METER.
6. Pulse CT (TI).
7. Introduzca el número de PRIM CT (TI primario): 1 a 32.762.
8. Pulse OK.
9. Introduzca el número de SEC CT (TI secundario): 1 o 5.
10. Pulse OK.
11. Pulse  $\uparrow$  para volver a la pantalla de SETUP MODE.



Figura 11: Configuración manual del PM 700

Tabla 1: Parámetros de comunicación PM 700

Ítem	Parámetro	Descripción	valor
1	Baudios	Velocidad de transmisión de datos	9600
2	Paridad	Verificación de errores en la transmisión de datos	Even
3	Dirección	Identificación de cada esclavo en la red	2, 3, 4...
4	Protocolo	Comunicación de tipo serial	RS-485

En la siguiente tabla se muestra una lista de dispositivos y materiales utilizados para el montaje e instalación de los analizadores de red PM 700.

Tabla 2: Lista de elementos para instalación de los analizadores

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Transformadores de corriente 1250n/ 5n	30	Und.
2	Cable apantallado 14 AWG	400	Mtrs.
3	Llave termo magnética trifásica 1 Amp	15	Und.
4	Analizadores de red Power Logic PM700	15	Und.
5	Borneras de conexión	50	Und.
6	Borneras porta fusibles	15	Und.
7	Fusibles 250 Vac / 1 Amp	15	Und.
8	Amoladora eléctrica	1	Und.
9	Lima	1	Und.
11	Alicate corta cable	1	Und.

### 3.2.2 Implementación de la red de comunicaciones

En cada Nave se instaló un Gateway EGX 300, dispositivo que interconecta redes y protocolos, cada Gateway comunica los dispositivos esclavos (analizadores de red) de la red Modbus con el sistema SCADA.

Se utilizó cable de 4 hilos apantallado para conectar todos los analizadores mediante el protocolo de transmisión serial de datos RS-485 con el Gateway; para la red modbus se hizo la conexión paralela de cada esclavo (Ver figura 12), respetando el código de colores de los hilos que brinda el fabricante del Gateway.

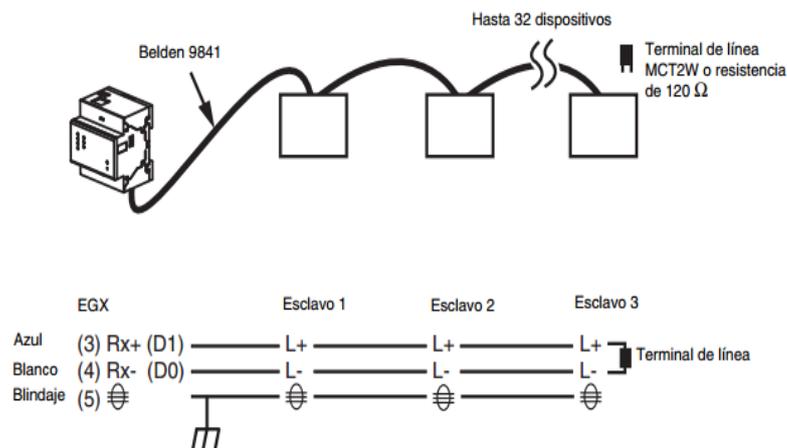


Figura 12: Instalación de la red Modbus

Posterior a la implementación de la red Modbus, se procede a configurar el Gateway, obviamente debe estar energizado a 24 Vdc como indica su datasheet; se conecta el Gateway mediante un cable Ethernet cruzado al puerto Ethernet del computador.

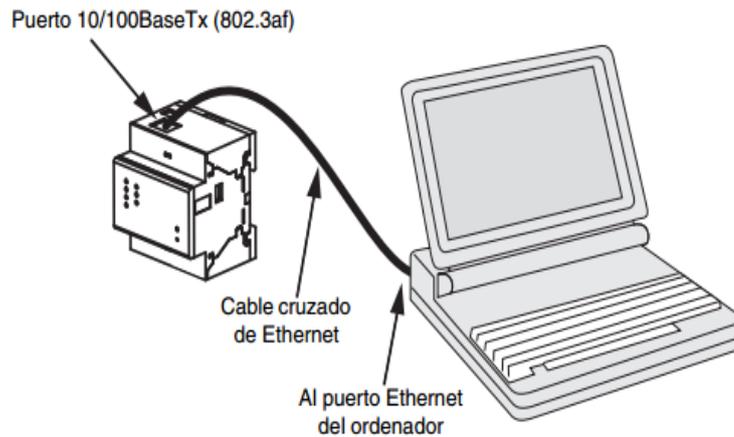


Figura 13: Conexión Gateway con un computador

Se configura el computador con la dirección IP 169.254.0.25 y la MASK 255.255.255.0, el Gateway por defecto trae la dirección IP 169.254.0.10, esto hace posible que ambos equipos puedan conectarse en red. Se abre el explorador web y en la barra de dirección escribimos la dirección IP del Gateway, aparecerá una ventana de ingreso y se coloca en usuario "Administrator" y contraseña por defecto "Gateway" (Ver figura 14).

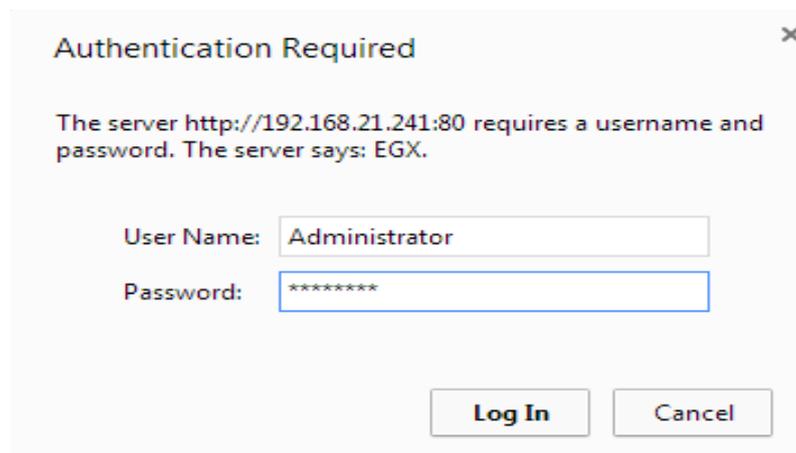


Figura 14: Autenticación de usuario

Después de la autenticación de usuario aparece una ventana de configuración del Gateway, primero se configura la parte de la red Ethernet, la

cual comunicará el sistema SCADA con el Gateway, para ello solicitamos una dirección IP disponible en la red de comunicaciones Ethernet de OPP FILM y se la asignamos al Gateway e ingresamos los parámetros que indica la Tabla N° 03 en la pestaña “Ethernet & TCP/IP”.

Tabla 3: Parámetros de configuración red Ethernet

Ítem	Parámetro	Descripción	Opción
1	Frame Format	Modo de transmisión de datos	Ethernet II
2	Media Type	Velocidad de transmisión de datos	Auto
3	IP Adress	Dirección del dispositivo en la red Ethernet	192.168.21.24 1
4	Subnet Mask	Mascara de la red	255.255.255.0
5	Default Gateway	Puerta de acceso	0.0.0.0

En la siguiente figura se observa la pestaña “Ethernet & TCP/IP” para configurar la red entre el sistema SCADA y el Gateway EGX 300.

