



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO EN AUTOMATIZACIÓN Y  
CONTROL**

**AUTOR: MOROMENACHO OÑA, TANIA KARINA**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
SCADA PARA LA SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LA  
CENTRAL TÉRMICA UNACEM-CEMENTOS SELVA ALEGRE.**

**DIRECTOR: ING. ORTIZ, HUGO**

**CODIRECTOR: ING. GORDILLO, RODOLFO**

**SANGOLQUÍ, ABRIL 2015**

# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

## INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

### CERTIFICADO

Ing. Hugo Ortiz  
Ing. Rodolfo Gordillo

### CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “Diseño e Implementación de un Sistema SCADA para la supervisión y control de la Central Térmica UNACEM-Cementos Selva Alegre.”, realizado por Tania Karina Moromenacho Oña, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas. Debido a que se trata de un trabajo de investigación recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Tania Karina Moromenacho Oña que lo entregue al Ingeniero Luis Orozco, en su calidad de Coordinador de la Carrera.

Sangolquí, Abril de 2015



Ing. Hugo Ortiz  
DIRECTOR



Ing. Rodolfo Gordillo  
CODIRECTOR

**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**TANIA KARINA MOROMENACHO OÑA**

**DECLARO QUE:**

El proyecto de grado denominado “Diseño e Implementación de un Sistema SCADA para la supervisión y control de la Central Térmica UNACEM-Cementos Selva Alegre.”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie, de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, Abril de 2015



---

Tania Karina Moromenacho Oña

**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y  
CONTROL**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, Tania Karina Moromenacho Oña

Autorizó a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “Diseño e Implementación de un Sistema SCADA para la supervisión y control de la Central Térmica UNACEM-Cementos Selva Alegre.”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría

Sangolquí, Abril de 2015



---

Tania Karina Moromenacho Oña

## DEDICATORIA

*A mi Dios, mi Padre Celestial y mi amigo fiel.*

*Al amor de mi vida, mi esposo Carlos por su amor, apoyo y compañía.*

*A mi bendición, mi hijo Lyan Santiago mi fortaleza y por quien luchare todos los  
días que Dios me dé vida.*

*A mis padres Juan y Rosita mi guía, mi apoyo y ayuda cuando más lo he necesitado.*

*A mi hermano Javier, por tu amor y por darme ese regalo precioso de ser tía.*

## AGRADECIMIENTO

*A mi Dios, toda mi devoción, toda la gloria y toda la honra para ti papito Dios. Y yo que pensaba que habías olvidado todas esas cosas que un día te pedí. Gracias por cumplir cada anhelo de mi corazón y por cuidarme como a la niña de tus ojos.*

*A mi Esposo Carlos por su apoyo, por alentarme a seguir a pesar de todas las cosas que se vengan, por ser esa persona que pedía.*

*A mi príncipe, mi Santy por ser mi gran bendición, porque simplemente lo miró y siento que puedo llegar muy lejos, por ser la razón por la cual nunca me rendiré.*

*A mi Mami Rosita, por apoyarme, por no dejarme sola, por enseñarme a luchar por mis sueños y simplemente porque me amas, gracias mami.*

*A mi Papi Juan, por enseñarme a ser perseverante, a no rendirme a siempre ser responsable, gracias papito por tus consejos y por ser mi confidente, te amo papi.*

*A mi ñaño Javi, gracias por cuidarme y ayudarme en todo lo que necesito.*

*A mi abuelita Luz por sus oraciones y a mis tías Sonia e Irene por quererme tanto como a una hija.*

*A mis Tutores de Tesis, Ing. Hugo Ortiz e Ing. Rodolfo Gordillo, por su buena predisposición para guiarme en este proceso para culminarlo con éxito.*

*A INNOVATRONICA S.A, por confiarme el proyecto de fin de carrera ofreciéndome todo el apoyo para culminarlo y por ayudarme a crecer profesionalmente.*

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Objetivos.....	1
1.2.1 Objetivos Específicos.....	2
1.3 Generalidades.....	2
1.4 Descripción General del Proyecto .....	3
1.4.1 Descripción General de Equipos Instalados.....	4
1.4.2 Requerimientos técnicos del sistema .....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	6
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	6
2.1 Centrales Térmicas. ....	6
2.1.1 Grupo Electrónico .....	7
2.1.1.1 Funcionamiento del motor generador.....	9
2.1.2 Sistemas auxiliares del motor generador.....	12
2.1.2.1 Sistemas de Combustible.....	12
2.1.2.2 Sistema de Aceite de lubricación. ....	14
2.1.2.3 Sistema de Aire comprimido.....	14
2.1.2.4 Sistema de Refrigeración.....	15
2.1.2.5 Sistemas de escape .....	16
2.2 Sistema SCADA .....	16
2.2.1 Funciones Principales de un sistema SCADA .....	17

2.2.2 Funciones más específicas de un sistema SCADA .....	18
2.2.3 Prestaciones.....	18
2.2.4 Requisitos.....	19
2.3 Instrumentación de una Central Térmica.....	19
2.3.1 Sensores de temperatura.....	19
2.3.1.1 Termocuplas .....	20
2.3.1.2 Tipos de Termocuplas .....	21
2.3.1.3 Termistores .....	24
2.3.1.4 Termorresistencia .....	24
2.3.2 Sensores de presión. ....	25
2.4 Sistemas de Comunicación.....	26
2.4.1 Modelo TCP/IP .....	26
2.4.2 Profibus .....	28
2.4.3 Profinet.....	29
2.5 Software.....	30
2.5.1 WinCC Explorer.....	30
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>32</b>
<b>DISEÑO DE HARDWARE .....</b>	<b>32</b>
3.1 Requisitos del Sistema SCADA .....	32
3.2 Estudio de las instalaciones de la planta.....	34
3.3 Selección de Componentes .....	37
3.1 Hardware .....	37
3.4 Señales de Proceso.....	41
3.4.1 Señales de Instrumentación.....	41

3.5 Sistemas de Control .....	43
3.5.1 Set Point. ....	43
3.5.2 Alarmas .....	45
3.6 Planos, diagramas y especificaciones .....	46
3.6.1 Especificaciones.....	46
3.6.2 Plano del rack principal.....	47
3.6.3 Diagramas .....	49
3.6.3.1 Diagrama de flujo para el arranque .....	49
3.6.3.2 Diagrama unifilar del sistema eléctrico.....	51
3.6.4 Arquitectura.....	53
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>55</b>
<b>DESARROLLO DE SOFTWARE.....</b>	<b>55</b>
4.1 Software .....	55
4.2 Desarrollo de la Adquisición de Datos del Sistema.....	55
4.2.1 Comunicación STEP 7 y WinCC.....	55
4.2.1.1 Configuración WinCC en el sistema SCADA.....	55
4.2.1.2 Configuración STEP 7.....	59
4.3 Diseño y Desarrollo del HMI para el sistema SCADA. ....	63
4.3.1 Convenciones adoptadas en el sistema .....	65
4.3.2 Elementos de las pantallas .....	66
4.3.3 Navegación.....	68
4.3.4 Inicio .....	69
4.3.5 Visión General .....	71
4.3.6 Suministro de Combustible .....	72

4.3.7 Lubricación .....	73
4.3.8 Aire Comprimido .....	74
4.3.9 Refrigeración.....	74
4.3.10 Gases de Escape y Aire de Carga.....	75
4.3.11 Medidores de Temperatura .....	75
4.3.12 Medidores de Presión.....	76
4.3.13 Sistema Eléctrico.....	76
4.3.14 SP .....	77
4.3.15 Tendencias.....	77
4.3.16 Alarmas .....	78
4.4 Programación del HMI .....	80
4.4.1 Programación por código .....	81
4.4.2 Programación gráfica.....	82
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>84</b>
<b>IMPLEMENTACIÓN</b> .....	<b>84</b>
5.1 Generalidades.....	84
5.2 Integración .....	85
5.2.1 Integración PLC´s .....	85
5.2.2 Instalacion Switch Industrial.....	86
5.2.3 Integración de las líneas de generación con el Sistema SCADA.....	87
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	<b>90</b>
<b>PRUEBAS Y RESULTADOS</b> .....	<b>90</b>
6.1 Pruebas.....	90
6.2 Resultados.....	93

<b>CAPÍTULO VII</b> .....	97
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	97
7.1 Conclusiones.....	97
7.2 Recomendaciones. ....	98
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	100
<b>ANEXOS</b> .....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Línea 1 y 2 Motor generador 1, 2, 3, 5, 6 y 7. ....	3
Figura 2. Tablero de control.....	4
Figura 3. Esquema elemental de una Central Térmica .....	6
Figura 4. Vista lateral del motor generador unidad 1.....	8
Figura 5. Carrera de admisión.....	9
Figura 6. Carrera de compresión.....	10
Figura 7. Carrera de expansión. ....	10
Figura 8. Carrera de escape.....	11
Figura 9. Funcionamiento completo de motor generador. ....	11
Figura 10. Sistemas auxiliares del motor generador. ....	12
Figura 11. Tanque diario Bunker. ....	13
Figura 12. Tanque diario Diesel.....	13
Figura 13. Tanque aceite lubricante.....	14
Figura 14. Aire de arranque del motor. ....	15
Figura 15. Radiador aceite lubricante. ....	15
Figura 16. Tubos de entrada y salida de gases. ....	16
Figura 17. Esquema básico de un sistema de Adquisición, supervisión y control.....	17
Figura 18. Estructura de la termocupla. ....	21
Figura 19. Arquitectura TCP/IP .....	27
Figura 20. Entorno WinCC .....	31
Figura 21. PC información básica de la línea 2. ....	34
Figura 22. Cuarto de control de la planta de generación.....	34

Figura 23. Línea de generación 1.....	35
Figura 24. Línea de generación 2.....	35
Figura 25. PLC S7-300 .....	36
Figura 26. HMI (Touch Panel).....	36
Figura 27. Tablero de control del motor generador 1. ....	36
Figura 28. Tarjeta multipantallas .....	39
Figura 29. Switch Industrial.....	41
Figura 30. Diagrama Rack principal .....	48
Figura 31. Diagrama de flujo del proceso de pre-lubricación.....	51
Figura 32. Diagrama unifilar de los sistemas auxiliares .....	52
Figura 33. Arquitectura de control .....	53
Figura 34. Nueva conexión TCP/IP .....	56
Figura 35. Configuración del nombre de la nueva conexión. ....	56
Figura 36. Configuración de IP y posicionamiento del módulo .....	57
Figura 37. Direccionamiento de las variables del PLC en el SCADA.....	57
Figura 38. Ventana de Propiedades de Etiqueta.....	58
Figura 39. Ventana Principal STEP 7 .....	59
Figura 40. Ventana Configuración de red .....	59
Figura 41. Selección de objetos de red.....	60
Figura 42. Ventana Propiedades de PG/PC.....	60
Figura 43. Selección de la interface de Ethernet.....	61
Figura 44. Direccionamiento IP de la PC.....	61
Figura 45. Enlace de comunicación. ....	62
Figura 46. Diagrama de comunicación para una unidad.....	62

Figura 47. Representación del Sistema SCADA.....	63
Figura 48. Representación del Sistema SCADA.....	64
Figura 49. Cuadro de aviso con insuficiente permisos de acceso .....	65
Figura 50. Representación de menú superior e inferior .....	67
Figura 51. Menú superior .....	68
Figura 52. Menú Inferior.....	68
Figura 53. Ventana de Inicio.....	70
Figura 54. Ventana para el ingreso de Usuario y clave.....	70
Figura 55. Nombre de usuario ingresado y habilitado .....	71
Figura 56. Error con usuario con insuficientes permisos.....	71
Figura 57. Error de mal ingreso de nombre de usuario o clave .....	71
Figura 58. Visión General .....	72
Figura 59. Sistema de suministro de combustible.....	73
Figura 60. Sistema de lubricación.....	73
Figura 61. Sistema de aire comprimido .....	74
Figura 62. Sistema de agua de refrigeración .....	74
Figura 63. Sistema de gases de escape y aire de carga. ....	75
Figura 64. Temperaturas del motor .....	75
Figura 65. Pantalla de presiones.....	76
Figura 66. Sistema Eléctrico .....	76
Figura 67. Ventana de Setpoint.....	77
Figura 68. Pantalla de tendencias.....	77
Figura 69. Radio-Box de la pantalla de tendencias.....	78
Figura 70. Pantalla de alarmas .....	78

Figura 71. Registro de alarmas.....	79
Figura 72. Botón Reconocer ventana de alarmas.....	79
Figura 73. Indicador de Alarma con disparo.....	79
Figura 74. Indicador de alarma aviso.....	80
Figura 75. Indicador de alarmas, disparos y avisos para los niveles.....	80
Figura 76. Global Script.....	81
Figura 77. Ventana de Programación VBS-editor. ....	81
Figura 78. Programación gráfica.....	82
Figura 79. Tableros de generación. ....	84
Figura 80. Sistema SCADA planta eléctrica UNACEM .....	85
Figura 81. Módulo CP 343-T LEAM.....	85
Figura 82. Instalación Switch Industrial. ....	86
Figura 83. Instalación de cableado.....	87
Figura 84. Servidor Línea 2. ....	87
Figura 85. Sistema SCADA implementado. ....	88
Figura 86. Tarjeta Matrox instalada.....	88
Figura 87. Sistema SCADA. ....	89
Figura 88. Pantalla de pruebas .....	91
Figura 89. Tester De Cables Rj45 .....	91
Figura 90. Medidor de temperatura Laser.....	92
Figura 91. Manómetro.....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Sensores.....	20
Tabla. 2 Tipos de material.....	25
Tabla 3. Especificaciones del monitor .....	37
Tabla 4. Especificaciones de la tarjeta .....	39
Tabla 5. Tabla de Set Points.....	43
Tabla 6. Tabla de Alarmas .....	45
Tabla 7. Detalle de puertos.....	48
Tabla 8. Condiciones de Arranque.....	72
Tabla 9 Prueba de Software .....	93
Tabla 10. Verificación de red Industrial Ethernet.....	94
Tabla 11. Verificación del cableado en el Switch del rack principal.....	94
Tabla 12. Prueba de mediciones temperaturas, presiones y niveles .....	95
Tabla 13. Prueba de mediciones temperaturas, presiones y niveles .....	96

## RESUMEN

En este documento se presenta el diseño y la implementación de un Sistema SCADA para la supervisión y control de la Central Térmica UNACEM-Cementos Selva Alegre, ubicada en Otavalo. La Central Térmica dispone de dos líneas de generación, la Línea 1 incluye 3 grupos electrógenos con una generación individual de 3.2 MW, y la Línea 2 incluye 3 grupos electrógenos de mayor generación, cada uno de 5.2 MW. El sistema propuesto permitirá realizar la supervisión y control de sus 6 grupos electrógenos, con el fin de mejorar la fiabilidad de sus grupos. Cada unidad tiene un tablero de control con un PLC S7-300 y un Touch Panel HMI; el PLC tiene un módulo que servirá para la comunicación con el sistema SCADA mediante el protocolo Industrial Ethernet. Con la transmisión de datos se tendrá todos los Tags centralizados y listos para presentar en el diseño HMI. El sistema permite que los operadores posean en forma centralizada la información relativa a los distintos subsistemas de la misma mediante dos servidores que dispondrán la información de las dos líneas, cada servidor mostrará esta información en tres monitores, para visualizar a cada unidad mediante una tarjeta de video en cada uno de los servidores, las cuales tendrán la función de realizar una resolución extendida para estos monitores. La inversión en el Sistema SCADA redundará tanto en la mejora de la Planta así como en la entrega de energía a la red SIN, que son inversiones que van a la par con la tecnología y con el crecimiento de objetivos anuales.

### **PALABRAS CLAVES.-**

- Grupos Electrógenos
- Controlador lógico programable
- Comunicación Industrial Ethernet
- Tarjeta de Video
- Interface Hombre Maquina
- Sistema de supervisión control y adquisición de datos.

## **ABSTRACT**

In this paper the design and implementation of a SCADA system for monitoring and control of the Central Thermal UNACEM-Cementos Selva Alegre, located in Otavalo is proposed. The power station has two generating lines, Line 1 includes three generators with a single generating 3.2 MW and Line 2 includes three generating set with more generation, each of 5.2 MW. The proposed system will allow the supervision and control of its 6 generators, in order to improve the reliability of their groups.

Each unit has a control panel with an S7-300 PLC and HMI Touch Panel, PLC has a module that will serve for communication with the SCADA system via Industrial Ethernet protocol. The data is centralized Tags will all ready to present at the HMI design. The system allows operators to centrally possess information on the various subsystems of it by two servers that provide the information of the two lines, each server will display this information on three monitors to display each unit by card video in each of the servers, which will perform the function of an extended resolution for these monitors. Investment in the SCADA system will result in both improved plant and delivery of energy to the SIN network, which are investments that go together with technology and the growth of annual targets.

### **KEYWORDS.-**

- Generators
- Programmable Logic Controller
- Industrial Communication Ethernet
- Video Card
- Interface Man Machine
- Monitoring System Control and Data Acquisition

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Antecedentes**

UNACEM (Unión Andina de Cementos) ubicada en Otavalo, es una Central Térmica antigua auto-productora, con un tiempo de operación estimado de 30 años, la cual tiene dos etapas: la primera o Línea 1, incluye tres grupos electrógenos con una generación individual de 3.2 MW, y la segunda o Línea 2, incluye tres grupos electrógenos de mayor generación, cada uno de 5.2 MW. Unidas las dos etapas generan alrededor de 25 MW.

Cada unidad electrógena tiene un proceso de funcionamiento distinto, y cada una de ellas se ha venido automatizando a largo plazo, teniendo como configuración inicial un PLC para cada unidad enlazado con un Touch Panel (HMI) en campo. UNACEM quiere seguir en un proceso de mejora para sus grupos y a su vez tener un mejor control para la entrega de energía tanto para la empresa como para la red SNI (Sistema Nacional Interconectado).

Dado el crecimiento poblacional del norte del Ecuador, principalmente la demanda de construcción y obras que existe en el país, UNACEM dentro de sus planes está desarrollando mejoras en sus áreas estratégicas como es la de generación eléctrica, para también brindar apoyo a la red del sistema nacional interconectado.

#### **1.2 Objetivos**

- Diseñar e Implementar un sistema SCADA para la supervisión y control de la central térmica UNACEM Cementos Selva Alegre, con el fin de mejorar la eficiencia operativa de la Planta.

### **1.2.1 Objetivos Específicos**

- Determinar los parámetros de funcionamiento según los requerimientos específicos del sistema para el monitoreo, control y protección.
- Diseñar un sistema de adquisición de datos, que permita lograr una mejor operación y monitoreo de todos los grupos electrógenos.
- Implementar el sistema con criterios y bajo normas establecidas.
- Realizar la puesta en marcha del sistema.
- Comprobar el funcionamiento del sistema SCADA mediante un protocolo de pruebas.
- Establecer un adecuado sistema con el fin de mejorar la seguridad del personal operativo de la Central.

### **1.3 Generalidades**

Las seis unidades de generación de la Planta Eléctrica de UNACEM (Unión Andina de Cementos) se encuentran ubicadas en la ciudad de Otavalo, a 7.5 km vía a Selva Alegre. Cada unidad incluye el motor, el generador y los equipos auxiliares necesarios para generar corriente eléctrica. El motor y el generador forman un grupo electrógeno. El equipo auxiliar está instalado principalmente en unidades independientes.

Cada uno de los grupos electrógenos funciona con petróleo crudo (bunker) como combustible principal y con diésel como combustible de arranque y parada. Los motores disponen de un sistema de agua de refrigeración de circuito cerrado con radiadores de refrigeración en el exterior de la planta eléctrica y cada unidad con sus sistemas auxiliares.

Cada unidad de la Planta Eléctrica de UNACEM incluye de un sistema de control y un sistema de distribución de energía. La producción de energía se controla desde el panel de control central (Touch Panel) ubicada a pie de máquina, y también se

controlará desde la estación de trabajo del operador (Sala de Control Principal) incluida en el Sistema SCADA desarrollado.



**Figura 1.** Línea 1 y 2 Motor generador 1, 2, 3, 5, 6 y 7.

En la figura 1 se observa la línea de generación 1, que es conformada por las unidades 1, 2 y 3 y la línea de generación 2, que es conformada por las unidades 5, 6 y 7 ubicadas en la planta eléctrica de UNACEM Cementos Selva Alegre. Los seis grupos electrógenos, se encuentran ya automatizados mediante un PLC y un HMI (Touch Panel) en cada tablero de control.

#### **1.4 Descripción General del Proyecto**

UNACEM es auto-productora de energía y por lo tanto una de las Centrales Térmicas que obtiene el subsidio de Combustible de Diesel y Crudo, está por tanto obligada por el CENACE (Centro Nacional de Control de Energía) a reportar en un corto plazo los status de cada grupo. Además, desea tener un mejor control de la operación y funcionamiento de sus grupos electrógenos, por lo cual se ha vuelto una necesidad la implementación del sistema SCADA.

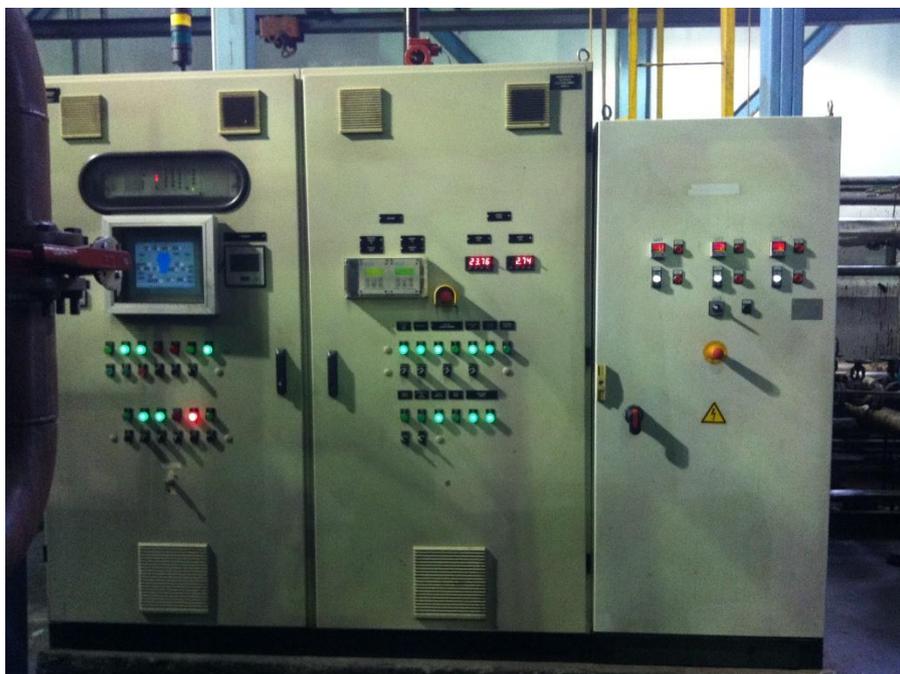
Contar con un sistema SCADA es muy importante para monitorear las variables del proceso, es decir, los estados de temperaturas, presiones y niveles que influyen en las líneas de generación. El sistema SCADA ayuda a obtener datos históricos de los eventos ocurridos en las líneas de generación, con estos datos históricos será posible

realizar un análisis de las perturbaciones permitiendo la ubicación de la falla para que el operador pueda atenderlas preventivamente y con mayor facilidad.

Las unidades han recibido mantenimiento los dos últimos años, instalándose nuevos tableros, con el fin de que todas las unidades estén listas para ser automatizadas en su totalidad. El equipo montado para cada grupo electrógeno requiere un diseño e implementación de un sistema SCADA global para su supervisión y control.

#### 1.4.1 Descripción General de Equipos Instalados

UNACEM cementos Selva Alegre tomó la decisión de modernizar y automatizar sus seis grupos electrógenos, mediante un Sistema SCADA. Cabe recalcar que el PLC y el HMI (Touch Panel) en cada tablero de control de cada unidad ya se encontraban automatizados (figura 2).



**Figura 2.** Tablero de control.

La interface HMI se instaló en la sala de control, donde se ubicaron dos servidores con una tarjeta gráfica para múltiples monitores en cada uno de ellos. Para tener una mejor visualización de los parámetros de cada una de las unidades se utilizó tres pantallas para cada línea, mientras que en el tablero de control ya se encontraba una

terminal de operador de 10 pulgadas, la cual será de apoyo al operador cuando esté en el interior del cuarto de generadores para poder revisar los parámetros con mayor rapidez.

#### **1.4.2 Requerimientos técnicos del sistema**

En el cuarto de generadores de la planta se encuentran instalados los tableros de control para cada unidad, a donde llegan todas las señales provenientes de los motores generadores para el control mediante un controlador lógico programable (PLC) y para la supervisión mediante un sistema SCADA que ayude a la visualización de las alarmas y eventos que ocurran.

Las señales de temperatura que serán traídas de cada una de las unidades, exigen tener mucho cuidado por la distancia entre el tablero de control y la ubicación de los distintos sensores.

Cada motor generador cuenta con tanques diarios de crudo, diésel, aceite lubricante, agua camisas y agua inyectores, en todos los tanques se debe mantener los niveles mínimos para el funcionamiento del motor generador, para ello se recibe la señal de los sensores de nivel, para ayudar a la supervisión de los tanques.

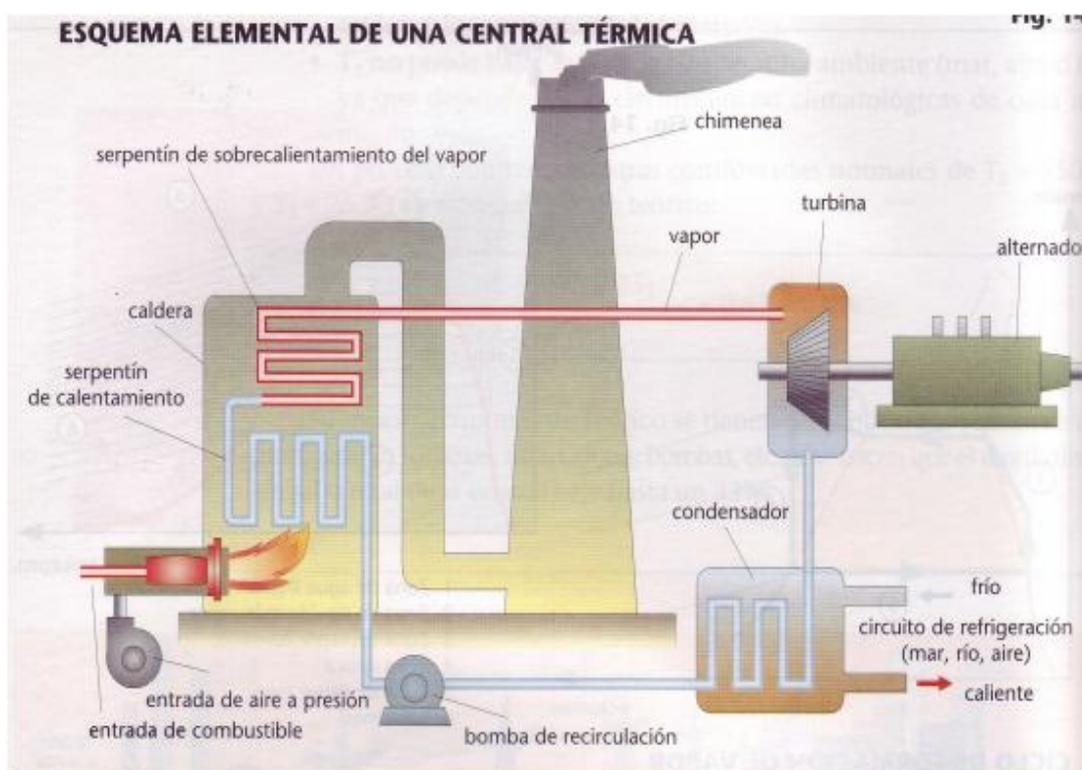
Todos los datos mencionados anteriormente deberán ser registrados en tiempo real en el sistema SCADA, tanto las fallas como los eventos quedarán registradas cronológicamente.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Centrales Térmicas.

Una central térmica es una instalación que produce energía eléctrica a partir de la combustión de carbón, fuel-oil o gas en una caldera diseñada al efecto. El funcionamiento de todas las centrales térmicas, o termoeléctricas, es semejante, En la figura 3 se puede apreciar un esquema elemental de una Central Térmica. (Alejandro, 2006)



**Figura 3.** Esquema elemental de una Central Térmica

Fuente: (Nueva, 2013)

La generación de energía eléctrica se considera a través de dos fuentes, la primera alternativa son las fuentes de energías renovables, entre las cuales se consideran la

energía eólica, solar fotovoltaica, hidráulica y la energía a partir de la biomasa las cuales para la generación de energía eléctrica utilizan recursos que se encuentran en la naturaleza y son inagotables, la segunda alternativa considerada es la generación de energía eléctrica a partir de un grupo electrógeno que utiliza recursos de la naturaleza que a corto mediano o largo plazo se agotan (fuentes no renovables). (Soria, 2010)

UNACEM es una Central Térmica que trabaja con grupos electrógenos para la generación de energía eléctrica.

### 2.1.1 Grupo Electrónico

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador de energía eléctrica a través de un motor de combustión interna. Es comúnmente utilizado cuando hay déficit en la generación de energía de algún lugar, o cuando hay corte en el suministro eléctrico y es necesario mantener la actividad. Un grupo electrógeno consta de las siguientes partes:

- **Motor de combustión interna:** El motor que acciona el grupo electrógeno suele estar diseñado específicamente para ejecutar dicha labor. Su potencia depende de las características del generador. Pueden ser motores de gasolina o diésel.
- **Sistema de refrigeración:** El sistema de refrigeración del motor es problemático, por tratarse de un motor estático, y puede ser refrigerado por medio de agua, aceite o aire.
- **Alternador:** La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, autoexcitado, autorregulado y sin escobillas, acoplado con precisión al motor. El tamaño del alternador y sus prestaciones son muy variables en función de la cantidad de energía que tienen que generar.
- **Depósito de combustible y bancada:** El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero. La bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de funcionamiento a plena carga según

las especificaciones técnicas que tenga el grupo en su autonomía.

- **Sistema de control:** Se puede instalar uno de los diferentes tipos de paneles y sistemas de control que existen para controlar el funcionamiento, salida del grupo y la protección contra posibles fallos en el funcionamiento.
- **Interruptor automático de salida:** Para proteger al alternador, llevan instalado un interruptor automático de salida adecuado para el modelo y régimen de salida del grupo electrógeno. Existen otros dispositivos que ayudan a controlar y mantener, de forma automática, el correcto funcionamiento del mismo.
- **Regulación del motor:** El regulador del motor es un dispositivo mecánico diseñado para mantener una velocidad constante del motor con relación a los requisitos de carga. La velocidad del motor está directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la velocidad del motor afectará a la frecuencia de la potencia de salida. (Gálvez, 2010)

En la Central Térmica UNACEM cada grupo electrógeno está formado por un motor y un generador, montados en un bastidor base común. El bastidor base está montado de forma flexible en los cimientos con muelles de acero. Un acoplamiento flexible conecta el motor y el generador ver (figura 4).



**Figura 4.** Vista lateral del motor generador unidad 1.

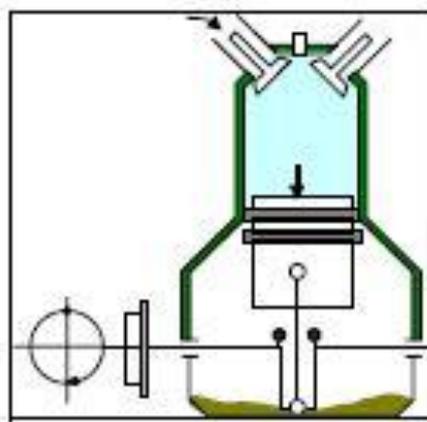
El motor acciona un generador trifásico síncrono. El generador incluye una unidad de refrigeración con ventiladores (radiadores) de refrigeración montados en el eje y filtros de aire. El generador también está equipado con un calentador anti condensación. La excitación del generador se controla con un regulador de tensión, que está montado en el armario de control del grupo electrógeno en el cuarto de tableros eléctricos.

#### 2.1.1.1 *Funcionamiento del motor generador* (Alvaro, 2014)

Las Centrales Térmicas con grupos electrógenos utilizan más los motores de cuatro tiempos, las carreras (o tiempos) son las mencionadas a continuación: Carrera de admisión, Carrera de compresión, Carrera de expansión y Carrera de escape.

- *Carrera de Admisión.*

Durante el primer tiempo el pistón se desplaza desde el punto muerto superior al punto muerto inferior y efectúa su primera carrera o desplazamiento lineal. Durante este desplazamiento el cigüeñal realiza un giro de 180, ver (figura 5).



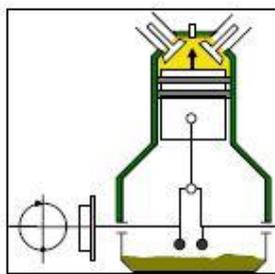
**Figura 5.** Carrera de admisión.

Fuente: (Alvaro, 2014)

Cuando comienza esta fase instantáneamente se abre la válvula de admisión y permanece abierta y debido a la depresión o vacío interno que crea el pistón en su desplazamiento, se aspira una mezcla de aire y combustible, que pasa a través de la válvula.

- *Carrera de Compresión*

En este tiempo el pistón efectúa su segunda carrera y se desplaza desde el punto muerto inferior al punto superior, ver (figura 6).



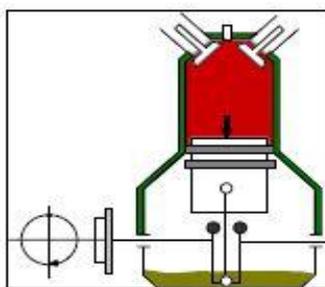
**Figura 6.** Carrera de compresión.

Fuente: (Alvaro, 2014)

Durante esta fase las válvulas permanecen cerradas. El pistón comprime la mezcla, la cual queda alojada en el volumen de la cámara de combustión, también llamada de compresión.

- *Carrera de Expansión*

Cuando el pistón llega al final de la compresión, entre los electrodos de una bujía, salta una chispa eléctrica en el interior de la cámara de combustión que produce la ignición de la mezcla, con lo cual se origina la inflamación y combustión de la misma. Lo que produce una elevada temperatura en el interior del cilindro, con lo que la energía cinética de las moléculas aumenta considerablemente y al chocar estas contra la cabeza del pistón, generan la fuerza de empuje que hace que el pistón se desplace hacia el punto muerto inferior, ver (figura 7).

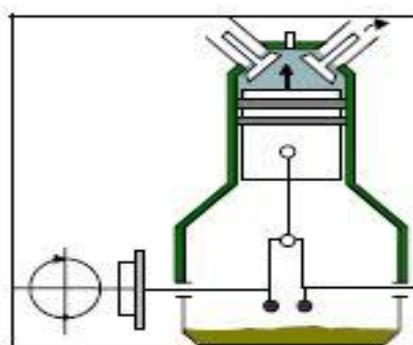


**Figura 7.** Carrera de expansión.

Fuente: (Alvaro, 2014)

- *Carrera de Escape.*

En este pistón realiza su cuarta carrera o desplazamiento desde la parte muerta superior a la parte muerta inferior, y el cigüeñal gira otro 180, ver (figura 8).

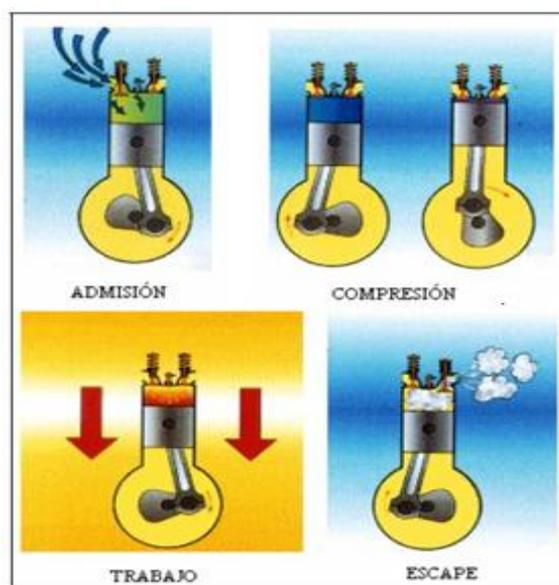


**Figura 8.** Carrera de escape.

Fuente: (Alvaro, 2014)

Durante este recorrido del pistón, la válvula de escape permanece abierta. A través de ella, los gases quemados procedentes de la combustión salen a la atmósfera.

El conjunto de las fases de funcionamiento de un motor de cuatro tiempos se presenta en la figura 9:



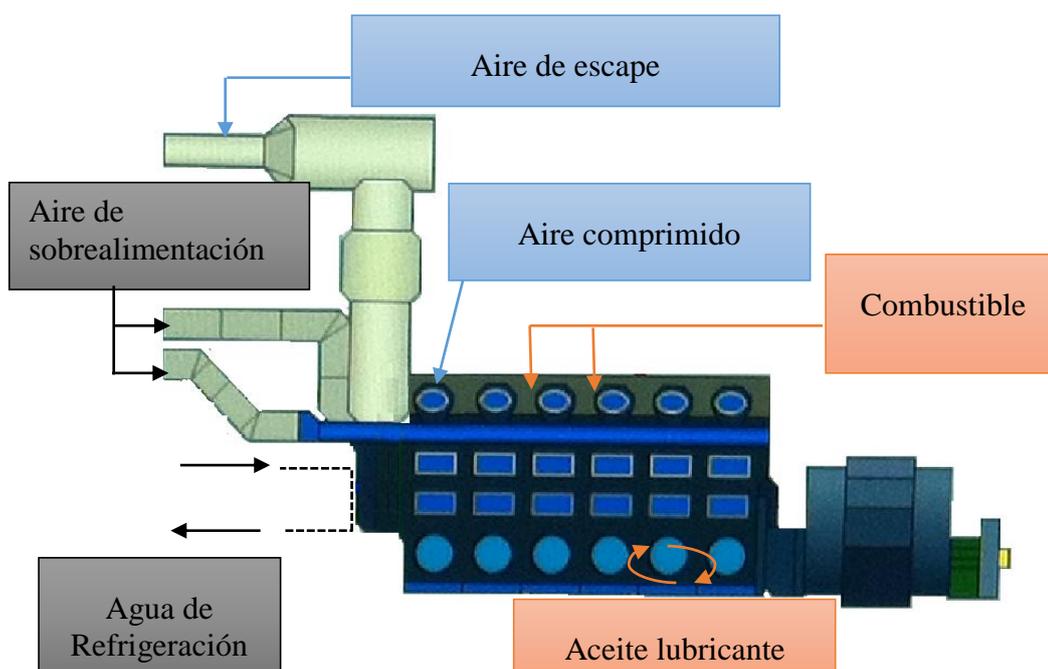
**Figura 9.** Funcionamiento completo de motor generador.

Fuente: (Alvaro, 2014)

### 2.1.2 Sistemas auxiliares del motor generador.

El equipo auxiliar es esencial para el funcionamiento del motor y debe estar a pleno rendimiento cuando el motor está en marcha. Los sistemas auxiliares proporcionan al motor combustible, aceite de lubricación, aire comprimido, agua de refrigeración y aire de carga, ver (figura 10). Estos cinco factores son muy importantes para una correcta instalación del grupo electrógeno.

Los sistemas auxiliares incluyen un equipo específico del motor, así como un equipo que se comparte con varios motores.



**Figura 10.** Sistemas auxiliares del motor generador.

Fuente: (Ángel, 2013)

#### 2.1.2.1 Sistemas de Combustible

El sistema de combustible para el grupo electrógeno debe ser capaz de proporcionar al motor un suministro continuo y limpio de combustible. Cada uno de los grupos electrógenos arranca con combustible ligero Diésel y para el funcionamiento normal se utiliza petróleo crudo (Bunker). El petróleo crudo (bunker) se usa como combustible

principal y el Diésel se suele usar en situaciones de arranque, parada o como combustible de seguridad.

Para la mayoría de las instalaciones, este sistema consta de depósitos grandes y de depósitos pequeños de uso diario para el almacenaje de combustible con las pertinentes bombas y tuberías. En los depósitos grandes de almacenamiento, el combustible (Crudo y Diésel) es depositado con 60.000 galones para Crudo y 20.000 galones para Diésel.

Para los depósitos de uso diario se almacena el combustible para proporcionar un suministro inmediato de combustible directamente al grupo electrógeno, por lo tanto deben estar situados dentro de la habitación del generador, como se observa en las siguientes figuras, para bunker (figura 11) y para diésel (figura 12).



**Figura 11.** Tanque diario Bunker.



**Figura 12.** Tanque diario Diesel.

### ***2.1.2.2 Sistema de Aceite de lubricación.***

El sistema de aceite de lubricación mantiene la calidad del aceite de lubricación del motor. La característica más importante del aceite lubricante es la viscosidad, que es la resistencia interna que ofrece una capa de moléculas, cuando se mueve en relación a otro, es el resultado de la fricción interna del lubricante en sí.

El sistema de aceite de lubricación también incluye unidades para refrigerar el aceite para evitar que se sobrecaliente ver (figura 13).



**Figura 13.** Tanque aceite lubricante.

### ***2.1.2.3 Sistema de Aire comprimido***

El aire para la combustión debe ser limpio y lo más frío posible. Normalmente este aire puede ser aspirado de la zona que rodea el grupo electrógeno diésel a través del filtro de aire del motor.

En la figura 14 se muestra aire comprimido que se utiliza para arrancar el motor. El sistema de aire comprimido también proporciona aire de instrumentación para dispositivos neumáticos de la unidad, principalmente dispositivos de parada de emergencia.



**Figura 14.** Aire de arranque del motor.

#### ***2.1.2.4 Sistema de Refrigeración.***

El motor del grupo electrógeno, el alternador y los tubos de escape generan calor lo que puede producir una temperatura lo suficientemente alta como para tener un efecto adverso en el rendimiento del grupo electrógeno. Por lo tanto, es importante que exista una ventilación adecuada para mantener el motor y el alternador a un nivel de temperatura conveniente.

El sistema de agua refrigerante elimina el calor generado por el motor. El agua refrigerante también circula por los intercambiadores de calor (figura 15), donde se usa para enfriar el aceite de lubricación y el aire de sobrealimentación.

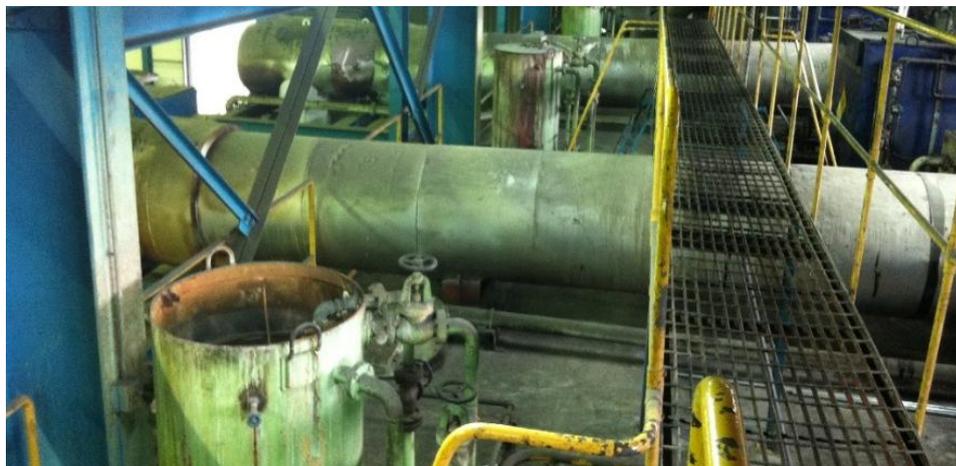


**Figura 15.** Radiador aceite lubricante.

### 2.1.2.5 Sistemas de escape

El propósito del sistema de escape del motor es dirigir el escape hacia un lugar y una altura donde los gases y olores no produzcan molestias o peligro, reduciendo al mismo tiempo el ruido producido por el motor. Debe incorporarse un silenciador adecuado en el tubo de escape para reducir el nivel de ruido del motor.

El módulo de gases de escape contiene los tubos de aire de sobrealimentación y de gases de escape (figura 16). Los silenciadores de aire de sobrealimentación se encuentran en el módulo.

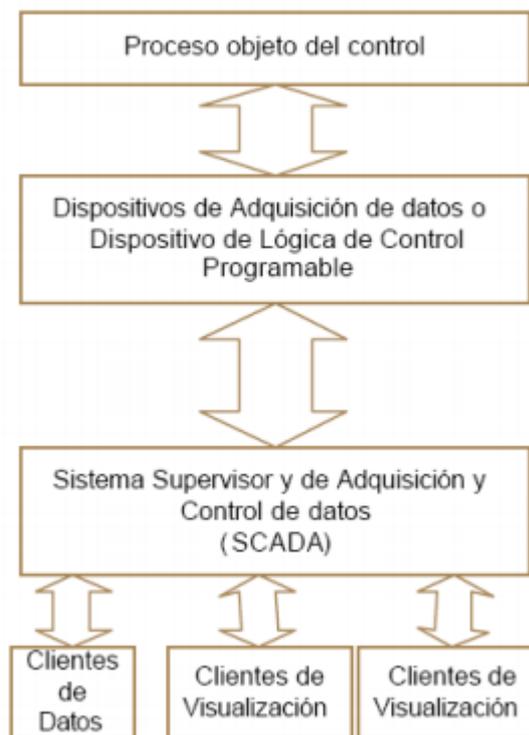


**Figura 16.** Tubos de entrada y salida de gases.

## 2.2 Sistema SCADA (Corrales, 2007)

SCADA viene de las siglas (Supervisory Control And Data Acquisition o Control con Supervisión y Adquisición de Datos), es decir, hace referencia a un sistema de adquisición de datos y control con supervisión. Tradicionalmente se define a un SCADA como un sistema que permite supervisar una planta o proceso por medio de una estación central que hace de Master (llamada también estación maestra o unidad terminal maestra, MTU) y una o varias unidades remotas (generalmente RTUs) por medio de las cuales se hace el control/adquisición de datos hace/desde el campo.

Esquemáticamente, un sistema SCADA conectado a un proceso automatizado consta de las siguientes partes (figura 17).



**Figura 17.** Esquema básico de un sistema de Adquisición, supervisión y control.

Fuente: (Corrales, 2007)

- Proceso Objeto de control: Es el proceso que se desea supervisar. En consecuencia, es el origen de los datos que se requiere coleccionar y distribuir.
- Adquisición de datos: son un conjunto de instrumentos de medición dotados de alguna interface de comunicación que permita su interconexión.
- SCADA: Combinación de hardware y software que permita la colección y visualización de los datos proporcionados por los instrumentos.
- Clientes: Conjunto de aplicaciones que utilizan los datos obtenidos por el sistema SCADA.

### **2.2.1 Funciones Principales de un sistema SCADA (Joan, 2011)**

El sistema SCADA debe cumplir con las siguientes funciones específicas:

- Adquisición de datos, para recoger, procesar y almacenar la información recibida.
- Supervisión, para observar desde un monitor la evolución de las variables del

proceso.

- Control para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.), bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.

### ***2.2.2 Funciones más específicas de un sistema SCADA. (Romero Morales & de Castro Lozano, 2014)***

Un SCADA debe cumplir con las siguientes funciones específicas:

- **Transmisión.** De información con dispositivos de campo y otros PC.
- **Base de datos.** Gestión de datos con bajos tiempos de acceso. Suele utilizar ODBC.
- **Presentación.** Representación gráfica de los datos. Interfaz del Operador o HMI (Human Machine Interface).
- **Explotación.** De los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción y gestión administrativa y financiera.

### ***2.2.3 Prestaciones (Romero Morales & de Castro Lozano, 2014)***

Un paquete SCADA debe de ofrecer las siguientes prestaciones:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso el programa total sobre el autómatas, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador, y no sobre la del autómatas, menos especializado, etc.
- Con ellas, se pueden desarrollar aplicaciones basadas en el PC, con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco e impresora, etc.

- Además, todas estas acciones se llevan a cabo mediante un paquete de funciones que incluye zonas de programación en un lenguaje de uso general como C o Pascal, aunque actualmente se está imponiendo VBA (Visual Basic for Applications), lo cual confiere una potencia muy elevada y una gran versatilidad.

#### ***2.2.4 Requisitos (Romero Morales & de Castro Lozano, 2014)***

Un SCADA debe cumplir varios objetivos:

- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

### **2.3 Instrumentación de una Central Térmica**

#### ***2.3.1 Sensores de temperatura. (Jesús Bausá Aragonés, 2013)***

Cada proceso en la industria debe ser controlado de alguna manera, y esta necesidad muchas veces también incluye la medición de la temperatura. Se dispone de una gran variedad de sensores para realizar las mediciones de la temperatura.

El ingeniero debe decidir cuál de los sensores debe seleccionar para cada situación en particular. A fin de seleccionar el mejor, para cada aplicación, se deben tener en cuenta varios factores:

- Temperatura Máxima
- Rango de Temperatura a medir
- Exactitud
- Velocidad de respuesta

- Costo
- Requerimiento de mantenimiento.

Los sensores de uso más frecuentes, en las industrias de procesos, Termocuplas, Termo resistencias, Termistores, Sistemas de dilatación, a continuación se describen algunos sensores de temperatura con sus rangos. Estos rangos no representan los extremos alcanzables, sino los límites que pueden medirse con los dispositivos disponibles por lo general en el mercado y que son suministrados por la mayoría de los fabricantes. Se pueden medir mayores y menores temperaturas pero generalmente con una exactitud menor y un mayor costo.

**Tabla 1.**

**Tipos de Sensores**

<b>Sensor de Temperatura</b>	<b>Temp. Mínima</b>	<b>Temp. Máxima</b>
<b>Termocuplas</b>	- 220 ° C	2800 ° C
<b>Sistemas de Dilatación</b>	-195 ° C	760 ° C
<b>Termo resistencias</b>	-250 ° C	850 ° C
<b>Termistores</b>	-195 ° C	450 ° C
<b>Pirómetros de Radiación</b>	- 40 ° C	4000 ° C

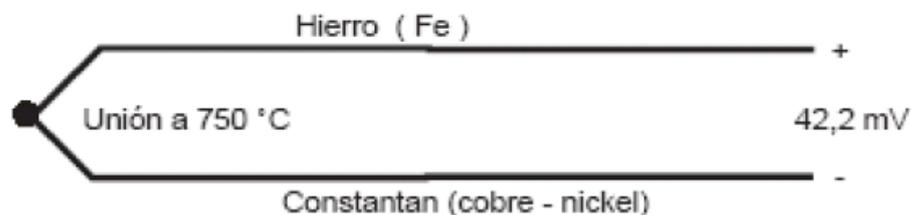
Fuente: (Jesús Bausá Aragonés, 2013)

**2.3.1.1 Termocuplas**

Las termocuplas son los sensores de temperatura más ampliamente utilizados a nivel industrial debido a sus positivos atributos de ser simples, poco costosos y confiables, sin embargo, hay numerosos profesionales en instrumentación que consideran que las termocuplas se caracterizan por simples, baratas y miserables debido a la facilidad con que las salidas pueden resultar alteradas.

Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo, al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy

pequeño, del orden de los milivolts el cual aumenta con la temperatura. En la siguiente figura 18 sería un esquema de ejemplo de una termocupla cualquiera.



**Figura 18.** Estructura de la termocupla.

Fuente: (Jesús Bausá Aragonés, 2013)

Las termocuplas se fabrican con metales puros o sus aleaciones, y se usan para medir temperaturas que van desde los aproximadamente de los 80 grados hasta aproximadamente los 1800 grados centígrados, con termocuplas estándares, con aleaciones especiales pueden llegarse a temperaturas superiores a los 3000 grados centígrados.

A pesar de los avances efectuados con otros sensores de temperatura, las termocuplas continúan siendo los más usados debido al intervalo de temperatura en el cual pueden utilizarse, su bajo costo y su versatilidad, la desventaja más relevante es que las termocuplas miden diferencias de temperatura y no temperatura absoluta, por lo que debe usarse una junta de referencia.

### ***2.3.1.2 Tipos de Termocuplas***

#### ***2.3.1.2.1 Termocuplas no Estándar***

Hay muchos otros materiales que se utilizan para construir termocuplas además de aquellos que tienen asignada una denominación con letra por la ISA (IEC). Estas otras termocuplas exhiben características especiales que no se encuentran en los tipos estándar, lo cual las hace adecuadas para aplicaciones especiales.