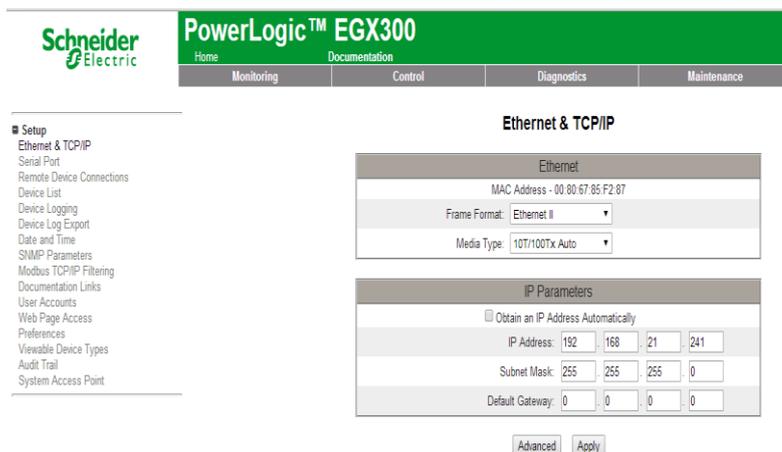


Figura 15: Configuración Gateway “Ethernet & TCP/IP”

Se configura la red Modbus, la cual comunicará el Gateway con los analizadores, ingresando los parámetros que indica la Tabla N° 04 en la pestaña “Serial Port”.

Tabla 4: Parámetros de configuración red Modbus

Ítem	Parámetro	Descripción	Opción
1	Interfaz física	Interfaz de conexión	RS485 – 2 Wire
2	Modo de TX	Modo de transmisión de datos	Auto
3	Tasa de baudios	Velocidad de transmisión de datos	9600
4	Paridad	Verificación de errores en la transmisión de datos	Even
5	Respuesta de desconexión		0.5

En la siguiente figura se observa la pestaña “Serial Port” para configurar la red entre el Gateway EGX 300 y los analizadores PM 700.

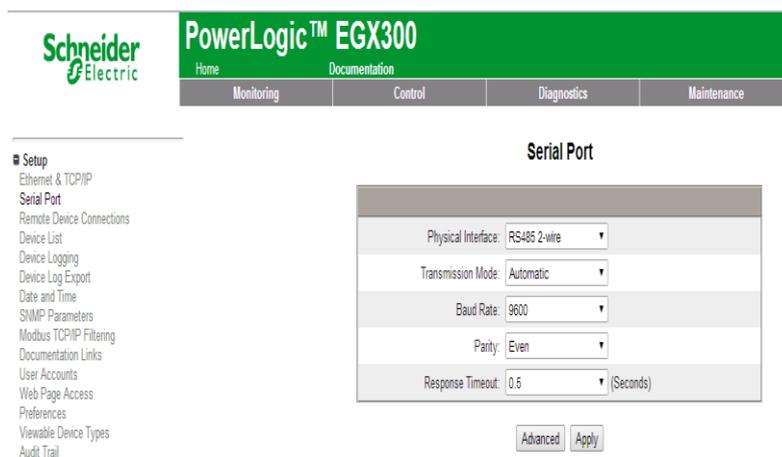


Figura 16: Configuración Gateway “Serial Port”

Terminada las configuraciones verificamos si los esclavos son reconocidos en la red, para ello se hace un escaneo de todos los dispositivos conectados en la pestaña “Device List”, automáticamente se detectará el modelo de los analizadores conectados y su dirección asignada en la red, cada dispositivo debe tener una dirección única en la red para que no exista conflicto a la hora de transmitir y recibir datos. En la siguiente figura se muestra los analizadores de red conectados a la red.

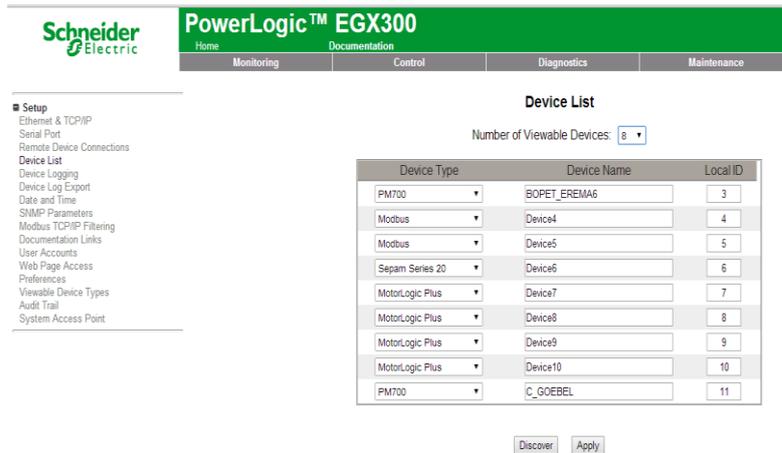


Figura 17: Dispositivos conectados en la red Modbus

Para comprobar que existe comunicación entre el sistema SCADA y el Gateway, utilizamos la ventana de comandos de Windows, y realizamos un “ping” a la dirección IP del Gateway (Ver figura 18).

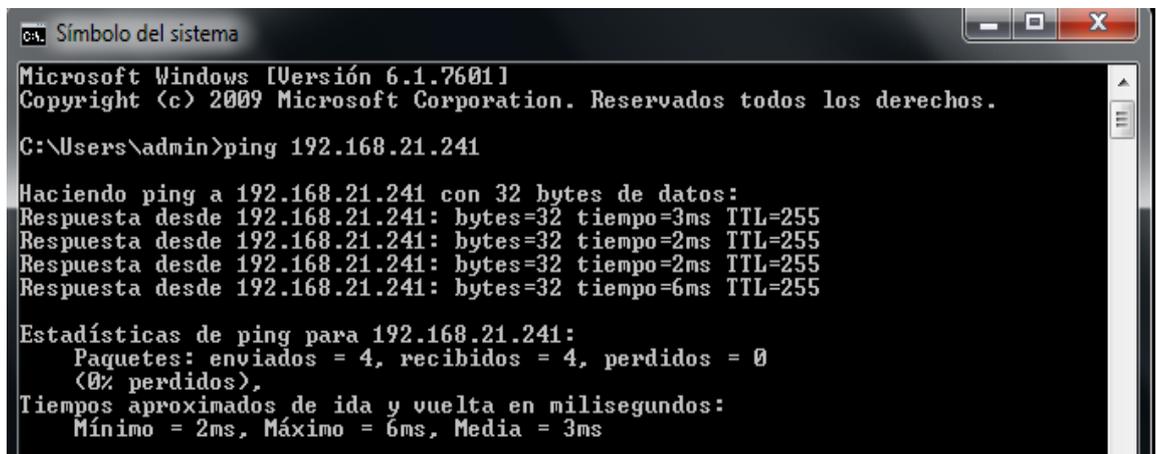


Figura 18: Testeo de conectividad Gateway-SCADA

En las siguientes figuras se muestra el Gateway EGX 300 operativo para transmisión y recepción de datos y la topología de la red de comunicaciones implementada.



Figura 19: Funcionamiento del Gateway EGX 300

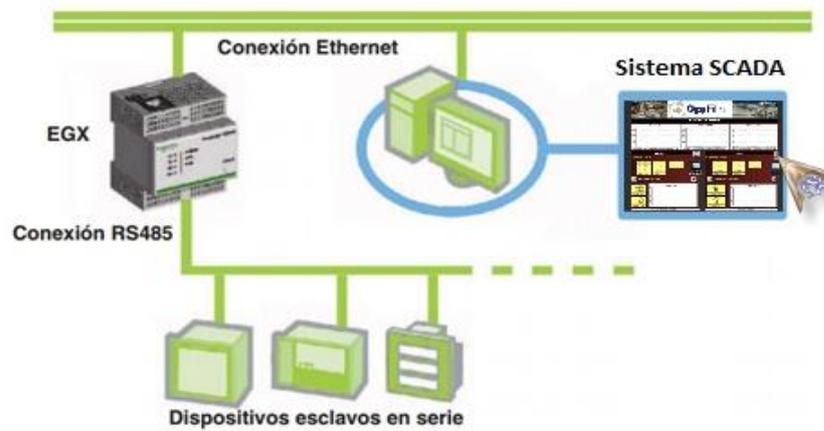


Figura 20: Topología de la red de comunicaciones

En la siguiente tabla se muestra una lista de dispositivos y materiales utilizados para la implementación de red de comunicaciones.