Las características y la fem de salida pueden variar de un fabricante a otro, razón por la que se debe consultar al fabricante en relación a aplicaciones específicas. Hay una aleación en particular, que debemos considerar por separado. Se trata de la

aleación hierro-constantán Fe - CuNi. Quizás la más difundida antes de la homologación de las normas ANSI MC 96.1 (IPTS - 68) y DIN 43710, las más importantes a nivel mundial.

#### ***2.3.1.2.2 Termocuplas Estándar***

Hay siete tipos de termocuplas que tienen designaciones con letras elaboradas por el Instrument Society of America (ISA).

El U.S. National Bureau of Standardg (NBS), por su parte, ha preparado tablas de correlación temperatura fem para estas termocuplas, las que han sido publicadas por el American National Standards Institute (ANSI) y el American Society for Testing and Materials (ASTM). Composición, rango de temperaturas, diámetros de alambre apropiado y fuerzas electromotrices (fem) correspondientes a distintas termocuplas.

Los tipos de termocuplas estándares son:

- Tipo B

Capacidad para medir temperaturas levemente más altas, mayor estabilidad y resistencia mecánica, y su aptitud de ser utilizada sin compensación de junta de referencia para fluctuaciones normales de la temperatura ambiente.

Resultan adecuadas para uso continuo en atmósferas oxidantes o inertes a temperaturas hasta 1.700° C.

- Tipo R

Pueden ser utilizadas en forma continua en atmósferas oxidantes o inertes hasta 1.400° C. La ventaja de la termocupla Tipo R sobre la Tipo B es su mayor fem de salida.

Nunca se las deben usar en atmósferas reductoras, ni tampoco en aquellas que contienen vapores metálicos o no metálicos u óxidos fácilmente reducidos, a menos que se las protejan adecuadamente con tubos protectores no metálicos. Nunca deben ser insertadas directamente dentro de una vaina metálica.

- Tipo S

La termocupla Tipo S es la termocupla original platino-rodio. Pueden ser utilizadas en forma continua en atmósferas oxidantes o inertes hasta 1.480° C. Tienen las mismas limitaciones que las termocuplas Tipo R y Tipo B pero son menos estables que la termocupla Tipo B cuando se las utiliza en vacío

- Tipo J

Para uso continuo en atmósferas oxidantes, reductoras e inertes y en vacío hasta 760° C. Por encima de 540° C, el alambre de hierro se oxida rápidamente, requiriéndose entonces alambre de mayor diámetro para extender su vida en servicio.

La ventaja fundamental de la termocupla Tipo J es su bajo costo. No se deben usar en atmósferas sulfurosas por encima de 540° C. A causa de la oxidación y fragilidad potencial, no se las recomienda para temperaturas inferiores a 0° C. No deben someterse a ciclos por encima de 760° C, aún durante cortos períodos de tiempo, si en algún momento posterior llegaran a necesitarse lecturas exactas por debajo de esa temperatura.

- Tipo K

Para uso continuo en vacío y en atmósferas oxidantes, reductoras e inertes. Su desventaja reside en el hecho de que su límite máximo de temperatura es de tan sólo 370° C para un diámetro de 3,25 mm. Resultan adecuadas para mediciones debajo de 0° C, pero se recomienda para ese propósito a las termocuplas Tipo E.

- Tipo E

Posee la mayor fem de salida de todas las termocuplas estándar. Para un diámetro de 3,25 mm su alcance recomendado es - 200° C a 980° C. Estas termocuplas se desempeñan satisfactoriamente en atmósferas oxidantes e inertes, y resultan particularmente adecuadas para uso en atmósferas húmedas a temperaturas bajo cero a raíz de su elevada fem de salida y su buena resistencia a la corrosión.

### ***2.3.1.3 Termistores***

Mucho más económicos que las RTD son los termistores, aunque no son lineales son muchas más sensibles, compuestas de unas mezclas sintetizadas de óxidos metálicos, el termistor es esencialmente un semiconductor que se comporta como un "resistor térmico". Se pueden encontrar en el mercado con la denominación NTC (Negative Temperature Coefficient) habiendo casos especiales de coeficiente positivo cuando su resistencia aumenta con la temperatura y se los denomina PTC (Positive Temperature Coefficient). En algunos casos, la resistencia de un termistor a la temperatura ambiente puede disminuir en hasta 6% por cada 1°C de aumento de temperatura. Esta elevada sensibilidad a variaciones de temperatura hace que el termistor resulte muy adecuado para mediciones precisas de temperatura, utilizándose ampliamente para aplicaciones de control y compensación en el rango de 150°C a 450°C.

Los termistores sirven para la medición o detección de temperatura tanto en gases, como en líquidos o sólidos. A causa de su muy pequeño tamaño, se los encuentra normalmente montados en sondas o alojamientos especiales que pueden ser específicamente diseñados para posicionarlos y protegerlos adecuadamente cualquiera sea el medio donde tengan que trabajar.

### ***2.3.1.4 Termorresistencia***

La termorresistencia trabaja según el principio de que en la medida que varía la temperatura, su resistencia se modifica, y la magnitud de esta modificación puede relacionarse con la variación de temperatura.

Tienen elementos sensitivos basados en conductores metálicos, que cambian su resistencia eléctrica en función de la temperatura.

Los dispositivos RTD más comunes están contruidos con una resistencia de platino (Pt), llamadas también PRTD, es el material más estable y exacto. La relación resistencia temperatura correspondiente al alambre de platino es tan reproducible que

la termorresistencia de platino se utiliza como estándar internacional de temperatura desde - 260 °C hasta 630 °C.

También se utilizan otros materiales fundamentalmente níquel, níquel-hierro, cobre y tungsteno. Típicamente tienen una resistencia entre  $20\Omega$  y  $20k\Omega$ . La ventaja más importante es que son lineales dentro del rango de temperatura entre  $-200^{\circ}\text{C}$  y  $850^{\circ}\text{C}$ .

**Tabla. 2**

**Tipos de material**

<b>Material</b>	<b>Rango de temperatura</b>
<b>PLATINO</b>	- 200 a + 850
<b>NÍQUEL</b>	- 80 a + 320
<b>COBRE</b>	- 200 a + 260
<b>NÍQUEL - ACERO</b>	- 200 a + 260

Fuente: (Jesús Bausá Aragonés, 2013)

**2.3.2 Sensores de presión.**

La presión es una fuerza que ejerce sobre un área determinada, y se mide en unidades de fuerzas por unidades de área. Esta fuerza se puede aplicar a un punto en una superficie o distribuirse sobre esta. Cada vez que se ejerce se produce una deflexión, una distorsión o un cambio de volumen o dimensión.

Las mediciones de presión pueden ser desde valores muy bajos que se consideran un vacío, hasta miles de toneladas por unidad de área.

Los principios que se aplican a la medición de presión se utilizan también en la determinación de temperaturas, flujos y niveles de líquidos. Por lo tanto, es muy importante conocer los principios generales de operación, los tipos de instrumentos, los principios de instalación, la forma en que se deben mantener los instrumentos, para obtener el mejor funcionamiento posible, cómo se debe usar para controlar un sistema o una operación y la manera como se calibran.

Para medir la presión se utilizan sensores que están dotados de un elemento sensible a la presión y que emiten una señal eléctrica al variar la presión o que provocan operaciones de conmutación si esta supera un determinado valor límite. Es importante tener en cuenta la presión que se mide, ya que pueden distinguirse los siguientes tipos:

- Presión absoluta
- Presión diferencial
- Sobrepresión.

En el sistema internacional de medidas, está estandarizada en Pascales. En los países de habla inglesa se utiliza PSI.

## **2.4 Sistemas de Comunicación**

### ***2.4.1 Modelo TCP/IP***

El modelo TCP/IP es una descripción de protocolos de red desarrollado por Vinton Cerf y Robert E. Kahn, en la década de 1970. Fue implantado en la red ARPANET, la primera red de área amplia (WAN), desarrollada por encargo de DARPA, una agencia del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, y predecesora de Internet.

El modelo TCP/IP, a veces se denomina como Internet Model, “modelo DoD” o “modelo DARPA”.

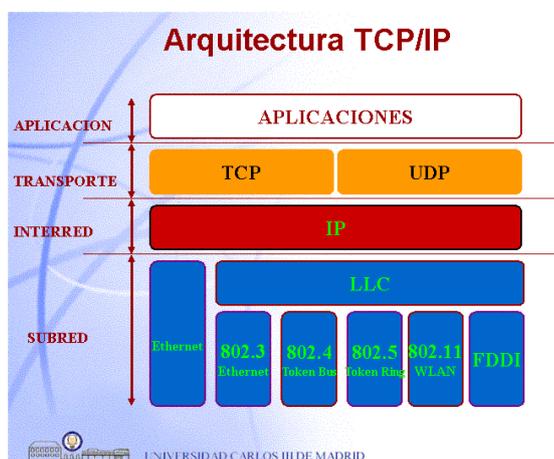
El modelo TCP/IP describe un conjunto de guías generales de diseño e implementación de protocolos de red específicos para permitir que un equipo pueda comunicarse en una red. TCP/IP provee conectividad de extremo a extremo especificando como los datos deberían ser formateados, direccionados, transmitidos, enrutados y recibidos por el destinatario. El modelo TCP/IP y los protocolos relacionados son mantenidos por la Internet Engineering Task Force (IETF).

Para conseguir un intercambio fiable de datos entre dos equipos, se deben llevar a cabo muchos procedimientos separados. El resultado es que el software de

comunicaciones es complejo. Con un modelo en capas o niveles resulta más sencillo agrupar funciones relacionadas e implementar el software modular de comunicaciones.

Las capas están jerarquizadas. Cada capa se construye sobre su predecesora. El número de capas y, en cada una de ellas, sus servicios y funciones son variables con cada tipo de red. Sin embargo, en cualquier red, la misión de cada capa es proveer servicios a las capas superiores haciéndoles transparentes el modo en que esos servicios se llevan a cabo. De esta manera, cada capa debe ocuparse exclusivamente de su nivel inmediatamente inferior, a quien solicita servicios, y del nivel inmediatamente superior, a quien devuelve resultados.

- Capa 4 o capa de aplicación: aplicación, asimilable a las capas: 5 (sesión), 6 (presentación) y 7 (aplicación), del modelo OSI. La capa de aplicación debía incluir los detalles de las capas de sesión y presentación OSI. Crearon una capa de aplicación que maneja aspectos de representación, codificación y control de diálogo.
- Capa 3 o capa de transporte: transporte, asimilable a la capa 4 (transporte) del modelo OSI.
- Capa 2 o capa de internet: Internet, asimilable a la capa 3 (red) del modelo OSI.
- Capa 1 o capa de acceso al medio: acceso al medio, asimilable a la capa 2 (enlace de datos) y a la capa 1 (física) del modelo OSI.



**Figura 19.** Arquitectura TCP/IP

Fuente: (Moreno & Cuevas, 2008)

### **2.4.2 Profibus. (Martinez, 2013)**

Profibus es actualmente el líder de los sistemas basados en buses de campo en Europa y goza de una aceptación mundial. Sus áreas de aplicación incluyen manufacturación, automatización y generación de procesos. Profibus es un bus de campo normalizado internacional que fue estandarizado bajo la norma EN 50 170, por lo tanto la red Profibus asegura un funcionamiento sencillo y correcto incluso en redes de diferentes fabricantes.

Los dispositivos Maestro determinan la comunicación de datos en el bus. Un Maestro puede enviar mensajes sin una petición externa cuando mantiene el derecho de acceso al bus.

Los dispositivos Esclavo son dispositivos periféricos. Algunos de ellos son las entradas y salidas, las válvulas y los transmisores de medida. No tienen derecho de acceso al bus y sólo pueden reconocer mensajes recibidos o enviar mensajes al maestro cuando este se lo ordena.

#### **Profibus DP**

Profibus DP está diseñado para la comunicación de datos a alta velocidad a nivel de dispositivo. Los controladores centrales (PLCs/PCs) se comunican con los dispositivos de campo distribuidos por medio de un enlace serie de alta velocidad. La mayoría de las comunicaciones de datos con estos dispositivos periféricos es realizada de una forma cíclica según la norma EN 50 170.

Características:

- Velocidades de transmisión:
  - 9.6, 19.2, 93.75, 187.5 y 500 KBaudios.
- Número máximo de estaciones: 127 (32 sin utilizar repetidores).
- Distancias máximas alcanzables (cable de 0.22 mm. de diámetro):

- hasta 93.75 KBaudios: 1200 metros
- 187.5 KBaudios: 600 metros
- 500 KBaudios: 200 metros
- Estaciones pueden ser activas (maestros) o pasivas (esclavos).
- Medio de acceso: híbrido
  - maestro-esclavo
  - pase de testigo entre las estaciones maestras
- Acceso al medio determinístico.
- Conexiones de tipo bidireccionales, multicast o broadcast.
- Norma RS-485
  - Información en la polaridad (en RS-232 nivel)
- Cableado:
  - Par trenzado apantallado → Ambientes con EMI elevadas.
  - **Par trenzado sin apantallamiento → Ambientes con EMI menores.**

### ***2.4.3 Profinet***

PROFINET se basa en estándares de TI acreditados y ofrece funcionalidad de TCP/IP completa para la transferencia de datos en toda la empresa y a todos los niveles. Además, los usuarios gozan de las ventajas de los diagnósticos integrados y las comunicaciones de seguridad positiva, que ofrecen una disponibilidad del sistema óptima, que abarca desde los conceptos de máquinas modulares para conseguir la máxima flexibilidad hasta las velocidades de transferencia más rápidas y aplicaciones WLAN. En su conjunto, estas capacidades le ofrecen un rendimiento considerablemente superior. (SIEMENS, 2015)

### Características:

- Abierta, usando un estándar universalmente aceptado. El interfaz de la red es claramente definido.
- Consistente, la comunicación y cooperación de los dispositivos de acceso es similar en todos los mecanismos. Horizontalmente entre los controladores programables y verticalmente entre la oficina, la zona de control y el nivel de campo.
- Integración en los sistemas Profibus.
- Uso intuitivo, fácil de usar, simplifica y hace uniforme el modelo de aplicación organizando la red en diferentes grupos.
- Herramientas de control y configuración de equipos, programación de PLC y configuración DP.
- Uniforme modelo de datos, que es compartido en una base de datos común.
- Orientado a componentes y a objetos. Las aplicaciones son creadas interconectado objetos mediante interfaz gráfica, textualmente o mediante scripts. (Martinez, 2013)

## 2.5 Software

### 2.5.1 WinCC Explorer

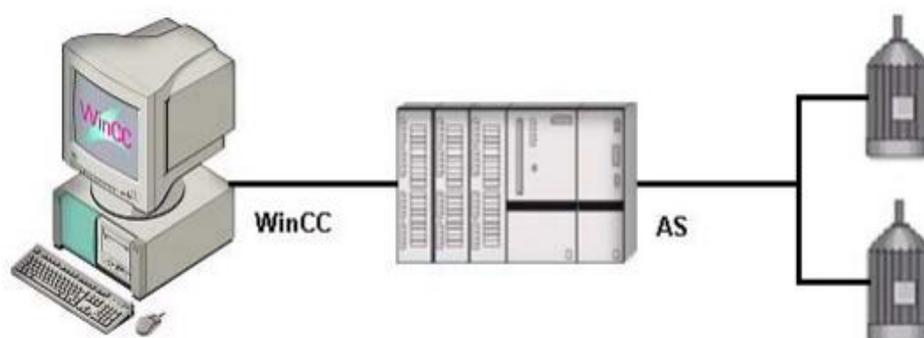
El paquete de software WinCC constituye el entorno de desarrollo de Siemens en el marco de los scadas para visualización y control de procesos industriales. Sus características más importantes se pueden resumir en:

- Arquitectura de desarrollo abierta (programación en C)
- Soporte de tecnologías Active X
- Comunicación con otras aplicaciones vía OPC
- Comunicación sencilla mediante drivers (código que implementa el protocolo

de comunicaciones con un determinado equipo inteligente) implementados

- Programación online: no es necesaria detener la runtime del desarrollo para poder actualizar las modificaciones en la misma.

WinCC es un sistema HMI de alto rendimiento para su uso con Microsoft Windows XP, Windows 7, Windows Server 2003 y Windows Server 2008. WinCC permite el funcionamiento y el cumplimiento de los procesos que se ejecutan en una máquina. La comunicación entre WinCC y la máquina se lleva a cabo a través de un sistema de automatización. (SIMATIC, 2013)



**Figura 20.** Entorno WinCC

Fuente: (SIMATIC, 2013)

## CAPÍTULO III

### DISEÑO DE HARDWARE

#### 3.1 Requisitos del Sistema SCADA

Los seis grupos electrógenos de la Central Térmica UNACEM, se encuentran ya automatizados mediante un PLC y un HMI (Touch Panel) en cada tablero, pero se carece de un Sistema SCADA mediante el cual se supervise las dos etapas o líneas de generación.

Por ello es necesario contar con un sistema SCADA para supervisar las variables del proceso, es decir, los estados de temperaturas, presiones y niveles que influyen en las líneas de generación.

El sistema SCADA ayudará a obtener datos históricos de los eventos ocurridos en las dos líneas de generación, con estos datos históricos será posible realizar un análisis de las perturbaciones (ej. paros de alguna unidad de generación) permitiendo la ubicación de la falla para que de este modo el operador pueda atenderlas preventivamente y con mayor facilidad.

Los beneficios que se desea obtener con la ejecución del proyecto pueden resumirse en lo siguiente:

- Adquisición de datos, monitoreo y protección para cada grupo electrógeno, mediante la instalación de los dos servidores y una base de datos, para las dos líneas de la Central Térmica UNACEM de Selva Alegre.
- Realizar un sistema de supervisión: mediante dos servidores y seis pantallas para cada grupo.
- Control con los Set points de Protección.
- Mejora la fiabilidad de sus grupos.
- Reducción de los costos de inspección.

- Disminución de las diferencias de combustibles y eliminación de la incertidumbre del stock de combustible.

La instalación adecuada del Sistema tiene por objetivos, por un lado que los operadores de la Central Térmica posean en forma centralizada la información relativa a los distintos subsistemas de la misma y por otro que esa información pueda ser transmitida al Centro de Operación de la Planta (Panel Central), desde el cual se podrá monitorear el estado y funcionamiento de los grupos. Con este fin UNACEM requiere que se desarrolle el diseño e implementación de las pantallas HMI para el SCADA, que presenten características ergonómicas y que se asemejen a cada uno de los sistemas que intervienen en los grupos de generación.

Las unidades estarán en un solo sistema, teniendo una mejor visualización de los procesos, alarmas, históricos, para tener un monitoreo global de toda la Central, es decir de todos los grupos electrógenos que influyen en ella.

Cada unidad tiene un tablero de control con un PLC S7-300 y un Touch Panel HMI, el PLC tiene un módulo que servirá para la comunicación con el sistema SCADA mediante el protocolo Industrial Ethernet. Con la transmisión de datos se tendrá todos los Tags centralizados y listos para presentar en el diseño HMI. El punto de enlace de todos los PLC's y del sistema SCADA se ejecutará mediante un Switch Ethernet Industrial que estará ubicado en el rack principal.

Para una mejor visualización de todas las unidades de la Central se instalarán dos servidores que dispondrán la información de las dos etapas, cada servidor mostrará esta información en tres monitores, mediante una tarjeta de video en cada uno de los servidores, las cuales tendrán la función de realizar una resolución extendida para estos monitores, es decir que el primer servidor mostrará los datos de la unidad 1, 2 y 3, mientras que el segundo servidor mediante sus tres monitores mostrará las unidades 5, 6 y 7.

Es de importancia indicar que no siempre estarán en operación todos los grupos de generación, esto depende de los mantenimientos preventivos programados que recibe cada uno de los grupos dependiendo del número de horas de trabajo.

### 3.2 Estudio de las instalaciones de la planta

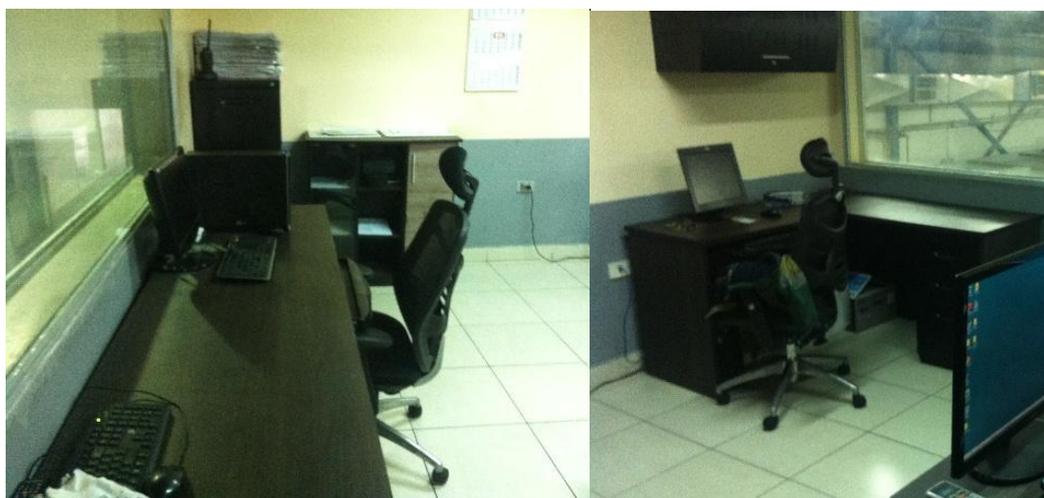
UNACEM Ecuador, producto de la adquisición de Lafarge Cementos S.A. por UNACEM, está ubicada en Otavalo Km 7 1/2 vía a Selva Alegre, Sector Perugachi.

En el cuarto de control de la Planta de generación se instaló recientemente un servidor con tres monitores con información de la unidad 3, y una PC con información básica de las unidades de las línea 2 como se puede observar en la (figura 21).



**Figura 21.** PC información básica de la línea 2.

Además cuenta con dos ordenadores destinados a los operarios de sala de control (figura 22).



**Figura 22.** Cuarto de control de la planta de generación

El sistema SCADA para la supervisión y control de las dos líneas de la planta estarán ubicadas en el mismo lugar ya que si cuenta con suficiente espacio para poder instalar un servidor más y las tres pantallas.

Como ya se ha mencionado anteriormente en secciones precedentes, la planta de generación cuenta con seis grupos electrógenos, los tres primeros grupos conforman la línea 1 (figura 23) y los tres siguientes la línea 2 (figura 24).



**Figura 23.** Línea de generación 1.



**Figura 24.** Línea de generación 2.

Cada grupo electrógeno se encuentran automatizados mediante un PLC S7-300 (figura 25) y un HMI (Touch Panel) Siemens (figura 26) en cada tablero.



**Figura 25.** PLC S7-300



**Figura 26.** HMI (Touch Panel)

Estos tableros se encuentran en el cuarto de generadores de la planta, a ellos llegan todas las señales provenientes de los motores generadores (figura 27).



**Figura 27.** Tablero de control del motor generador 1.

La información que llega al cuarto de control no es organizada, por lo que es muy indispensable el sistema SCADA y que las dos líneas de generación queden automatizadas en su totalidad.

### 3.3 Selección de Componentes

#### 3.1 Hardware

El hardware que hará parte del proyecto del sistema SCADA son los componentes que se detallan a continuación:

- **Pantallas**

Las pantallas deben tener una resolución 1900 x 1080 para tener el mismo formato de la unidad 3, además debe tener el puerto DVI para poder ser conectada con la tarjeta multipantallas.

A continuación se muestran en la tabla 3 las especificaciones que debe cumplir el monitor.

**Tabla 3.**

#### **Especificaciones del monitor**

<b>Especificaciones:</b>
<b>GENERAL</b>
o Tamaño (pulgadas) 21.5
o Pantalla LCD TN
o Formato 16:9
o Resolución 1600 x 900
o Brillo (cd/m <sup>2</sup> ) 200
o Ratio Contraste 1000:1
o Tiempo Respuesta (ms) 5
o Pixel Pitch (mm) 0.248 x 0.22
o Tratamiento de la superficie Recubrimiento duro (3H), Anti-reflejo

Continua →

<b>CONEXIONES</b>
o VGA
o DVI
o HDMI
<b>CARACTERÍSTICAS ESPECIALES</b>
o Solución Dual Smart
o Picture Mode
o DDC / CI
o Original Ratio
o Super Energy Saving
o Intelligent Auto
o Plug & Play
o Anti parpadeo
o Modo Lectura
<b>CONSUMO(W)</b>
o Normal 19
o Modo Ahorro 0.3
o DC Off 0.3
<b>BASE</b>
o Base desmontable
o Inclinación (ángulo) 3° (frontal) ~ 20 ° (trasero)
<b>DIMENSIONES (LARGO X ANCHO X ALTO, MM)</b>
o Aparato (con soporte) o Aparato (sin soporte)
o Aparato (con soporte y caja)
<b>PESO (KG)</b>
o Aparato (con soporte) kg 2.6
o Aparato (sin soporte) kg 2.2
<b>ESTÁNDARES</b>
o UL(cUL)
o FCC-B, CE
o EPA 6.0 (Gold)
o Windows 8
o TUV-Type

- **Tarjeta multipantallas**

La Tarjeta de multipantallas se usará para expandir las pantallas de la línea 1 y la línea 2, esta tarjeta ayudará a tener una supervisión total de los generadores, ya que cada pantalla es utilizada para mostrar información de cada unidad (figura 28).



**Figura 28.** Tarjeta multipantallas

Fuente: (Articulos/multipantallas, n.d.)

A continuación se muestra en la tabla 4 las especificaciones que debe cumplir el la Tarjeta multipantallas.