Tabla 5: Lista de elementos para la red de comunicaciones

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Gateway EGX 300 Schneider Electric	3	Und.
2	Cable de red 4 hilos RS-485 14 Awg	300	Mtrs.
3	Fuente alimentación 24 voltios/2 Amp	3	Unid.
4	Cable Ethernet UTP	500	Mtrs.

5	Bornera Portafusible 250Vac / 2 Amp.	30	Unid.
6	Bornera para conexión	30	Unid.
7	Destornillador diferentes tamaños	3	Und.
8	Alicate corta cable	1	Und.

### 3.2.3 Desarrollo del sistema SCADA e integración de los analizadores

Power Monitoring Expert es una plataforma de supervisión completa para aplicaciones de administración de energía. El software recoge y organiza los datos recopilados de la red eléctrica y lo presenta como información significativa y procesable a través de una interfaz web intuitiva. Esta plataforma SCADA, contiene cuatro softwares con distinto propósito. Con el software “*Vista*” se desarrolló la interfaz gráfica, para poder interactuar y mantener de forma constante la medición de parámetros de manera remota y el registro periódico de datos, el software “*Manage Console*” para poder agregar y configurar los dispositivos presentes en la red, el software “*Designer*” para desarrollar funciones matemáticas (con el software “*Vista*” se pueden visualizar los valores de medición de los dispositivos, si se requiere hacer operaciones matemáticas, por ejemplo, sumar la corriente sensada por dos dispositivos, recurrimos al software *Designer*), y el software “*Reporter*” para poder generar reportes personalizados con los datos registrados.

Como primer paso, se utilizó el software *Manage Console*, de la pestaña “*Servidores*” se agrega un nuevo servidor, donde se crea una base de datos para almacenar y extraer toda la información disponible. En las siguientes

figuras se observa la configuración y habilitado de un servidor de nombre Administrador.

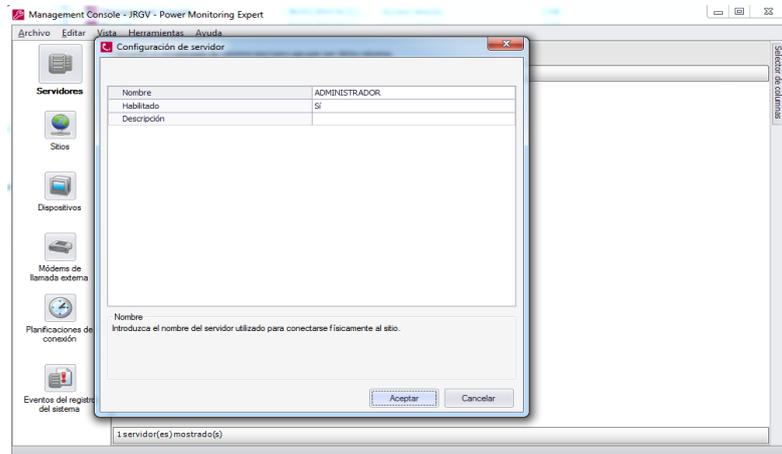


Figura 21: Configuración del servidor – Manage Console

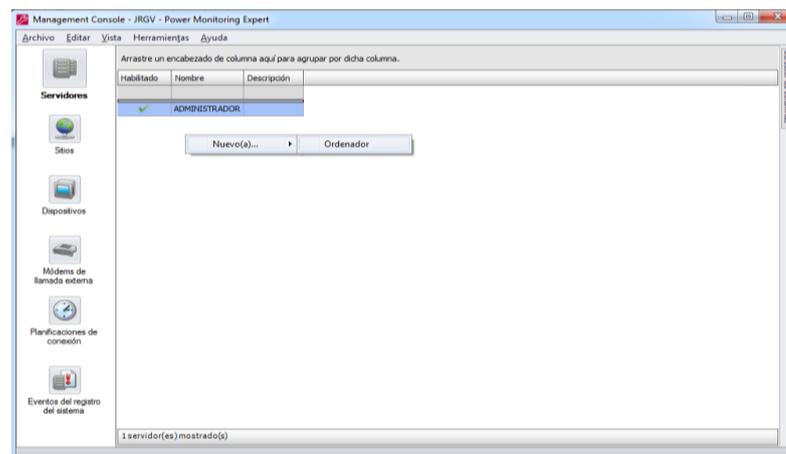


Figura 22: Habilitado del servidor – Manage Console

Luego de la configuración y habilitado de un servidor, en la pestaña “Sitios” se agrega los dispositivos de acceso a la red Ethernet (En este caso los Gateways) como se observa en la siguiente figura.

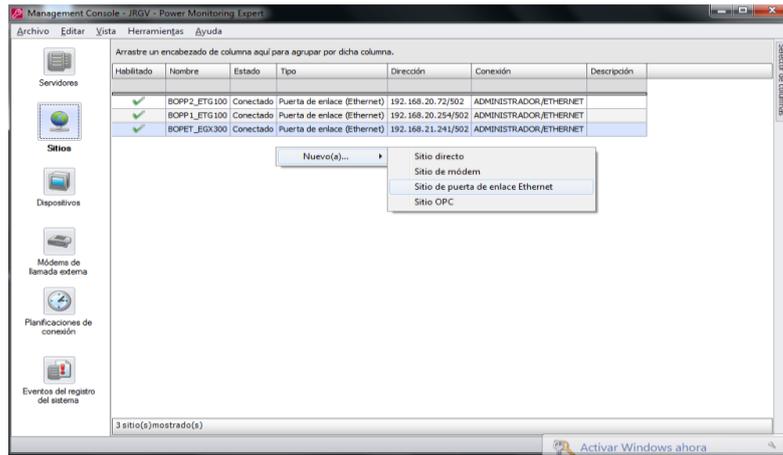


Figura 23: Añadido de puerta de enlace – Manage Console

Se configura una dirección IP disponible en la red Ethernet para cada Gateway y un nombre para identificarlos por área (figura 24).

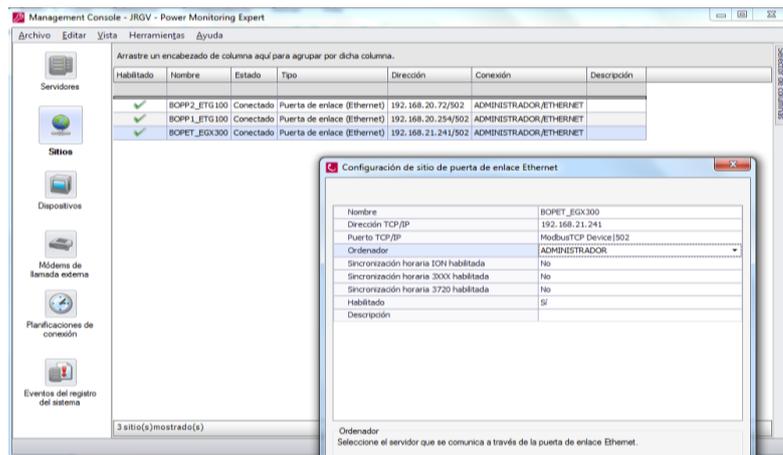


Figura 24: Configuración de puerta de enlace – Manage Console

En la pestaña “Dispositivos” se agregan los analizadores PM700 presentes en la red, bajo la opción “Dispositivo serie en sitio de puerta de enlace” (figura 25).

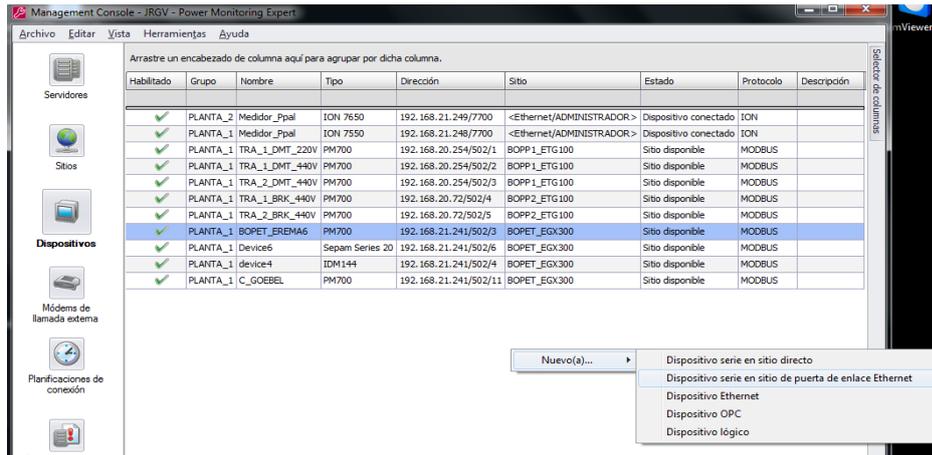


Figura 25: Añadido de dispositivo serie – Manage Console

Se configura una dirección única en la red para cada esclavo y se vincula con el Gateway de la Nave a la que pertenecerá, el tipo de dispositivo (PM 700 en este caso), un nombre y un grupo. En la siguiente figura se muestra la configuración de los dispositivos serie.

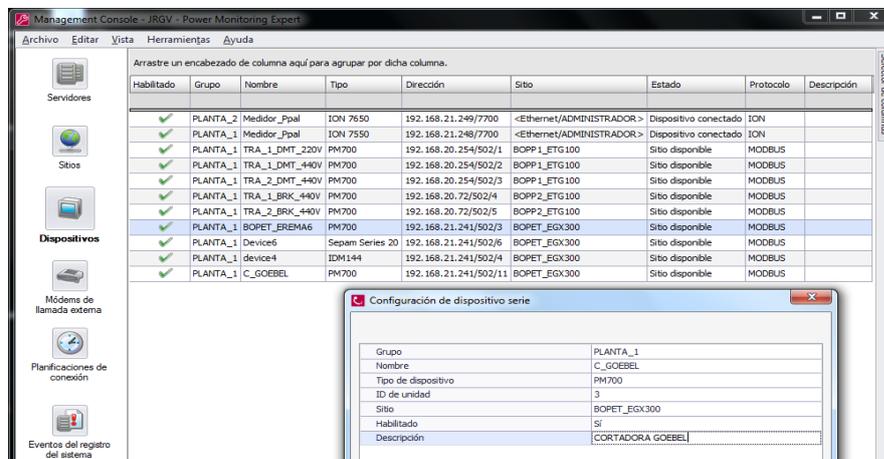


Figura 26: Configuración de dispositivo serie – Manage Console

Se instalaron 15 analizadores de red PM 700 dentro de planta, cada Nave con una cantidad determinada para monitoreo de diferentes áreas, en la

siguiente tabla se muestra la identificación y distribución de cada analizador y a que red pertenece.

Tabla 6: Distribución de los analizadores de red dentro de planta

Área	Nombre y dirección	Nombre y dirección	
	Gateway	Analizador	
Nave 1	BOPP1_ETGX100 192.168.20.254	TRAFO 2 -440	2
		TRAFO 1 -440	3
		TRAFO 1 -220	4
		METALIZADORA	5
Nave 2	BOPP2_ETGX100 192.168.20.72	TRAFO 1 -440	2
		TRAFO 2 -440	3
Nave 3	BOPET_ETGX300 192.168.21.241	TGBT1_1	3
		TGBT1_2	4
		TGBT2	5
		TGBT3	6
		TGBT4	7
		TGBT5_A	8
		TGBT5_B	9
		CORT_GOEBEL	10
		EREMA 6	11

Como segundo paso, se utilizó el software Vista para desarrollar la interfaz gráfica, para ello de la paleta de herramientas “Objetos de diagrama” se selecciona todas las etiquetas, botones e indicadores necesarios para integrar

los analizadores de red añadidos y configurados en el software Manage Console.

Se describe parte de los objetos de la paleta de herramientas a continuación:

- Etiqueta: Objeto para agregar textos y símbolos a la interfaz.
- Agrupamiento: Objeto para vinculación con los dispositivos añadidos y configurados en el software Manage Console
- Numérico: Objeto para vincular y mostrar los parámetros eléctricos de los esclavos.
- Bool: Objeto para mostrar estados booleanos.
- Visor: Objeto para registro de datos.



Text



Num



Statu



Data



Lo primero es identificar las Naves y sus analizadores, para ello se utiliza los objetos *etiquetas* para agregar títulos (Nave 1, Nave 2, Nave 3).

Luego se añade los analizadores a la interfaz, mediante el objeto *agrupamiento*, cada botón es personalizable (cambio de diseño, añadido de funciones, añadido de nodo de vinculación, etc.), de la pestaña nodo, se selecciona la ubicación de un determinado PM 700, de acuerdo con el nombre que se le configuró en el Manage Console. (Ver figura 27).

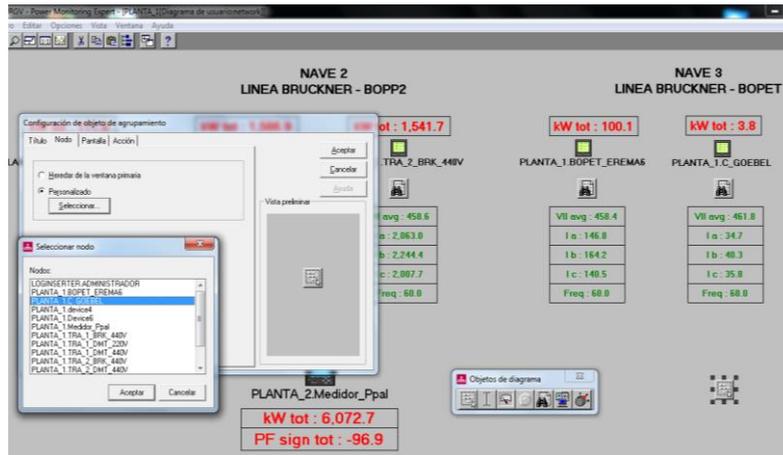


Figura 27: Configuración de objetos de agrupamiento

Terminado de agregar todos los dispositivos y de identificarlos con una etiqueta, se utiliza y configura los objetos *numéricos*, para visualizar los parámetros eléctricos correspondientes a cada analizador. De la pestaña vínculo se selecciona el dispositivo y se elige el parámetro requerido (Tensión, Corriente, Frecuencia, Potencia, etc.), en la siguiente figura se muestra la configuración de los objetos numéricos.

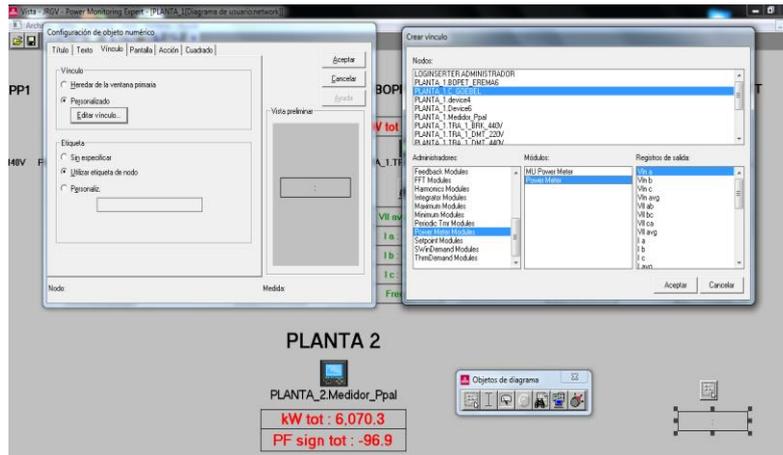


Figura 28: Configuración de objetos numéricos

Para el registro periódico de datos se utiliza y configura el objeto *visor*, de la pestaña “consulta” se escoge la opción editar consulta y se elige el dispositivo del que se quiere guardar información, además de seleccionar los parámetros que se desean almacenar en el servidor. En las siguientes figuras se muestra la configuración y selección de parámetros que se desean almacenar en el servidor creado.