**Tabla 4.**

**Especificaciones de la tarjeta**

<b>ESPECIFICACIONES</b>	
<b>Matrox</b>	T2G-DP-MIF
<b>Resolución máxima de puerto de visualización 1</b>	5760x1080 (3x 1920x1080) <sup>2</sup> 3840x1200 (2x 1920x1200)
<b>Resolución máxima DVI 1</b>	5760x1080 (3x 1920x1080) <sup>2</sup> 3840x1200 (2x 1920x1200)
<b>Resolución máxima VGA 1</b>	4080x768 (3x 1360x768) 3840x1080 (2x 1920x1080)
<b>Conector de entrada</b>	1 x puerto de visualización de entrada
<b>Conectores de salida</b>	3 x puerto de visualización de salidas
<b>Energía</b>	USB y DisplayPort para energía

Continúa →

<b>Dimensiones</b>	3.5' x 3.8' x 1.1" (8.9cm x 9.7cm x 2.8cm)
<b>Modo de clonación</b>	Sí
<b>Soporte escritorio ampliado</b>	Sí
<b>Energía del software de escritorio</b>	Sí
<b>Hardware incluido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un DisplayPort de 2 pies para cable de entrada DisplayPort</li> <li>• Un Mini DisplayPort para cable de entrada DisplayPort</li> <li>• Un cable USB</li> <li>• CD de instalación</li> </ul>
<b>El soporte multi-unidad</b>	Sí - Disponible sólo en Windows
<b>Requisitos Del Sistema</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DisplayPort individual o salida de vídeo Mini DisplayPort, o puerto Thunderbolt, en un sistema compatible</li> <li>• Motorizado conector USB</li> <li>• Display Driver apoyo 3072 x 768 o alta resolución</li> </ul>
<b>Sistema operativo compatible</b>	Microsoft Windows 8(32/64 bits), Windows 7(32/64 bits), Windows Vista (32/64 bits), Windows XP (32/64 bits), Windows Server 2003/2008 (32/64 bits), Mac OS X Lion (10.7), Mac OS X (10.6, 10.5) y Linux
<b>Accesorios opcionales (se vende por separado)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DP para adaptador DVI-D (Parte # CAB-DP-DVIF)</li> <li>• Kit de fuente de alimentación (Parte # GXM-PSKIT-IF)</li> </ul>

- **Switch Industrial**

El Switch industrial (figura 29) que es el punto de enlace entre el PLC y el sistema SCADA debe de tener más de 8 puertos Ethernet para tener las dos líneas de generación en red.



**Figura 29.** Switch Industrial

### 3.4 Señales de Proceso.

Con el sistema SCADA se monitoreará las variables del proceso, es decir, los estados de temperaturas, presiones y niveles que influyen en las dos líneas de generación.

#### 3.4.1 Señales de Instrumentación

Para que el motor generador arranque con normalidad debe cumplir con ciertas condiciones, que son las variables de proceso que se mencionan a continuación:

- Presión de Lubricante que debe ser mayor a 5 bares.
- Temperatura de Combustible que debe estar a una temperatura mayor a 45 °C.
- Temperatura Agua de Camisas que debe estar a una temperatura menor a 95°C.
- Presión de Agua Camisas que debe ser mayor a 1.8 bar.
- Temperaturas de Bancada que debe estar a una temperatura menor a 90°C.
- Presión de Aire de Arranque que debe ser mayor a 15 bares.
- Velocidad que debe ser menor a 530 rpm.

Las variables de proceso que influyen en todo el sistema en general son las que se detallan a continuación:

- Temperaturas de ingreso y salida de aire de admisión lado a y b del motor generador.
- Temperaturas de ingreso de gases de escape
- Temperatura de Cilindros lado a y b.
- Temperatura de Sistema PCOT
- Temperatura de Bancada

- Temperatura de los Bobinados.
- Temperatura de Turbos
- Temperatura de Aceites
- Temperatura de Combustible

Para conocer más detalladamente las variables de proceso, se las describe según los sistemas auxiliares.

Para el suministro de combustible se debe tomar en cuenta las siguientes variables de proceso:

- Niveles de combustible para Diésel y Crudo
- Presión de combustible
- Temperatura de combustible
- Viscosidad del combustible.
- Temperatura de los cilindros

Para el sistema de lubricación las variables de proceso que se toman en cuenta son las que se nombran a continuación:

- Temperatura de aceite lubricante de ingreso al motor
- Temperatura de aceite lubricante de ingreso al radiador agua-aceite lado a y b
- Niveles en el tanque aceite lubricante.

Para el sistema de Aire Comprimido las variables de proceso que se toman en cuenta son las que se nombran a continuación:

- Presiones de Aire Comprimido

Para el sistema de refrigeración las variables de proceso que se toman en cuenta son las que se nombran a continuación:

- Temperatura Agua camisas de entrada al motor generador.
- Presión Agua camisas de entrada al motor generador.
- Temperatura de salida al tanque de agua camisas.

### 3.5 Sistemas de Control

#### 3.5.1 Set Point.

Los Set Point permiten establecer rangos de trabajos para las temperaturas y presiones. Cuando las temperaturas y presiones sobrepasan los puntos críticos o rangos de trabajo por un tiempo determinado el motor generador es detenido para que no sufra daños mayores.

Los Set Points que se utilizaron se mencionan en la tabla 5:

**Tabla 5.**

**Tabla de Set Points**

<b>Idem</b>	<b>Tipo</b>	<b>Valor inicial</b>	<b>Comentario</b>
TE_100_SPHH	Real	4.80E+02	Setpoint disparo sensores cilindros
TE_100_SPH	Real	4.75E+02	Setpoint alarma sensores cilindros
TE_200_SPHH	Real	9.00E+01	Setpoint disparo sensores cojinetes de bancada
TE_200_SPH	Real	8.50E+01	Setpoint alarma sensores cojinetes de bancada
TE_211_SPHH	Real	7.00E+01	Setpoint disparo sensor pcot
TE_211_SPH	Real	6.50E+01	Setpoint alarma sensor pcot
TE_300_SPHH	Real	1.10E+02	Setpoint disparo sensor bobinados de generador
TE_300_SPH	Real	1.05E+02	Setpoint alarma sensor bobinados de generador
TE_501_SPHH	Real	8.50E+01	Setpoint disparo entrada agua camisas
TE_501_SPH	Real	8.00E+01	Setpoint alarma entrada agua camisas
TE_502_SPHH	Real	9.50E+01	Setpoint disparo salida agua camisas
TE_502_SPH	Real	9.00E+01	Setpoint alarma salida agua camisas
TE_503_SPLL	Real	5.50E+01	Setpoint disparo entrada agua inyectores
TE_503_SPL	Real	5.00E+01	Setpoint alarma entrada agua inyectores
TE_504_SPHH	Real	6.50E+01	Setpoint disparo salida agua inyectores
TE_504_SPH	Real	6.00E+01	Setpoint alarma salida agua inyectores
TE_507_SPHH	Real	6.00E+01	Setpoint disparo entrada aceite radiador
TE_507_SPH	Real	5.00E+01	Setpoint alarma entrada aceite radiador
TE_505_SPLL	Real	6.50E+01	Setpoint disparo entrada aceite de motor
TE_505_SPL	Real	6.00E+01	Setpoint alarma entrada aceite de motor
TE_506_SPHH	Real	7.80E+01	Setpoint disparo salida aceite de motor

Continua →

TE_506_SPH	Real	7.50E+01	Setpoint alarma salida aceite de motor
TE_513_SPH	Real	4.30E+01	Setpoint disparo entrada combustible al motor
TE_513_SPHH	Real	4.50E+01	Setpoint alarma entrada combustible al motor
TE_509_SPHH	Real	1.40E+02	Setpoint disparo entrada aire de admisión a y b
TE_509_SPH	Real	1.30E+02	Setpoint alarma entrada aire de admisión a y b
TE_510_SPHH	Real	5.00E+01	Setpoint disparo salida aire de admisión a y b
TE_510_SPH	Real	4.50E+01	Setpoint alarma salida aire de admisión a y b
TE_605_SPHH	Real	5.85E+02	Setpoint disparo entrada gases 1a y 2a
TE_605_SPH	Real	5.80E+02	Setpoint alarma entrada gases 1a y 2a
TE_606_SPHH	Real	4.85E+02	Setpoint disparo salida gases a
TE_606_SPH	Real	4.80E+02	Setpoint alarma salida gases a
PR_601_SPL	Real	4.20E+01	Setpoint alarma presión de toma aire derecho
PR_601_SPL1	Real	4.20E+01	Setpoint alarma presión de toma aire izquierdo
PR_602_SPHH	Real	1.00E+00	Setpoint alarma presión aceite lubricante guía de rodillo
PR_602_SPH	Real	7.00E+01	Setpoint pre-alarma presión aceite lubricante guía de rodillo
PR_603_SPLL	Real	9.00E+00	Setpoint disparo presión salida bomba aceite lubricante
PR_603_SPL	Real	8.50E+00	Setpoint alarma presión salida bomba aceite lubricante
PR_607_SPH	Real	1.80E+00	Setpoint baja presión entrada agua camisas
PR_607_SPL	Real	1.50E+00	Setpoint muy baja presión entrada agua camisas
PR_608_SPH	Real	9.00E+01	Setpoint alta presión válvula de aceite
PR_608_SPL	Real	8.00E+01	Setpoint baja presión válvula de aceite
PR_609_SPH	Real	4.20E+00	Setpoint baja presión aceite cojinetes generador
PR_609_SPL	Real	3.50E+00	Setpoint muy baja presión aceite cojinetes generador
PR_609_SPL1	Real	1.00E+00	Setpoint baja presión entrada agua inyectores
PR_609_SPL2	Real	8.00E-01	Setpoint muy baja presión entrada agua inyectores
PR_609_SPL3	Real	2.50E+01	Setpoint presión aire de arranque
PR_609_SPL4	Real	4.00E+00	Setpoint alta presión entrada combustible al motor
PR_609_SPL41	Real	1.50E+00	Setpoint baja presión entrada combustible al motor
PR_609_SPL42	Real	4.90E+00	Setpoint baja presión entrada aceite lubricante del motor
PR_609_SPL421	Real	4.50E+00	Setpoint muy baja presión entrada aceite lubricante al motor
PR_609_SPL422	Real	4.00E+01	Setpoint alta viscosidad combustible
PR_609_SPL4221	Real	4.00E+01	Setpoint baja viscosidad combustible

### 3.5.2 Alarmas

Las alarmas sirven para tener avisos visuales de las temperaturas y presiones que han salido de rango, es decir, que haya sobrepasado el valor establecido en los set point.

A continuación se muestra la tabla de alarmas con el tipo y descripción de las mismas (tabla 6).

**Tabla 6.**

**Tabla de Alarmas**

<b>Idem</b>	<b>Tipo</b>	<b>Comentario</b>
G#_IN_LP_ACET_LUB_DIS	Bool	Baja presión de aceite lubricante disparo
G#_IN_LP_AGU_CAMI	Bool	Baja presión agua camisas
G#_IN_SOB_VEL_MEC	Bool	Sobrevelocidad mecánica
G#_IN_PAR_EMRG_MAN	Bool	Para de emergencia manual
G#_ARQ_AUTO_COM	Bool	Arranque auto compresor aire
G#_IN_ACET_PRELUB	Bool	Presión aceite prelubricación
G#_IN_POS_CREM_MOT	Bool	Posición manija cremallera del motor
G#_IN_SEG_MEC_MOT	Bool	Seguro mecánico del motor
G#_IN_ENG_RUN	Bool	Engine run
G#_IN_ENG_RUNNIG	Bool	Engine running
G#_IN_LP_INY_COMB	Bool	Baja presión inyector combustible
G#_IN_LP_VAL_COMB	Bool	Baja presión engranaje válvula combustible
G#_IN_HP_DIF_LUB	Bool	Alta presión diferencial filtro aceite lubricante
G#_IN_LP_COMB	Bool	Baja presión combustible
G#_IN_PQ_AGU_CAMI	Bool	Perdida de flujo agua camisas
G#_IN_HP_DIF_COMB	Bool	Alta presión diferencial filtro de combustible
G#_IN_LP_ACET_LUB1	Bool	Baja presión aceite lubricante
G#_IN_LP_AIR_ARQ	Bool	Baja presión de aire arranque
G#_IN_LL_BUNK	Bool	Bajo nivel de bunker
G#_IN_HH_BUNK	Bool	Alto nivel de bunker
G#_IN_LL_DIESL	Bool	Bajo nivel de diésel
G#_IN_HH_DIESL	Bool	Alto nivel de diésel
G#_IN_LL_TQ_BLCN	Bool	Bajo nivel de lubricación balancines

Continúa →

G#_OUT_HH_LUB_ACET	Bool	Alta temperatura aceite lubricante
G#_OUT_HH_COMB	Bool	Alta temperatura combustible, hacia control
G#_OUT_LL_COMB	Bool	Baja temperatura combustible, hacia control
G#_OUT_HH_AGU_CAM	Bool	Alta temperatura agua camisas
G#_OUT_HH_ACET_LUB	Bool	Alta temperatura aceite lubricante
G#_OUT_HH_TEMP_BAN	Bool	Alta temperaturas bancadas
G#_OUT_LL_CST	Bool	Baja viscosidad combustible
G#_IN_LP_ACET_LUB_ALAR	Bool	Baja presión de aceite lubricante alarma
G#_IN_SOB_VEL_ELEC	Bool	Sobrevelocidad eléctrica
G#_HL_TQ_RE	Bool	Alto nivel tanque retorno combustible
G#_LL_TQ_RE	Bool	Bajo nivel tanque retorno combustible
G#_HL_TQ_ACET	Bool	Alto nivel tanque aceite
G#_LL_TQ_ACET	Bool	Bajo nivel tanque aceite
G#_LLL_TQ_ACET	Bool	Muy bajo nivel tanque aceite
G#_LL_AGU_INY	Bool	Bajo nivel agua inyectores
G#_LLL_AGU_INY	Bool	Muy bajo nivel agua inyectores
G#_LL_AGU_CAM	Bool	Bajo nivel agua camisas
G#_HHL_TQ_CRUD	Bool	Muy alto nivel de crudo
G#_LLL_TQ_CRUD	Bool	Muy bajo nivel de crudo
G#_HHL_TQ_DIES	Bool	Muy alto nivel de diésel
G#_LLL_TQ_DIES	Bool	Muy bajo nivel de diésel
MOTOR_READY	Bool	Condiciones óptimas de arranque
MOTOR_RUN	Bool	Motor arrancado
POST_LUBRIC	Bool	Post lubricación
DIESEL_ON	Bool	Estado de diésel
G#_IN_HH_LL_TQ_BLCN	Bool	Alto nivel de lubricación balancines

Nota: # se refiere al número de unidad.

### 3.6 Planos, diagramas y especificaciones

#### 3.6.1 Especificaciones

UNACEM al ser una industria cementera de grandes proporciones, maneja marcas corporativas, por lo tanto exige al contratista que se usen dichas marcas para elementos de control, UNACEM exige para la implementación la marca Siemens, es por esta razón que el controlador lógico programable, software, touch panel y protocolos de comunicación son de esta marca.

En el rack principal se instalará un Switch Ethernet Industrial que se usará como punto de enlace de todos los PLC's y del sistema SCADA ubicado en la sala de control. Para lograr este enlace se instalará cable UTP desde los PLC hacia el Switch y de este hacia la sala de control.

En la sala de control se instalarán dos servidores que dispondrán la información de las dos líneas, que se mostrará en tres monitores, mediante una tarjeta de video en cada uno de los servidores, para realizar una resolución extendida para estos monitores, es decir que el primer servidor mostrará los datos de la unidad 1, 2 y 3, mientras que el segundo servidor mediante sus tres monitores mostrará las unidades 5, 6 y 7. Cabe indicar que en los servidores se instalará el software de programación y supervisión, como también el software para la base de datos.

Los módulos de expansión gráfica de la tarjeta permitirán a los integradores de sistemas a incorporar hasta tres monitores por salida gráfica en un equipo portátil o de escritorio. El adaptador multipantalla se conectará a la salida de vídeo del equipo utilizando la GPU existente para proporcionar gráficos y vídeos de alta calidad, sin comprimir a través de todos los monitores.

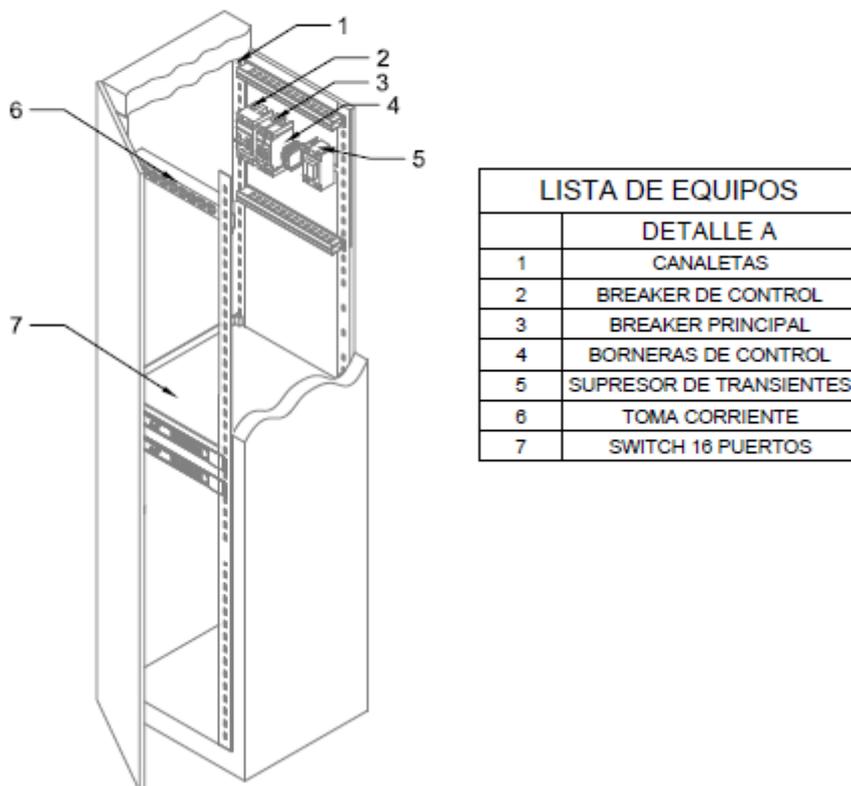
### **3.6.2 Plano del rack principal**

En el rack principal (figura 30) se instalará el Switch Industrial que sirve de punto de enlace de todos los PLC's y el sistema SCADA ubicado en la sala de control. Se instalará cable UTP desde los PLC hacia el switch y de este hacia la sala de control para que se pueda lograr este enlace.

El plano el rack principal a detalle se puede visualizar de mejor manera en la sección de Anexo 1 de planos, diagramas.

En el diagrama del rack principal de la figura 30 se puede observar los equipos que conforman el rack principal, por ejemplo las canaletas, el breaker de control, el breaker principal, borneras de control, supresor de trasientes, toma corriente y dos switches de 8 puertos cada uno.

### RACK PRINCIPAL



**Figura 30.** Diagrama Rack principal

En el plano del rack principal también se visualiza el detalle de los puertos que se utilizaron, que se muestra a continuación en la tabla 7.

**Tabla 7.**

#### Detalle de puertos

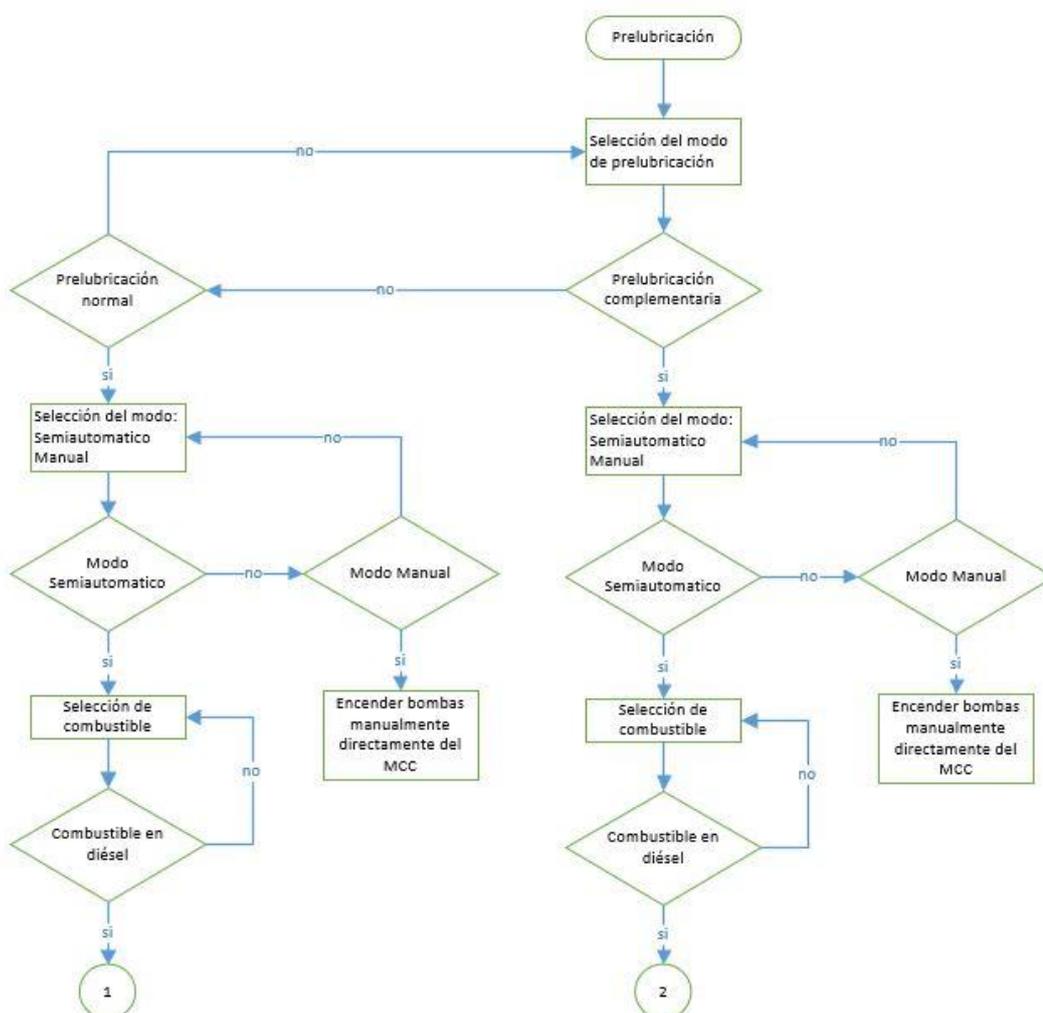
DETALLE DE PUERTOS	
1	PLC UNIDAD 1
2	PLC UNIDAD 2
3	PLC UNIDAD 3
4	PLC UNIDAD 4
5	PLC UNIDAD 5
6	PLC UNIDAD 6
7	CPU LINEA 1
8	CPU LINEA 2

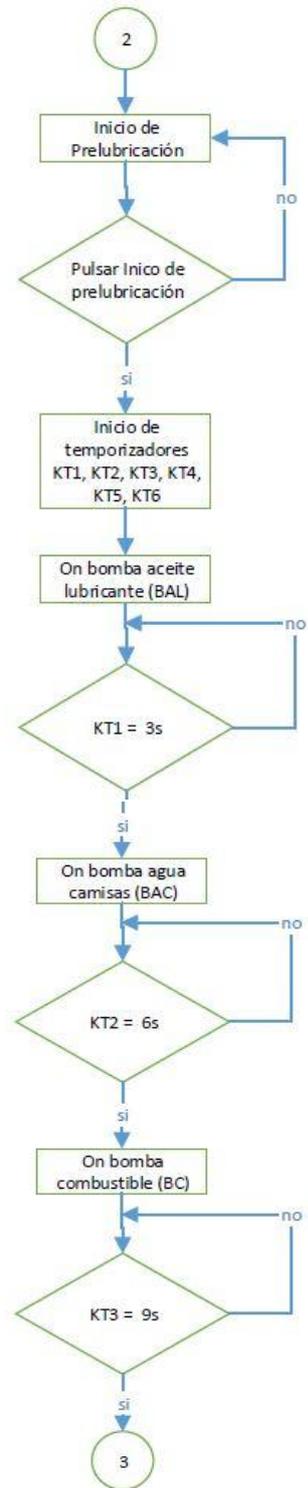
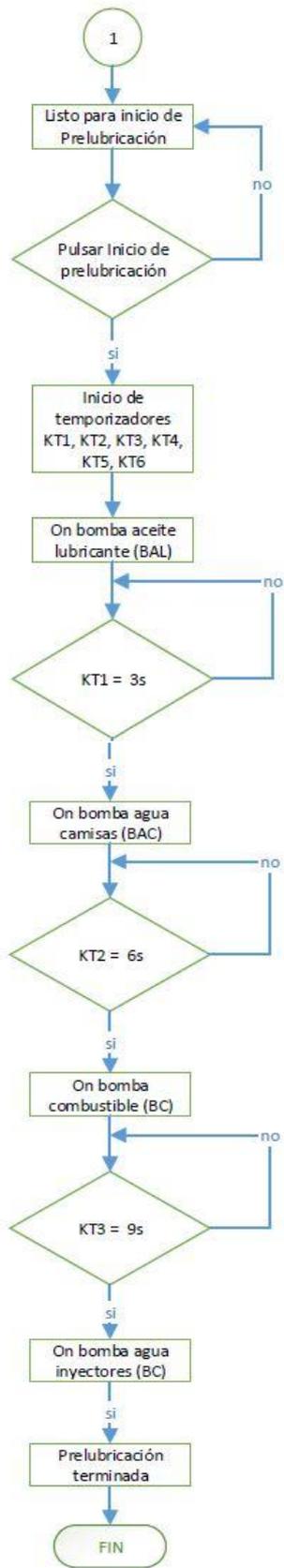
### 3.6.3 Diagramas

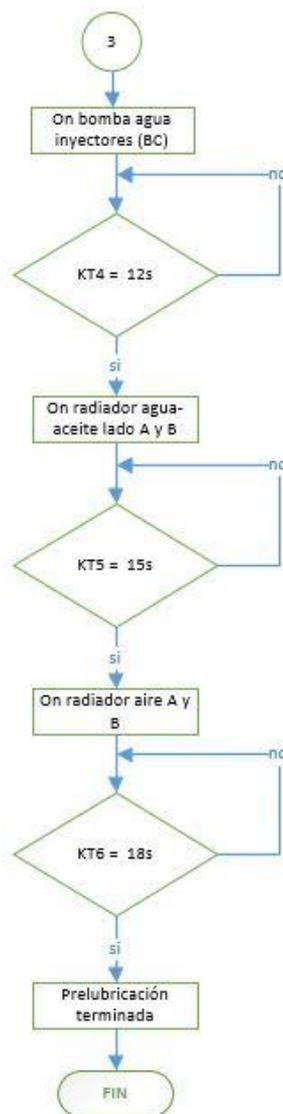
Los diagramas que se mostrarán en esta sección son los diagramas de flujo del proceso para el arranque y protecciones de los motores generadores, estos diagramas se realizó para presentar la información de forma clara, ordenada y concisa en el proceso de arranque, paro y protecciones, para de esa forma facilitar el entendimiento del funcionamiento del sistema.

#### 3.6.3.1 Diagrama de flujo para el arranque

En la figura 31 describe el proceso de pre-lubricación del sistema, el cual debe de cumplirse para poder realizar el arranque del motor, ya que en la pre-lubricación se encienden las bombas principales.







**Figura 31.** Diagrama de flujo del proceso de pre-lubricación.

El diagrama de la figura 31 nos servirá implementar la pantalla de visión general donde se presentan las condiciones de arranque del motor.

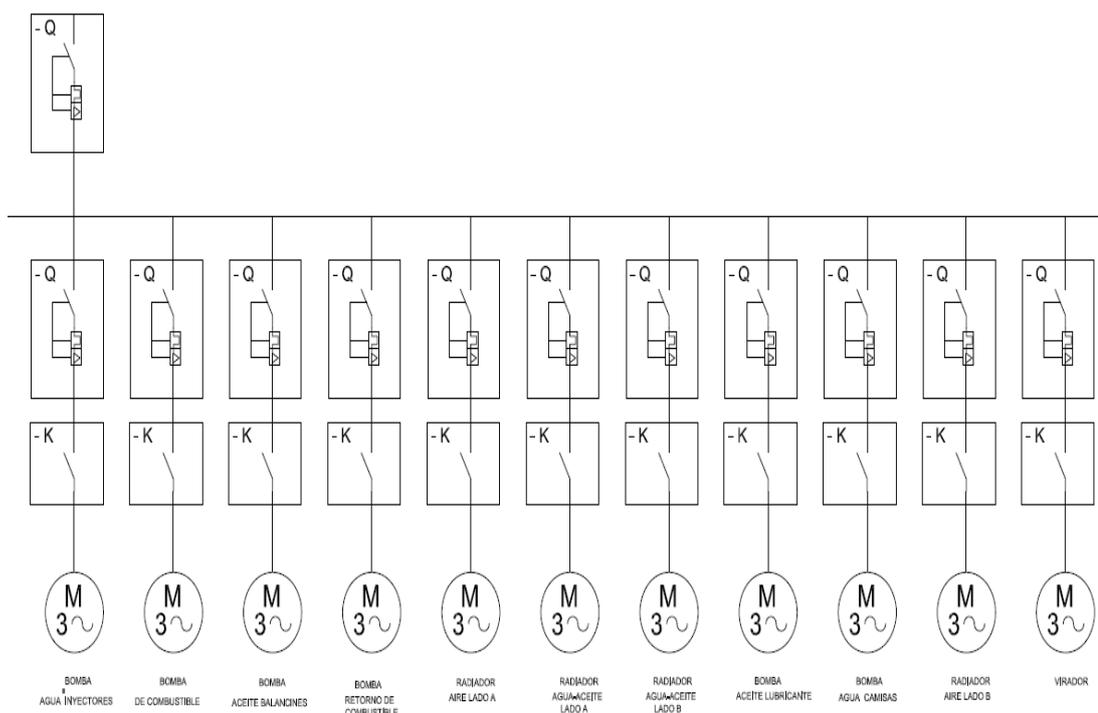
### 3.6.2.2 Diagrama unifilar del sistema eléctrico

El sistema eléctrico está conformado por los diagramas unifilares de los sistemas auxiliares principales que son los que se detallan a continuación:

- Bomba agua inyectores
- Bomba de combustible

- Bomba aceite balancines
- Bomba retorno de combustible
- Radiador aire lado A
- Radiador agua-aceite lado A
- Radiador agua-aceite lado B
- Bomba aceite lubricante
- Bomba agua camisas
- Radiador aire lado B
- Virador

A continuación se muestra el diagrama unifilar (figura 32) de los sistemas auxiliares mencionados anteriormente, donde se visualiza que cada uno de ellos está conformado de un motor trifásico con sus respectivas protecciones.



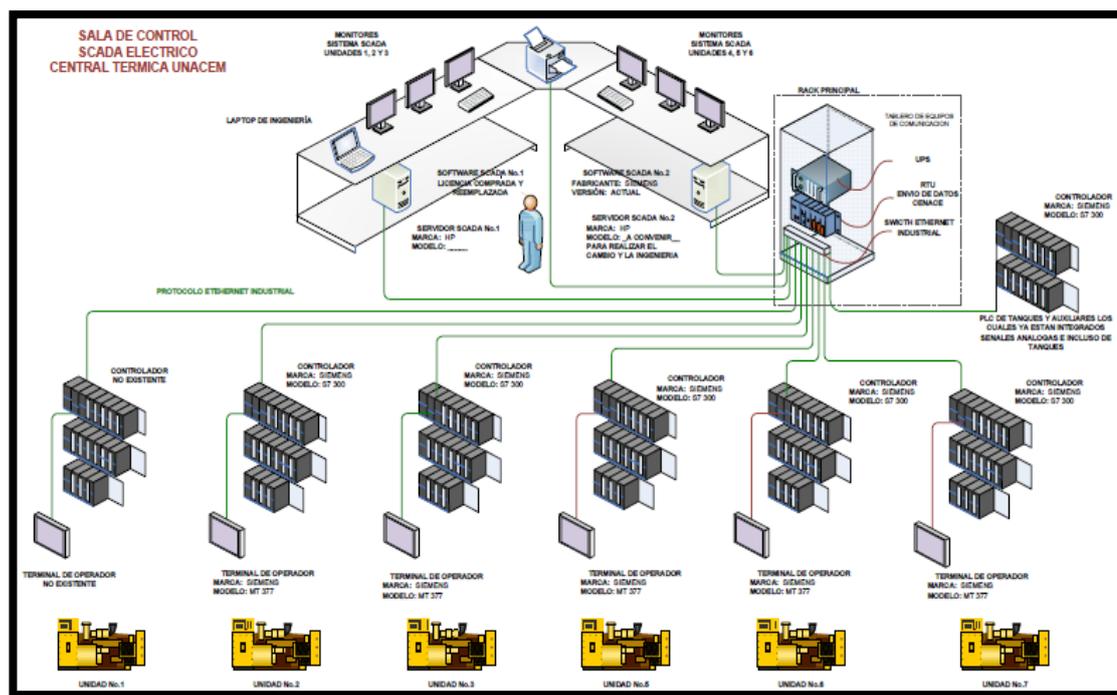
**Figura 32.** Diagrama unifilar de los sistemas auxiliares

Este diagrama de la figura 32 es importante para poder visualizar tanto el funcionamiento así como también las fallas que se presenten. Cabe recalcar que este diagrama formará parte de la pantalla del sistema eléctrico que se explicará en la

sección del desarrollo del HMI. Al diagrama se le puede apreciar de mejor manera en la sección de Anexo 1 de planos y diagramas.

### 3.6.4 Arquitectura

La arquitectura de control permite tener una buena organización estructural, funcional, con el fin de tener una visión general de la red de comunicación, así como los elementos que van a influir en la arquitectura de control (figura 33). Para una mejor apreciación de la arquitectura de control se puede observar en Anexo 1 de Planos y Diagramas.



**Figura 33.** Arquitectura de control

La arquitectura en la figura 33, muestra a las seis unidades en un solo sistema, para tener una mejor visualización de los procesos y un monitoreo global de toda la Central, es decir, de todos los grupos electrógenos que influyen en ella. Cada unidad en su respectivo tablero de control tiene un PLC S7-300 y un Touch Panel HMI, el PLC tiene un módulo que servirá para la comunicación con el sistema SCADA mediante el protocolo Industrial Ethernet. Con la transmisión de datos se tendrá todos los Tags centralizados y listos para presentar en el diseño HMI.

También se puede observar el rack principal en donde se encontrará instalado un Switch Ethernet Industrial como punto de enlace de todos los PLC's y del sistema SCADA ubicado en la sala de control.

En la sala de control se instalarán dos servidores que dispondrán la información de las dos líneas, cada servidor mostrará esta información en tres monitores, para visualizar a cada unidad mediante una tarjeta de video en cada uno de los servidores, las cuales tendrán la función de realizar una resolución extendida para estos monitores.

Las comunicaciones entre los diversos componentes del sistema de control se realizan por medio de los protocolos: Profibus DP, Profinet e Industrial Ethernet.

- Profibus DP.- para la comunicación entre el PLC y los módulos I/O ET200M, cabe recalcar que esta comunicación ya estaba establecida, ya que esto se ejecutó en proyectos anteriores en la Central.
- Profinet.- el protocolo Profinet para la comunicación entre el PLC y la terminal de operador, cabe recalcar que esta comunicación ya estaba establecida, ya que esto se ejecutó en proyectos anteriores en la Central.
- Industrial Ethernet.- industrial Ethernet se utilizó para la comunicación entre el SCADA y el PLC.

## CAPÍTULO IV

### DESARROLLO DE SOFTWARE

#### 4.1 Software

La marca corporativa Siemens es la que se utilizará en todo el sistema, ya que la anterior automatización se realizó con esta marca.

El software de programación es WinCC 7.0 sp1, para la selección del software se tomó en cuenta la compatibilidad del WinCC 7.0 sp1 con la versión de Windows instalada. Para la implementación se utilizó Windows server 2008 standard, la compatibilidad se la puede obtener mediante la matrix de compatibilidad que es proporcionada por el fabricante (Siemens).

La comunicación entre WinCC y la máquina se lleva a cabo a través de un sistema de automatización. (SIMATIC, 2013)

#### 4.2 Desarrollo de la Adquisición de Datos del Sistema.

##### 4.2.1 Comunicación STEP 7 y WinCC

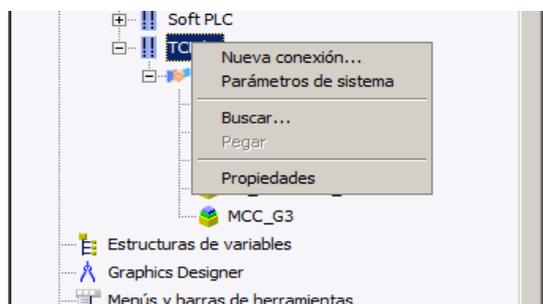
La comunicación entre el PLC y el software del sistema SCADA WinCC se realizará mediante el protocolo TCP/IP, para lo cual se necesita cable Ethernet y los conectores RJ 45.

La comunicación entre el PLC y WinCC se realizará mediante el módulo ET200M, la configuración se debe realizar tanto en STEP 7 como en WinCC, respetando las direcciones IP asignadas en ambos.

##### *4.2.1.1 Configuración WinCC en el sistema SCADA*

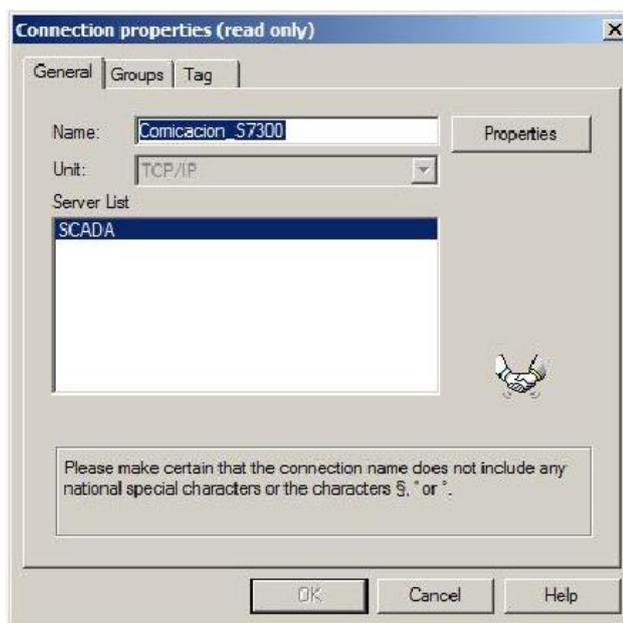
Para establecer la comunicación entre el PLC y el software WinCC es necesario seguir algunos pasos, para que se realice con éxito la configuración del protocolo TCP/IP.

1. En el Software WinCC Explorer, en el ícono administración de variables damos clic derecho en la opción TCP/IP donde escogemos nueva conexión como se muestra en la (figura 34).



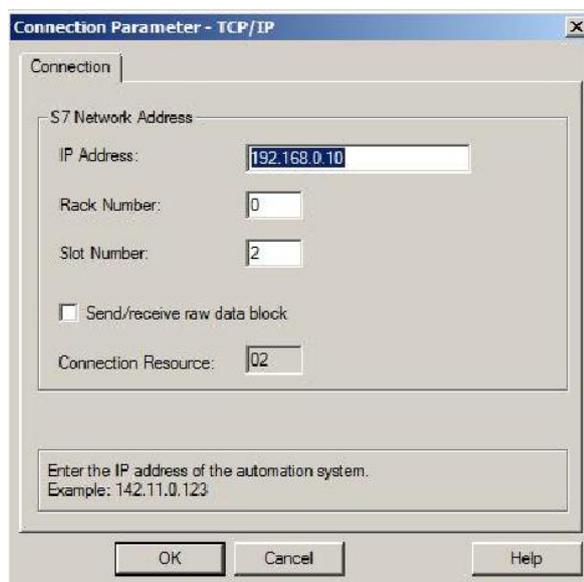
**Figura 34.** Nueva conexión TCP/IP

2. Se muestra la ventana de propiedades de conexión que se puede ver en la figura 35, donde daremos el nombre de la conexión nueva que se realizó, también muestra todos los servidores que se encuentran en red.



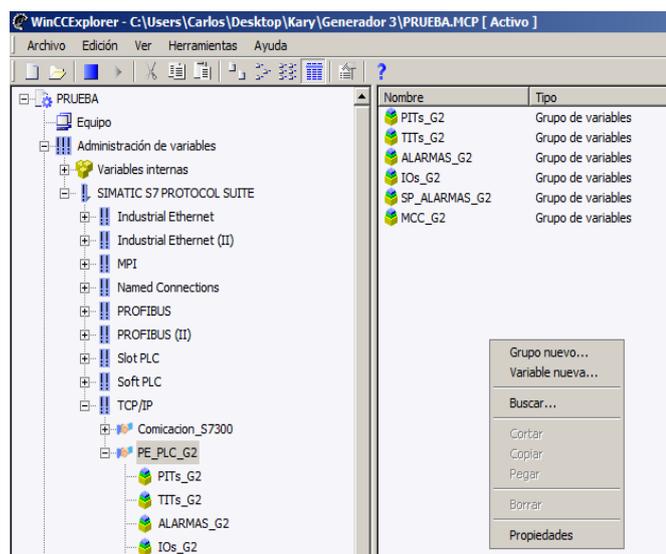
**Figura 35.** Configuración del nombre de la nueva conexión.

3. La configuración IP debe ser el elemento de control de donde se tomarán todas las variables para la comunicación en este caso desde el PLC. En la ventana de la figura 36 se escriben los parámetros de enlace necesarios para establecer la comunicación.



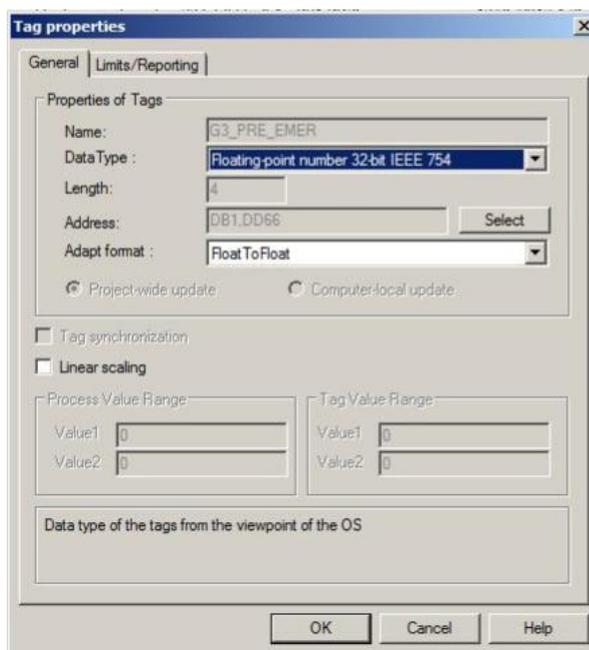
**Figura 36.** Configuración de IP y posicionamiento del módulo

4. Para agregar las variables es importante saber la dirección exacta de cada una de ellas en el PLC, para insertar una nueva variable hacemos clic derecho en la pantalla donde se encuentran las variables como se muestra en la figura 37, y seleccionamos nueva variable.



**Figura 37.** Direccionamiento de las variables del PLC en el SCADA.

5. A continuación aparecerá la ventana de Propiedades de la etiqueta en donde se coloca el nombre de la variable, se escoge el tipo de variable y por último se pone la dirección de la variable del PLC ver (figura 38).



**Figura 38.** Ventana de Propiedades de Etiqueta

En la nueva conexión se establecerá diferentes grupos para las variables, de la siguiente manera:

- Temperaturas (TITs\_G3).
- Presiones (PITs\_G3).
- Alarmas (Alarmas\_G3).
- Set point (SP\_Alarmas\_G3).
- MCC (MCC\_G3).

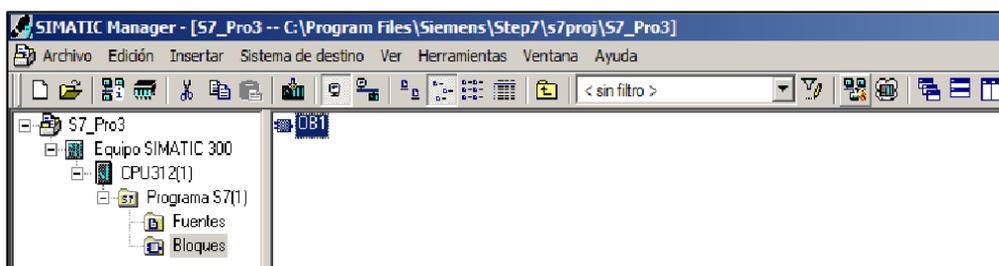
Teniendo así más organización con las variables, ya que la cantidad de variables que se manejan son numerosas, debido a que por cada unidad se manejan aproximadamente 200 variables, con estos grupos tendremos conocimiento de las variables que pertenecen a cada unidad.

En la PC se instaló el software WinCC, para que se establezca la comunicación exitosamente, cabe mencionar que la PC y el PLC deben estar dentro de la misma subred.

#### 4.2.1.2 Configuración STEP 7

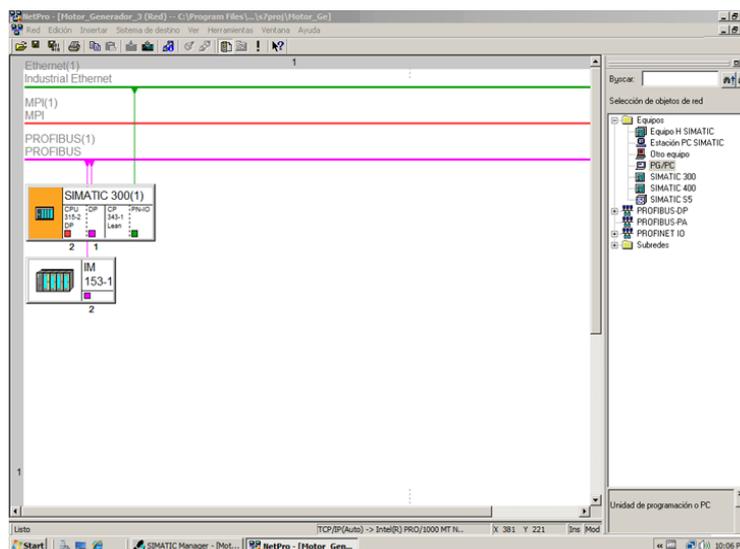
Para realizar la configuración del programa STEP 7, es necesario seguir algunos pasos, para que se realice con éxito la configuración.

1. En la barra de herramientas seleccionamos el icono configuración de red (figura 39) y damos clic.



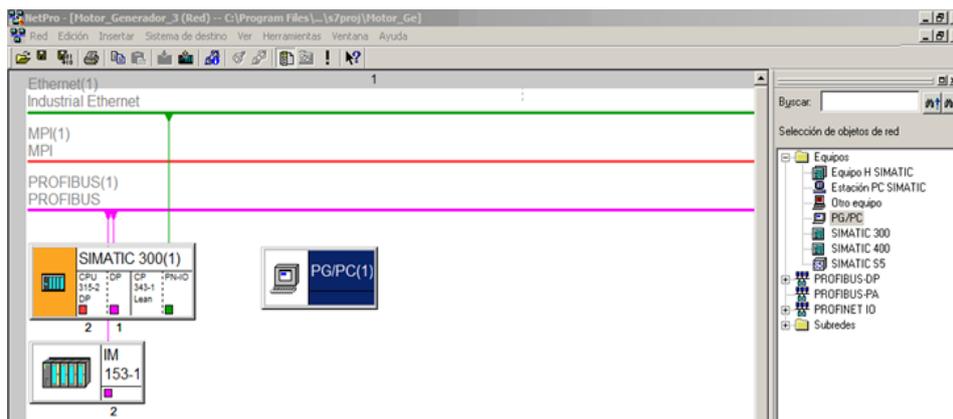
**Figura 39.** Ventana Principal STEP 7

2. A continuación aparecerá una ventana donde se representan todas las redes disponibles, de las cuales la que nos interesa, es la que establece la comunicación entre el PLC y el sistema SCADA, que es Industrial Ethernet (figura 40).



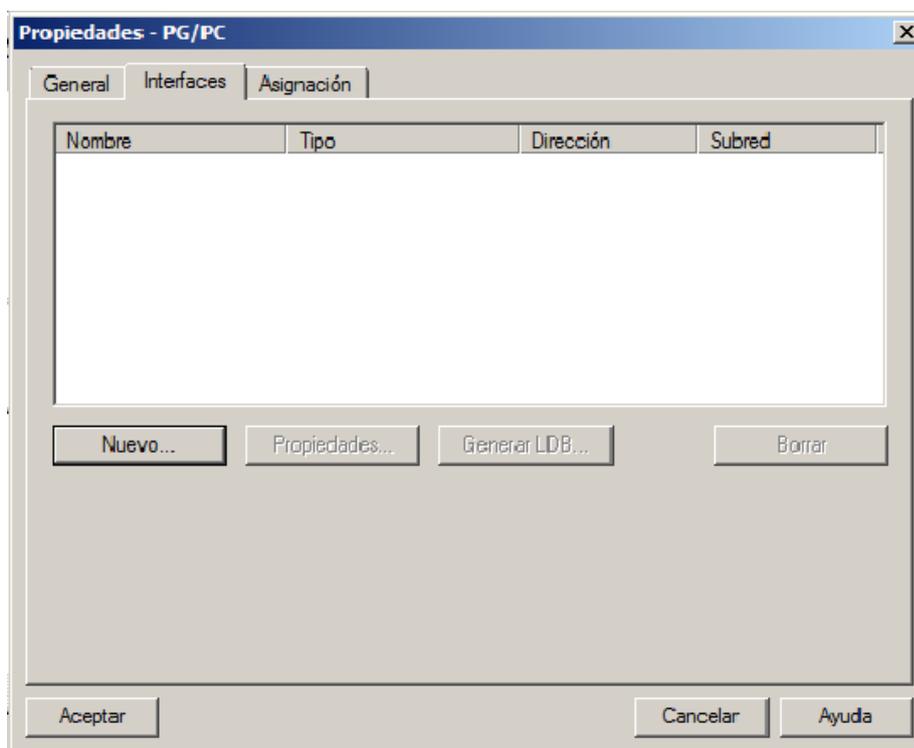
**Figura 40.** Ventana Configuración de red

3. En la pestaña de selección de objetos de red, damos clic en Equipos, seleccionamos PG/PC el cual representa a la PC, le arrastramos hacia la pantalla de configuración de red (figura 41).



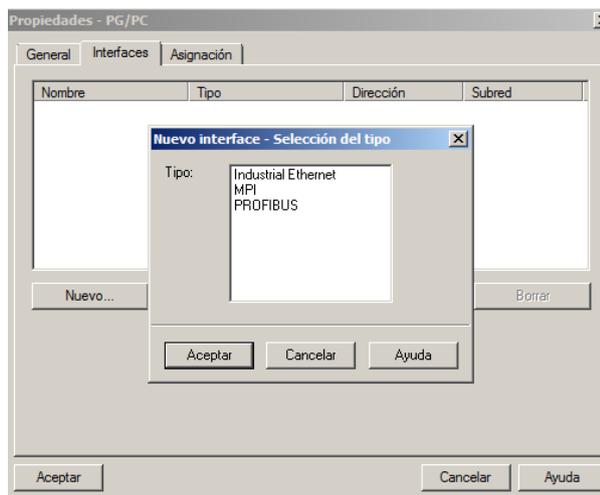
**Figura 41.** Selección de objetos de red

4. Seguidamente nos aparece una ventana en la cual se configura la interface de comunicación (figura 42). Este paso lo realizamos para asignar PG/PC a la red de Industrial Ethernet.



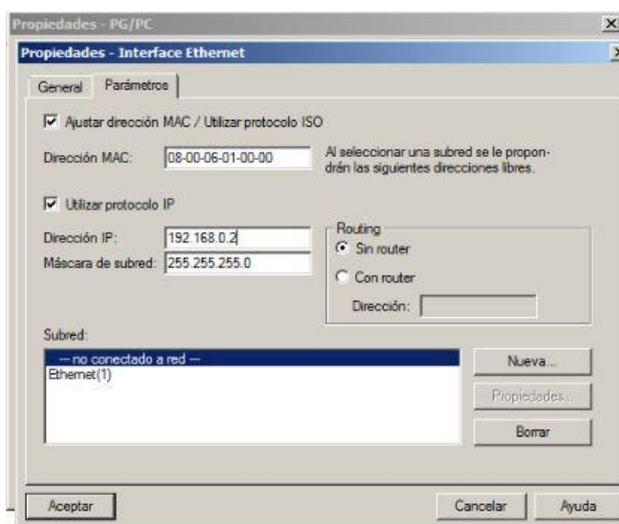
**Figura 42.** Ventana Propiedades de PG/PC

5. Para asignar la red se selecciona la pestaña Interfaces, damos clic en el botón Nuevo, donde parecerá la ventana de configuración de red (figura 43), donde se muestran todas las redes disponibles.