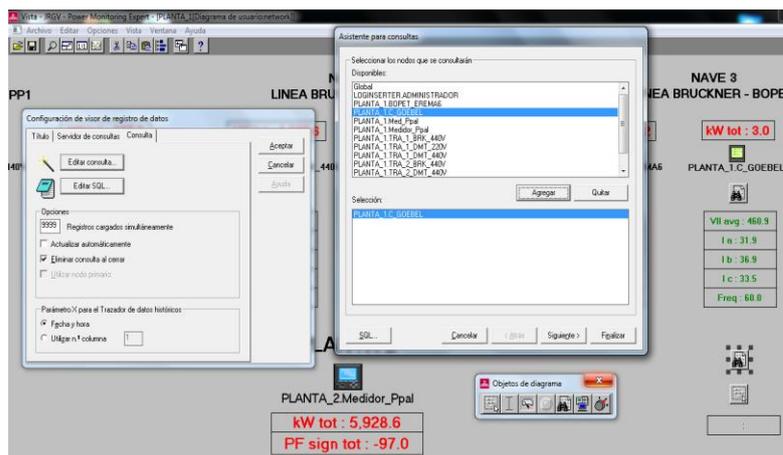


Figura 29: Configuración de objetos visor

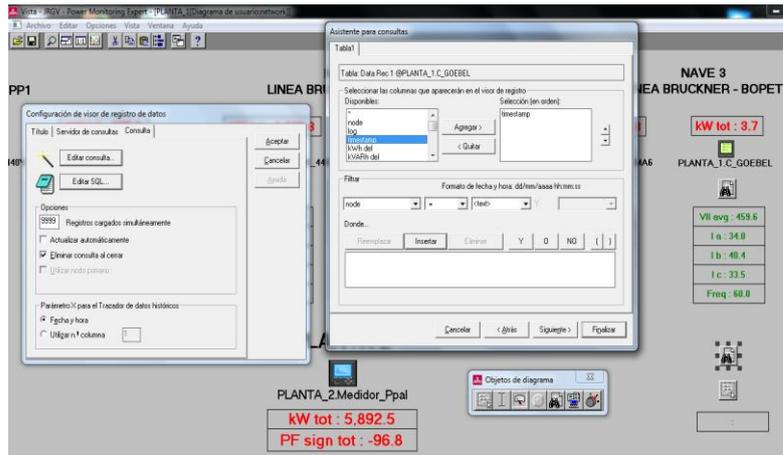


Figura 30: Selección de parámetros registrados

La interfaz gráfica desarrollada monitorea remotamente los parámetros eléctricos de cada analizador de red, y se resalta el consumo eléctrico por cada área.

OPP Film, cuenta con dos plantas de producción, pero en primera instancia se empezó a monitorear las Naves de la PLANTA 1. En la siguiente figura se muestra la interfaz gráfica desarrollada en su primera versión, donde se observa el consumo eléctrico por analizador instalado en las Naves de la PLANTA 1. Existe un Medidor Principal “PLANTA\_1 Medidor\_Ppal” que fue instalado antes del desarrollo del proyecto, se aprovechó para integrarlo al sistema SCADA y monitorear el consumo total y su factor de potencia de toda la PLANTA 1.

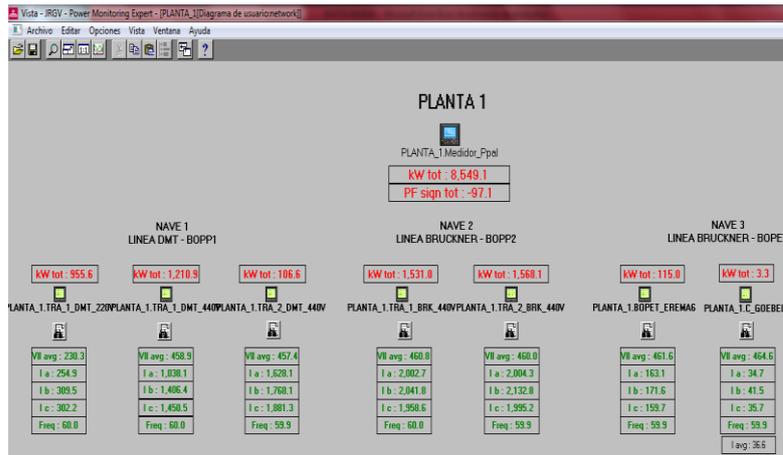


Figura 31: Interfaz Gráfica – Monitoreo de PLANTA 1

Para el monitoreo del consumo eléctrico de la PLANTA 2 se modificó la interfaz gráfica, se mejoró el aspecto de la portada y se agregó figuras histogramas, además de agregar hipervínculos para ver con más detalle la distribución de la instalación eléctrica para cada Nave.



Figura 32: Interfaz Gráfica – Monitoreo de PLANTA 1 y PLANTA 2

La interfaz gráfica desarrollada para la Nave 1 muestra su diagrama unifilar de la instalación eléctrica de los cuatro analizadores, desde la línea trifásica de 22.9 Kv hacia los tres transformadores para obtener tensión secundaria de 440 Vac y 220 Vac que abastece a la maquinaria y cargas industriales (iluminación,

sistema de aire acondicionado, etc.), también se muestra un histograma que registra cada segundo el consumo eléctrico de la Nave (Ver figura 33).



Figura 33: Monitoreo remoto Nave 1

La interfaz gráfica desarrollada para la Nave 2 muestra su diagrama unifilar de la instalación eléctrica de dos analizadores, desde la línea trifásica de 22.9 Kv hacia dos transformadores para obtener tensión secundaria de 440 Vac, que abastece a la maquinaria industrial, también se muestra un histograma que registra cada segundo el consumo eléctrico de la Nave (Ver figura 34).

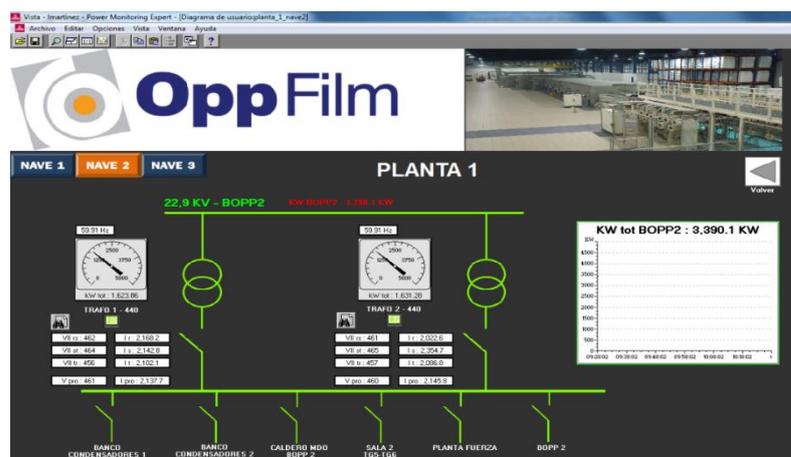


Figura 34: Monitoreo remoto Nave 2

La interfaz gráfica desarrollada para la Nave 3 muestra su diagrama unifilar de la instalación eléctrica de nueve analizadores, desde la línea trifásica de 22.9 Kv hacia cuatro transformadores para obtener tensión secundaria de 460 Vac, 400 Vac y 690 Vac que abastece a la maquinaria industrial, también se muestra un histograma que registra cada segundo el consumo eléctrico de la Nave (Ver figura 35).

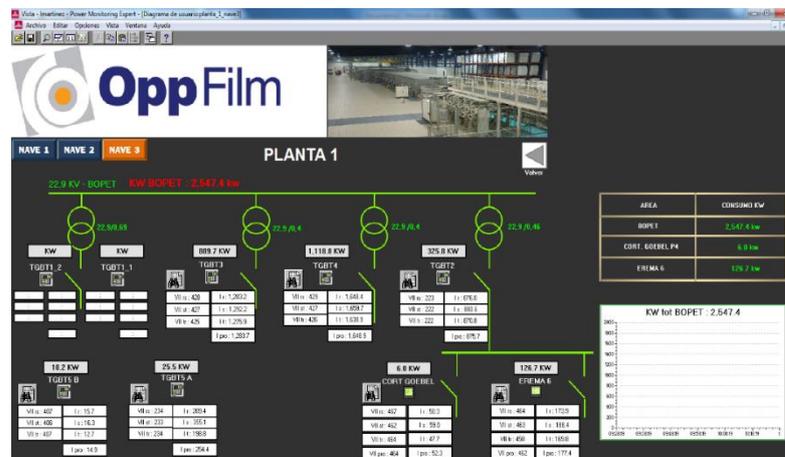


Figura 35: Monitoreo remoto Nave 3

### 3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS

El resultado final de la integración consta de una interfaz entendible y amigable, donde se observe los parámetros eléctricos en tiempo real del consumo realizado por la maquinaria dentro de las naves, en la siguiente figura se muestra cómo se modificó la interfaz gráfica para una supervisión eficaz.

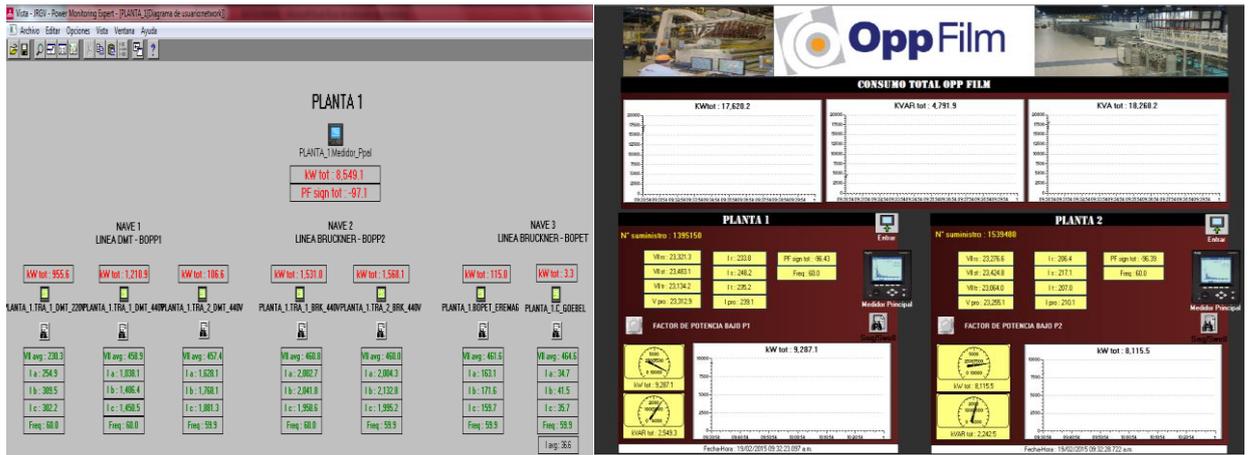


Figura 36: Resultado Final de la Interfaz SCADA

Según el requerimiento del personal encargado del mantenimiento de planta, se registra en una base de datos todos los parámetros eléctricos del suministro hacia las Naves.

En el SCADA se programó para que cada 15 minutos se graben datos de todos los parámetros eléctricos configurados. Adicionalmente el Software nos emite un archivo de extensión “.xls” para poder acceder a los datos según un horario establecido y poder generar gráficos o histogramas para una representación visual entendible.

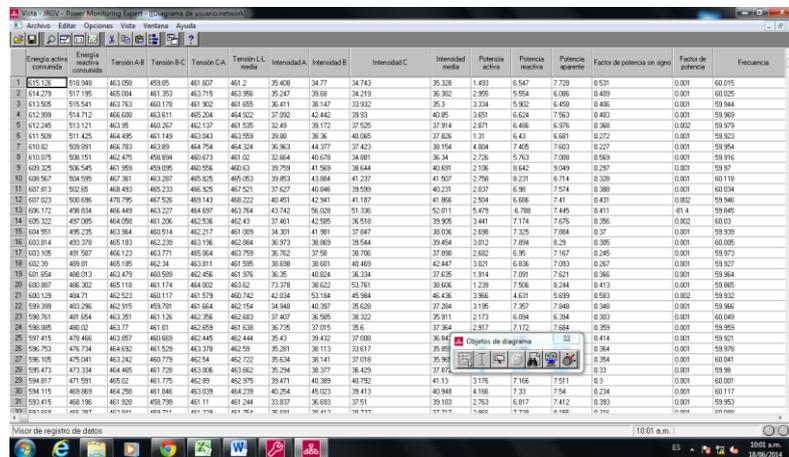


Figura 37: Registro de parámetros eléctricos de las Naves

Como último resultado de la implementación de este sistema, tenemos la posibilidad de generar reportes indicando el consumo eléctrico para cumplir con lo establecido por el COES. (Ver figura)

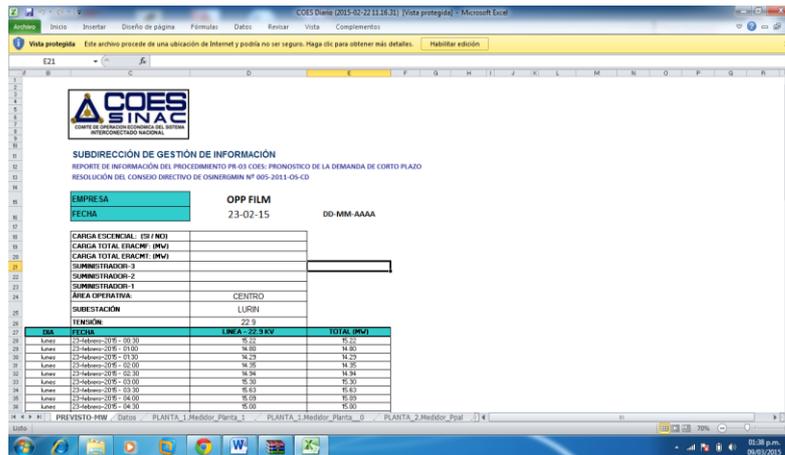


Figura 38: Reporte de calidad de energía

Como punto final, resalto dentro de la implementación del proyecto, que pude cumplir con un requerimiento impuesto por el Responsable del área mantenimiento, quien solicitaba mostrar dentro de la interfaz la sumatoria de parámetros eléctricos, para tener una idea de consumo total dentro de la planta, si bien puede ser interpretado como la realización de una operación aritmética básica, fue complicado realizarlo en ese entonces, debido a la poca información que se tenía al alcance y era un software nuevo que tuve que aprender de manera autodidactica con los principios de ensayo y error.

El Software utilizado fue el “Designer”, donde se realizan todo tipo de operaciones matemáticas con las magnitudes físicas. Con la creación de bloques se utilizaron operaciones aritméticas que serían enlazadas en la

interfaz junto a un histograma, esto permitía vincular alarmas para avisar cuando se detecte un problema. (Ver figuras)

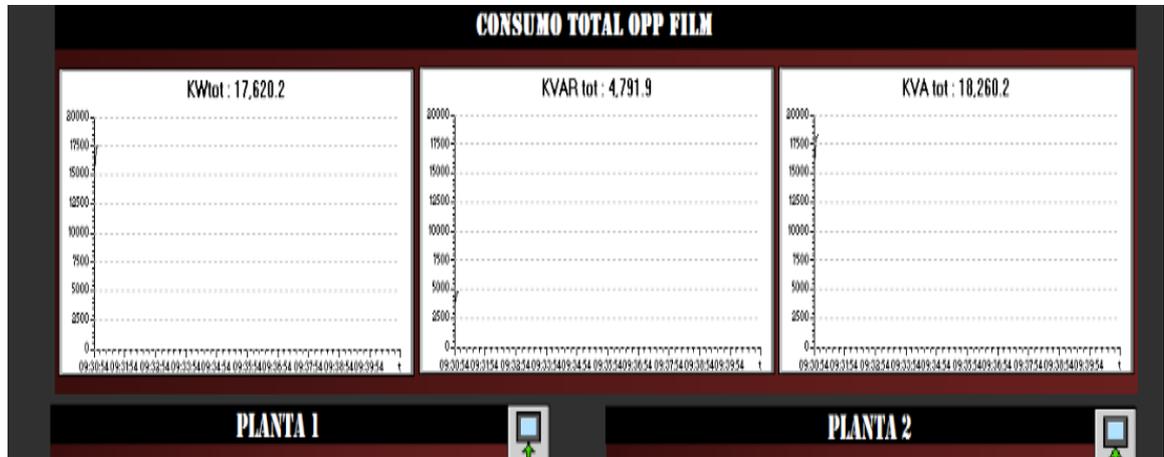


Figura 39: Histograma de Consumo eléctrico total

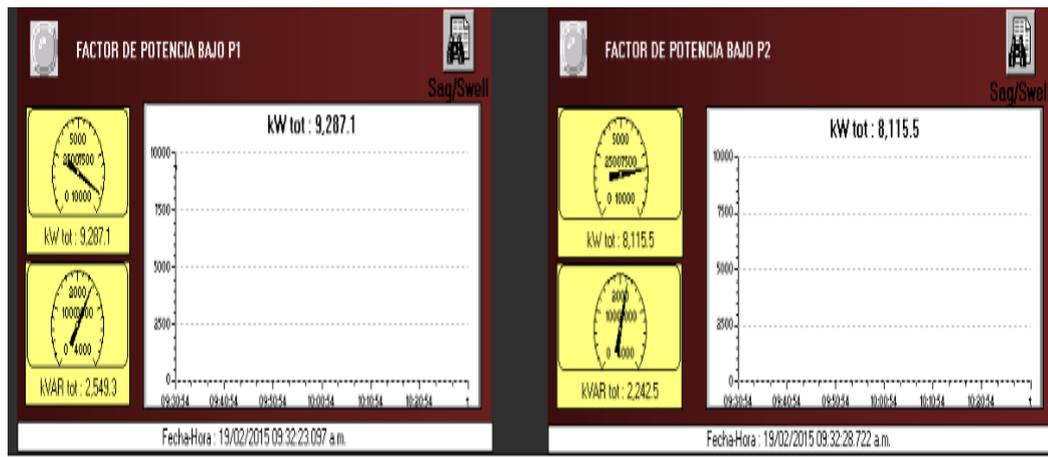


Figura 40: Histograma de consumo eléctrico por Planta

## CONCLUSIONES

1. El SCADA Power Monitoring Expert nos permite elegir entre un gran número de parámetros eléctricos a monitorear, se puede insertar gráficos como histogramas que dan información del comportamiento en el tiempo. Además, se puede desarrollar alarmas que indiquen el estado del parámetro fijado en un rango de valores preestablecidos.
2. El Software identifica a cada esclavo de la red Modbus con una única dirección asignada, en caso se configure erróneamente los medidores y se duplique la dirección existirá un conflicto en la transmisión de datos.
3. El monitoreo de parámetros eléctricos desde la interfaz gráfica se realiza en tiempo real, por implementar una topología de red comunicaciones local apropiada, la red Modbus en campo y la red Ethernet TCP/IP a nivel de SCADA.
4. Los parámetros eléctricos obtenidos en la medición derivan a partir del sensado de tensión y corriente, la intensidad de corriente que ingresa al medidor es proporcional y de menor magnitud a la intensidad que circula por la acometida, y depende del número de vueltas de los toroides instalados.
5. Se puede seccionar la medición de parámetros dentro de las naves con la adición de más analizadores de red eléctrica PM700. Esto debido que cada Nave de producción tiene diferentes áreas con maquinaria propia.
6. La implementación del presente sistema nos ayuda evitar las mediciones reiterativas de forma manual dentro de los tableros de distribución que generalmente se realizan con multímetros y pinzas amperimétricas, lo cual es peligroso para el personal técnico.

7. El registro de parámetros y generación de reportes sirven como base de análisis al departamento de mantenimiento mecánico-eléctrico, para la programación de paradas y realizar los respectivos mantenimientos de maquinaria industrial.
8. Los medidores integrados al SCADA nos proporciona la medición de consumo eléctrico, no solo almacenado en la base de datos sino dentro de la memoria del analizador de red eléctrica. Este parámetro es de mucho interés para corroborar la facturación de suministro eléctrico.
9. La aplicación del sistema propuesto es técnicamente factible, ya que los elementos y equipos utilizados en su diseño e implementación existen en la actualidad en el país, así como también los conocimientos y el personal necesario para el desarrollo y programación de los equipos.
10. Los beneficios económicos de la implementación de este sistema son considerables, ya que ayuda a disminuir los gastos por el consumo de electricidad ya que se identifica el horario y la zona de mayor demanda dentro de la planta, además los beneficios en relación a su costo son también considerables e indican que el proyecto resulta una buena inversión.

## RECOMENDACIONES

1. Al momento del desarrollo de la interfaz gráfica solo se debe optar por mostrar los parámetros eléctricos principales a fin de evitar confusión al momento del acceso y monitoreo.
2. Se recomienda identificar a los dispositivos esclavos en la red con direcciones consecutivas y de forma ascendente para tener un orden y evitar confusiones al momento realizar algún tipo de mantenimiento. Tener en cuenta que al momento de la implementación de la red Modbus se debe colocar una resistencia de 120Ohm al final de la red, como sugiere el fabricante. Esto servirá al Gateway para identificar donde culmina la red y así optimizar recursos.
3. La implementación de la topología de red de área local debe realizarse respetando los estándares del cableado estructurado, a fin de evitar interferencias (ruido) y/o pérdidas de la señal. Considerar la manera apropiada de la distribución del cableado, considerando distancias de seguridad mínimos.
4. Para asegurar el correcto funcionamiento de los medidores se recomienda realizar una medición manual cuidando los estándares de seguridad. Para ello podemos valernos de instrumentos de medición electrónicos como los multímetros y pinzas amperimétricas.
5. Se recomienda seccionar la medición dentro de una planta por áreas, para tener un acceso rápido y ordenado. Dentro de la interfaz se pueden crear hipervínculos que permitan acceder a subinterfaces donde se tenga mayor cantidad de parámetros.

6. Toda medición en sistemas eléctricos se debe realizar con sumo cuidado aplicando los estándares de seguridad impuestos por la empresa valiéndose de las herramientas y equipos de protección personal homologados.
7. El tiempo de captura de datos es configurable, para este proyecto se optó por registrar cada 15 minutos los parámetros sensados (Tensión, Intensidad de corriente, factor de potencia, energía consumida, etc.)
8. Cuando surja un problema en la transmisión de datos se debe proceder primero comprobando que exista conectividad entre el Gateway y el PC SCADA. Luego proceder a verificar la conectividad entre Gateway y dispositivos esclavos de la red Modbus.
9. El sistema SCADA para el control de la demanda de energía eléctrica ha sido planteado para ser utilizado en el sector industrial, pero puede ajustarse a las necesidades de otros usuarios tanto del sector comercial como el residencial, para lo cual se deben hacer estudios previos.
10. Partiendo del diseño realizado en este trabajo de investigación se recomienda como trabajo futuro la aplicación al resto de naves y plantas de OPP Film para el monitoreo de demanda de energía eléctrica.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Junas, E. (2015). Eficiencia energética mediante sistemas SCADA para el control de la demanda de una residencia. Tesis de licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- [2] Carchipulla, M. (2013). Diseño e Implementación de un Sistema SCADA para la administración del suministro de energía del edificio de corporación GPF. Tesis de Licenciatura. Escuela Politécnica Nacional de Quito.
- [3] Guzmán, R. (1993). Sistemas SCADA en distribución de energía eléctrica. Tesis de Licenciatura. Escuela Politécnica Nacional de Quito.
- [4] Bilbao, G. (2006). Implementación de un SCADA de energía eléctrica en una refinería polimetálica de 71 Mw de potencia contratada. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Ingeniería.
- [5] Guerrero, G. (2007). Diseño e Implementación de un sistema de control digital con conexión a redes de datos para medición de parámetros eléctrico. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [6] Vintimilla, E. (2012). Auditoria Eléctrica a la fábrica de cartones nacionales CARTOPEL. Tesis de Licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana.
- [7] Gómez, A. (2014). Diseño e Implementación de una red inalámbrica para un proceso industrial utilizando protocolo Modbus. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [8] Montalvo, C. (2005). Sistemas de Supervisión y Control automático en la industria de procesos. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Ingeniería.

- [9] Cruz, I. (2011). Sistema SCADA para la supervisión de consumo eléctrico en la Ronera Central “Agustín Rodríguez Mena”. Tesis de Licenciatura. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- [10] Rodríguez, A. (2007). Sistemas SCADA (3era Ed.) México, Alfaomega, Grupo Editor.
- [11] Guerrero, V., Martínez, L., Yuste, R. (2010). Comunicaciones Industriales (1era Ed.) México, Marcombo.
- [12] Bijani, G. (2014). UF1872: Implantación y Configuración de Pasarelas (5ta Ed) España, Ed. Elearning.
- [13] Schneider Electric (2008, Setiembre). Central de medida 700 PowerLogic. Manual de referencia. Recuperado el 15 de Setiembre del 2015, <https://www.schneider-electric.es/es/download/document/63230-501-219/>
- [14] Schneider Electric (2013, Mayo). StruxureWare Power Monitoring Expert 7.2. Manual de usuario. Recuperado el 15 de Setiembre del 2015, <https://www.schneider-electric.com/en/download/document/7ES02-0328-00/>
- [15] Schneider Electric (2009, febrero). Pasarela Ethernet EGX300 de PowerLogic. Manual de instrucciones. Recuperado el 15 de Setiembre del 2015, [https://www.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER\\_ELECTRIC/content/live/FAQS/162000/FA162067/](https://www.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/162000/FA162067/)

## ANEXOS

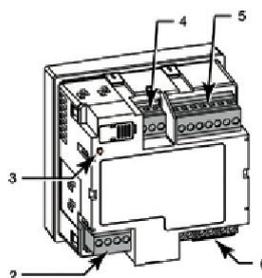
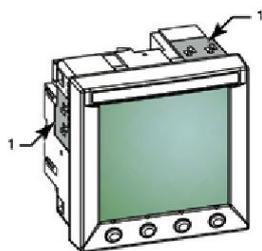
### Anexo 01: Hoja Técnica Power Logic PM 700

#### Información técnica

#### Power Logic centrales de medida serie PM700



Vista posterior de una central de medida serie PM700.



#### Serie PM700

- 1 Ranuras para montaje en panel.
- 2 Comunicaciones RS485 (PM710MG y PM750MG).
- 3 LED indicador del funcionamiento de la CPU.
- 4 Alimentación auxiliar.
- 5 Entradas de tensión.
- 6 Entradas de corriente.

Características eléctricas		
Tipo de medida	Verdadero valor eficaz hasta el armónico 15.	
En red alterna trifásica (3P, 3P + N), 32 muestras por ciclo		
Precisión de la medida	Intensidad y tensión ± 0,5% (PM700, PM700p, PM710)	
	Potencia 1 % (PM700, PM700p, PM710)	
	Frecuencia ± 0,01 Hz desde 45 a 65 Hz	
	Energía activa CEI 61036 Clase 1	
	Energía reactiva CEI 61036 Clase 2	
Periodo de actualización de datos 1 s		
Características de la entrada de tensión	Tensión de medida 10 a 480 V CA (directa F-F)	
	10 a 277 V CA (directa F-N)	
	0 a 1,6 MV CA (con transformador de tensión externo)	
	Rango de medida 0 a 1,2 Un	
	Impedancia 2 M (F-F) / 1 M (F-N)	
	Rango de frecuencia 45 a 65 Hz (± 0,02 %)	
Características de la entrada de intensidad	Calibre de los TCP	Primario Regulable desde 5 A hasta 32.767 A
		Secundario 5 A a partir de 10 mA
	Rango de medida	0 a 6 A
	Sobrecarga admisible	15 A en régimen permanente 50 A durante 10 segundos por hora 120 A durante 1 segundo por hora
	Impedancia < 0,1	
	Carga < 0,15 VA	
Alimentación auxiliar	CA 110 a 415 ± 10 % V CA, 5 VA	
	CC 125 a 250 ± 20 % V CC, 3 W	
	Tiempo de mantenimiento 100 ms a 120 V CA	
Características mecánicas		
Peso	0,37 kg	
Grado IP de protección (CEI 60529)	IP52 pantalla, IP30 resto de la central de medida	
Dimensiones	96 x 96 x 88 mm. (central con pantalla)	
	96 x 96 x 50 mm. (parte posterior del panel)	
Condiciones ambientales		
Temperatura de funcionamiento	Medidor 0 °C a +60 °C Pantalla -10 °C a +50 °C	
Temp. almacenamiento.	Medidor + pantalla -40 °C a +85 °C	
Calor húmedo	5 a 95 % HR a 50 °C (sin condensación)	
Grado de contaminación	2	
Categoría de la instalación	III, para sistemas de distribución de hasta 277 V F-N / 480 V CA F-F	
Resistencia dieléctrica	Según EN 61010, UL508	
Compatibilidad electromagnética		
Inmunidad a las descargas electrostáticas	Nivel 3 (IEC 61000-4-2)	
Inmunidad a los campos radiados	Nivel 3 (IEC 61000-4-3)	
Inmunidad a transitorios rápidos	Nivel 3 (IEC 61000-4-4)	
Inmunidad a las ondas de choque	Nivel 3 (IEC 61000-4-5)	
Inmunidad conducida	Nivel 3 (IEC 61000-4-6)	
Inmunidad a los campos magnéticos	Nivel 3 (IEC 61000-4-8)	
Inmunidad contra huecos de tensión	Nivel 3 (IEC 61000-4-11)	
Emisiones conducidas y radiadas	IEC para ambientes industriales / FCC parte 15 clase B EN 55011	
Emisiones armónicas	IEC 61000-3-2	
Emisiones por flicker	IEC 61000-3-2	

## Anexo 02. Hoja Técnica EGX300

### Referencias

### Power Logic EGX Ethernet Gateway pasarelas de comunicación



Las pasarelas Ethernet EGX 100 y EGX 300 de PowerLogic, son la conexión directa a las redes Ethernet de alta velocidad. Permiten compartir los datos entre varios usuarios, pueden ser dedicados al control o cumplir múltiples funciones de monitoreo y supervisión. Esta solución garantiza la adaptación serial ModBus RTU (RS-485) / ModBus Ethernet TCP/IP.

### Referencias

Descripción	Referencia
Pasarela EGX100	EGX100MG
Web server EG300	EGX300

Guía de Selección	EGX 100	EGX 300
<b>Puerto Serial</b>		
Número de Puertos	1	1
Tipo de Puertos	RS232 o RS485 (2 o 4 hilos), dependiendo de la configuración.	RS232 o RS485 (2 o 4 hilos), dependiendo de la configuración.
Protocolo	ModBus RTU/ASCII, Jbus, PowerLogic (Sy/Max)	ModBus RTU, Jbus, PowerLogic (Sy/Max)
Velocidad Máxima	2400 a 38400 baud (configurable)	2400 a 38400 baud (configurable)
Número máximo de equipos conectados	32	64
<b>Puerto Ethernet</b>		
Número de Puertos	1	1
Tipo de Puertos	Puerto 10/100 Base TX (802.3af)	Puerto 10/100 Base TX (802.3af)
Protocolo	HTTP, SNMP (MIB2), FTP, ModBus	HTTP, SNMP (MIB2), FTP, ModBus
TCP/IP	TCP/IP	
Velocidad Máxima	10/100 Mb	10/100 Mb
Web Server		
Memoria	Ninguna	512 Mb

### Arquitectura de Comunicación