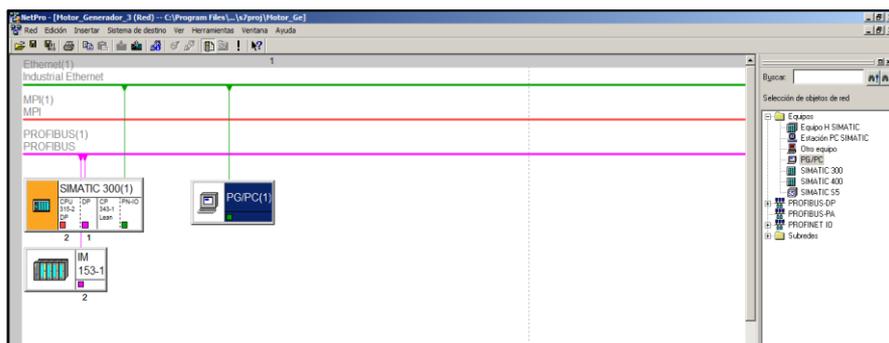
**Figura 43.** Selección de la interface de Ethernet.

6. Seleccionamos Industrial Ethernet, cuando ya está creada la interface de comunicación, automáticamente aparecerá la ventana de configuración de propiedades de interface Ethernet en la cual colocaremos la IP del sistema SCADA y escogemos en subred la red creada Ethernet(1), (figura 44).



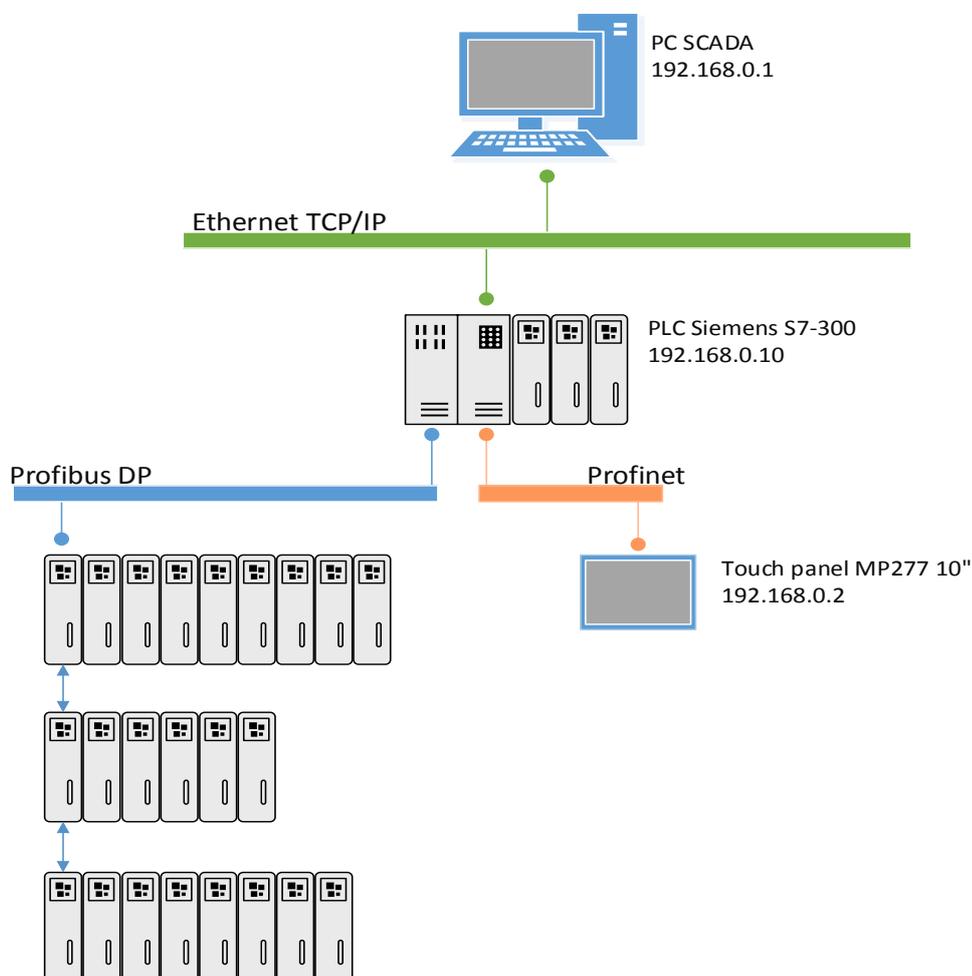
**Figura 44.** Direccionamiento IP de la PC.

7. La red Ethernet(1), MPI(1) y Profibus(1) se crean automáticamente dependiendo del controlador lógico programable y de los módulos de comunicación. Cuando la configuración esté lista el elemento PG/PC se agregara automáticamente a la red Ethernet, además dependiendo de la red tomará el color de ella, en este caso, la línea se tornó de color verde (figura 45).



**Figura 45.** Enlace de comunicación.

Cuando se torna del color de la red, esto quiere decir que el enlace de comunicación se encuentra listo para el módulo. Al final de realizar todas las configuraciones mencionadas anteriormente y tomando en cuenta las que ya estaban establecidas, se obtuvo el siguiente diagrama (figura 46).



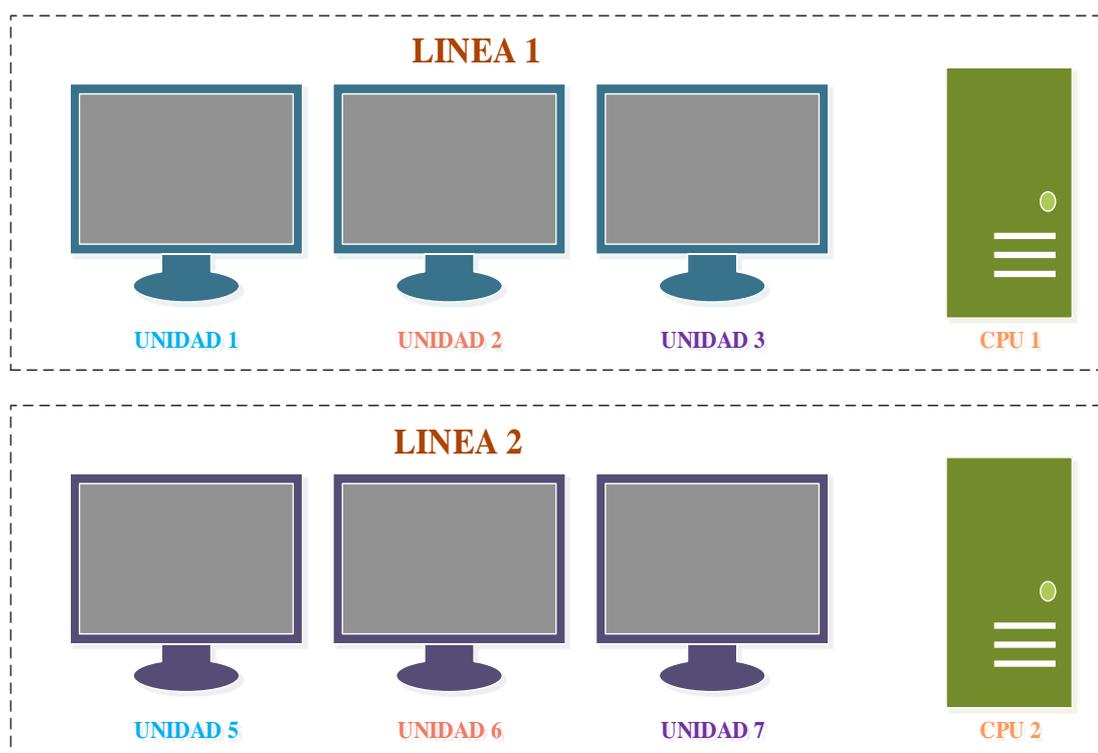
**Figura 46.** Diagrama de comunicación para una unidad.

Este diagrama es un ejemplo de la comunicación con una unidad, de esta manera se realizará la comunicación para las demás unidades del sistema.

#### 4.3 Diseño y Desarrollo del HMI para el sistema SCADA.

Para el diseño HMI dos servidores dispondrán la información de las dos líneas, en cada servidor se mostrará esta información en tres monitores, para visualizar a cada unidad, es decir, que el primer servidor mostrará los datos de la unidad 1, 2 y 3, mientras que el segundo servidor mediante sus tres monitores mostrará las unidades 5, 6 y 7. Esto se logró mediante una trajera para múltiples pantallas (figura 28) que se instalaron en cada uno de los servidores.

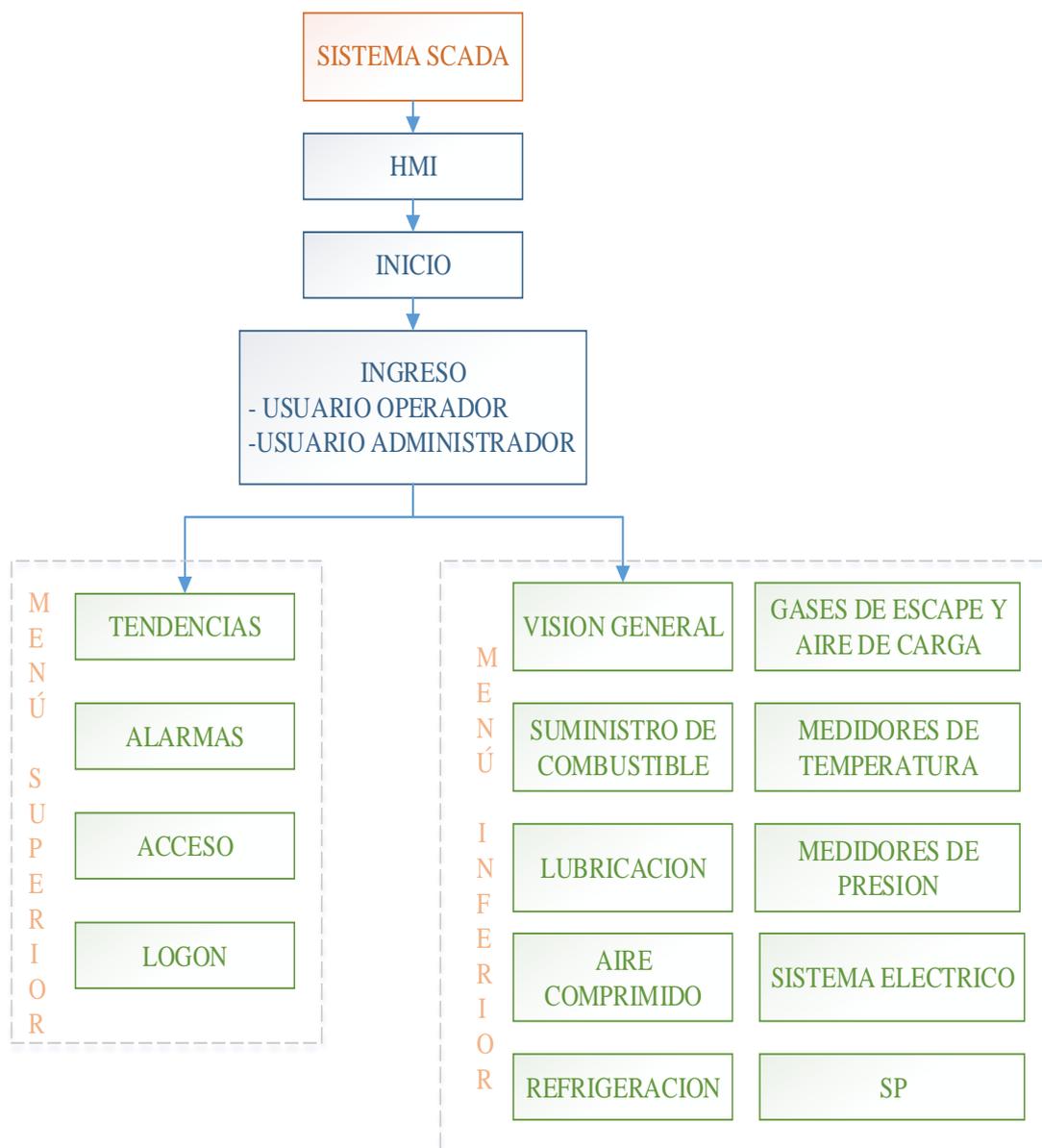
En cada monitor se presentarán los sistemas auxiliares de cada unidad, teniendo 1 pantallas por unidad, para así, tener la monitorización de todas las unidades (figura 47).



**Figura 47.** Representación del Sistema SCADA

Cada una de las pantallas del proceso de generación consta de dos menús un menú inferior y un superior, cada uno de estos menús, nos ayuda a navegar por las pantallas

del HMI, siempre y cuando tengamos los niveles de usuarios permitidos para la navegación (figura 48).



**Figura 48.** Representación del Sistema SCADA

Cuando ingresamos como usuario Operador, el usuario puede navegar por todas las pantallas y si quisiera modificar alguna de ellas, lo podría hacer excepto en la pantalla de SETPOINT ya que no tiene los permisos suficientes, cuando no tiene el nivel de acceso necesario se presentará un cuadro de aviso como el que se muestra en la (figura 49).



**Figura 49.** Cuadro de aviso con insuficiente permisos de acceso

Para poder navegar por todas las pantallas sin ninguna restricción es obligatorio tener un nivel de usuario mayor, en este caso el usuario por defecto es Administrador, con este usuario podemos navegar o modificar todas las pantallas sin ninguna restricción.

#### **4.3.1 Convenciones adoptadas en el sistema**

Las ventanas desarrolladas para la visualización de los datos de protección y medida, proporcionan información en tiempo real del valor de las variables de los equipos y del estado de los interruptores que conforman el sistema.

Para que esta información se presente de manera amigable y sea fácilmente comprensible para el operador, se usan ciertos colores y representaciones gráficas.

Estas gráficas están asociadas con los datos monitoreados y con el estado de operación de los equipos.

El color rojo  se usa para indicar los siguientes estados:

- Si existe algún disparo en algún generador.
- Estado de niveles de tanques (muy alto o muy bajo).

El color verde  se usa para indicar lo siguiente:

- Estados de niveles de tanques (buen nivel).

El color amarillo  se usa para identificar lo siguiente:

- Si existe alguna Alarma en alguno de los generadores.
- Estado de niveles de tanques (alto o bajo).

#### **4.3.2 Elementos de las pantallas**

El sistema SCADA al contar con 3 monitores por servidor, se dividirá en 3 pantallas en las cuales cada pantalla mostrará a una Unidad y todas llevaran el mismo formato, es decir, un menú superior, menú inferior, Símbolo de UNACEM, ubicación de SCADA, nombre de la pantalla, nombre de la Unidad, nombre de usuario, hora, fecha, registro de alarmas y botones de acceso (figura 50).

Son 14 botones de acceso que irán en todas las pantallas menos en la pantalla de inicio. Estos botones son los accesos a Visión General de todo el sistema, en esta pantalla se lograra visualizar las 3 unidades según en la línea en la que nos encontremos, por ejemplo, si estuviésemos en la línea 1 se podrá visualizar las unidades 1, 2 y 3, y si estuviésemos en la línea 2 se visualizará las unidades 5, 6 y 7.

El diseño de las pantallas de Suministro de combustible, Lubricación, Aire Comprimido, Refrigeración, Gases de Escape Aire de Carga, Medidores de Temperatura, Medidores de Presión, Sistema Eléctrico y SP (Set Points), serán las mismas en cada una de las unidades y la información que se disponga en los monitores dependerá en que unidad nos encontremos.

Además de esto en todas las pantallas excepto en la de inicio, se podrá visualizar un registro de alarmas en la parte inferior izquierda para que siempre se tenga presente si sucedería cualquier anomalía en una de las unidades.

La distribución que se detalla anteriormente se la puede apreciar a continuación en la figura 50, también si se desea tener un mejor entendimiento y saber a detalle la manipulación de esta y los demás diseños de pantallas se puede observar en el manual de usuario en la sección de (Anexos 2 Manual de Usuario).

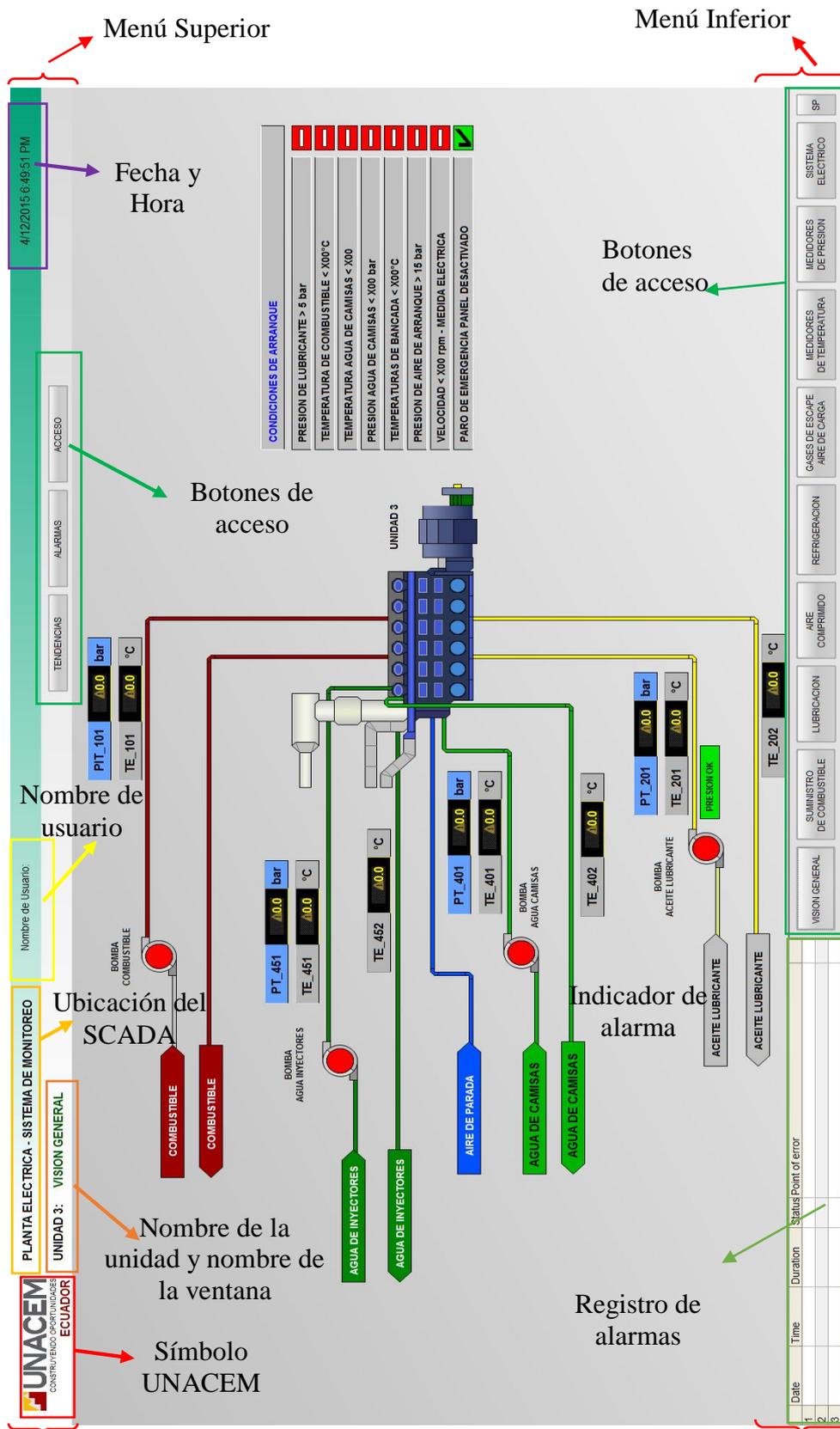
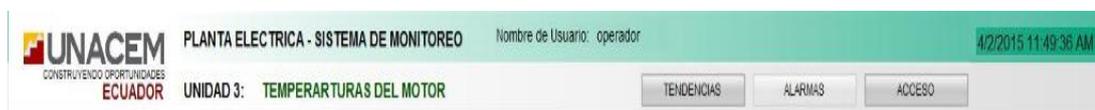


Figura 50. Representación de menú superior e inferior

### 4.3.3 Navegación

Mediante los menús de navegación se puede direccionar a los diferentes accesos, alarmas, tendencias y accesos.



**Figura 51.** Menú superior

En el menú superior (figura 51), muestra el nombre de usuario, nombre de la pantalla, Símbolo de UNACEM, fecha y la hora, además se puede navegar por las pantallas:

- Tendencias.
  - Presiones.
  - Temperaturas
  - Velocidad.
  - Viscosidad.
- Alarmas.
  - Setpoint.
- Accesos.

Date	Time	Duration	Status	Point of error
5	17/01/14	04:41:22 PM	00:00:00	ALTO NIVEL DE TANQUE RETORNO DE COMBUSTI
6	17/01/14	04:41:22 PM	00:00:00	BAJO NIVEL DE TANQUE RETORNO DE COMBUSTI
7	17/01/14	04:41:22 PM	00:00:00	ALTO NIVEL DE LUBRICACION DE BALANCIOS

VISION GENERAL	SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE	LUBRICACION	AIRE COMPRIMIDO	REFRIGERACION	GASES DE ESCAPE AIRE DE CARGA	MECORNOS DE TEMPERATURA	MECORNOS DE PRESION	SISTEMA ELECTRICO	SP
----------------	---------------------------	-------------	-----------------	---------------	-------------------------------	-------------------------	---------------------	-------------------	----

**Figura 52.** Menú Inferior

En el menú Inferior (figura 52) muestra los botones de acceso a los diferentes procesos como Visión General, Suministro de combustible, Lubricación, Aire Comprimido, Refrigeración, Gases de Escape Aire de Carga, Medidores de Temperatura, Medidores de Presión, Sistema Eléctrico y SP (Set Points).

Cabe recalcar que en los tres monitores se tiene el mismo menú inferior pero con información diferente, ya que como se mencionó anteriormente cada monitor contiene información de una unidad.

Para las pantallas que se detallan a continuación la información que presenten cada una de ellas dependerá en la línea en que se encuentre, puesto que la línea 1 dispone información de las tres primeras unidades y la línea 2 dispone información de las tres últimas.

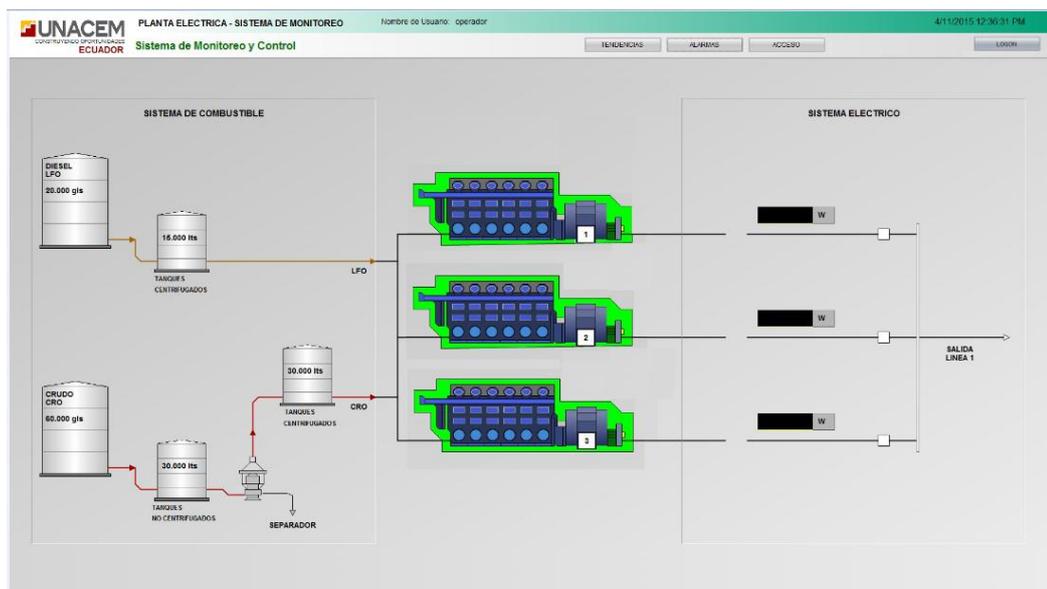
Entonces con este menú se puede navegar por las siguientes pantallas:

- Visión General
- Suministro de Combustible
- Aire Comprimido
- Refrigeración
- Gases de Escape Aire de Carga
- Medidores de Temperatura
- Medidores de Presión
- Sistema Eléctrico
- SP

#### **4.3.4 Inicio**

Para el arranque el HMI se debe hacer doble clic en el icono ubicado en el escritorio de Windows, al hacer doble clic en el icono Runtime se inicia automáticamente mostrándonos la ventana de Sistema de monitoreo y control de la (figura 53).

En la ventana que se muestra en la figura 53 se puede apreciar dos sistemas principales que son: el sistema de combustible y el sistema eléctrico.



**Figura 53.** Ventana de Inicio

Para tener la autorización de navegar por el menú es necesario tener un nombre de usuario y su clave, para ingresar se debe hacer clic en el botón LOGON y aparecerá una ventana para ingresar el nombre de usuario y su clave (figura 54), se ha creado 2 tipos de usuario globales con sus respectivas restricciones:

- **Operador .-** el usuario Operador tiene acceso a la mayoría de las ventanas, excepto a la ventana de los Setpoint.
- **Administrador.-** el usuario Administrador tiene acceso a todas las ventanas, además tiene la opción de entrar a los setpoint para poder modificar su valor.

**Figura 54.** Ventana para el ingreso de Usuario y clave

Si el ingreso de usuario y su clave son correctas el nombre de usuario aparecerá en la parte derecha del botón LOGON (figura 55).



**Figura 55.** Nombre de usuario ingresado y habilitado

Si el nombre de usuario o su clave son incorrectas nos mostrará el siguiente cuadro de error (figura 56).



**Figura 56.** Error con usuario con insuficientes permisos

Por el contrario si el usuario desea ingresar sin tener ningún permiso se mostrará el siguiente cuadro de usuario no reconocido (figura 57).



**Figura 57.** Error de mal ingreso de nombre de usuario o clave

#### 4.3.5 Visión General

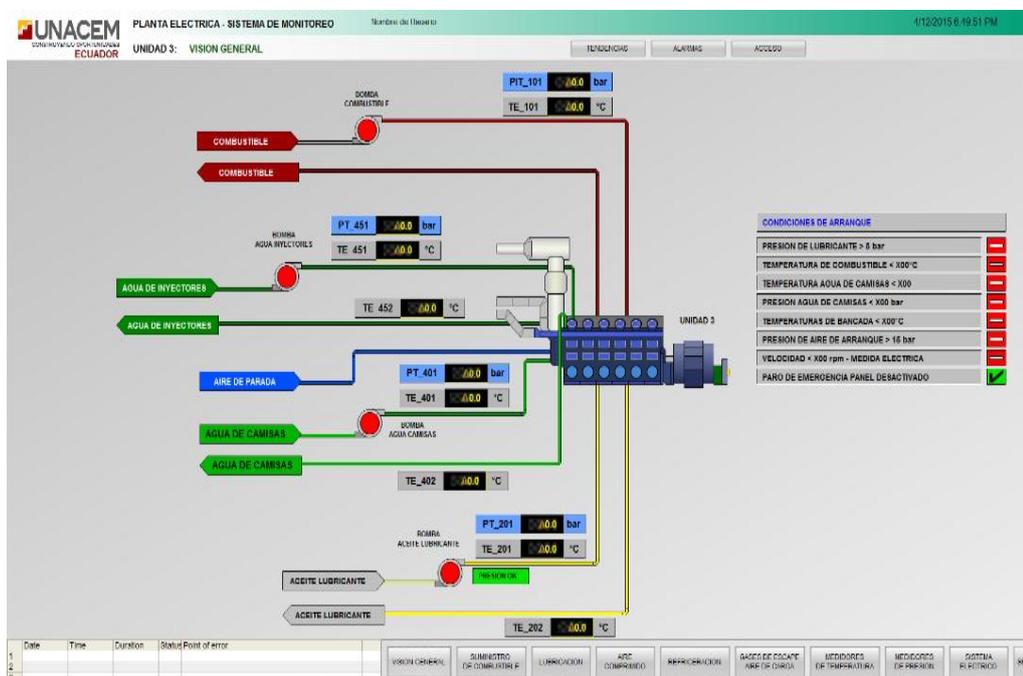
En la pantalla visión general muestra 3 sistemas en los cuales se indica las variables del proceso que están involucradas, es decir, presiones, temperaturas y un esquemático del sistema presentado.

En la pantalla Visión General (figura 58) muestra un resumen de todos los sistemas auxiliares que influyen en una unidad, además contiene una serie de condiciones para el encendido, sin estas condiciones no podrá arrancar el motor, las condiciones se representa mediante un visto para condición correcta y un menos para condición incorrecta.

Cada sistema auxiliar está representado con un color como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 8.**  
**Condiciones de Arranque**

CONDICIONES DE ARRANQUE	
Sistema de suministro de combustible	color rojo
Sistema de agua inyectores	color verde
Sistema de aire	color azul
Sistema de agua camisas	color verde oscuro
Sistema de aceite lubricante	color gris



**Figura 58.** Visión General

#### 4.3.6 Suministro de Combustible

El Sistema de suministro de combustible (figura 59) nos muestra un esquema de los tanques, tanques centrifugados, tanques no centrifugados, las bombas, separador y los tanques diarios tanto de diésel como de crudo. Este sistemas tiene la característica que si existe alguna alarma muestra animaciones en el recuadro donde se produjo la anomalía, este informativo de alarma se muestra en todas las pantallas.

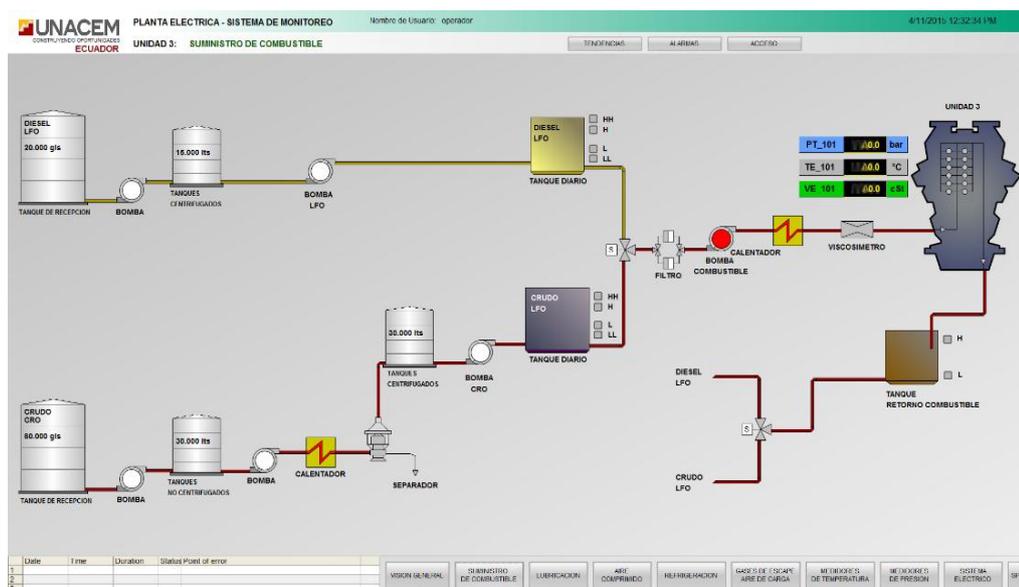


Figura 59. Sistema de suministro de combustible

#### 4.3.7 Lubricación

El sistema de lubricación (figura 60) muestra la presiones, temperaturas y niveles del tanque de aceite lubricante, además muestra un esquema de cómo se encuentra el sistema de aceite lubricante. Este sistemas al igual que el anterior tiene la característica que si existe alguna alarma muestra animaciones en el recuadro donde se produjo la anomalía, este informativo de alarma muestra en todas las pantallas.

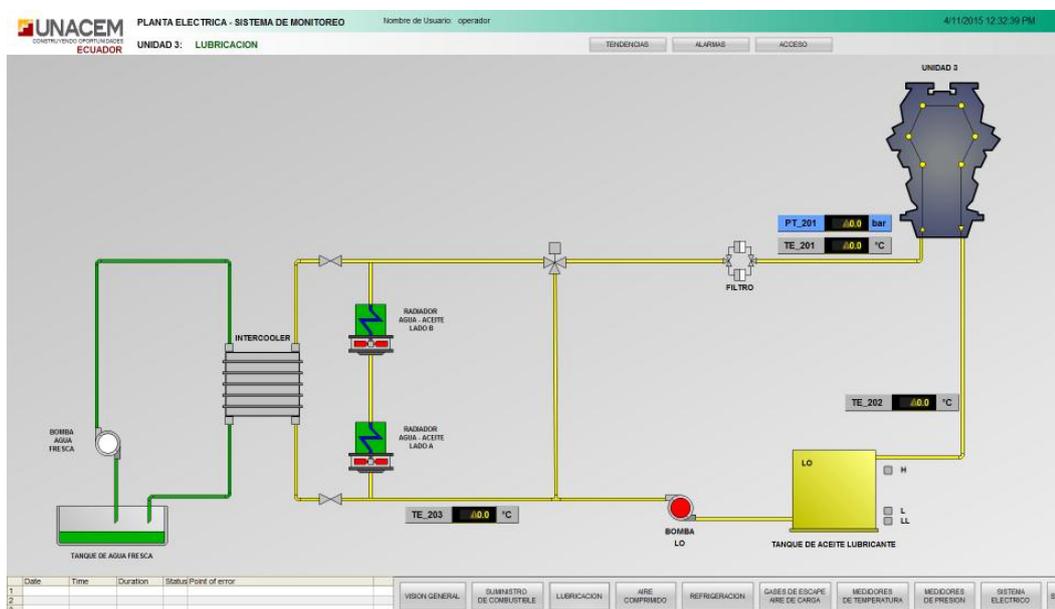


Figura 60. Sistema de lubricación

### 4.3.8 Aire Comprimido

El sistema de aire comprimido (figura 61) muestra las presiones de entrada y salida de aire de arranque hacia el motor. Este sistema tiene la característica que si existe alguna alarma muestra animaciones en el recuadro donde se produjo la anomalía, este informativo de alarma muestra en todas las pantallas.

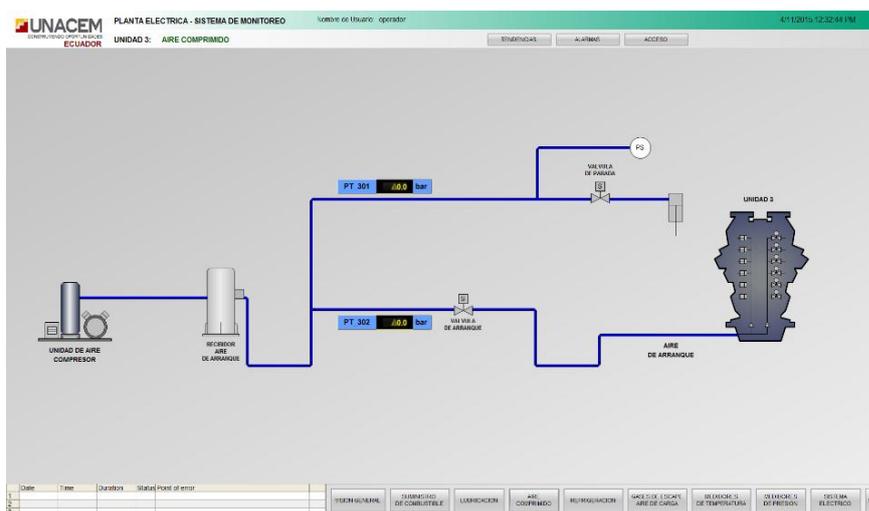


Figura 61. Sistema de aire comprimido

### 4.3.9 Refrigeración

En la pantalla de sistema de Refrigeración muestra las temperaturas y presiones de agua camisas de entrada al motor generador, así como también la temperatura de salida al tanque de agua camisas (figura 62).

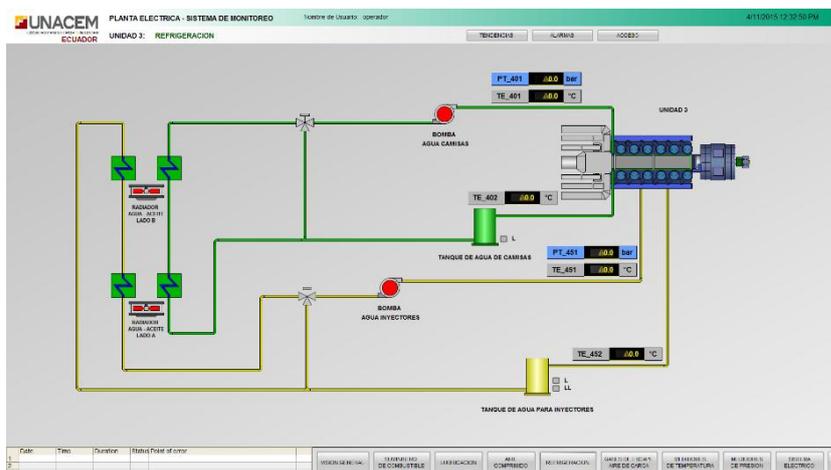


Figura 62. Sistema de agua de refrigeración

### 4.3.10 Gases de Escape y Aire de Carga

En esta pantalla se muestran las temperaturas de aire de carga sea en el lado a y b, así como también la temperatura de los gases de escape del lado a y b (figura 63).

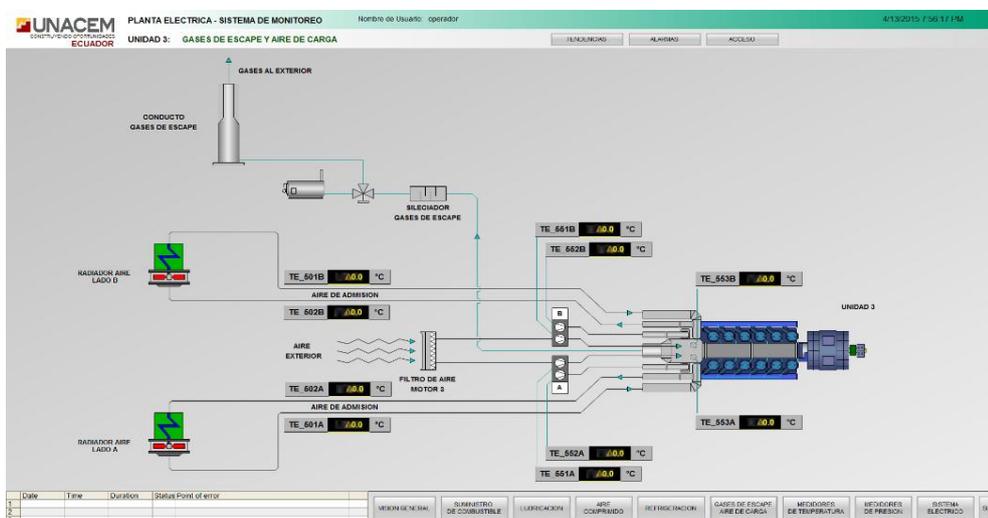


Figura 63. Sistema de gases de escape y aire de carga.

### 4.3.11 Medidores de Temperatura

Esta pantalla vendría a ser la más importante ya que muestra la mayoría de las variables del proceso, además indica si existen alarmas o disparos en la parte inferior izquierda y por animación (figura 64). Otro punto que vale recalcar en esta pantallas es que tiene ayuda grafica para observar las variables de temperaturas.

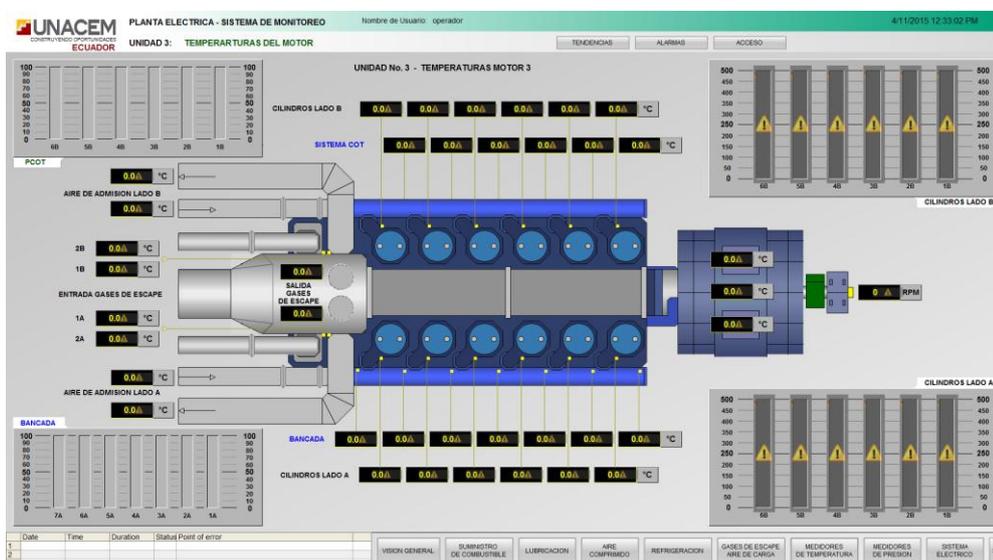


Figura 64. Temperaturas del motor

### 4.3.12 Medidores de Presión

La pantalla de medidores de presión muestra las presiones que intervienen en el grupo electrógeno, esta pantalla al igual que la anterior vendría a ser importante ya que muestra la mayoría de las variables del proceso y también indica si existen alarmas o disparos en la parte inferior izquierda y por animación (figura 65). Otro punto que vale recalcar en esta pantallas es que tiene ayuda grafica para observar las variables de presiones.



Figura 65. Pantalla de presiones

### 4.3.13 Sistema Eléctrico

La pantalla de sistema eléctrico muestra el diagrama unifilar de todos los sistemas que intervienen en el motor generador, así tendremos conocimiento de los voltajes, corrientes potencia de cada y también como las anteriores pantallas indica si existen alarmas o disparos en la parte inferior izquierda y por animación (figura 66).



Figura 66. Sistema Eléctrico



Cada una de estas pantallas tiene un radio-box (figura 69) para seleccionar las tendencias que se necesiten ser observadas en el Trends.

SELECCIONE SECCION:

- CILINDROS LADO A
- BANCADA
- IN/OUT GASES LADO A
- CILINDROS LADO B
- PCOT
- IN/OUT GASES LADO B
- PRESIONES
- TEMPERATURAS DE ENTRADA
- COMBUSTIBLE

**Figura 69.** Radio-Box de la pantalla de tendencias

#### 4.3.16 Alarmas

En la pantalla de alarmas, se muestran las señales o avisos que advierte sobre la proximidad de un peligro. Las alarmas siempre se presentan cuando existe alguna anomalía en el funcionamiento de alguna unidad.

Para prever alguna anomalía en el funcionamiento de todas las unidades se creó la pantalla de alarmas (figura 70) con el fin de dar aviso al operador, de alguna anomalía en cualquiera de las líneas.

**Figura 70.** Pantalla de alarmas

En la ventana de alarmas se tendrá 3 colores:

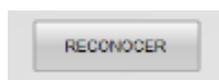
- Verde  → Eventos
- Amarillo  → Alarmas avisos
- Rojo  → Alarmas disparo

En todas las pantallas del sistema SCADA se mostrara en el menú inferior un registro de alarmas, detallando la fecha, la hora, la duración, el estado y el punto de error (figura 71).

	Date	Time	Duration	Status	Point of error
60	30/03/15	12:50:01 PM	00:00:01		PRESION ALTA EN LA ENTRADA DE ACEITE AL MO
61	30/03/15	03:42:20 PM	00:00:04		TEMPERATURA DE GASES DE ESCAPE CILINDRO
62	30/03/15	07:45:47 PM	00:00:00		BAJO NIVEL DE TANQUE RETORNO DE COMBUSTI

**Figura 71.** Registro de alarmas.

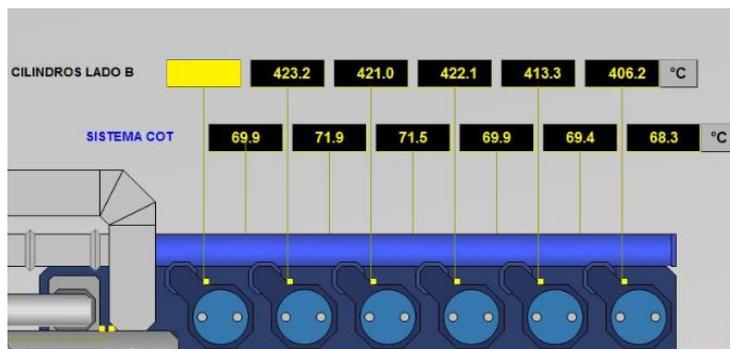
Cuando aparezca el indicador de alarma, tenemos que dirigirnos a la ventana de alarmas a reconocerlas, con el botón reconocer (figura 72).



**Figura 72.** Botón Reconocer ventana de alarmas

Cuando presionemos el botón reconocer el indicador de alarma desaparecerá, este proceso servirá para que el operador este forzado a ver la pantalla de alarmas.

Existen también otros tipos avisos para cuando se presente alguna alarma de aviso (figura 73) o alarma de disparo (figura 74), por ejemplo cuando se presente una elevada temperatura en alguno cilindro de una unidad.



**Figura 73.** Indicador de Alarma con disparo

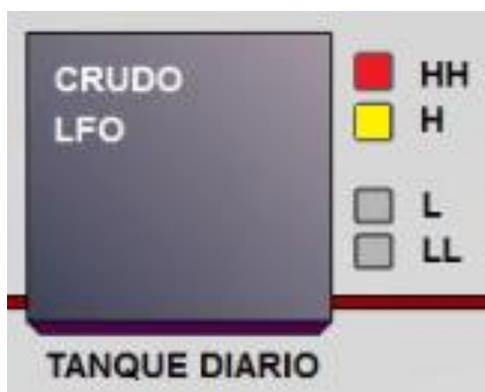


**Figura 74.** Indicador de alarma aviso.

Como muestra las Figuras anteriores cuando se presentan los indicadores tanto para las alarmas con disparos como para las alarmas con avisos, este color parpadea hasta que la temperatura en este caso se restablezca dentro de los límites.

Al igual que la temperatura también se muestran en los niveles de los tanques (figura 75):

- Muy Alto (HH) ■ → rojo
- Alto (H) ■ → amarillo
- Bajo (L) ■ → amarillo
- Muy bajo (LL) ■ → rojo



**Figura 75.** Indicador de alarmas, disparos y avisos para los niveles.

#### 4.4 Programación del HMI

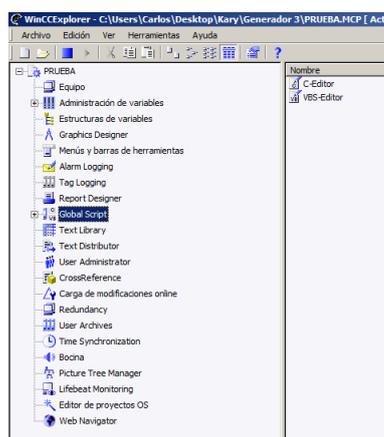
Se realizó la programación del HMI en WinCC Explorer, utilizando el global script, con un lenguaje de programación en código basada en Visual Basic.

#### 4.4.1 Programación por código

En la programación de la HMI se utiliza el global script (figura 76) que tiene dos lenguajes de programación como:

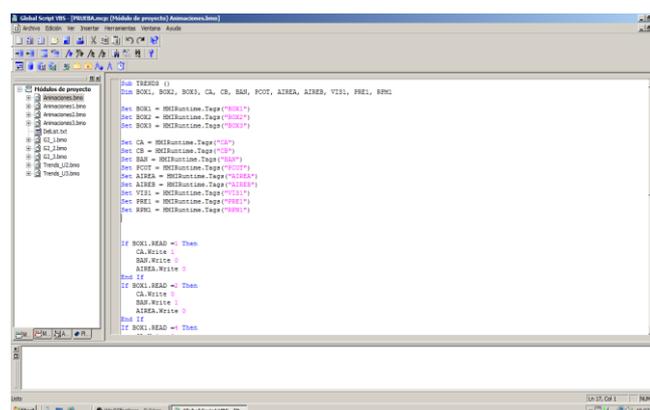
- VBS-Editor.- lenguaje de programación basada en visual basic.
- C-Editor.- lenguaje de programación basada en C++.

En la figura 76 se muestra los lenguajes de programación, el lenguaje de programación que se utilizó para el desarrollo de la lógica de control fue VBS-editor.



**Figura 76.** Global Script

El VBS-editor se utilizó para realizar la lógica de control en las animaciones de los eventos como son las alarmas de disparo y de advertencia. Al seleccionar el VBS-editor muestra una pantalla (figura 77) en la cual se puede programar, siempre y cuando se haya creado un módulo del proyecto, que permite la programación.

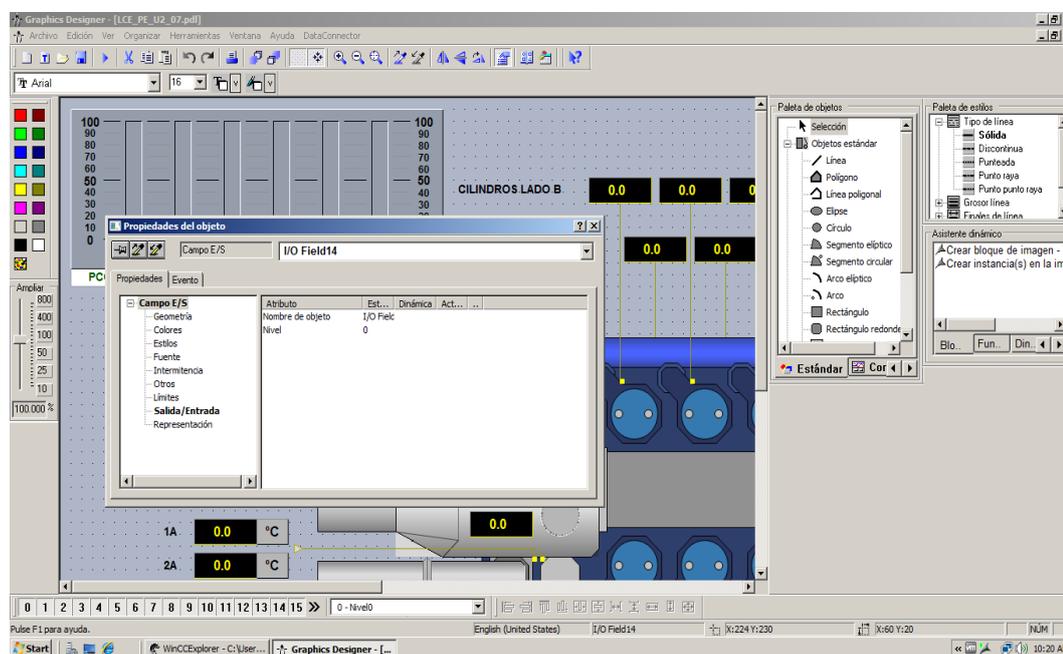


**Figura 77.** Ventana de Programación VBS-editor.

En el VBS-editor se realizaron las animaciones para todas las unidades, es decir, se creó una animación para las alarmas de temperaturas, presiones y niveles en donde se cambia de color al sobrepasar los set point. Además, de las alarmas se creó una lógica de programación para las tendencias históricas para la selección de temperatura, presión, medidas eléctricas, velocidad y viscosidad de las unidades de generación.

#### 4.4.2 Programación gráfica

La programación gráfica permite hacer el diseño desde el gráfico, es decir, al presionarlo directamente, permite el acceso para programar dicho gráfico ya sea por propiedades del objeto o por un evento (figura 78).



**Figura 78. Programación gráfica**

La programación gráfica permite realizar una programación mucha más sencilla en comparación con la programación por código, ya que permite relacionarnos directamente con el objeto.

La programación por propiedades de objeto permite realizar el cambio de:

- Geometría.
- Colores.

- Estilo.
- Fuente.
- Intermittencia.
- Otros.
- Límites.
- Entrada y salida.
- Representación.

La programación por evento permite realizar algún proceso mediante el ratón o el teclado, por ejemplo ocultar o aparecer un objeto, cambiar de pantallas, cambiar de color los objetos.

## CAPÍTULO V

### IMPLEMENTACIÓN

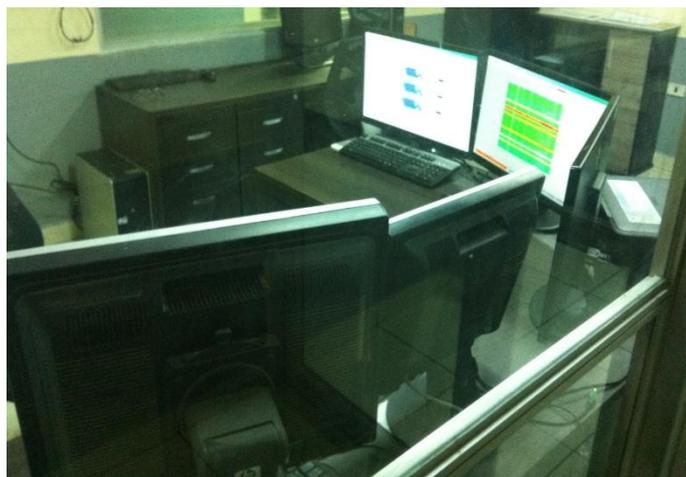
#### 5.1 Generalidades.

La implementación del sistema de monitoreo y control se realizó tomando todas las señales de las líneas 1 y 2 de los tableros de cada unidad ubicados en el cuarto de generadores (figura 79), con el fin de efectuar una interface HMI, utilizando el software WinCC de Siemens.



**Figura 79.** Tableros de generación.

Cada una de las líneas de generación tendrá una interface HMI, para lo cual se utilizó las pantallas y el servidor que se encontraban instalados de la línea 1 y para la línea 2 se instaló nuevos monitores y servidor (figura 80).



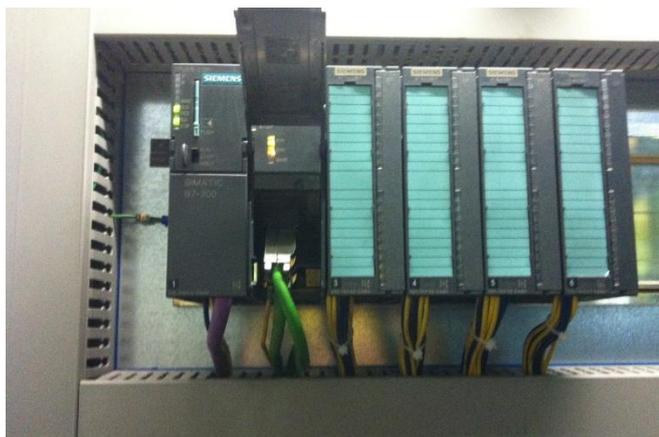
**Figura 80.** Sistema SCADA planta eléctrica UNACEM

Como cada grupo electrógeno maneja alrededor de 200 señales se instaló un Switch industrial de comunicación para que ambos sistemas de control de las líneas 1 y 2 de generación se encuentren comunicadas, la instalación de este Switch se la realizó en un rack de comunicación que se encuentra ubicado en la sala de control.

## 5.2 Integración

### 5.2.1 Integración PLC's

La integración de todos los PLCs se realizó por medio del módulo de comunicación Ethernet CP 343-T LEAM (figura 81), que soporta comunicación Profinet e Industrial Ethernet, este puerto sirve para la comunicación entre el PLC, la terminal de operador y el sistema SCADA.

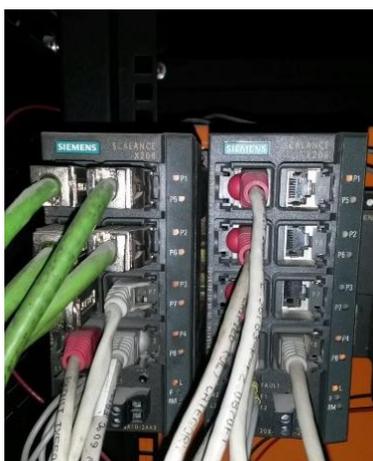


**Figura 81.** Módulo CP 343-T LEAM.

Todos los PLCs tienen este módulo de comunicación, que sirve para el envío y recepción de datos al sistema SCADA ubicado en la sala de control.

### 5.2.2 Instalacion Switch Industrial

En el rack principal se instaló el Switch Industrial (figura 82), que es el punto de enlace de todos los PLCs para la transmisión de datos entre el sistema SCADA y los PLCs.



**Figura 82.** Instalación Switch Industrial.

La disposición de los puertos del switch de la línea 1 es de la siguiente manera

- Puerto 1: PLC unidad 1
- Puerto 2: PLC unidad 2
- Puerto 3: PLC unidad 3
- Puerto 4: Sistema SCADA

Y La disposición de los puertos del switch de la línea 2 es de la siguiente manera

- Puerto 1: PLC unidad 5
- Puerto 2: PLC unidad 6
- Puerto 3: PLC unidad 7
- Puerto 4: Sistema SCADA

Para lograr este enlace se instalará cable UTP desde los PLC hacia el Switch y de este hacia la sala de control (Figura 83).



**Figura 83.** Instalación de cableado.

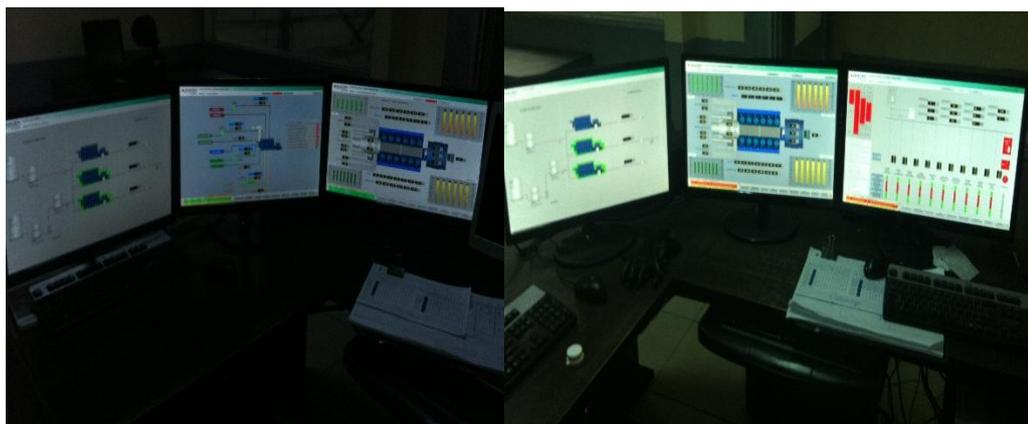
### 5.2.3 Integración de las líneas de generación con el Sistema SCADA

En la sala de control se instalaron dos servidores que dispondrán la información de las dos líneas, cada servidor muestra esta información en tres monitores, para visualizar a cada unidad (figura 84).



**Figura 84.** Servidor Línea 2.

Para la visualización de todas las unidades se contará con seis monitores, que son repartidos de la siguiente manera. Tres monitores para la línea 1 y los tres últimos para la línea 2 (figura 85).



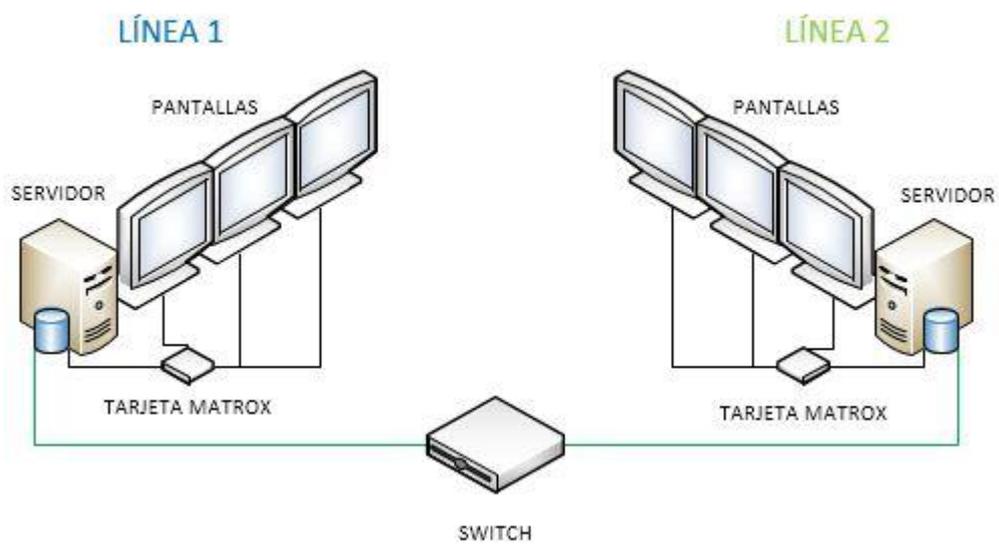
**Figura 85.** Sistema SCADA implementado.

Para lograr visualizar a cada unidad en tres monitores se instaló una tarjeta de video multipantallas (figura 86) en cada uno de los servidores, las cuales tendrán la función de realizar una resolución extendida para estos monitores, es decir que el primer servidor mostrará los datos de la unidad 1, 2 y 3, mientras que el segundo servidor mediante sus tres monitores mostrará las unidades 5, 6 y 7.



**Figura 86.** Tarjeta Matrox instalada.

El resultado final de la instalación del sistema SCADA se lo apreciaría de la siguiente manera (figura 87). Donde se ve representadas las dos líneas cada una con un servidor y una tarjeta de video multipantallas teniendo como punto de enlace Switch Industrial.



**Figura 87.** Sistema SCADA.

## CAPÍTULO VI

### PRUEBAS Y RESULTADOS

#### 6.1 Pruebas.

El procedimiento para las pruebas aplicadas en el sistema de monitoreo y control de la Central Térmica UNACEM se resume en los siguientes aspectos:

- **Operación de los equipos del sistema de control previo al montaje.**

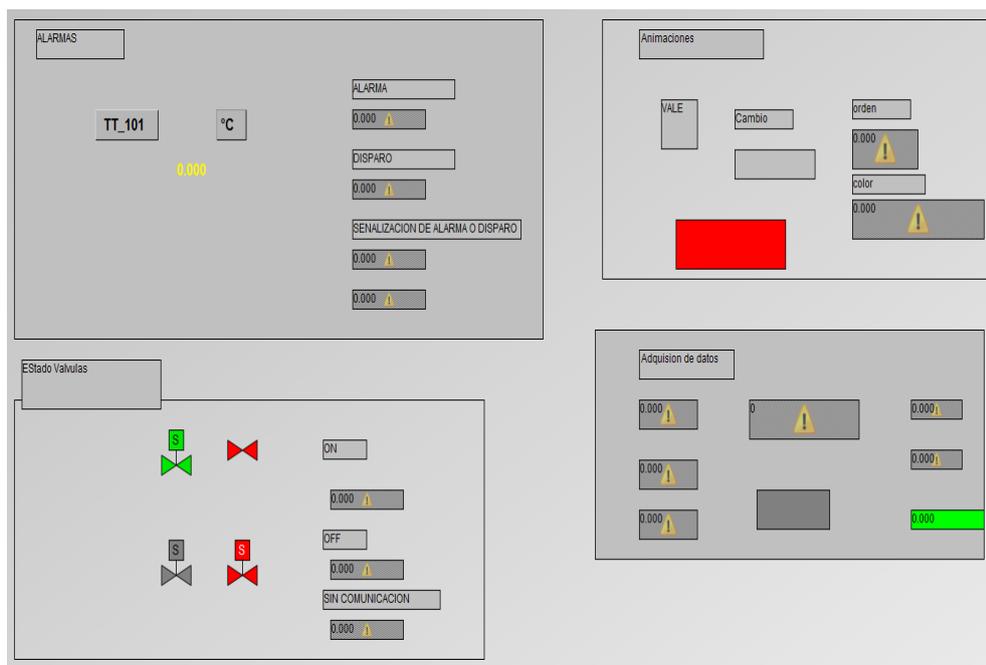
Se realizó a nivel de laboratorio con el fin de evitar contratiempos con el funcionamiento de los equipos. Estas pruebas sirvieron para familiarizarse con la configuración y operación de los equipos a ser instalados.

- **Funcionamiento del software para el sistema SCADA.**

Se realizó la prueba del funcionamiento del software mediante una máquina virtual, en ellas se instaló el software que se utilizó en el proyecto, con el fin de realizar pruebas con el software, cabe recalcar que para la instalación del software debe ser compatible con Windows Server 2008 estándar a 32 bits, para esto se utilizó una tabla de compatibilidad que se puede ver en el Anexo 4 de resultados, logrando pruebas exitosas gracias a la compatibilidad comprobada.

- **Funcionamiento de la red Industrial Ethernet.**

Para esto se creó una pantalla llamada Pruebas para verificar que la adquisición de datos (figura 88) sea óptima, también se puede apreciar mejor esta pantalla en la sección anexos (ver Anexo 4 resultados). Con esta prueba conoceremos que las direcciones de los equipos están correctas y si está correctamente implementada la red.



**Figura 88.** Pantalla de pruebas

- **Verificación del cableado** de señales de campo hacia el Switch ubicado en el rack principal, esta prueba se la realizó mediante el dispositivo tester de cable rj45 (figura 89) que nos permitió comprobar la continuidad de cada cable, ya que dispone de dos partes con una serie de leds en cada parte, que permiten confirmar si los cables tienen una correcta continuidad.



**Figura 89.** Tester De Cables Rj45

Fuente: (Electronicos, computacion y seguridad, 2014)

- **Verificación de las mediciones de temperaturas, presiones y niveles.**

Para realizar esta prueba, se tomaron mediciones de temperaturas y presiones en campo, para comprobar que las medidas tomadas por el PLC sean las correctas. Para la medición de temperaturas se usó el medidor de temperatura laser (figura 90). Y para las medidas de presiones se comprobó con el manómetro (figura 91) ubicado cerca de los sensores de presión.



**Figura 90. Medidor de temperatura Laser**

Fuente: (CEDE, s.f.)



**Figura 91. Manómetro.**

Fuente: (VENSERVI, s.f.)

Todas estas mediciones se realizaron con el fin de verificar si estas medidas son las mismas que se muestran en las pantallas finales. Estas pruebas se realizaron con ayuda del personal eléctrico, para que garanticen la medida tomada por ellos con la medida que marca en el sistema SCADA, así como también en la terminal de operador.

- **Se comprobó el funcionamiento global de todo el sistema.**

Para las pruebas se tomó en cuenta el funcionamiento correcto de la tarjeta de video multipantallas, direccionamiento de red, todos los PLC se encuentren en la misma red y que el diseño de las pantallas se encuentre bien distribuidas.

## 6.2 Resultados.

Durante el desarrollo de las diferentes pruebas, se tomó muy minuciosamente cualquier detalle de las mismas ya que se debe garantizar un error mínimo en el arranque y durante el funcionamiento de todas las unidades, y con esto tener unos resultados satisfactorios y respaldar su funcionamiento.

A continuación se detallan los diferentes resultados de las pruebas realizadas en el sistema.

- **Funcionamiento del software del sistema SCADA.**

Las pruebas realizadas fueron exitosas, logrando prever los posibles errores en la instalación y tener la garantía que todos los software sean compatibles con los elementos de control mediante la tabla de compatibilidad que se puede ver en el anexo 4 de resultados, obteniendo así los resultados que se presentan en la Tabla 9.

**Tabla 9**

### Prueba de Software

EQUIPO	ESTADO	OBSERVACIONES
<b>Wincc, 7.0 sp1</b>	Ok	Con la ayuda de la tabla de compatibilidad como resultado se obtuvo una instalación correcta

- **Funcionamiento de la red Ethernet industrial,** la pantalla de Pruebas se verificó que la adquisición de datos (figura 88) sea óptima. El resultado de esta

prueba fue satisfactoria ya que todos los valores de las variables de cada PLC fueron direccionadas correctamente ver Tabla 10.

**Tabla 10.**

**Verificación de red Industrial Ethernet**

RED	ESTADO	OBSERVACIONES
Red Industrial Ethernet	Ok	Verificación mediante la pantalla de pruebas.

- **Verificación del cableado** de señales de campo hacia el Switch ubicado en el rack principal, mediante el dispositivo tester de cable rj45 (figura 89) que nos permitió comprobar la continuidad de cada cable.

El resultado fue efectivo ya que el testeador de cables es una herramienta esencial para comprobar rápidamente la integridad de los cables de red y tener así como resultado una distribución correcta ver Tabla 11.

**Tabla 11.**

**Verificación del cableado en el Switch del rack principal**

EQUIPO	ESTADO	OBSERVACIONES
Verificación del cableado	ok	Testeador de cables nos ayudó a comprobar rápidamente la continuidad de los cables teniendo como resultado una distribución correcta

- **Verificación de las mediciones de temperaturas, presiones y niveles.**

Se ejecutó la prueba de mediciones cuando todas las unidades se encontraba en funcionamiento, esto se realizó mediante instrumentos como el medidor de temperatura laser (figura 90) para las temperaturas y el manómetro (figura 91) para presiones, con la finalidad de que nos certifique la medida y comparar con el sistema SCADA, y así obtener los siguientes resultados ver Tabla 12.

**Tabla 12.****Prueba de mediciones temperaturas, presiones y niveles**

<b>MEDICIONES</b>	<b>ESTADO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>TEMPERATURA</b>	ok	Sé modifíco el direccionamiento para su correcto funcionamiento.
<b>PRESIONES</b>	ok	Sé modifíco el direccionamiento para su correcto funcionamiento.
<b>NIVELES</b>	ok	Ninguna novedad

- **Verificación de todo el sistema.**

Para comprobar el funcionamiento óptimo de todo el sistema nos basamos en la arquitectura de control (ver Anexos de diagramas y planos), donde se aprecia la descripción general del sistema a partir de los componentes básicos del mismo y de cómo éstos encajan entre sí para la puesta en marcha.

Los resultados de las pruebas fueron satisfactorias, en cuanto a la tarjeta de video multipantallas se tuvo una resolución global de 5700 x 1080 lo que ayudo a tener la supervisión y control de cada unidad, en cuanto a la red se comprobaron que todos los elementos de control tengan su respectiva IP lo cual fue verificado para que no haya conflicto de direccionamiento IP para tener mejor comprensión y distribución.

El diseño de las pantallas se realizó según los requerimientos de la empresa, sugerencias y observaciones de los operadores quienes manipulan el sistema. Los resultados que se obtuvieron fueron favorables aunque se presentaron algunas observaciones que se relatan en la Tabla 13.

Para tener resultados satisfactorios se reunió a todo el personal para dictar cursos acerca del sistema implementado y es ahí donde se atendieron todas las

dudas y observaciones, con el fin de que todo esté claro y preparado para la puesta en marcha de todo el sistema.

**Tabla 13.**

**Prueba de mediciones temperaturas, presiones y niveles**

MEDICIONES	ESTADO	OBSERVACIONES
<b>Tarjeta Matrox</b>	ok	Ninguna novedad
<b>Direccionamiento IP</b>	ok	Ninguna novedad
<b>Diseño pantallas</b>	ok	Surgieron pequeñas observaciones de parte de los operadores, para el diseño de las pantallas.

## CAPÍTULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 Conclusiones.

- Con la implementación del sistema SCADA se mejoraron los procesos de automatización y control para el monitoreo de la Central térmica de Generación, entregando al área de operación un mejor control y monitoreo del sistema.
- Mediante el sistema SCADA se logró mejorar el control y monitoreo de las presiones, temperatura y niveles de todos los sistemas auxiliares de cada unidad.
- La implementación del sistema SCADA ofrece una visualización global de las dos líneas de generación de la Central Térmica UNACEM, con esto se logró tener un monitoreo y control total, facilitando localizar cualquier fallo rápidamente y eliminarlo de forma eficaz para garantizar una mayor disponibilidad, con la visualización de animaciones para alarmas de avisos y disparos en todas las pantallas. Además que cuenta con una pantalla solamente para las alarmas, minimizando los tiempos de parada con métodos de diagnóstico sumamente eficientes.
- Se estableció una comunicación segura y fácil de configurar, debido a que el software es de un mismo propietario, consiguiendo tener una transmisión limpia sin pérdida de datos.
- El desempeño de la red Industrial Ethernet fue óptimo, ya puedo manipular

alrededor de 1800 señales del proceso de los seis grupos electrógenos.

- Mediante el desarrollo de las pruebas de funcionamiento del sistema se comprobaron todos los parámetros de funcionamiento para el control y monitoreo de las dos líneas, corrigiendo algunas fallas con el fin de brindar un rendimiento eficiente a la planta.
- La implementación del proyecto permitirá que en un corto plazo se pueda reportar al CENACE (Centro Nacional de Control de Energía) los status de cada grupo, ya que se ven obligados a reportar el consumo de combustible y la electricidad que generan.
- La puesta en marcha del sistema se realizó conjuntamente con el personal de UNACEM, en la cual se realizaron algunas correcciones en el diseño de las pantallas, para tener la conformidad en los operadores de la Planta.

## **7.2 Recomendaciones.**

- Para comprender mejor la forma de navegar por las pantallas del sistema SCADA, se recomienda utilizar los manuales de usuario del sistema HMI proporcionado a los operadores de la planta.
- El sistema cuenta con históricos propios del software, se recomienda mejorarlo con un software dedicado a una base de datos como es Microsoft Access, sql, Oracle, etc. Con esto se logrará que la aplicación del software no se cargue demasiado y el sistema funcione eficientemente.
- El proceso de implementación y cableado de los instrumentos del sistema debe ser realizado conjuntamente con personal de la Central con el fin de que ellos estén al tanto de la ubicación de los equipos y así ellos estén en la capacidad de identificar y corregir posibles daños.

- Se recomienda tener un disco duro que contenga todo el software y respaldos de la aplicación, para que si ocurriera algún inconveniente a futuro se disponga de toda la información que se necesite.

## BIBLIOGRAFIA

- (n.d.). Retrieved from CEDE:  
<http://www.cedesa.com.mx/imagenes/productos/1/lightbox/fluke-62MAX-PLUS.jpg>
- Alejandro, A. C. (2006, Septiembre 28). Retrieved from  
[http://www.monografias.com/usuario/perfiles/ayala\\_carrera\\_alejandro/monografias](http://www.monografias.com/usuario/perfiles/ayala_carrera_alejandro/monografias)
- Alvaro. (2014, 24 3). Ciclos Termodinámicos y Operativos. Ciclos Termodinámicos y Operativos, 17. Retrieved from Ciclos Termodinámicos y Operativos:  
[https://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/motores/temas/ciclo\\_teorico.pdf](https://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/motores/temas/ciclo_teorico.pdf)
- Ángel, J. (2013). <https://sites.google.com/site/tecnologiaindustrialiesazuer>. Retrieved from  
<https://sites.google.com/site/tecnologiaindustrialiesazuer/home>.
- Articulos/multipantallas. (n.d.). Retrieved from Race Sim Online:  
[http://www.racesimonline.com/articulos/multi\\_pantalla.php](http://www.racesimonline.com/articulos/multi_pantalla.php)
- Corrales, L. (2007, Octubre 11). Interfaces de Comunicación Industrial. In Sistemas SCADA (p. 38). 12/2007. Retrieved from  
<http://www.marcombo.com/Descargas/8426714188-SCADA/CAP%C3%8DTULO%20I.pdf>

- Electronicos, computacion y seguridad. (2014). Retrieved from Zammi:  
<http://zammi.com.ar/blog/shop/tester-de-cables-rj45-%C2%B7-rj11-%C2%B7-rj12-%C2%B7-cat5-utp>
- Gálvez, B. F. (2010, Octubre ). archive. Retrieved from Generación de Energía eléctrica:  
<http://web.archive.org/web/20020103055033/es.geocities.com/bfgnet/#Introducci%C3%B3n>
- Jesús Bausá Aragonés, C. G. (2013). SENSORES DE TEMPERATURA. 51.
- Joan, M. (2011). Sistema SCADAS y PLC. SCADA, 5.
- Martinez, A. L. (2013). <http://wikispaces.com>. Retrieved from <http://fieldbus.wikispaces.com/profibus>.
- Moreno, J., & Cuevas, A. (2008, Febrero 25). OCW. Retrieved from Fundamentos de redes de comunicaciones: [http://ocw.uc3m.es/ingenieria-telematica/fundamentos-de-las-redes-de-comunicaciones-de-las-aplicaciones-a-los-bits/archivos/redesip/mc-ip-fundamentos.htm/skinless\\_view](http://ocw.uc3m.es/ingenieria-telematica/fundamentos-de-las-redes-de-comunicaciones-de-las-aplicaciones-a-los-bits/archivos/redesip/mc-ip-fundamentos.htm/skinless_view)
- Nueva, T. F. (2013). Wikispaces. Retrieved from Centrales Termicas: <https://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/centrales-termicas.pdf>
- Romero Morales, C., & de Castro Lozano, C. (2014). UCO. Retrieved from Automática hmi SCADA:  
<http://www.uco.es/grupos/eatco/automatica/ihm/descargar/scada.pdf>

- Siemens. (n.d.). Retrieved from cache industry:  
[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/500/50898500/att\\_110205/v1/BAK\\_SCALANCE-XR-300M-EEC\\_76.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/500/50898500/att_110205/v1/BAK_SCALANCE-XR-300M-EEC_76.pdf)
- SIEMENS. (2015). SIEMENS. Retrieved from Comunicación Industrial:  
<http://w3.siemens.com/mcms/automation/es/industrial-communications/profinet/pages/default.aspx>
- SIMATIC. (2013). HMI WinCC V7.1. Retrieved from Getting Started.
- Soria, C. P. (2010, Junio). Respositorio UTC. Retrieved from Bitstream:  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1293/1/T-UTC-2043.pdf>



# ACTA DE ENTREGA

El proyecto fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica y reposa en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, desde:

Sangolquí, 28 DE ABRIL de 2015

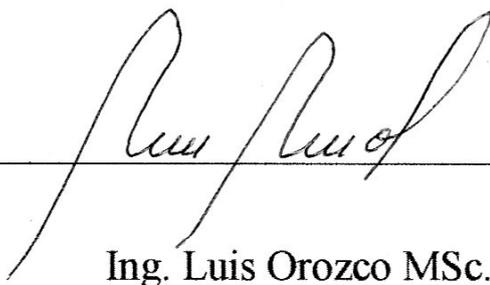
ELABORADO POR:



TANIA KARINA MOROMENACHO OÑA

171855254-8

AUTORIDAD



Ing. Luis Orozco MSc.



DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL