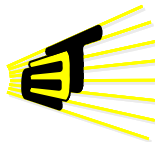


**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA EN  
LAS PLANTAS ELÉCTRICAS DE EMERGENCIA UBICADAS EN LOS  
EDIFICIOS DE CENTIC, CIENCIAS HUMANAS Y  
ADMINISTRACIÓN\_1 DE LA UIS**

**JOHAN ARTURO CASTILLO DE LA ROSA**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA  
Y DE TELECOMUNICACIONES**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2010**

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA EN  
LAS PLANTAS ELÉCTRICAS DE EMERGENCIA UBICADAS EN LOS  
EDIFICIOS DE CENTIC, CIENCIAS HUMANAS Y  
ADMINISTRACIÓN\_1 DE LA UIS**

**JOHAN ARTURO CASTILLO DE LA ROSA**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
ingeniero electrónico

**Director del Proyecto**

**MSc. JOSÉ ALEJANDRO AMAYA PALACIO**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2010**

*Dedicado a...*

*A Dios a quien le debo todo.*

*A mis padres y mi hermana quienes con su  
esfuerzo e incondicional apoyo hicieron posible  
el cumplimiento de esta meta.*

*A mis tíos quienes me apoyaron y guiaron en  
este camino.*

*A mis amigos y mi primo quienes siempre  
estuvieron conmigo.*

*A todas aquellas personas que me colaboraron  
en mi estancia en Bucaramanga*

*Johan Arturo Castillo de la Rosa*

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

La Universidad Industrial de Santander, nuestra alma mater, la cual brindo los espacios y las herramientas para alcanzar esta importante meta en mi vida.

La Escuela de Ingenierías Eléctricas, Electrónica y Telecomunicaciones, la cual con el trabajo y dedicación de sus docentes contribuyeron en mi formación como profesional.

El profesor José Alejandro Amaya Palacio, quien con su conocimiento y colaboración hicieron posible la realización de este trabajo de grado. Así mismo al personal de la división de mantenimiento tecnológico por su colaboración.



## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>1. SISTEMAS SCADA.....</b>	<b>17</b>
1.1    GENERALIDADES DE UN SISTEMA SCADA .....	17
1.1.1    LA PIRAMIDE DE AUTOMATIZACIÓN Y LOS SISTEMAS SCADA.....	18
1.2    ELEMENTOS DE UN SISTEMA SCADA .....	21
1.2.1    HARDWARE DE UN SISTEMA SCADA .....	21
1.2.1.1    INSTRUMENTACIÓN DE CAMPO .....	22
1.2.1.2    UNIDADES REMOTAS (RTU).....	22
1.2.1.3    SISTEMAS DE COMUNICACIÓN .....	23
1.2.1.4    UNIDAD CENTRAL (MTU) .....	25
1.2.1.5    INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA (HMI) .....	25
1.2.2    SOFTWARE SCADA.....	26
1.3    PRESTACIONES DE LOS SISTEMAS SCADA.....	27
1.4    CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE SISTEMAS SCADA .....	29
1.4.1    DISPONIBILIDAD .....	29
1.4.2    ROBUSTEZ.....	30
1.4.3    SEGURIDAD .....	30
1.4.4    PRESTACIONES .....	30
1.4.5    ESCALABILIDAD.....	30
<b>2. PLANTAS ELÉCTRICAS .....</b>	<b>31</b>
2.1    GENERALIDADES DE LAS PLANTAS ELÉCTRICAS.....	31
2.1.1    PLANTAS ELÉCTRICAS DE OPERACIÓN CONTINUA (PRIME) .....	32
2.1.2    PLANTAS ELÉCTRICAS DE EMERGENCIA (STANDBY).....	32
2.2    COMPONENTES DE LAS PLANTAS ELÉCTRICAS .....	33
2.2.1    MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	33
2.2.2    GENERADOR ELÉCTRICO .....	34
2.2.3    UNIDAD DE TRANSFERENCIA .....	34
2.2.3.1    CONTROL DE TRANSFERENCIA ELECTRÓNICA.....	35
2.2.4    UNIDAD DE CONTROL .....	35
2.3    DESCRIPCIÓN DE LAS PLANTAS ELÉCTRICAS DE LA UIS.....	36
2.3.1    PLANTA DE EMERGENCIA DEL EDIFICIO DE CIENCIAS HUMANAS.....	36



2.3.1.1	MOTOR .....	36
2.3.1.2	GENERADOR.....	38
2.3.1.3	UNIDAD DE TRANSFERENCIA.....	38
2.3.1.4	UNIDAD DE CONTROL.....	39
2.3.2	PLANTA DE EMERGENCIA DEL EDIFICIO DE CENTIC.....	40
2.3.2.1	MOTOR .....	40
2.3.2.2	GENERADOR.....	41
2.3.2.3	UNIDAD DE TRANSFERENCIA.....	41
2.3.2.4	UNIDAD DE CONTROL.....	42
2.3.3	PLANTA DE EMERGENCIA DEL EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN_1.....	42
2.3.3.1	MOTOR .....	42
2.3.3.2	GENERADOR.....	43
2.3.3.3	UNIDAD DE TRANSFERENCIA.....	44
2.3.3.4	UNIDAD DE CONTROL.....	44
2.4	MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE FALLOS DE LAS PLANTAS ELÉCTRICAS.....	45
2.4.1	ANÁLISIS DE FALLOS.....	47
<b>3.</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA SCADA.....</b>	<b>49</b>
3.1	REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA SCADA.....	49
3.2	VARIABLES A INTEGRAR EN EL SISTEMA SCADA .....	50
3.2.1	VARIABLES DE ESTADO.....	51
3.2.2	VARIABLES DE FUNCIONAMIENTO.....	52
3.2.3	VARIABLES NECESARIAS PARA EL FUNCIONAMIENTO .....	53
3.3	ANÁLISIS DE LA INSTRUMENTACIÓN DE LAS PLANTAS ELÉCTRICAS.....	55
3.3.1	MODBUS RTU EN LA UNIDAD DE CONTROL PCC1301 .....	55
3.4	CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA SCADA .....	59
3.4.1	INSTRUMENTACIÓN DE CAMPO.....	59
3.4.2	UNIDADES REMOTAS.....	60
3.4.3	SISTEMA DE COMUNICACIÓN.....	61
3.4.4	UNIDAD MAESTRA.....	61
3.4.5	SOFTWARE SCADA.....	61
<b>4.</b>	<b>PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA .....</b>	<b>63</b>
4.1	SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA SCADA .....	63
4.1.1	INSTRUMENTACIÓN DE CAMPO.....	64
4.1.1.1	VARIABLES ELÉCTRICAS.....	64
4.1.1.2	NIVEL DE COMBUSTIBLE .....	66
4.1.1.3	NIVEL DEL REFRIGERANTE.....	67
4.1.1.4	NIVEL DE ACEITE.....	68



4.1.1.5	TENSIÓN EN LAS BATERÍAS.....	68
4.1.2	UNIDADES REMOTAS.....	68
4.1.3	SOFTWARE SCADA.....	70
4.1.4	UNIDAD MAESTRA MTU.....	72
4.2	FASES DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA.....	73
4.2.1	INGENIERÍA DE DETALLE.....	73
4.2.2	INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS.....	74
4.2.3	CONFIGURACIÓN DE LOS PLC Y EL SOFTWARE SCADA.....	74
4.2.4	CAPACITACIÓN DEL PERSONAL.....	74
4.3	PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	75
4.4	FORMULACIÓN DE PROYECTOS PARA LA BPPIUIS.....	79
4.4.1	MODULO 1: IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	80
4.4.2	MODULO 2: PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO.....	81
4.4.3	MODULO 3: FINANCIAMIENTO Y SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO.....	82
4.5	NOMBRE DEL PROYECTO.....	82
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>83</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>86</b>



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.1</b>	Ejemplos software SCADA .....	26
<b>Tabla 2.1</b>	Datos visualizados en el modulo PCC 1301 .....	40
<b>Tabla 2.2</b>	Alarmas y protección modulo PCC 1301.....	40
<b>Tabla 2.3</b>	Datos del motor de la planta de Administración_1 .....	43
<b>Tabla 2.4</b>	Datos del generador de planta de Administración_1 .....	44
<b>Tabla 2.5</b>	Visualización modulo de control de la planta de Administración_1....	45
<b>Tabla 2.6</b>	Fallos comunes en las plantas eléctricas.....	48
<b>Tabla 3.1</b>	Variables de estado de las Plantas Eléctricas .....	51
<b>Tabla 3.2</b>	Variables de funcionamiento de las Plantas Eléctricas .....	52
<b>Tabla 3.3</b>	Variables necesarias para el funcionamiento de las P.E.....	53
<b>Tabla 3.4</b>	Ejemplos del mapa de registros del PCC1301.....	57
<b>Tabla 3.5</b>	Mapa de bits NFPA 110 del PCC1301 .....	58
<b>Tabla 3.6</b>	Descripción de los TAGS del sistema SCADA .....	62
<b>Tabla 4.1</b>	Comparación equipos de medida de variables eléctricas .....	64
<b>Tabla 4.2</b>	Transformador de corriente .....	65
<b>Tabla 4.3</b>	Comparación sensores de nivel de combustible .....	66
<b>Tabla 4.4</b>	Medidas del sensor de nivel de combustible .....	67
<b>Tabla 4.5</b>	Comparación sensor de nivel del refrigerante.....	67
<b>Tabla 4.6</b>	Valores sensor de nivel de aceite.....	68
<b>Tabla 4.7</b>	Comparación de los PLC.....	69
<b>Tabla 4.8</b>	Comparación de programas SCADA.....	71
<b>Tabla 4.9</b>	Unidad maestra seleccionada.....	72
<b>Tabla 4.10</b>	Presupuesto equipos de instrumentación .....	76
<b>Tabla 4.11</b>	Presupuesto unidades remotas .....	77
<b>Tabla 4.12</b>	Presupuesto Sistema de Comunicaciones .....	77
<b>Tabla 4.13</b>	Presupuesto del Software SCADA y la MTU.....	78
<b>Tabla 4.14</b>	Costo de obra.....	78
<b>Tabla 4.15</b>	Costos totales de la propuesta .....	79



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	Arquitectura general de un sistema SCADA .....	18
<b>Figura 1.2</b>	Pirámide de Automatización.....	19
<b>Figura 1.3</b>	Esquema básico de los sistemas SCADA.....	21
<b>Figura 1.4</b>	Topologías básicas de comunicación .....	24
<b>Figura 1.5</b>	Ejemplo de una HMI.....	26
<b>Figura 1.6</b>	Esquema centralizado de los sistemas SCADA.....	27
<b>Figura 2.1</b>	Operación de una planta eléctrica de emergencia.....	33
<b>Figura 2.2</b>	Elementos básicos de una planta eléctrica de emergencia .....	36
<b>Figura 2.3</b>	Tanque de combustible de la planta de ciencias humanas.....	37
<b>Figura 2.4</b>	Unidad de transferencia de la planta de ciencias humanas .....	39
<b>Figura 2.5</b>	Modulo de control PCC1301 .....	39
<b>Figura 2.6</b>	Tanque de combustible de la planta de CENTIC.....	41
<b>Figura 2.7</b>	Unidad de transferencia de la planta del CENTIC.....	41
<b>Figura 2.8</b>	Tanque de combustible de la planta de Administracion_1.....	43
<b>Figura 2.9</b>	Unidades de transferencia de la planta de Administración_1 .....	44
<b>Figura 2.10</b>	Modulo de control de la planta de Administración_1 .....	45
<b>Figura 3.1</b>	Resumen de las variables a integrar .....	54
<b>Figura 3.2</b>	Configuración de los pines de comunicación en el PCC1301 .....	56
<b>Figura 4.1</b>	Esquema del sistema SCADA propuesto .....	73



Universidad  
Industrial de  
Santander

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO A. PROTOCOLO MODBUS.....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO B. PRUEBAS SENTRON PAC3200 .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO C. SOPORTE DE COTIZACIONES.....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO D. FORMATOS DILIGENCIADOS DEL BPPIUIS .....</b>	<b>106</b>

## RESUMEN

### **TÍTULO**

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA EN LAS PLANTAS ELÉCTRICAS DE EMERGENCIA UBICADAS EN LOS EDIFICIOS CENTIC, CIENCIAS HUMANAS Y ADMINISTRACIÓN\_1 DE LA UIS<sup>1</sup>

### **AUTOR:**

JOHAN ARTURO CASTILLO DE LA ROSA<sup>2</sup>

### **PALABRAS CLAVES:**

Sistemas SCADA, Plantas Eléctricas de Emergencia, Modbus, PLC

### **DESCRIPCIÓN:**

En el presente trabajo de grado se desarrolló una propuesta para la implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de emergencia ubicadas en los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1 de la UIS. Para desarrollar esta propuesta se estudió el principio de funcionamiento y las recomendaciones del fabricante para determinar las variables a integrar en el sistema. Una vez identificadas las variables, se definieron las características que debían presentar los componentes del sistema SCADA.

Conforme a las características definidas, se plantearon alternativas para los elementos que conforman el sistema SCADA, como los PLC, instrumentación de campo y el software SCADA, seleccionando la opción con mejor relación beneficio-precio. Así mismo, se elaboró el presupuesto de la propuesta, el cual incluye los costos tanto de los equipos, como de los servicios de instalación y configuración de éstos. Adicionalmente se presentan unas pruebas elaboradas con el equipo SENTRON PAC3200 y el software WINCC de SIEMENS, con el fin de validar el funcionamiento del sistema.

La propuesta desarrollada permitirá monitorear de forma remota el estado de las plantas eléctricas de emergencia y las variables eléctricas de los edificios mencionados. Como resultado final del proyecto se presenta la propuesta a ingresar en el Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS (BPPIUIS), mencionando el procedimiento para la formulación de los proyectos en esta modalidad.

---

<sup>1</sup>Proyecto de grado.

<sup>2</sup>Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director MSc. José Alejandro Amaya Palacio.

## ABSTRACT

**TITLE:**

PROPOSAL FOR IMPLEMENTATION OF SCADA SYSTEM IN EMERGENCY POWER GENERATORS LOCATED IN BUILDINGS CENTIC, CIENCIAS HUMANAS AND ADMINISTRACIÓN\_1 AT UIS<sup>3</sup>

**AUTHOR:**

JOHAN ARTURO CASTILLO DE LA ROSA<sup>4</sup>

**KEY WORDS:**

SCADA Systems, Emergency Power Generators, Modbus, PLC

**DESCRIPTION:**

In this work was developed a proposal to implement a SCADA system for emergency electric generators located in buildings CENTIC, Ciencias Humanas and Administración 1 at UIS. To develop this proposal was studied the operating principle and recommendations of the manufacturer to determine the variables to be integrated into the system. After identifying the variables, defined the characteristics to be present SCADA system components.

According to the defined characteristics, were provided alternatives to the SCADA system elements, like PLC, field instrumentation and SCADA software, selecting the best cost-benefit option. Also, was developed the budget proposal, which includes the cost of equipment, such as services installation and configuration of these. Further tests are made with the equipment and software SENTRON PAC3200 and SIEMENS WINCC, to validate the operation of the system.

The Proposal developed, will allow remotely monitor the state of emergency electrical generators and electrical variables at listed buildings. The final result of this project is a proposal to joining to the Bank of Investment Programs and Projects of the UIS (BPPIUIS), mentioning the procedure for the Formulation of projects in this mode.

---

<sup>3</sup>Degree project.

<sup>4</sup>Physics-Mechanical Engineering Faculty. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Advisor MSc. José Alejandro Amaya Palacio.



# INTRODUCCIÓN

A nivel de automatización los sistemas SCADA representan una herramienta muy versátil, debido a la posibilidad de supervisar procesos de forma remota, tener control sobre ellos y disponer de un registro de las variables y eventos del sistema. Estas características facilitan las labores de mantenimiento y permiten llevar un control interno del proceso.

La UIS, concretamente las divisiones de planta física y mantenimiento tecnológico requieren la implementación de un sistema SCADA en plantas eléctricas de emergencia de la universidad, debido a la necesidad de monitorear y registrar los valores de las variables relacionadas tanto a las plantas eléctricas, como al sistema de transferencia electrónica, incluyendo las variables eléctricas de las subestaciones asociadas. Con esta información se podrá evaluar el estado del sistema; así como prevenir y detectar posibles fallos sobre éste.

Mediante este proyecto de grado se presenta una propuesta de implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de emergencia de la UIS, el cual se adapta a las necesidades expuestas por las divisiones de mantenimiento tecnológico y planta física de la UIS. Para la elaboración de la propuesta se abordaron las temáticas concernientes a los principios de funcionamiento de las plantas eléctricas, a fin de determinar las variables a integrar en el sistema, la instrumentación electrónica asociada a la medición de las variables designadas, así como la selección y configuración de los elementos del sistema SCADA(RTU, MTU, Comunicación, Administración,...etc.).

El desarrollo del proyecto y los resultados obtenidos se describen en el siguiente informe, el cual se encuentra conformado por 4 capítulos. En el primer

capítulo se exponen las características generales de un sistema SCADA, los elementos que lo componen, así como una serie de lineamientos a tener en cuenta al momento del diseño e implementación de este tipo de sistemas.

En el segundo se explica el funcionamiento y las partes de las plantas eléctricas, así mismo, se describen las plantas utilizadas en los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración\_1, adicionalmente se exponen algunas recomendaciones de mantenimiento y el análisis de los fallos más comunes en los grupos electrógenos.

En el tercer capítulo se presenta un diseño para el sistema SCADA, presentando los requerimientos de este y seleccionando las variables a integrar, así mismo se mencionan las características que deben tener algunos de los componentes del sistema.

En el capítulo 4 se presenta una propuesta de los elementos del sistema SCADA bajo los lineamientos establecidos en el tercer capítulo, además se establece un presupuesto para la implementación del sistema. Al final del capítulo se presentan los elementos que conforman la propuesta para su ingreso al banco de programas y proyectos de inversión de la UIS.





# 1. SISTEMAS SCADA

Los sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) representan una alternativa eficiente al momento de monitorear y controlar procesos que se ejecuten en locaciones amplias, esto debido a la posibilidad de visualizar el estado total del sistema en un mismo sitio, evitando la necesidad de desplazarse por parte del operario o demás interesados al nivel de campo (1).

Describir las características de un sistema SCADA, indicando los elementos que lo componen, así como las consideraciones de diseño e implementación de estos el propósito de este capítulo.

## 1.1 GENERALIDADES DE UN SISTEMA SCADA

Los sistemas SCADA o sistemas de control supervisor y adquisición de datos, hacen referencia a sistemas basados en una aplicación de software capaz de monitorear y representar el estado de un proceso por medio de una unidad central, la cual, se comunica con una o varias unidades remotas. Las unidades remotas se encuentran en la misma ubicación en donde se lleva a cabo el proceso, estas unidades se encargan de la ejecución de acciones de control, así como la adquisición de datos hacia y desde el proceso respectivamente (1) (2).

Los sistemas SCADA se concibieron para proporcionar el acceso a los datos de procesos distribuidos en áreas amplias, evitando así, la necesidad de desplazarse al nivel de campo para conocer el estado del sistema. Los datos son presentados en una interfaz que representa el proceso, facilitando las labores de supervisión y control por parte de los operadores (1) (3) (2). Inicialmente los lazos de control se cerraban exclusivamente por medio del operario, aunque en la actualidad, se puede hacer de forma tanto manual, como automática<sup>5</sup> (2) (4).

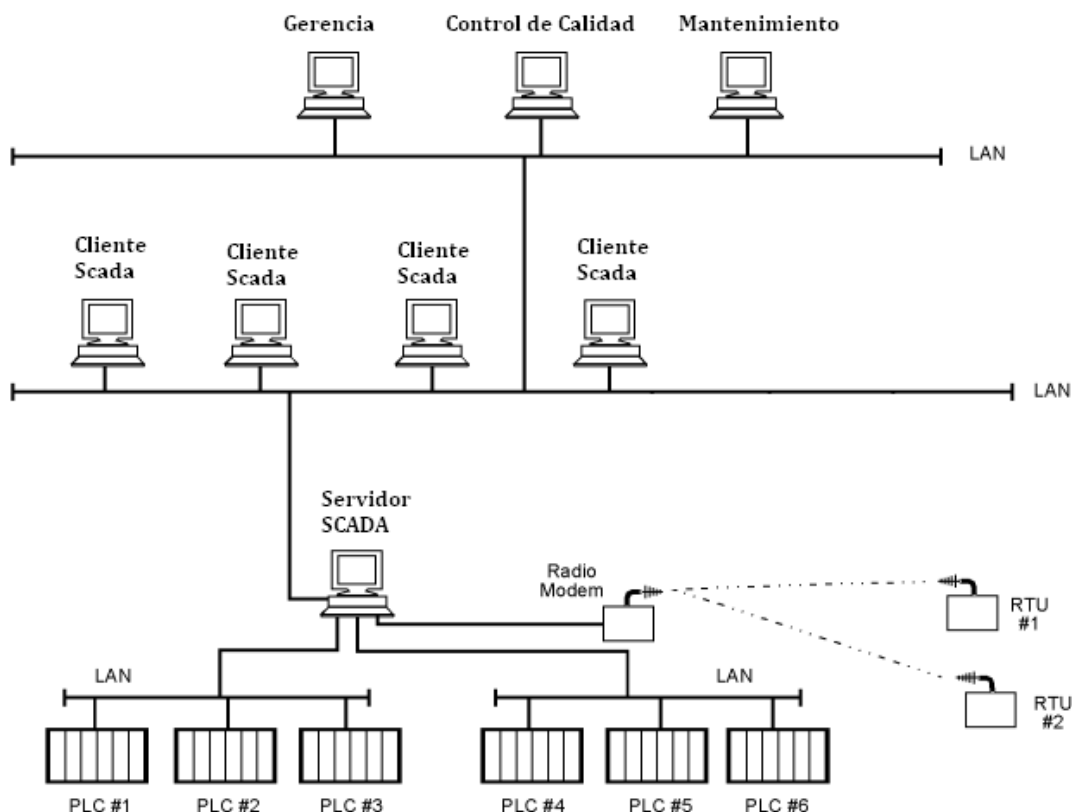
---

<sup>5</sup> Este método está sujeto a las condiciones del proceso y a las implicaciones de la acción de control.



Los sistemas SCADA presentan una arquitectura centralizada del tipo cliente-servidor, en donde todas las partes del sistema se centran en torno al servidor SCADA como se muestra en la figura 1.1, este tipo de arquitectura esta ideada para sistemas multiusuario.

**Fuente:** Practical SCADA for Industry



**Figura 1.1** Arquitectura general de un sistema SCADA.

### 1.1.1 LA PIRAMIDE DE AUTOMATIZACIÓN Y LOS SISTEMAS SCADA

La pirámide de automatización CIM<sup>6</sup> es un modelo que integra las diversas unidades presentes en la industria, indicando las jerarquías de las áreas decisorias así como las relaciones entre las diferentes unidades. Este modelo se utiliza como referencia al momento de automatizar un proceso, ya que brinda algunos lineamientos a seguir para que el proyecto se integre de forma adecuada a los diversos ámbitos presentes en la industria (1).

<sup>6</sup> Acróstico correspondiente a “ComputerIntegratedManufacturing”

El modelo de la pirámide de automatización se representa en 5 niveles como se muestra en la figura 1.2, cada nivel representa una unidad de la industria y se encuentran organizados de forma jerárquica.

Fuente: El Autor

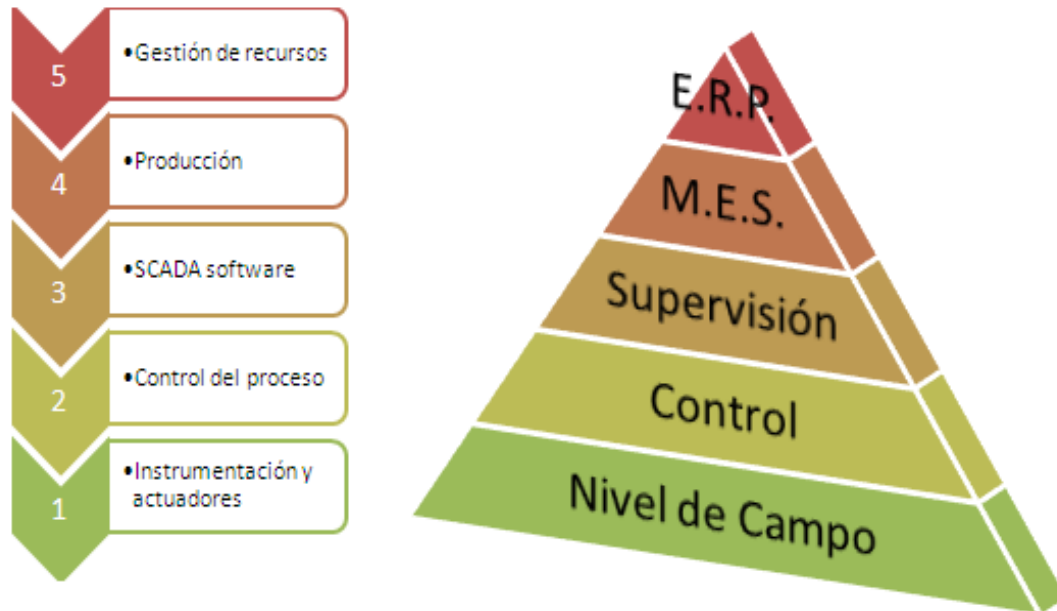


Figura 1.2 Pirámide de Automatización

La pirámide de automatización se encuentra compuesta por los siguientes niveles:

- **Nivel I(Nivel de Campo):** Es el nivel más próximo al proceso, aquí se encuentra la instrumentación asociada al sistema, comprendida tanto por los sensores encargados de la medición de las señales del proceso, así como los actuadores que operan sobre éste en base a órdenes impartidas por niveles superiores.
- **Nivel II (Control):**En este nivel se encuentran los equipos encargados del control y/o adquisición de datos del proceso. Estos equipos se interconectan con los elementos del nivel de campo, registrando los valores de los sensores e impartiendo acciones sobre los actuadores; así mismo, establecen comunicación con otros elementos de su mismo nivel, como del nivel de supervisión.



- **Nivel III (Supervisión):** Este nivel es el encargado de registrar los datos de los niveles inferiores, con estos datos es posible evaluar el estado del sistema desde las diversas perspectivas presentes en la industria, tales como mantenimiento, control de calidad, producción, gerencia,...etc. Este nivel sirve de enlace entre los niveles de gerencia y los niveles de campo, generalmente el nivel de supervisión se integra al sistema por medio de las redes LAN.
- **Nivel IV (M.E.S.<sup>7</sup> o Producción):** En este nivel se dirigen y se monitorizan los procesos de producción de la planta. Aquí se coordinan labores entre los diversos departamentos presentes en la industria, se evalúan estados y se generan informes para los departamentos gerenciales.
- **Nivel V (E.R.P.<sup>8</sup> o Gestión):** Es el nivel más alto de la pirámide de automatización, aquí se unifica la información de los niveles inferiores y se determinan las acciones a tomar por los diversos departamentos que componen la industria.

Los sistemas SCADA se ubican en los tres primeros niveles de la pirámide de automatización, en donde los dos primeros niveles están compuestos por el hardware de estos, mientras el tercer nivel lo compone la aplicación de software. El software SCADA es de vital importancia para labores de control de calidad y mantenimiento, pues brinda los datos necesarios para evaluar el estado del sistema. Es muy importante que el sistema SCADA se integre de forma adecuada y cumpla con los requerimientos presentes en la pirámide (3).

De la pirámide de automatización se puede extraer que los sistemas SCADA sirven de puente entre los niveles administrativos y el nivel de planta en una industria. Estos sistemas brindan soporte a los niveles de producción y gestión, además sirven de integración entre las diversas áreas presentes en la industria. Estas características hacen de este tipo de sistemas una herramienta muy importante en el contexto industrial.

---

<sup>7</sup> Acrónimo inglés de “ManufacturingExecutionSystem”: Sistema de Ejecución de Manufacturas

<sup>8</sup> Acrónimo inglés de “Enterprise ResourcePlanning”: Planeación de Recursos Empresariales



1.2 ELEMENTOS DE UN SISTEMA SCADA

Los sistemas SCADA buscan primordialmente la adquisición de datos de un proceso por medio de unidades remotas conectadas a sensores, estos datos son almacenados en una base de datos ubicada en una unidad central, la cual se comunica con las unidades remotas. Los datos son presentados a los usuarios por medio de una interfaz, en donde se puede visualizar el estado del proceso, así como tomar acciones de control, bajo estas premisas los sistemas SCADA pueden representarse con el esquema de la figura 1.3.

Fuente: El Autor

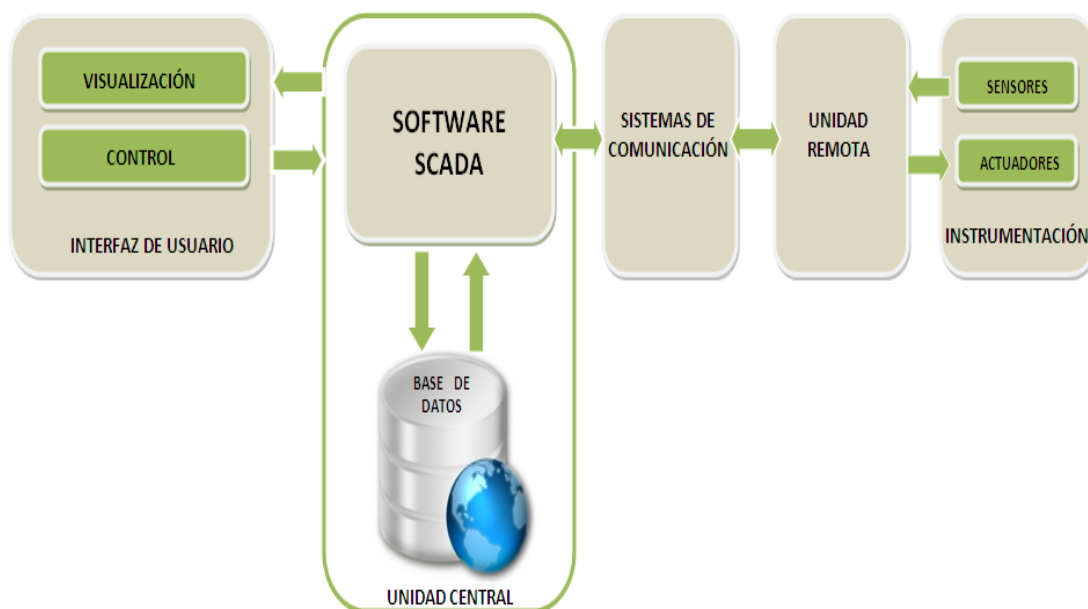


Figura 1.3 Esquema básico de los sistemas SCADA

Los elementos de los sistemas SCADA se pueden dividir en dos categorías, los componentes de hardware, y el componente de software, cada uno de estos cumplen funciones específicas y se deben tener en cuenta al momento del diseño de un sistema.

1.2.1 HARDWARE DE UN SISTEMA SCADA

Comprende los elementos físicos del sistema, estos se encargan de labores de adquisición, control, comunicación, gestión y visualización entre otros. Generalmente los componentes de un sistema SCADA son los siguientes:



### 1.2.1.1 INSTRUMENTACIÓN DE CAMPO

Son los elementos más próximos al proceso, estos están divididos en dos grupos, los actuadores y los sensores y/o transductores.

- **Actuadores:** Estos dispositivos son los elementos finales de control, a partir de ellos se cambia el estado o ciertas condiciones en las que opera un proceso. Algunos de los actuadores más conocidos son las válvulas, bombas, motores, compresores,..etc.
- **Sensores y/o transductores:** los sensores son dispositivos encargados de la medición de variables físicas, químicas, eléctricas,..etc. En tanto, los transductores son elementos que permiten la conversión de señales físicas en señales eléctricas y viceversa.

### 1.2.1.2 UNIDADES REMOTAS (RTU)

Por unidades remotas se comprenden el conjunto de equipos encargados del control o supervisión del proceso, estas se encuentran junto al nivel de campo y se comunican con el centro de control por medio de un canal de comunicación (1) (2).

Dentro los dispositivos utilizados como unidades remotas generalmente se pueden encontrar los siguientes:

- **RTU (*Remote Terminal Unit*):** Son dispositivos dedicados a la adquisición de datos del nivel de campo, los cuales se caracterizan por poseer una amplia capacidad de comunicación<sup>9</sup>, característica por la cual, en sus inicios eran la opción predilecta en la implementación de sistemas SCADA.

Estos dispositivos son sistemas basados en microprocesadores, de composición modular, en donde se pueden encontrar módulos de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas. Además, estos equipos presentan una constitución robusta, a fin de poder soportar las diversas condiciones ambientales presentes en el nivel de campo.

El software de estos elementos suele estar elaborado en leguajes de alto nivel que permiten la comprensión de los comandos de la MTU.

---

<sup>9</sup>Se caracterizan por poseer una gran variedad de canales de comunicación tanto seriales, como radio frecuencia, buses de campo, telefonía celular, línea telefónica, fibra óptica,..etc.



- **PLC (*Programmable Logic Controller*)**: Los controladores lógicos programables son dispositivos electrónicos cuya función primordial es la ejecución de labores de control automático. Al igual que las RTU, los PLC son equipos basados en microprocesadores, que permiten una alta capacidad de procesamiento; su composición puede ser compacta o modular, además de presentar un alto grado de robustez.

Debido al gran desarrollo de los dispositivos electrónicos, los PLC han evolucionado con el tiempo, presentando mejores prestaciones incluyendo el campo de las comunicaciones. En la actualidad estos equipos permiten enlaces de comunicación seriales, telefónicos, por vía celular, fibra,...etc.

Las características nombradas anteriormente hacen del PLC un dispositivo versátil, confiable, económico y robusto, capaz de desempeñarse en muchos campos de aplicación, convirtiéndose así en la herramienta de automatización más importante. Estas características han hecho del PLC la opción predilecta como unidad remota en la actualidad para los sistemas SCADA.

- **IED (*Intelligent Electronic Device*)**: denominados también periféricos inteligentes, son dispositivos con funciones específicas tales como regulación, control, comunicaciones y monitoreo. Estos dispositivos tienen la capacidad de comunicar los datos relacionados a la función que realizan. En esta categoría se encuentran los variadores de frecuencia, reguladores, relés, controladores PID, analizadores de red,...etc.

### 1.2.1.3 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

Estos sistemas se encargan de la comunicación de la unidad central, tanto con los clientes del sistema SCADA, como con las unidades remotas presentes. Los sistemas de comunicación poseen dos características importantes a tener en cuenta al momento del diseño de sistemas SCADA, estas características son el tipo de comunicación y la topología del sistema (1).

La selección del tipo de comunicación depende de la infraestructura presente, la disponibilidad de canales de comunicación y la distancia que separa la estación central de las estaciones remotas. La comunicación entre los clientes SCADA y la estación central generalmente se realiza por medio de redes LAN, mientras para los enlaces con las RTU se utilizan los siguientes tipos:



- Línea telefónica.
- Cable coaxial.
- Ethernet.
- Fibra óptica.
- Telefonía celular (GSM, UMTS).
- Radio (VHF, UHF, Microondas).
- Buses de campo.
- Seriales.

Las diversas combinaciones de los elementos de comunicación dan lugar a las topologías. Las topologías básicas que se encuentran en los sistemas de comunicación se muestran en la figura 1.4.

Fuente: El Autor

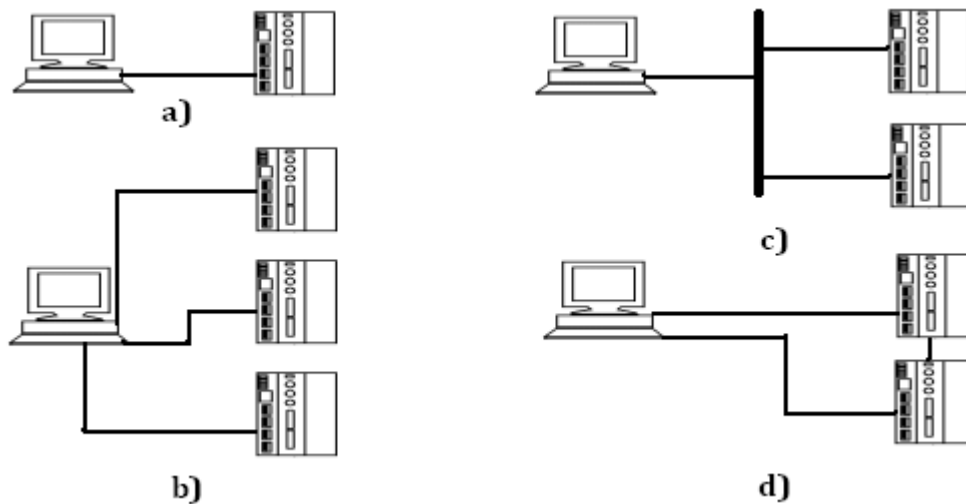


Figura 1.4 Topologías básicas de comunicación

- **Punto a punto:** se presenta una conexión maestro-esclavo entre una unidad central y una unidad remota como se muestra en la figura 1.4 a).
- **Multipunto dedicado:** es una variante del modelo anterior, en esta, se presenta conexión entre una unidad central y varias unidades remotas por enlaces directos permanentes como se muestra en la figura 1.4 b). En este tipo de topología se utilizan diversos puertos de comunicación.
- **Multipunto compartido:** en este modelo los elementos comparten el canal de comunicación. Existen dos variantes, la estrella en donde se utiliza un solo puerto de comunicación como se observa en la figura 1.4 c), y la de anillo, en donde cada elemento tiene dos caminos a seguir como se muestra en la figura 1.4 d), de esta forma si un nodo falla no se interrumpe la comunicación, brindando robustez al sistema.



#### **1.2.1.4 UNIDAD CENTRAL (MTU<sup>10</sup>)**

Por unidad central o unidad maestra se conoce al equipo donde se centraliza el mando del sistema. Este equipo (ordenador o servidor) aloja el software SCADA y se encarga de las labores de gestión y comunicación con las unidades remotas (2).

La MTU básicamente se encarga de la recopilación y almacenamiento de datos. Esta información del proceso se pone a disposición de los usuarios SCADA. Las funciones de la unidad central son las siguientes:

- Gestionar las comunicaciones.
- Adquisición y almacenamiento de datos de las RTU.
- Envío de información.
- Comunicación con los operadores.
- Visualización de datos.

Dependiendo de la robustez del sistema, las funciones mencionadas pueden ser realizadas en múltiples subunidades a fin de no sobrecargar el sistema, a su vez, puede presentarse redundancia del sistema y por ende, unidades de respaldo.

#### **1.2.1.5 INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA (HMI)**

Este elemento se encarga de la presentación visual del proceso, aquí, los operadores interactúan con el sistema SCADA y ven reflejado el estado y las variables del sistema. Este elemento es muy importante pues facilita las labores de supervisión y mando del sistema (4).

Las imágenes de las interfaces hombre-máquina se elaboran mediante el software SCADA, las cuales pueden presentarse tanto en la unidad central, como en paneles de operador<sup>11</sup>. Las HMI deben representar de forma amena y amigable el proceso, en la figura 1.5 se muestra un ejemplo de interfaces hombre-máquina.

---

<sup>10</sup> Acróstico correspondiente a “*Master Terminal Unit*”

<sup>11</sup> Son dispositivos especializados en la representación de procesos, estos pueden ser táctiles y se encuentran enlazados con el software SCADA

Fuente: El Autor

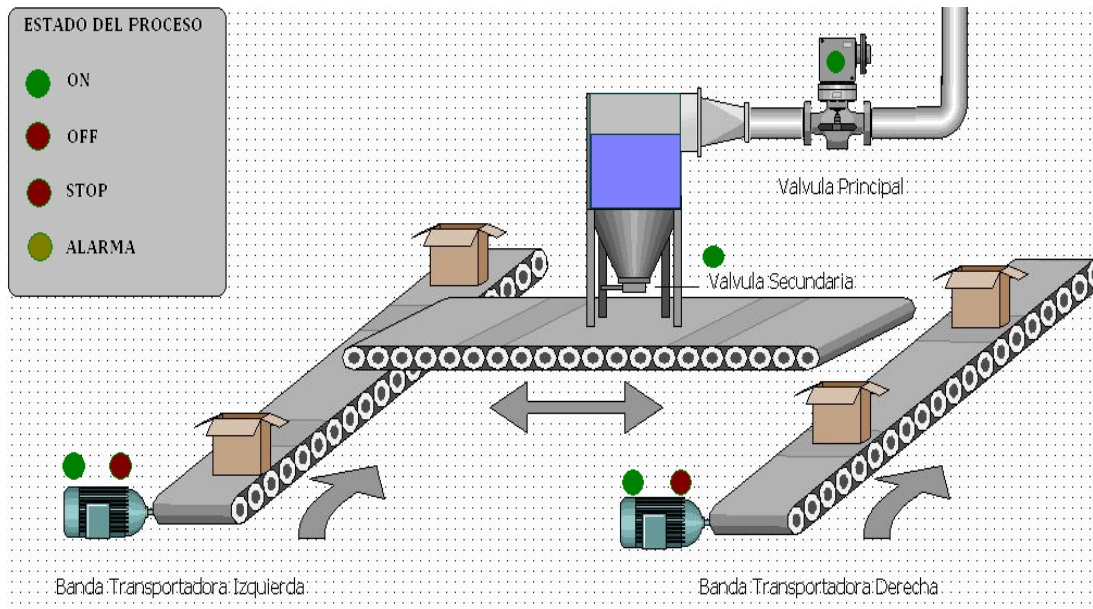


Figura 1.5Ejemplo de una HMI

1.2.2 SOFTWARE SCADA

Es la parte más importante de un sistema SCADA, en este se centran todas las actividades del sistema, y de su configuración depende en gran parte el buen funcionamiento de este. A partir del software SCADA se administra la adquisición y el procesado de los datos por medio de la MTU, a su vez, por medio de este, acceden los clientes SCADA a los datos del sistema (2).

Los software SCADA se clasifican según su tipo de plataforma de desarrollo en abierta y propietaria, las plataformas abiertas son desarrolladas por empresas dedicadas a aplicaciones SCADA, mientras las aplicaciones propietarias son desarrolladas por los mismos fabricantes de equipos de automatización, algunos ejemplos de software se presentan en la tabla 1.1.

Fuente: El Autor

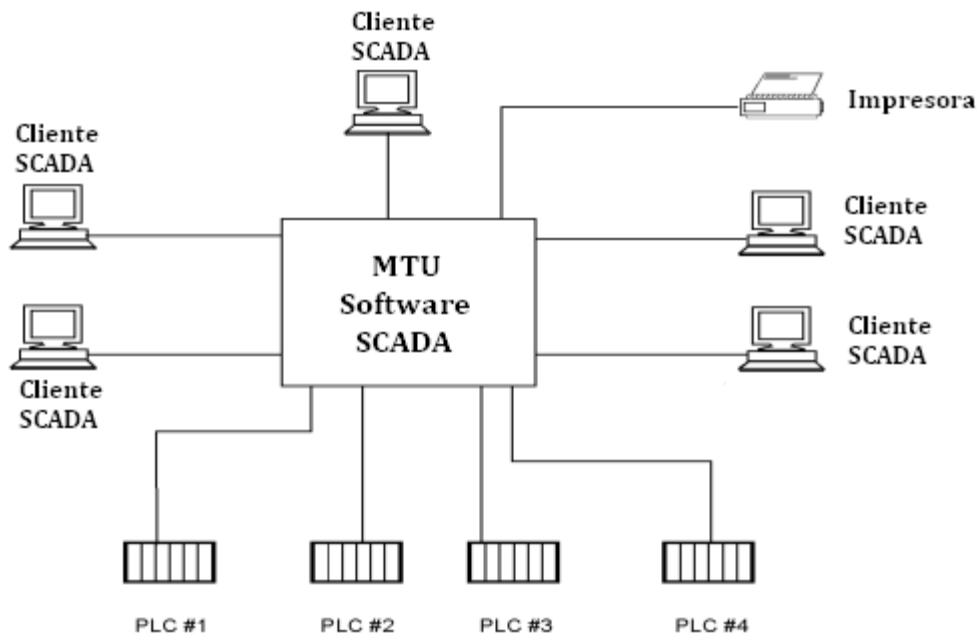
SOFTWARE	FABRRICANTE	TIPO DE PLATAFORMA
Citect	Schneider	propietaria
Ifix	General electric	abierta
Intouch	Wonderware	abierta
Lookout	NationalInstrument	abierta
RSView32	Rockwell Automation	propietaria
WinCC	Siemens	propietaria

Tabla 1.1Ejemplos software SCADA



El carácter centralizado de los sistemas SCADA se origina en la aplicación de software, a partir de esta se gestiona la comunicación entre la MTU y los demás periféricos, además de brindar soporte y acceso a la base de datos a los clientes del sistema, estas características se aprecian en la figura 1.6.

**Fuente:** Practical SCADA for Industry



**Figura 1.6** Esquema centralizado de los sistemas SCADA

### 1.3 PRESTACIONES DE LOS SISTEMAS SCADA

Los sistemas SCADA ofrecen una serie de prestaciones interesantes a la industria, las cuales van desde el control y supervisión de procesos en el nivel de campo, hasta brindar soporte a los niveles de gestión y administración. Estas características permiten el desarrollo integral de un proceso (2) (1).

Las prestaciones de los sistemas SCADA han ido evolucionando conforme al tiempo, adaptándose a los cada vez más altos y exigentes requerimientos de la industria. Esto ha hecho que la mayoría de fabricantes de software SCADA dediquen más esfuerzos al desarrollo de sus aplicaciones, brindando altos niveles de calidad en sus productos.

Entre las diversas prestaciones ofrecidas por los sistemas SCADA encontramos las siguientes:



- **SUPERVISIÓN REMOTA:** permite al operador y/o demás interesados conocer el estado y desempeño del proceso desde una o varias estaciones centrales. Esta prestación es de especial funcionalidad en procesos distribuidos en amplias locaciones<sup>12</sup>, además, esta característica permite coordinar labores de control de calidad y de mantenimiento.
  
- **CONTROL REMOTO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS:** mediante el sistema SCADA es posible tomar acciones de control de forma remota (por ejemplo abrir o cerrar válvulas, encender motores, activar interruptores,...etc.). La acción de control se puede definir de forma manual o automática<sup>13</sup>, además, es posible ajustar los valores de referencia, consignas, parámetros y algoritmos de control.
  
- **VISUALIZACIÓN DINÁMICA:** el sistema genera imágenes dinámicas que representan de manera intuitiva el comportamiento del proceso, brindándole al operador la sensación de estar presente en la planta. En estos gráficos también se puede encontrar curvas y tablas de los datos y estados del sistema en el tiempo.
  
- **REGISTRO HISTÓRICO DE DATOS:** los datos adquiridos son almacenados en ficheros o base de datos, esta información puede ser analizada posteriormente a fin de evaluar el desempeño del sistema, así como el diagnóstico y prevención de fallos.
  
- **GENERACIÓN DE REPORTE:**El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en los tiempos que determine el operario.
  
- **REPRESENTACIÓN DE SEÑALES DE ALARMA:** por medio de señales de alarma el sistema informa al operador o demás, la presencia de una falla o condición indeseable en el proceso, estas señales pueden ser visuales o sonoras.
  
- **PROGRAMACIÓN DE EVENTOS:** existe la capacidad de programar informes, estadísticas o recetas para los autómatas.

<sup>12</sup> Las locaciones van desde plantas industriales, hasta vastos espacios geográficos.

<sup>13</sup> Esta acción depende del tipo de proceso y las implicaciones a nivel de seguridad que esta acarrea.



- **COMUNICACIÓN ENTRE APLICACIONES:** los sistemas SCADA permiten el intercambio de información con diversas aplicaciones, los métodos más conocidos para dicho intercambio son OPC (*Ole for Process Control*), ODBC (*Open Data Base Connectivity*), SQL (*Structure Query Language*), ASCII y API (*Application Programming Interfaces*).

#### 1.4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE SISTEMAS SCADA

Al momento de diseñar un sistema SCADA se deben tener en cuenta diversos factores para que el sistema cumpla con las especificaciones propuestas y se integre de manera adecuada a la infraestructura existente (2). La utilización correcta de los recursos existentes repercute directamente en el costo del proyecto, el cual es uno de los elementos más importante en la evaluación de un diseño o propuesta.

La integración del sistema SCADA a los sistemas de comunicación existentes es de vital importancia para el desempeño del sistema y la reducción de costos del proyecto. La utilización de las redes LAN, redes telefónicas privadas o sistemas de radio frecuencia existentes implica un costo menor que la implementación de un sistema de comunicaciones nuevo.

Según las especificaciones del sistema y el nivel de complejidad que se requiera, cambian los criterios de diseño del sistema SCADA, por ejemplo, sistemas de redundancia o de seguridad no son necesarios en todas las aplicaciones, es importante no sobredimensionar el sistema a fin de no elevar el costo de implementación (2) (4). En términos generales los criterios de diseño son los siguientes:

##### 1.4.1 DISPONIBILIDAD

Se entiende por disponibilidad de un sistema la medida en que sus parámetros de funcionamiento permanezcan en las especificaciones estipuladas, conforme a los equipos posean las características adecuadas dependerá el desempeño del sistema. De aquí radica la importancia de especificar correctamente los elementos del sistema, como paso previo a la selección de los dispositivos (1).



### **1.4.2 ROBUSTEZ**

Es la capacidad de un sistema de mantener su operatividad ante la presencia de un fallo, esta viene dada tanto por las propiedades de los equipos, como por los sistemas de redundancia. En aplicaciones de alta complejidad es usual poseer sistemas de comunicaciones, control y almacenamiento de respaldo (2).

### **1.4.3 SEGURIDAD**

Los sistemas SCADA deben poseer una serie de mecanismos a fin de evitar la intrusión o la toma de decisiones por parte de personal no autorizado. Para cierto tipo de aplicaciones es importante que el acceso de datos se exclusivo para ciertas dependencias, de igual forma, la ejecución de acciones de control deben ser tomadas por personal calificado (1) (2).

Generalmente se jerarquiza el uso de las prestaciones de la aplicación, protegiendo por medio de contraseñas y cortafuegos el acceso al sistema SCADA.

### **1.4.4 PRESTACIONES**

Al momento de la selección de los equipos del sistema SCADA hay que tener en cuenta las prestaciones que este debe incluir para que cumpla con las especificaciones del proyecto. Estas prestaciones van dadas desde el hardware hasta el software del sistema.

### **1.4.5 ESCALABILIDAD**

Es la capacidad de un sistema a ampliarse posteriormente, los sistemas SCADA deben poder evolucionar de forma sencilla ante la posibilidad de una expansión de equipos y servicios, adaptándose así a los requerimientos de la industria.

Esta capacidad de expansión va asociada tanto a nivel de las unidades remotas (módulos de expansión permitidos), nivel de comunicaciones (accesos permitidos y área de cobertura), como al nivel de MTU y software, teniendo especial hincapié en la conectividad, como en el número de TAGS<sup>14</sup> permitidos (1).

---

<sup>14</sup>Nombre asociado a las variables presentes en los sistemas SCADA.

## 2. PLANTAS ELÉCTRICAS

Garantizar la presencia del fluido eléctrico es un requerimiento para muchas entidades, debido a la necesidad de preservar la realización de sus actividades. Entidades como las financieras e industriales, por dar un ejemplo, no pueden darse el lujo de suspender por mucho tiempo sus actividades a causa de una falla del fluido eléctrico, debido a las repercusiones económicas que acarrea el cese de sus actividades. Es por esto que muchas empresas poseen un sistema de respaldo de energía.

Las plantas eléctricas son equipos encargados de generar energía eléctrica, estos pueden utilizarse para el suministro continuo o de respaldo de un sistema eléctrico. Estas representan el sistema de respaldo de energía eléctrica más utilizado a nivel industrial y comercial.

En el presente capítulo se expondrán las características, partes y el principio de funcionamiento de las plantas eléctricas, así mismo se hará una descripción de las plantas eléctricas presentes en los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administracion\_1 de la Universidad Industrial de Santander. Al final se presentan un análisis de fallos y una serie de recomendaciones de mantenimiento por parte de fabricantes y trabajos de grado previos.

La finalidad de este capítulo es brindar las pautas para la determinación de las variables a integrar en el sistema SCADA, las cuales se presentan en el siguiente capítulo.

### 2.1 GENERALIDADES DE LAS PLANTAS ELÉCTRICAS

Las plantas eléctricas, también conocidas como grupos electrógenos, son máquinas cuya función es la generación de energía eléctrica. Estas comúnmente se encargan de suplir un déficit del suministro de energía eléctrica en algún lugar, ya sea residencial, comercial, hospitalario, industrial,...etc.



Los grupos electrógenos son sistemas compuestos por un generador eléctrico y un motor de combustión interna, los cuales se encargan de la transformación de energía térmica en mecánica (combustión del motor), y de la energía mecánica en energía eléctrica (generador) (5) (6). Dependiendo del tipo de combustible con que opera el motor de combustión, las plantas eléctricas se clasifican en:

- **Sistema a gas o natural.**
- **Sistema a gasolina.**
- **Sistema a diesel.**
- **Sistema Bifuel (diesel/gas).**

Las plantas eléctricas se clasifican dependiendo de su aplicación en plantas de operación continua y en plantas de emergencia. Cada una de estas posee sus propias características y están dirigidas a escenarios específicos.

### 2.1.1 PLANTAS ELÉCTRICAS DE OPERACIÓN CONTINUA (PRIME)

Los grupos electrógenos para servicio continuo se emplean en aquellos lugares en donde no hay suministro de energía eléctrica (fincas, construcciones,..etc.), o bien en lugares en donde es indispensable el flujo continuo de la energía eléctrica, tales como una radio transmisora por ejemplo.

Este tipo de plantas eléctricas poseen una construcción más robusta debido a estar diseñadas para operar durante periodos prolongados de tiempo.

### 2.1.2 PLANTAS ELÉCTRICAS DE EMERGENCIA (STANDBY)

Los grupos electrógenos para servicio de emergencia, son utilizados como sistemas de respaldo energético para sistemas de distribución estructurados. Su aplicación es por razones de seguridad y/o economía de las instalaciones en donde es esencial la continuidad del servicio eléctrico, por ejemplo:

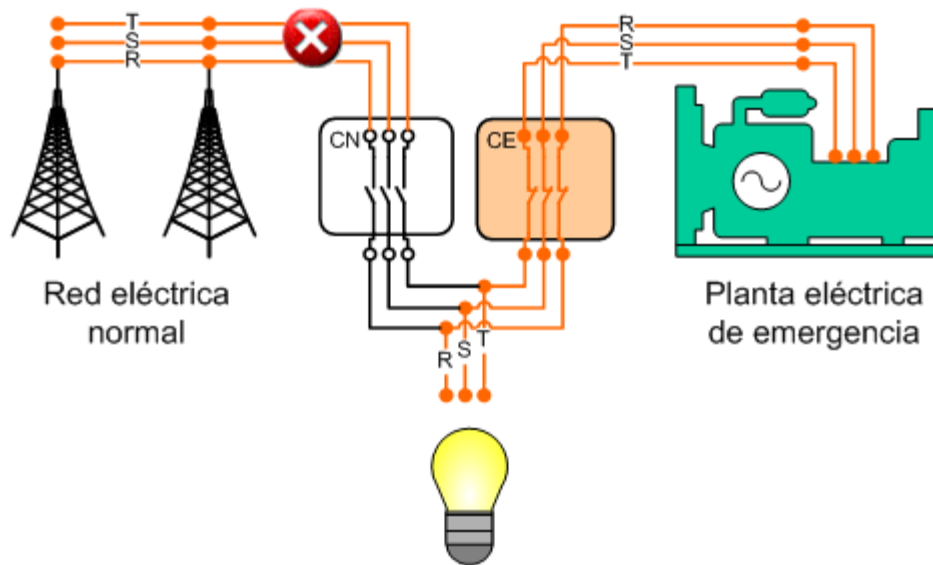
- **Instalaciones hospitalarias:** hospitales, áreas de cirugía, recuperación, terapia, cuidados intensivos, laboratorio,..etc.
- **Operación de servicios críticos:** elevadores públicos, bombeo de aguas residuales,..etc.
- **Alumbrado escenarios públicos:** estadios, locaciones deportivas, cines, teatros, aeropuertos, centros comerciales, estaciones de transporte,..etc.
- **Instalaciones industriales y/o comerciales:** entidades bancarias, industrias, almacenes,..etc.



- **Equipos de cómputo:** Servidores, salas de computo, bancos de memoria,...etc.

Al momento de presentarse una falla en el suministro de la energía eléctrica, la planta eléctrica de emergencia entra en operación, siendo este quien se encarga de proveer la energía eléctrica a la instalación correspondiente. En la figura 2.1 se muestra la operación de una planta de emergencia.

**Fuente:** <http://www.velasquez.com.co/>



**Figura 2.1** Operación de una planta eléctrica de emergencia

La conmutación de los circuitos de alimentación (red eléctrica normal y planta eléctrica de emergencia) se conoce como transferencia eléctrica, esta puede desarrollarse de forma manual y/o automática.

## 2.2 COMPONENTES DE LAS PLANTAS ELÉCTRICAS

Las plantas eléctricas están compuestas por múltiples componentes encargados de funciones específicas, los cuales son mencionados, y brevemente descritos a continuación.

### 2.2.1 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Es un elemento encargado de generar energía mecánica a partir de la combustión. Esta energía mecánica se ve reflejada en el movimiento de un eje acoplado al generador eléctrico (7).



Los motores de combustión interna están compuestos por los siguientes sistemas:

- **Sistema de lubricación:** es el encargado de lubricar las partes móviles del motor. Entre sus elementos se encuentran el lubricante, el cárter de aceite, bomba de aceite, filtros,...etc.
- **Sistema de refrigeración:** este se encarga de disminuir la temperatura del motor. Está compuesto por el radiador, ventilador, líquido refrigerante,..etc.
- **Sistema de regulación:** su función es mantener la velocidad del motor constante con el fin de mantener una frecuencia estable en la salida del generador.
- **Sistema eléctrico:** está compuesto por motores de arranque eléctrico, baterías de 12 o 24 Volts, sensores y cargadores. El motor de arranque se encarga de ayudar al motor de combustión a romper la inercia, sin estos el motor no arranca.
- **Sistema de admisión de aire:** es el encargado de suministrarle al motor aire limpio y frío, está compuesto por una serie de filtros de aire.
- **Sistema de abastecimiento de combustible:** se encarga de proveer de combustible al motor. En el caso de sistemas a gasolina o a diesel, el sistema es compuesto por un tanque de combustible, filtros, válvula de combustible,..etc.
- **Silenciador y sistema de escape:** su función es reducir los niveles de ruido emitidos por el motor, así como expulsar las emisiones de gases de este.

### 2.2.2 GENERADOR ELÉCTRICO

Es una maquina encargada de generar energía eléctrica a partir de energía mecánica, en el caso de los grupos electrógenos, la energía mecánica proviene del motor de combustión, el cual esta acoplado por medio de discos flexibles. Generalmente los generadores para plantas eléctricas son autoexcitados y sin escobillas (8).

### 2.2.3 UNIDAD DE TRANSFERENCIA

Esta unidad se encarga de la conmutación de los circuitos de alimentación de la instalación eléctrica, así como del control de arranque y paro del grupo electrógeno (9).



La conmutación de circuitos se realiza por medio de la unidad de fuerza, generalmente constituida por dos contactores, uno conectado a la red normal y el otro a la planta eléctrica de emergencia. La unidad de transferencia debe garantizar que solo un contactor se encuentre en funcionamiento, esto se lleva a cabo mediante enclavamiento mecánico de los contactores.

La toma de decisiones de la unidad de transferencia se lleva a cabo mediante el control de transferencia electrónica.

### **2.2.3.1 CONTROL DE TRANSFERENCIA ELECTRÓNICA**

El control de transferencia electrónica tiene como función encender el grupo electrógeno cuando se presente una falla en el fluido eléctrico, y luego hacer la transferencia cuando el equipo alcance los niveles de tensión adecuados (9).

En términos generales, el control de transferencia electrónica debe monitorear los valores de las tensiones de la red eléctrica pública, dando la orden de arranque y de transferencia al momento de presentarse alguna de las siguientes anomalías:

- Por sobre tensión.
- Por baja tensión.
- Por ausencia de una de las fases.

Los valores considerados como sobre tensión y baja tensión son configurados dependiendo de las necesidades de los usuarios, generalmente en un valor del 10% del valor nominal.

### **2.2.4 UNIDAD DE CONTROL**

Esta parte de las plantas eléctricas se encarga del control y protección del grupo electrógeno. Este se dedica a la administración del equipo, coordinando las labores de encendido, apertura de la válvula de combustible, regulación de velocidad del motor,...etc., además permite la selección del modo de operación (off, run/manual, automático) de la planta, así como la visualización de valores como tensiones, corrientes, horas en funcionamientos, por dar un ejemplo (6).

La función principal de la unidad de control es la protección la planta eléctrica, para esto la unidad monitorea los valores concernientes al funcionamiento del equipo, comparándolos con valores configurados y emitiendo señales de alarma o apagando el equipo dependiendo el caso.



En resumen algunos de los elementos que componen las plantas eléctricas se muestran en la figura 2.2.

Fuente: EL Autor

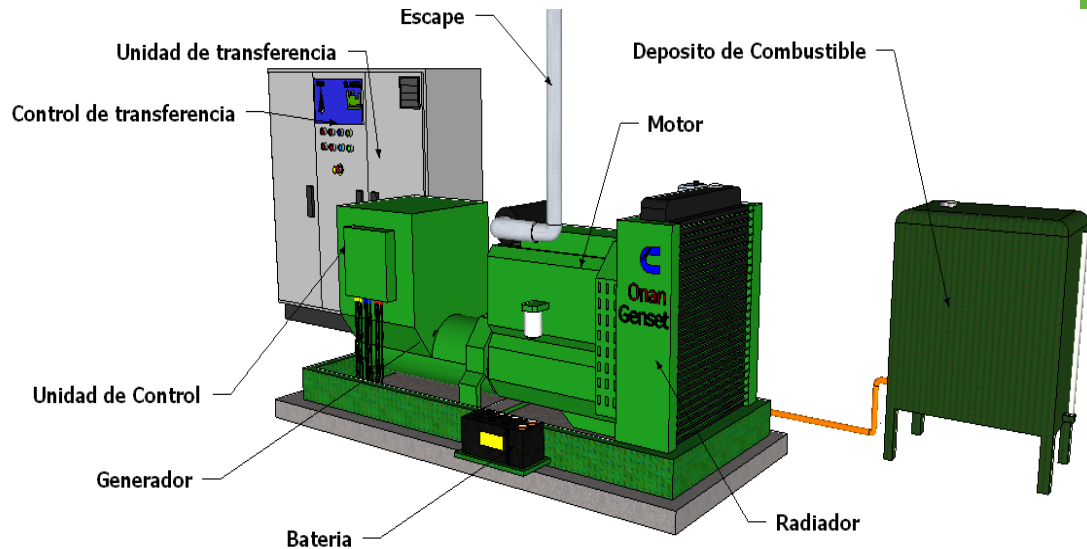


Figura 2.2 Elementos básicos de una planta eléctrica de emergencia

### 2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS PLANTAS ELÉCTRICAS DE LA UIS

En esta parte del capítulo se hará una breve descripción de cada una de las plantas que hacen parte de este trabajo de grado, indicando las especificaciones de los componentes expuestos en el ítem anterior.

#### 2.3.1 PLANTA DE EMERGENCIA DEL EDIFICIO DE CIENCIAS HUMANAS

La planta eléctrica de emergencia del edificio de ciencias humanas es un equipo marca CUMMINS de 260 KVA, esta se encuentra ubicada en parqueadero del edificio y posee las siguientes características:

##### 2.3.1.1 MOTOR

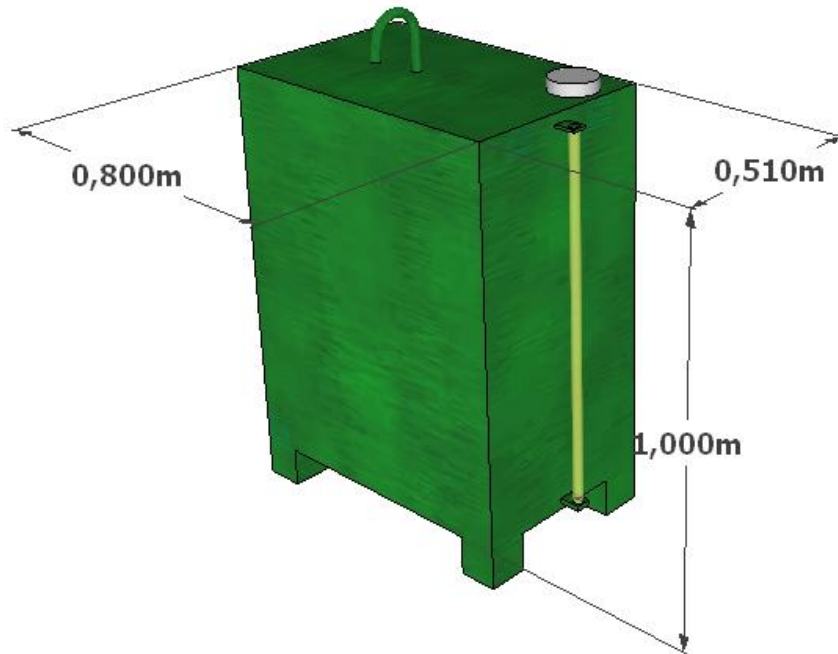
El motor de esta planta produce 317 caballos de fuerza, maneja combustible diesel y posee inyección directa.

- **Sistema eléctrico:** A nivel eléctrico el equipo presenta una tensión de servicio de 12 Volts, alimentado por una batería de 12 Volts 1100 amperes marca DUNCAN, la cual es cargada mediante el cargador de batería CB1230 de la empresa Velásquez. Este cargador está configurado para suministrar 3 Amperes a 13.9 Volts.



- **Tanque de combustible:** posee una capacidad de 0,408 metros cúbicos que equivalen a 107.3 galones, las medidas activas del tanque se observan en la figura 2.3.

**Fuente:** El Autor



**Figura 2.3** Tanque de combustible de la planta de ciencias humanas

El motor posee un pre calentador de agua, el cual se encarga de mantener el agua del motor caliente para que este encienda de forma más rápida. Los datos de placa del motor se presentan en la tabla 2.1.

**Fuente:** EL Autor

<b>Engine</b> cert LD	<b>C.I.D / L</b> 505 8.3	<b>SERIE</b> 412	<b>CPL</b> 2664	<b>Engine serial No</b> 30560154
<b>Timing - TDC</b> 15 Degrees				<b>CustSpec</b> 100-3024
<b>Valve lash cold</b> int: 0.012 exh: 0.024				<b>Rated HP</b> 317 at 1800 rpm
FrindOrder153624				<b>Fuel rated at rated hp</b> 180 mm <sup>3</sup>
<b>Low idle RPM</b> 900	<b>E.C.S</b>			<b>Model name</b> 6 CT 8.3 - G

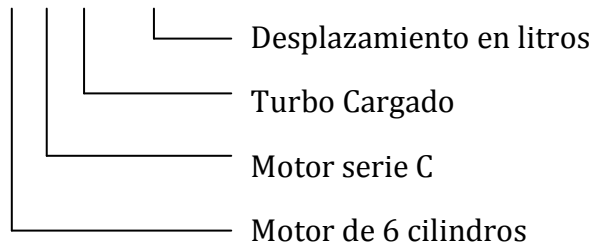
**Tabla 2.1** Datos del motor de la planta de ciencias humanas

La explicación de la nomenclatura de la placa de datos es la siguiente:

- **C.I.D/L:** Desplazamiento en pulgadas cubicas por litro.



- **C.P.L:** Listas de partes de control.
- **CustSpec:** Especificaciones del cliente.
- **Valve lash cold “int: 0.012exh: 0.024”:** Válvula de golpe frió admisión: 0.012 pulgadas; escape: 0.024 pulgadas.
- **Rated HP 317 at 1800 rpm:** Desarrolla 317 caballos de fuerza a 1800 revoluciones por minuto.
- **Low idle RPM:** velocidad mínima en vacío.
- **Model name: 6 C T 8.3 - G**



**2.3.1.2 GENERADOR**

El generador de la planta eléctrica de emergencia del edificio de ciencias humanas es de marca STAMFORD y presenta los datos de placas expuestos en la tabla 2.2.

**Fuente:** El Autor

Model No	C200 D6 4	Voltaje Standby	Corriente Standby
Factor de potencia	0.8/1.0	(Voltios)	(Amperios)
Potencia Standby	208 KW: 260 KVA	127 / 220	682
Potencia Prime	189 KW: 236 KVA	220 / 380	395
Frecuencia	60 Hz	R.P.M	1800

**Tabla 2.2** Datos del generador de la planta de ciencias humanas

**2.3.1.3 UNIDAD DE TRANSFERENCIA**

Su funcionamiento es automático, está compuesta por un control de transferencia VORKOM 1 y una unidad de fuerza conformada por dos contactores marca LEGRAND de referencias DPX 1250 y DPX 630. La unidad de transferencia se presenta en la figura 2.4.

- **Control de transferencia:** el control de transferencia VORKOM 1 toma acción al momento de presentarse alto o bajo voltaje, ausencia de una de las fases o inversión en la secuencia de estas.



Fuente: El Autor



**Figura 2.4** Unidad de transferencia de la planta de ciencias humanas

El control posee dos selectores, uno de dos posiciones para colocar la transferencia en modo automático o manual, y uno de tres posiciones encargado que permite colocar la planta en modo apagado, run/manual o automático. Además el control presenta una señalización de los estados de la planta, de la red y de los contactores.

### 2.3.1.4 UNIDAD DE CONTROL

Este grupo electrógeno presenta un modulo de control PCC1301 el cual se presenta en la figura 2.5. Este módulo presenta una interfaz en donde se puede seleccionar el modo de operación del equipo, además de visualizar las alarmas y los valores de ciertas variables de la planta. Los valores a visualizar se presentan en la tabla 2.3.

Fuente: El Autor



**Figura 2.5** Modulo de control PCC1301

Este módulo también se encarga de la protección del grupo electrógeno dando señales de alarma y apagando el equipo en caso de presentarse alguna de las instancias expuestas en la tabla 2.4, en donde también se describen los valores en los que se presenta cada acción (10).



Fuente: EL Autor

VISUALIZACION PCC 1301		
MOTOR		GENERADOR
Presión de aceite	Tensión de la batería	Tensiones 3 fases (L-L y L-N)
Temperatura del refrigerante	Horas de operación	Corrientes 3 fases
Velocidad del motor	Numero de arranques	Potencia Total (KVA)
Alarmas		Frecuencia

Tabla 2.1 Datos visualizados en el módulo PCC 1301

Fuente: EL Autor

PROTECCIÓN Y ALARMAS MODULO PCC 1301					
MOTOR			GENERADOR		
INSTANCIA	ALARMA	APAGADO	INSTANCIA	ALARMA	APAGADO
baja presión de aceite	40 PSI	35 PSI	Alta/Baja Tensión	N/A	>110%,/<85%
Alta temperatura	215 °F	223 °F	Sobre-corriente	>110%	>150%
Sobre-Velocidad	1980 rpm	2070 rpm	Alta/Baja Frecuencia	N/A	>6Hz/<6%
Alta/baja tensión Batería	N/A				

Tabla 2.2 Alarmas y protección<sup>15</sup> modulo PCC 1301

### 2.3.2 PLANTA DE EMERGENCIA DEL EDIFICIO DE CENTIC

El grupo electrógeno del edificio CENTIC en gran parte es semejante al del edificio de ciencias humanas ya que poseen el mismo equipo (motor generador) y difieren solamente en la unidad de transferencia y en algunos detalles puntuales.

#### 2.3.2.1 MOTOR

El motor de este equipo es el mismo que el de ciencias humanas, los datos técnicos se pueden observar en la tabla 2.1.

- **Sistema Eléctrico:** la tensión de servicio del equipo es de 12 Volts provistos por una batería marca MAC de 12 Volts y 1400 Amperes. El cargador de baterías es el CB1230 de la empresa Velásquez.
- **Tanque de combustible:** El tanque de combustible posee la misma capacidad que el de la planta anterior, 0.408 metros cúbicos equivalentes a 107.3 galones. Este tanque posee una geometría diferente la cual se puede observar en la figura 2.6.

<sup>15</sup> Las alarmas y ordenes de apagado se presentan 10 segundos después de mantener el valor expuesto, a excepción de presentar una sobretensión del 130% en donde el apagado es instantáneo



Fuente: El Autor

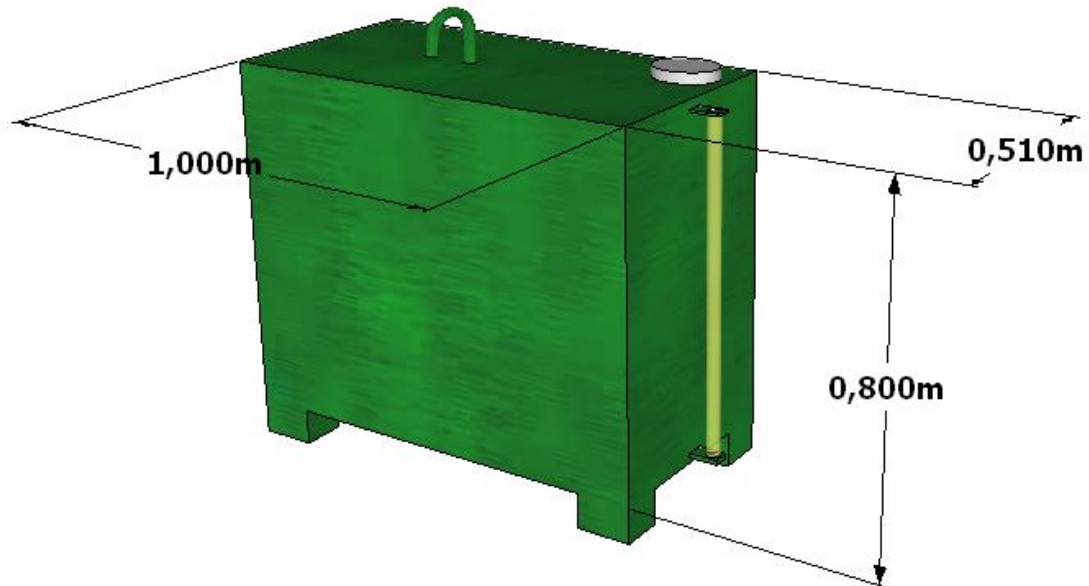


Figura 2.6 Tanque de combustible de la planta de CENTIC

2.3.2.2 GENERADOR

Es el mismo generador de la planta de ciencias humanas, cuyos datos se presenta en la tabla 2.2

2.3.2.3 UNIDAD DE TRANSFERENCIA

Es de operación automática, posee la unidad de control ITAC2K marca Velásquez y su unidad de fuerza está compuesta por dos contactores marca ABB de referencias SACE 86 y SACE 86N. La unidad de trasferencia del edificio de CENTIC se muestra en la figura 2.7.

Fuente: El Autor



Figura 2.7 Unidad de transferencia de la planta del CENTIC



- **Control de transferencia:** el control de transferencia ITAC2K presenta una configuración por medio de diales, entre los parámetros a configurar encontramos la tensión de disparo por alto y por bajo (de 1 a 30% y de -30 a -1% de valor nominal respectivamente) y los tiempos de transferencia que van de 0 a 30 segundos.

El control presenta dos selectores, uno de dos posiciones para configurar la transferencia en modo manual o automático, y uno de tres posiciones para configurar la planta en modo off, run/manual y automático. Además el control presenta una indicación por medio de leds de las siguientes variables:

- CN cerrado (Contactor de red)
- CE cerrado (Contactor de la planta)
- Opera la planta
- Voltaje alto emergencia
- Voltaje bajo emergencia
- Voltaje alto normal
- Voltaje bajo normal
- Falta o inversión de fase
- Prueba

#### 2.3.2.4 UNIDAD DE CONTROL

Esta planta al igual que la de ciencias humanas presenta el módulo de control PCC 1301, el cual se describió en la sección 2.3.1.4.

#### 2.3.3 PLANTA DE EMERGENCIA DEL EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN\_1

El grupo electrógeno del edificio de administración\_1 es un equipo marca CUMMINS de 156 KVA. Este equipo posee una particularidad, y es que presenta dos unidades de transferencia.

##### 2.3.3.1 MOTOR

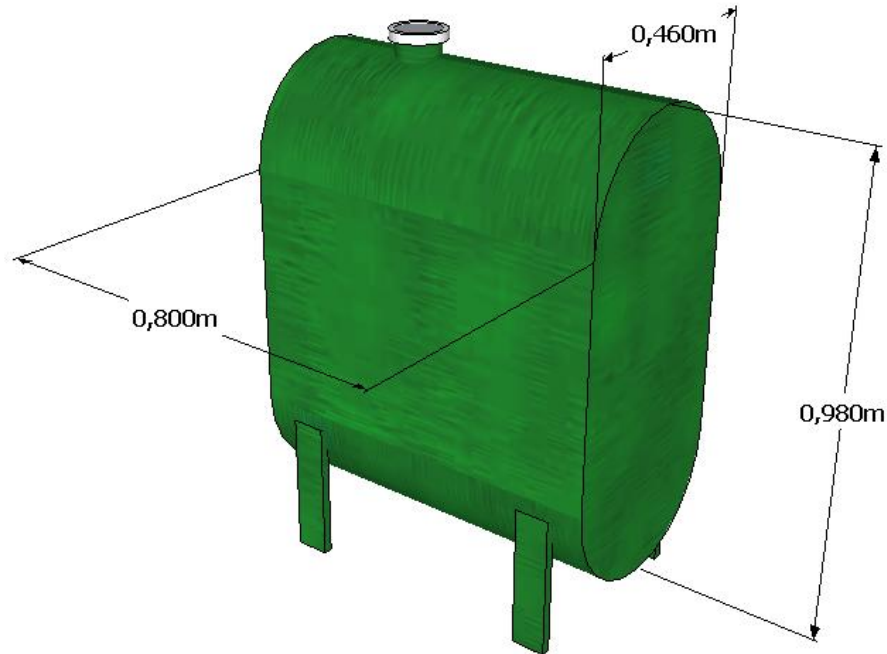
Este equipo posee un motor de 207 caballos de fuerza, combustible diesel. El motor además presenta las siguientes características:

- **Sistema Eléctrico:** la tensión de servicio del motor es 24 Volts, por lo cual posee dos baterías marca MAC de 12 Volts y 1400 Amperes en serie, el sistema posee un cargador eléctrico CB1230 marca Velásquez, así mismo el motor posee un motor de arranque de 24 Volts.



- **Tanque de combustible:** el tanque de combustible de este equipo posee una capacidad de 0,40914 metros cúbicos, equivalentes a 108.1 galones. El tanque se presenta en la figura 2.8.

**Fuente:** El Autor



**Figura 2.8** Tanque de combustible de la planta de Administracion\_1

Los datos de placa del motor se presentan en la tabla 2.5, la explicación de la nomenclatura se menciona en la sección 2.3.1.1.

**Fuente:** El Autor

<b>Engine</b> cert LD	<b>C.I.D / L</b> 505 8.3	<b>SERIE</b> 412	<b>CPL</b> 0.985	<b>Engine serial No</b> 45243846
<b>Timing - TDC</b> 20 Degrees				<b>CustSpec</b> 100-3024
<b>Valve lash cold</b>	<b>int:</b> 0.012	<b>exh:</b> 0.024	<b>Rated HP</b> 207 at 1800 rpm	
<b>FrindOrder</b> 153624				<b>Fuel rated at rated hp</b> 120 mm
<b>Low idle RPM</b>	850	<b>E.C.S</b>	<b>Model name</b> 6 C T 8.3 - G	

**Tabla 2.3** Datos del motor de la planta de Administración\_1

### 2.3.3.2 GENERADOR

El generador de esta planta es marca STAMFORD de 156KVA y presenta los datos expuesto en la tabla 2.6.



Fuente: El Autor

<b>Model No</b>	125 Dger	<b>Voltaje (Voltios)</b>	<b>Corriente (Amperios)</b>
<b>Serial No</b>	I950587605		
<b>Factor de potencia</b>	0.8/1.0	120 / 208	434
<b>Potencia 1 fase</b>	83.3 KVA	127 / 220	410
<b>Potencia 3 fases</b>	125 KW: 156 KVA	139 / 240	376
<b>Frecuencia</b>	60 Hz	<b>R.P.M</b>	1800

Tabla 2.4 Datos del generador de planta de Administración\_1

### 2.3.3.3 UNIDAD DE TRANSFERENCIA

Esta planta posee dos unidades de transferencia, ya que el edificio se encuentra alimentado por dos transformadores, uno de 200 KVA y otro de 75KVA. Las unidades de transferencia se pueden observar en la figura 2.9.

Fuente: El Autor

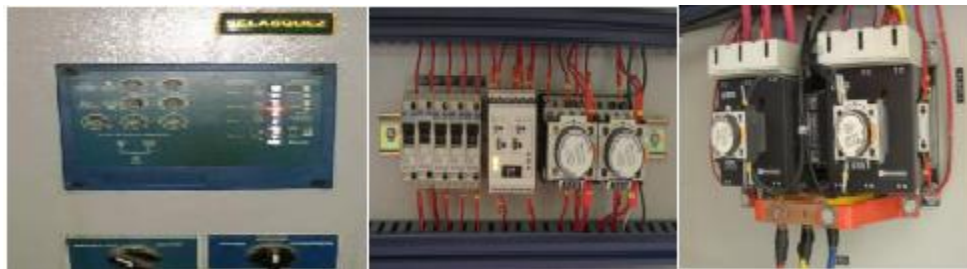


Figura 2.9 Unidades de transferencia de la planta de Administración\_1

- **Unidad de transferencia 1:** esta maneja el transformador de 200KVA y está compuesta por el control de transferencia ITAC2K de Velásquez y dos contactores marca LG referencia GMC-400.
- **Unidad de transferencia 2:** esta maneja el transformador de 75 KVA y se encuentra compuesta por un vigilante de tensión y dos contactores marca Telemecanique de referencia LC1D115.

### 2.3.3.4 UNIDAD DE CONTROL

La planta eléctrica del edificio de Administración\_1 posee un control analógico, el cual permite configurar el modo de operación del equipo (off, run/manual, automático), además de presentar una serie de indicadores que permiten visualizar el estado del equipo.



El módulo de control y los datos visualizados se presentan en la figura 2.10 y en la tabla 2.7 respectivamente.

**Fuente:** El Autor



**Figura 2.10**Modulo de control de la planta de Administración\_1

**Fuente:** El Autor

VISUALIZACIÓN PLANTA ADMINISTRACIÓN_1		
MOTOR		GENERADOR
Presión de aceite	Tensión de la batería	Tensiones 3 fases (L-L y L-N)
Temperatura del refrigerante	Horas de operación	Corrientes 3 fases
Velocidad del motor		Potencia Total (KVA)
Alarmas		Frecuencia

**Tabla 2.5**Visualización módulo de control de la planta de Administración\_1

## 2.4 MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE FALLOS DE LAS PLANTAS ELÉCTRICAS

La función principal de los grupos electrógenos es proveer de energía eléctrica a las cargas críticas al momento de producirse un fallo en el sistema eléctrico, para esto es muy importante garantizar ciertas condiciones a fin de que la planta pueda operar de forma óptima.

Los fabricantes de las plantas eléctricas brindan una serie de recomendaciones de mantenimiento para prevenir posibles fallos sobre los equipos. CUMMINS presenta las siguientes recomendaciones para el mantenimiento preventivo de sus equipos, estas recomendaciones deben efectuarse diariamente o máximo semanalmente (11).



- **Sistema de lubricación:** con el motor apagado se debe medir el nivel de aceite, supervisando que este nivel se encuentre lo más cercano a la marca “full”; los filtros y el aceite deben ser cambiados semestralmente.
- **Sistema refrigerante:** con el motor apagado se debe asegurar que el nivel del refrigerante en el radiador se encuentre como máximo 3/4 de pulgada por debajo de la tapa del radiador.
- **Sistema de combustible:** asegurarse que el combustible se encuentre por encima de la mitad de la capacidad del tanque, además se debe procurar drenar el combustible si este lleva más de un año en el tanque.
- **Sistema eléctrico:** se debe medir la tensión de la batería de arranque con carga<sup>16</sup>, además de revisar el nivel de electrolitos por cada celda de la batería.
- **Ejercicio del grupo electrógeno:** se debe poner en marcha el equipo durante un rango entre 10 y 30 minutos para que las partes del motor se mantengan lubricadas y así ayude a brindar un arranque confiable del motor cada vez que se requiera.

Esta serie de recomendaciones están siendo llevadas a cabo en las plantas eléctricas de la universidad industrial de Santander por parte de la división de mantenimiento tecnológico semanalmente, sin embargo, existen otra serie de revisiones las cuales deben efectuarse con el grupo electrógeno en operación, las cuales son las siguientes:

- **Sistema de lubricación:** verifique que la presión de aceite permanezca en los niveles adecuados, en caso de que estos se aproximen continuamente a los niveles límites tome nota y elabore una inspección general al sistema de lubricación.
- **Sistema refrigerante:** revise la temperatura del motor, verificando que esta se encuentre en los niveles permitidos, en caso contrario elabore una inspección general del sistema.
- **Velocidad del motor:** asegúrese que la velocidad del motor sea la deseada, ya que de lo contrario se presentaran fluctuaciones en la frecuencia del generador.
- **Variabes eléctricas:** verifique los valores eléctricos del generador permanezcan en los niveles de diseño, especialmente la potencia entregada por el equipo.

<sup>16</sup>La medición en vacío no determina la verdadera capacidad de la batería.



Este tipo de revisiones no están siendo efectuadas en las plantas eléctricas de la universidad, en gran parte por la dificultad de desplazar personal a las locaciones en donde se encuentran las plantas en el momento de presentarse una falla en el fluido eléctrico, debido a que esto se presenta poco práctico.

### 2.4.1 ANÁLISIS DE FALLOS

Las labores de mantenimiento mencionadas previamente tienen como fin prevenir posibles fallos en los grupos electrógenos, los cuales repercutirían en la inactividad del equipo así como en los elevados costos de reparación.

El estudio de los posibles fallos que se pueden presentar en las plantas eléctricas brinda una idea de las partes del sistema que deben ser revisadas, así como las consecuencias que puede tener la presencia de una de estas situaciones indeseadas. Entre las fallas más comunes a presentarse en los grupos electrógenos se encuentran las siguientes:

- **Ausencia de combustible:** esta falla se presenta en el sistema de abastecimiento de combustible, puede presentarse por falta de combustible en el tanque o por obstrucción de la tubería. Esta falla implica la no operatividad de la planta.
- **Alta temperatura del motor:** esta falla presente en el sistema de refrigeración puede producirse debido a la falta de líquido refrigerante. Sus repercusiones van desde fugas, mezclas de aceite con agua, hasta el sobrecalentamiento del motor, produciendo daños estructurales en el equipo.
- **Baja presión de aceite:** esta falla se genera debido a la mala operación de la bomba de aceite o la poca cantidad de aceite en el motor. La consecuencia de esta falla es el exceso de fricción en las partes móviles del motor, generando sobrecalentamiento y daños en las partes internas del equipo.
- **Baja tensión de la batería:** es la más común de las fallas en las plantas eléctricas, esta es causada por la carga incompleta de las baterías o a la falta de capacidad de estas. La consecuencia de esta falla es la inoperatividad de los motores de arranque y por ende que el grupo electrógeno no arranque.



Todas estas fallas generan una serie de indicios que permitirían la prevención de estas, la falta de monitoreo de las variables del sistema impiden muchas veces la detección a tiempo de estos indicios.

El resumen de las fallas presentes en las plantas eléctricas se muestra en la tabla 2.8.

**Fuente:** El Autor

ANÁLISIS DE FALLOS EN LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS			
SISTEMA	ELEMENTO CENTRAL	FALLO COMÚN	CONSECUENCIA
abastecimiento de combustible	tanque de combustible	ausencia de combustible	no enciende el equipo
refrigeración	radiador	alta temperatura	sobre calentamiento, fugas, daño estructural
lubricación	Cárter y bomba de aceite	baja presión de aceite	mala lubricación, sobre calentamiento
eléctrico	baterías	tensión baja	no enciende el motor de arranque

**Tabla 2.6**Fallos comunes en las plantas eléctricas



## 3. DISEÑO DEL SISTEMA SCADA

Para la implementación de un sistema SCADA se debe recurrir a una fase de diseño en la cual se consideren las necesidades del cliente al momento de definir las características del sistema. En la fase de diseño se definen las variables de interés y la instrumentación asociada a estas, así como las propiedades de los elementos que conforman el sistema.

En el presente capítulo se plantea un diseño para el sistema SCADA de las plantas eléctricas de la UIS, mencionando los requerimientos por parte de las divisiones de planta física y mantenimiento tecnológico sobre este, además se seleccionan las variables a integrar en el sistema y se definen las características de los elementos que lo componen.

### 3.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA SCADA

La gran importancia de las plantas eléctricas de emergencia para el respaldo energético de los edificios de la UIS, ha hecho que las divisiones de planta física y mantenimiento tecnológico dediquen labores destinadas a la preservación y al buen funcionamiento de estos equipos. Estas labores van desde revisiones semanales, hasta mantenimientos preventivos bimestrales, sin embargo, se requiere un mecanismo que permita registrar los valores propios del sistema de las plantas eléctricas de forma continua. Estos datos permitirían conocer el desempeño del sistema y realizar un diagnóstico en caso de presentarse una falla en éste.

Un sistema SCADA se presenta como una solución idónea para suplir estas necesidades, ya que este permitiría registrar los valores concernientes al sistema además de conocer su estado, sin la necesidad de que un operario se desplace hasta las plantas eléctricas.



Las divisiones de mantenimiento tecnológico y planta física han expresado al autor las características que requieren del sistema SCADA, las cuales son mencionadas a continuación.

- **Registro de variables:** se requiere que las variables de las plantas eléctricas sean almacenadas y procesadas para un análisis posterior, entre estas deben estar las variables eléctricas de la red de los edificios correspondientes.
- **Visualización del sistema:** el estado de las plantas y el valor de las variables deben poder representarse en una HMI.
- **Generación de reportes:** se debe permitir la configuración y posterior presentación de reportes acerca del estado del sistema en los periodos que las divisiones consideren pertinentes.
- **Acceso por medio de un navegador web:** se requiere que el personal designado por ambas divisiones pueda acceder y visualizar el estado del sistema por medio de un navegador web.
- **Presentación de alarmas:** los valores críticos del sistema deben presentar una alarma, la cual debe poder ser notificada al personal designado por medio del correo electrónico.

En base a estos requerimientos se plantea un diseño para el sistema SCADA de las plantas eléctricas de la UIS, dicho diseño contempla la determinación de las variables del sistema y las características de los componentes, de forma que se cumplan las necesidades expuestas.

### 3.2 VARIABLES A INTEGRAR EN EL SISTEMA SCADA

La correcta selección de las variables a monitorear determinara la utilidad del sistema SCADA, razón por la cual se debe prestar especial atención a su designación. Las variables seleccionadas deben estar acordes con los requerimientos presentados en la sección anterior.

Las variables a integrar en el sistema SCADA de las plantas eléctricas de la UIS deben ser aquellas que permitan conocer el estado de los grupos electrógenos y el de los elementos necesarios para su funcionamiento. Para esto se recurrió a la evaluación de los mecanismos de mantenimiento existentes en las plantas, así como las recomendaciones elaboradas por el fabricante.



Las variables seleccionadas se agruparon por las características que estas representan en el sistema, clasificándolas en variables de estado, variables de funcionamiento y variables necesarias para el funcionamiento. Estas variables son descritas a continuación.

**3.2.1 VARIABLES DE ESTADO**

Estas variables brindan información acerca del estado de operación del sistema, estas variables incluyen el estado de los contactores de la unidad de transferencia, el modo de operación de la planta (manual, auto,..etc.), el estado de la planta(detenida, funcionando,..etc.) y horómetro. El resumen de estas variables se presenta en la tabla 3.1.

**Fuente:** El Autor

VARIABLE	COMPONENTE	UNIDADES	DESCRIPCIÓN
Contactador de red	Unidad de transferencia	N.A	Bit de estado del contactador de red
Contactador de Planta	Unidad de transferencia	N.A	Bit de estado del contactador de planta
Modo de operación	Unidad de control	N.A	Modo en que opera la maquina: off, Manual y Automático
Estado de funcionamiento	Unidad de control	N.A	Estado de la planta: detenida, en funcionamiento.
Horómetro	Unidad de control	HH/MM/SS	Horas en funcionamiento de la planta

**Tabla 3.1** Variables de estado de las Plantas Eléctricas

Por medio de estas variables el autor considera que se puede conocer y representar el estado operación de las plantas eléctricas. La forma de medir estas variables depende de la instrumentación presente en los equipos, lo cual se analiza en la siguiente sección.



3.2.2 VARIABLES DE FUNCIONAMIENTO

Este grupo de variables permiten conocer el nivel de funcionamiento del sistema de las plantas eléctricas, indicando si ciertos elementos se encuentran en los valores recomendados. Estas variables permiten evaluar si el grupo electrógeno está operando de la forma adecuada además de brindar información clave al momento de prevenir y diagnosticar fallos.

Para la selección de estas variables se tuvo en cuenta el principio de funcionamiento de las plantas eléctricas, las recomendaciones del fabricante y el modo de alarmas de la unidad de control de los equipos, la importancia de monitorear estas variables se mencionó en la sección 2.4 del capítulo anterior. Entre las variables de funcionamiento seleccionadas se encuentran las variables eléctricas de la planta y de la red además de algunas variables del motor. Estas variables se mencionan en la tabla 3.2.

**Fuente:** El Autor

VARIABLE	COMPONENTE	UNIDADES	DESCRIPCIÓN
Variables eléctricas de la planta	Unidad de transferencia/ Generador	Volts, Amperes, Hertz,..Etc.	Valores eléctricos de la planta tales como tensión, corriente, potencia, ...etc.
Variables eléctricas de la red	Unidad de transferencia	Volts, Amperes, Hertz,..etc.	Valores eléctricos de la red tales como tensión, corriente, potencia, ...etc.
Temperatura del motor	Motor/ Radiador	°F o °C	Temperatura del refrigerante del motor
Presión de Aceite	Motor/ Carter de aceite	PSI	Presión de aceite en el sistema de lubricación
Velocidad del motor	Motor	R.P.M.	Velocidad del eje del motor

**Tabla 3.2** Variables de funcionamiento de las Plantas Eléctricas



A excepción de las variables eléctricas de la red, todas estas variables deben ser medidas en el momento en que las plantas eléctricas se encuentren funcionando. En la actualidad estas variables no están siendo medidas por ninguna de las divisiones debido a que esto implicaría el desplazamiento de personal al lugar de las plantas en el momento de presentarse una falla en el fluido eléctrico.

Como mínimo se requiere que las variables eléctricas a monitorear sean las siguientes:

- Tensiones de línea-línea y línea-neutro.
- Corrientes de línea.
- Frecuencia.
- Potencias (Aparente, activa y reactiva).
- Factor de potencia.

### 3.2.3 VARIABLES NECESARIAS PARA EL FUNCIONAMIENTO

En este grupo de variables se encuentran los niveles de aceite, refrigerante y combustible además de la tensión de las baterías. Estas variables son indispensables para el funcionamiento de las plantas eléctricas.

**Fuente:** El Autor

VARIABLE	COMPONENTE	UNIDADES	DESCRIPCIÓN
Nivel de aceite	Motor/ Carter de aceite	N.A	Indicación si el nivel de aceite se encuentra por debajo del nivel ok
Nivel de refrigerante	Motor/ Radiador	N.A	Indicación si el refrigerante se encuentra por debajo del nivel adecuado
Nivel de combustible	Tanque de combustible	%	Porcentaje de combustible en el tanque
Tensión de las baterías	Baterías	Volts	Tensión de las baterías sin cargador

**Tabla 3.3** Variables necesarias para el funcionamiento de las P.E.



Estas variables son monitoreadas semanalmente por parte de la división de mantenimiento tecnológico. Cabe señalar que se requiere una medición continua del nivel de combustible, indicando el porcentaje de este en el tanque; de los niveles de aceite y refrigerante solo necesita conocerse si están por encima o por debajo de los valores recomendados<sup>17</sup>. La tensión de las baterías debe ser medida sin el cargador<sup>18</sup> funcionando, además se deben tomar medidas de la tensión mientras el equipo esté operando, para tener una lectura real de ésta.

Se considera que el conjunto de variables mencionados en esta sección cubren en gran medida las necesidades de las divisiones de planta física y mantenimiento tecnológico, y con ellas se pueden representar adecuadamente el estado de los grupos electrógenos, así como brindar soporte para las actividades de mantenimiento y diagnóstico de fallos de estos.

El resumen de las variables a integrar y su ubicación se puede observar en la figura 3.1.

**Fuente:** El Autor



**Figura 3.1** Resumen de las variables a integrar

<sup>17</sup> Los valores recomendados se mencionan en la sección 2.4

<sup>18</sup> La medida de la tensión de las baterías con el cargador funcionando solo indicaría la tensión de salida del cargador.



### 3.3 ANÁLISIS DE LA INSTRUMENTACIÓN DE LAS PLANTAS ELÉCTRICAS

Antes de fijar las características de los equipos que conformaran el sistema SCADA, es necesario evaluar la instrumentación que posee actualmente las plantas eléctricas de emergencia, examinando cuales de las variables seleccionadas están siendo sensadas y si los sensores de estas variables pueden integrarse al sistema.

Actualmente las tres plantas eléctricas se encuentran sensando las mismas variables, las cuales son las siguientes:

- Temperatura del refrigerante.
- Presión de aceite.
- Tensión de las baterías.
- Velocidad del motor.
- Tensiones, Corrientes, Potencias Aparentes y frecuencia generadas.
- Horómetro.

Los sensores para estas mediciones vienen de fábrica con los equipos, y se encuentran integrados a las respectivas unidades de control. Como se mencionó en el capítulo 2 estas mediciones son utilizadas por la unidad de control para tomar acciones de protección sobre los equipos.

Las unidades de control (PCC1301) de las plantas de los edificios de ciencias humanas y CENTIC poseen un puerto RS485 y permiten comunicarse con otros dispositivos por medio del protocolo Modbus RTU (10). En el anexo A se brinda información acerca del protocolo Modbus.

#### 3.3.1 MODBUS RTU EN LA UNIDAD DE CONTROL PCC1301

El módulo de control PCC1301 brinda la posibilidad de comunicarse con otros dispositivos mediante el protocolo Modbus RTU, para esto la tarjeta viene provista con un conector molex (TB2 de la tarjeta) de donde se pueden extraer los pines RS485, la tarjeta del módulo PCC1301, el conector TB2 y la configuración de los pines pueden observarse en la figura 3.2. La comunicación mediante el protocolo Modbus RTU viene dada para un cable serial de 2 hilos cuya conexión al conector TB2 del módulo PCC1301 debe ser la siguiente:

- RS485 (+) —→ TB2-3
- RS485 (-) —→ TB2-4



- SHIELD → TB2-1

Fuente: Manual PCC1301 CUMMINS



	Water-4p	5
	RS485-B	4
	RS485-A	3
	B+	2
	Gnd	1
TB2		

Figura3.2 Configuración de los pines de comunicación en el PCC1301

Para la comunicación con dispositivos externos (como PLC) vía Modbus RTU el control PCC1301 ejerce como esclavo y posee la siguiente configuración de fábrica:

- **Rata de baudios:** 19200
- **Bits de datos:** 8
- **Paridad:** par
- **Bit de parada:** 1
- **Dirección de esclavo:** 1

Por medio de la comunicación por Modbus RTU se puede acceder a diversos parámetros y valores del sistema como lo son, el modo y el estado de operación, la presencia de una falla, las alarmas presentes, los valores de las tensiones, corrientes, potencia en KVA, la temperatura del refrigerante, la presión de aceite



y la tensión de la batería, numero de puestas en marcha, horas en funcionamiento,...etc. Además el módulo brinda la posibilidad de encender remotamente la planta eléctrica, así como configurar los parámetros de encendido.

Algunos datos vienen solo de lectura, además de poseer un escalamiento por parte del control, estos valores deben tenerse en cuenta al momento de la adquisición para elaborar el respectivo ajuste (12). Algunos de los valores a visualizar y sus direcciones en el mapa de registro se presentan en la tabla 3.4.

**Fuente:** PCC1301 Modbus Register Map

DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN	R/W	ESCALA	UNIDADES	TIPO	NOTAS
control switch	40010	R			UINT	0=off 1=Run/Manual 2=Auto
State	40011	R			UINT	0=Stopped 1= StartPending 3=Running
FaultType	40013	R			UINT	0=Normal 1=Warning 4=Shutdown
NFPA 110	40016	R			bitmap	ver NFPA 110 bitmap
Van	40018	R	1.0	Volts	UINT	
Vab	40022	R	1.0	Volts	UINT	
V(avg)	40025	R	1.0	Volts	UINT	
Ia	40026	R	0.1	Amps	UINT	
Ia(avg)	40029	R	0.1	Amps	UINT	
KVAa	40040	R	0.1	KVA	UINT	
KVA(total)	40043	R	0.1	KVA	UINT	
Frecuencia	40044	R	0.1	Hz	UINT	
Voltaje batería	40061	R	0.1	Volts	UINT	
Presión aceite	40062	R	1.0	Kpa	UINT	
Temperatura Ref.	40064	R	0.1	C	UINT	
RPM Motor	40068	R	1.0	RPM	UINT	
EngineRuntime	40070	R	1.0	Sec	UINT	
Start/Stop	40300	R/W			UINT	0=Stop 1=Start

**Tabla 3.4** Ejemplos del mapa de registros del PCC1301



Estos equipos cumplen con el estándar NFPA110<sup>19</sup> en la protección, señalización y alarmas del equipo, estas se ven reflejadas en el mapa de bits presentado en la tabla 3.4. Se puede acceder a estos valores por medio de la dirección 40016 del mapa de registro Modbus del módulo PCC1301, con lo cual se puede conocer las alarmas presentes en el grupo electrógeno.

**Fuente:** PCC1301 Modbus Register Map

NFPA 110	
DESCRIPCIÓN	BIT
Alarma común	0 (MSB)
Planta conectada a la carga	1
Planta Corriendo	2
Modo automático off	3
Voltaje alto de la batería	4
Voltaje bajo de la batería	5
Falla en el cargador AC	6
Fallo al arrancar	7
baja temperatura del refrigerante	8
Pre-Alta temperatura del motor	9
Alta temperatura del motor	10
Pre-baja presión de aceite	11
baja presión de aceite	12
Sobre velocidad	13
bajo nivel de refrigerante	14
bajo nivel de combustible	15 (LSB)

**Tabla 3.5** Mapa de bits NFPA 110 del PCC1301

El fabricante recomienda que al momento de comunicarse con el módulo PCC1301 se elabore una petición a la vez, y que entre estas halla un retardo de 30 milisegundos como mínimo. Esto se debe tener en cuenta al momento de configurar la unidad remota.

Como puede observarse la comunicación con el módulo de control PCC1301 se torna la mejor opción para el monitoreo de las variables de interés, debido a que la gran mayoría de estas están siendo sensadas por la unidad de control, restando solamente las variables eléctricas de la red, los switches de nivel del aceite y de refrigerante, el nivel de combustible y el estado de los contactores de la unidad de transferencia.

<sup>19</sup>Standard for emergency and standby power system



En vista de las prestaciones ofrecidas por la unidad de control PCC1301, y como medida de actualización del equipo, se adoptó la medida de incluir en la propuesta del sistema SCADA el cambio del módulo de control de la planta del edificio de Administración 1 por el PCC1301.

A nivel de las unidades de transferencia, todos los contactores de las plantas eléctricas estudiadas poseen contactos auxiliares, el uso de estos se propone como mecanismo para conocer el estado de operación de los contactores de la unidad de fuerza (red y planta).

### **3.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA SCADA**

Antes de seleccionar los equipos que conformaran el sistema SCADA es necesario definir las características básicas que estos deben tener, con el fin de poder cubrir todos los requerimientos del sistema. La correcta definición de estas características permitirá que los elementos del sistema se integren adecuadamente además de facilitar la selección de estos.

En el caso del diseño del sistema SCADA para las plantas eléctricas de la UIS uno de los parámetros base es que la comunicación entre las unidades remotas y la unidad central se haga mediante las redes LAN de la universidad, esto debido a que es el método más práctico y económico en comparación a la implementación de buses de campo.

A continuación se mencionaran las características necesarias de cada uno de los elementos que conformaran el sistema SCADA.

#### **3.4.1 INSTRUMENTACIÓN DE CAMPO**

En la sección anterior se mencionó que las variables a instrumentar son las variables eléctricas de la red y los niveles de aceite, refrigerante y combustible. Los elementos de medida no deben interferir en el funcionamiento del sistema y deben operar en las condiciones presentes en las plantas eléctricas.

- **Sensor de nivel del refrigerante:** Como del nivel de refrigerante solo es necesario conocer si está por encima o por debajo de cierto nivel, por lo cual este sensor puede ser digital o mecánico con salida de contacto, donde la salida cuando esté por encima del nivel seleccionado sea el nivel alto o contacto cerrado, con el fin de poder detectar un fallo en este. El elemento debe ser capaz de soportar temperaturas hasta de 120 grados centígrados y una presión de 15 PSI (7).



- **Sensor de nivel de aceite:** al igual que el sensor de nivel del refrigerante se requiere que este sea un detector tipo switch pues no es necesario conocer el nivel exacto de aceite. Este elemento debe soportar temperaturas de hasta 120 grados centígrados(7).
- **Sensor de nivel de combustible:** este elemento de poder reflejar el nivel continuo de combustible en el tanque. El sensor debe presentar una señal de salida de 0-10 Volts o de 4-20 mA, presentar una tensión de alimentación de 24 Volts y capaz de medir diesel (ACPM).
- **Variables eléctricas:** estas variables deben ser medidas por un dispositivo que soporte tensiones hasta de 165 V entre fase y neutro, y 330 V en tensiones de línea, además debe presentar un display para visualizar los valores en la unidad de transferencia donde estará montado.
- **Tensión de las baterías:** para medir correctamente la tensión de las baterías se utilizara un contacto cerrado de un contactor en el circuito de carga, este contacto se abrirá cada vez que se efectuó la medición de la tensión de la batería. El contactor será controlador por medio de la unidad remota.

### 3.4.2 UNIDADES REMOTAS

Las unidades remotas para el sistema SCADA deben poder utilizarse como maestros de Modbus RTU para comunicarse con los módulos de control PCC1301, además deben presentar una interfaz Ethernet para comunicarse con la unidad maestra.

A nivel de entradas y salidas, estos equipos deben presentar por lo menos una entrada analógica (sensor de nivel de combustible) y 4 entradas digitales (Nivel de aceite, Nivel de refrigerante, contactor de red y contactor de planta), además debe poseer salidas a relé para poder operar el contactor del cargador de baterías así como los contactores de la unidad de transferencia, esto se presenta como opción para que la unidad remota pueda hacer las veces de control de transferencia al momento de presentarse un daño en estas.

Como la carga operacional que van a soportar las unidades remotas es baja, debido a que no van tomar múltiples acciones de control, sino más bien labores de adquisición de datos, se considera recomendable la selección de PLC gama baja como unidades remotas, a fin de no sobredimensionar el sistema y disminuir los costos.



### **3.4.3 SISTEMA DE COMUNICACIÓN**

Como se mencionó en el principio de esta sección, se escogió que la comunicación entre la unidad maestra y las unidades remotas sea mediante Ethernet, esta selección se basó en que esta es la solución más económica y practica dada la infraestructuras existente y la distancia que separa los equipos.

### **3.4.4 UNIDAD MAESTRA**

Para la unidad maestra se recomienda un ordenador de escritorio cuyas características vendrán dadas por los requerimientos del software SCADA seleccionado. Se recomienda el uso de una UPS como respaldo de energía para la unidad maestra de forma tal que no deje de operar por mucho tiempo durante la presencia de una falla en el fluido eléctrico.

Debido a que el sistema no es tan crítico ni complejo, no se requiere redundancia de este, y por tanto equipos de respaldo

### **3.4.5 SOFTWARE SCADA**

Para la selección del software SCADA se debe tener en cuenta la capacidad para comunicarse con las unidades remotas seleccionadas, además de ofrecer las siguientes prestaciones a fin de satisfacer los requerimientos expuestos en la sección 3.1.

- Registro histórico de variables
- Generación de reportes
- Acceso mediante navegador web
- Gestión de usuarios

Otro parámetro a tener en cuenta es el número de TAGS a utilizar en el sistema a fin de adquirir la licencia adecuada. Para el sistema SCADA de las plantas eléctricas de la UIS se prevén un total de 185 TAGS inicialmente sin contar variables eléctricas adicionales que pueda proveer el analizador de red encargado de la medición de estas, además se deben dejar TAGS adicionales para futuras ampliaciones (adición de otras plantas eléctricas) al sistema SCADA. El número total de TAGS y su descripción se presentan en la tabla 3,6.



Fuente: El Autor

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	NUMERO DE TAGS
Variables eléctricas de la red	Tensiones	18
	Corrientes	9
	Frecuencia	9
	Potencia Activa	12
	Potencia Aparente	12
	Potencia Reactiva	12
	Factor de potencia	12
Variables eléctricas de la planta	Tensiones	18
	Corrientes	9
	Frecuencia	9
	Potencia Aparente	12
Variables transferencia	Estado de los contactores	8
Variables de nivel	aceite, refrigerante y combustible	9
Variables del motor	temperatura, presión y velocidad	9
Variables de estado	estado, modo de operación, horómetro, No arranques y arranque remoto	15
Variables de fallas	fallas PCC1301 y NFPA110	6
Tensión de la batería	tensión, contactor del cargador	6
<b>NÚMERO TOTAL DE TAGS</b>		<b>185</b>

**Tabla 3.6** Descripción de los TAGS del sistema SCADA

## **4. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA**

En este capítulo se presenta una propuesta para la implementación del sistema SCADA en las plantas eléctricas ya mencionadas. En esta propuesta se elabora una selección de los equipos que conforman el sistema, indicando los criterios que se utilizaron para esto. La propuesta incluye una metodología para la implementación, la cual consta de cuatro fases de desarrollo, además se presenta un presupuesto tentativo del costo del proyecto.

Al final del capítulo se incluye los pasos para la formulación de un proyecto para el Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS (BPPIUIS), mencionando las características y requisitos deben tener este tipo de proyectos para la inclusión en esta modalidad. En base a esta información se formuló la propuesta que se incluyó en el BPPIUIS, la cual se presenta en el anexo D.

### **4.1 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA SCADA**

Para la selección de los equipos que conforman el sistema SCADA se tuvieron en cuenta las características establecidas en la sección 3.4 además de ciertas recomendaciones elaboradas por la división de mantenimiento tecnológico para que el montaje de los componentes sea lo más cómodo y no interfiera con el funcionamiento normal del sistema .

La metodología utilizada para la selección fue presentar una serie de alternativas que cumplieran las características definidas en el capítulo anterior para algunos de los componentes (los más importantes), y luego en base a unos criterios, los cuales se mencionan en cada sección, se selecciona el componente que mejor se adapte al sistema.

### 4.1.1 INSTRUMENTACIÓN DE CAMPO

En el capítulo anterior se mencionó que las variables pendientes a instrumentar, entre las cuales se encuentran las variables eléctricas de la red y los niveles de aceite, combustible y refrigerante.

#### 4.1.1.1 VARIABLES ELÉCTRICAS

Para la medición de las variables eléctricas de la red se buscó en el mercado analizadores de red y multímetros avanzados que además de medir las variables mencionadas en la sección 3.2.2, presentaran la capacidad de comunicarse con otros elementos. En la tabla 4.1 se presentan tres dispositivos con estas características.

**Fuente:** El Autor

		
<p><b>Referencia:</b> Power ION6200</p>	<p><b>Referencia:</b> POWER ION 7550</p>	<p><b>Referencia:</b> SentronPAC4200</p>
<p><b>Fabricante:</b> Schneider</p>	<p><b>Fabricante:</b> Schneider</p>	<p><b>Fabricante:</b> Siemens</p>
<p><b>Alimentación:</b> 110 - 240 Vac</p>	<p><b>Alimentación:</b> 110 - 240 Vac</p>	<p><b>Alimentación:</b> 110 - 240 Vac</p>
<p><b>Variables Medidas:</b> Tensiones, corrientes, frecuencia, potencias, factor de potencia y ángulos de fase</p>	<p><b>Variables Medidas:</b> Tensiones, corrientes, frecuencia, potencias, factor de potencia, distorsión armónica, contadores, ángulos de fase y captura de onda</p>	<p><b>Variables Medidas:</b> Tensiones, corrientes, frecuencia, potencias, factor de potencia, distorsión armónica, contadores, ángulos de fase y desplazamiento</p>
<p><b>Comunicación:</b> Modbus RTU</p>	<p><b>Comunicación:</b> Modbus TCP</p>	<p><b>Comunicación:</b> Modbus TCP</p>
<p><b>Precio:</b> 1.996.105,00 COP</p>	<p><b>Precio:</b> 14.758.579,00 COP</p>	<p><b>Precio:</b> 2.407.000,00 COP</p>

**Tabla 4.1** Comparación equipos de medida de variables eléctricas



Entre estas opciones se seleccionó el Sentron PAC4200 debido a que este proporciona información de una mayor cantidad de variables en comparación al Power ION6200, el cual posee un precio en el mismo rango, además este equipo presenta un interfaz Ethernet y se comunica mediante el protocolo Modbus TCP, por lo cual se podría acceder a este directamente desde la MTU. El equipo Power ION7550 se descartó debido a su alto costo a pesar de las excelentes prestaciones que este ofrece.

La capacidad de comunicación del Sentron PAC4200 permite clasificarlo como un IED, este equipo se ubicaría en la unidad de transferencia de las plantas eléctricas permitiendo visualizar en campo el valor de las diversas variables que este mide. En el anexo B se presentan unas pruebas realizadas para validar la comunicación.

Debido a que las medidas de corriente se deben elaborar por medio de transformadores de corriente, se seleccionó un transformador tipo ventana que permitiera el montaje en las platinas del barraje de cada unidad, para esto se tuvo en cuenta que el ancho promedio de las platinas es de 2,5 cm, además del valor de corriente máxima que circula en cada edificio. El transformador de corriente seleccionado y sus características se presentan en la tabla 4.2

**Fuente:** El Autor

	
<b>Fabricante</b>	Atel
<b>Tipo</b>	Ventana
<b>Relación</b>	1000 - 5 A
<b>Clase de precisión</b>	0.5
<b>Diámetro interno Max</b>	85 mm
<b>Precio</b>	92.000,00

**Tabla 4.2** Transformador de corriente

Para brindar mayor confiabilidad a los valores medidos, los transformadores de corriente se cotizaron con el protocolo de calibración respectivo.



4.1.1.2 NIVEL DE COMBUSTIBLE

En la selección del sensor de nivel para el combustible se tuvo en cuenta que este admitiera la medición de acpm, además de elaborar una medición continua del nivel. Entre los múltiples sensores se seleccionaron tres alternativas las cuales se presentan en la tabla 4.3, el rango de medición de estos sensores está acorde con las alturas de los tanques presentadas en el capítulo 2.

Fuente: El Autor

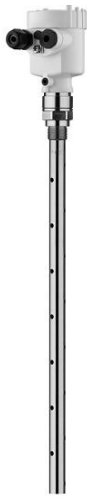


		
<b>Fabricante:</b> VEGA	<b>Fabricante:</b> IFM	<b>Fabricante:</b> EGE
<b>Tecnología:</b> Radar Guiado	<b>Tecnología:</b> Radar Guiado	<b>Tecnología:</b> Ultrasonido
<b>Rango:</b> 0,15 - 6 m	<b>Rango:</b> 0,04 - 1,6 m	<b>Rango:</b> 0,2 - 1,5 m
<b>Alimentación:</b> 20 - 72 VDC	<b>Alimentación:</b> 18 - 30 VDC	<b>Alimentación:</b> 18 - 30 VDC
<b>Resolución:</b> 1 mm	<b>Resolución:</b> 0,5 mm	<b>Resolución:</b> 1 mm
<b>Señal de salida:</b> 4-20 mA , HART	<b>Señal de salida:</b> 4-20 mA, 0-10 VDC	<b>Señal de salida:</b> 4-20 mA
<b>Precio:</b> 6.522.339,00 COP	<b>Precio:</b> 1.421.992,00 COP	<b>Precio:</b> 1.490.000,00 COP

Tabla 4.3 Comparación sensores de nivel de combustible

Entre estas opciones se optó por el sensor marca IFM pues este presenta una mejor resolución, además de incluir un indicador ajustable. A nivel económico este sensor representa la opción de menor costo.

Para la conexión de este se requiere una sonda y un tubo coaxial cuyas medidas van de acuerdo a las dimensiones de cada tanque. El resumen del sensor y las medidas de las sondas y el tubo coaxial se presentan en la tabla 4.4.



Fuente: El Autor

Sensor de nivel IFM: Conexión 3/4 NPT				
Elemento	Referencia	medidas CENTIC	Medidas C.H	Medidas Admin. 1
Sensor	LR3000	N.A	N.A	N.A
Sonda	E43207	0.79 m	0.99 m	0.97 m
Tubo Coaxial	E43220	0.79 m	0.99 m	0.97 m

Tabla 4.4 Medidas del sensor de nivel de combustible

### 4.1.1.3 NIVEL DEL REFRIGERANTE

Debido a que del nivel del refrigerante del motor solo se requiere saber si está por encima de cierto nivel, se definió que el sensor de nivel sea tipo Switch y que cumpliera con las características mencionadas en el capítulo anterior. Las opciones preseleccionadas se mencionan en la tabla 4.5

Fuente: El Autor



	
<b>Referencia:</b> FD45BU1	<b>Referencia:</b> HT-PP-10
<b>Fabricante:</b> Fine-Tek	<b>Fabricante:</b> EBC
<b>Temp. máxima:</b> 200 °C	<b>Temp máxima:</b> 130 °C
<b>Presión Máxima:</b> 170 PSI	<b>Presión Máxima:</b> 15 PSI
<b>Salida:</b> Contacto N.C o N.O	<b>Salida:</b> Contacto N.C o N.O
<b>Precio:</b> 60.000,00 COP	<b>Precio:</b> 35.000,00 COP

Tabla 4.5 Comparación sensor de nivel del refrigerante.

La opción seleccionada fue el sensor marca Fine-Tek, debido a que este a pesar de no ser la opción más económica, soporta mayores temperaturas y niveles de presión (los valores del sensor marca EBC están muy cercanos a los límites), además de ser de un material más resistente (Acero inoxidable).



El sensor se selección de montaje vertical y con conexión 3/4 NPT<sup>20</sup>, con un contacto normalmente abierto para así poder detectar fallas en el dispositivo.

**4.1.1.4 NIVEL DE ACEITE**

El sensor para esta aplicación fue cotizado directamente con TRIENERGY quien es el distribuidor de las plantas eléctricas, esto se hizo por comodidad para el montaje pues el sensor viene fabricado para el motor. En la cotización se incluye el valor del sensor, el kit de instalación y el servicio de montaje, estos valores pueden observarse en la tabla 4.6

**Fuente:** TRIENERGY

Ítem	Cantidad	Descripción	V. Unitario	V. Total
1	1	Indicador Interruptor De Nivel	268.000	268.000
2	1	Kit Montaje Indicador	120.000	120.000
3	1	Valor del Servicio Adaptación Interruptor	220.000	220.000
		<b>Subtotal</b>		<b>608.000</b>

**Tabla 4.6**Valores sensor de nivel de aceite

**4.1.1.5 TENSIÓN EN LAS BATERÍAS**

Para medir la tensión real en las baterías se decidió conectar el cargador de las baterías a estas por medio de un contacto cerrado de un contactor, este contactor será controlado por la unidad remota y abrirá el circuito de carga en el momento elaborar las medidas. Hay que tener en cuenta que la corriente de carga va entre 3 y 5 amperios, y este valor debe ser soportado por los contactos del contactor.

**4.1.2 UNIDADES REMOTAS**

Las unidades remotas para el sistema SCADA deben permitir configurarse como maestros de Modbus RTU, además de las características mencionadas en el capítulo anterior. En base a estas características se plantean tres PLC como opciones, los cuales se han configurado para que cumplan los requerimientos planteados incluyendo la interfaz Ethernet. Los datos de estos equipos se presentan en la tabla 4.7

<sup>20</sup>Rosca Americana cónica para tubos.



Fuente: El Autor

		
<b>Referencia:</b> S7-1200 CPU1214 DC/DC/RELÉ	<b>Referencia:</b> TWDLCE40DRF	<b>Referencia:</b> SNAP-PAC-R1
<b>Fabricante:</b> Siemens	<b>Fabricante:</b> Schneider	<b>Fabricante:</b> OPTO 22
<b>Alimentación:</b> 24-30 VDC	<b>Alimentación:</b> 19.2-30 VDC	<b>Alimentación:</b> 5VDC @ 1.5A
<b>Módulos Adicionales:</b>	<b>Módulos Adicionales:</b>	<b>Módulos Adicionales:</b>
CM1214 (MODBUS) \$ 198	TM2AMI2HT(2 A.I.) \$ 510	SCM-485 (MODBUS) \$ 450 SNAP-IDC-16 (16 D.I) \$ 200 SNAP-AIMA-4 (4 A.I) \$ 350 SNAP-OAC5 (4 D.O) \$ 60
<b>Entradas digitales:</b> 14	<b>Entradas digitales:</b> 24	<b>Entradas digitales:</b> 16
<b>Entradas analógicas:</b> 2	<b>Entradas analógicas:</b> 2	<b>Entradas analógicas:</b> 4
<b>Salidas digitales:</b> 10 relé	<b>Salidas digitales:</b> 14 relé y 2 T	<b>Salidas digitales:</b> 4 relé
<b>Software Programación:</b>	<b>Software Programación:</b>	<b>Software Programación:</b>
Step 7 Basic \$ 550 USD	Twido Suite (Gratis)	Pac Control Basic (Gratis)
<b>Precio:</b> \$ 1139 USD	<b>Precio:</b> \$ 1404.32 USD	<b>Precio:</b> \$ 2206 USD

**Tabla 4.7** Comparación de los PLC

Como se puede observar todos los equipos presentan características similares, mas sin embargo se seleccionó el PLC S7-1200 debido a que este representa la opción más económica. Adicionalmente, Siemens ofrece un paquete universitario por un precio de \$ 1910 USD, el cual contiene los siguientes elementos:

- 6 x S7-1200 CPU 1214 DC/DC/Relé
- 6 x Step 7 Basic, single license
- 6 x SB1232 (Salidas Analógicas), 1 A.O
- 6 x Cables RJ45 de 6 metros



- 6 x SIM1274 (simulador) 8 canales

Como se puede observar con esta opción se presenta un ahorro significativo en el costo de los equipos; debido a que para el sistema SCADA se necesitan tres PLC los otros quedarían para futuras expansiones.

#### 4.1.3 SOFTWARE SCADA

El software SCADA es la parte más importante de un sistema de este tipo, y por ende se debe tener especial cuidado en la selección de este. En la actualidad existe una gran cantidad de software SCADA, en donde la mayoría ofrecen prestaciones similares y estas deben seleccionarse de acuerdo a las características y requerimientos del sistema.

Para la selección del software del sistema SCADA de las plantas eléctricas de emergencia de la UIS se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- **Prestaciones ofrecidas:** El software debe ofrecer como mínimo un registro histórico de datos, presentación y configuración de informes, gestión de alarmas y acceso mediante navegador web.
- **Compatibilidad con los equipo seleccionados:** en base a los equipos previamente seleccionados, el software SCADA de poseer el driver para la comunicación por Modbus TCP<sup>21</sup>, para comunicarse con el Sentron PAC4200, y con el PLC Siemens S7-1200.
- **Numero de TAGS:** en la sección 3.4.5 se mencionó que el número de TAGS iniciales eran 185, pero este valor aumento debido a que el Sentron PAC4200 ofrece 15 variables más de interés por lo tanto el número de TAGS aumenta a 230 TAGS.
- **Escalabilidad:** el programa debe permitir elaborar futuras expansiones, debido al interés por parte de las divisiones de mantenimiento tecnológico y planta física de establecer el monitoreo remoto de otros sistemas de la universidad, como por ejemplo las subestaciones eléctricas.

En base a estas características se seleccionaron tres alternativas de software SCADA elaboradas por empresas reconocidas, las cuales se adaptaron a los requerimientos expuestos. Las tres alternativas son los programas WonderwareIntouch, Citect SCADA y Winccuyos datos se presentan en la tabla 4.8


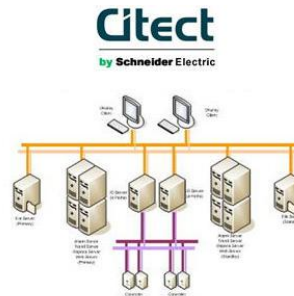

---

<sup>21</sup> Tipo de protocolo Modbus basado en la transmisión de paquetes por TCP/IP, en el anexo A se presenta mayor información de este protocolo.



Universidad Industrial de Santander

Fuente: El Autor

		
<b>Software:</b> Intouch V10.1	<b>Software:</b> CitectSCADA V7.2	<b>Software:</b> WinCC V7.0
<b>Fabricante:</b> Wonderware	<b>Fabricante:</b> Schneider	<b>Fabricante:</b> Siemens
<b>Tipo de Plataforma:</b> Abierta	<b>Tipo de Plataforma:</b> Propietaria	<b>Tipo de Plataforma:</b> Propietaria
<b>No de TAGS (Licencia):</b> 500	<b>No de TAGS (Licencia):</b> 500	<b>No de TAGS (Licencia):</b> 512
<b>Escalabilidad:</b> Alta	<b>Escalabilidad:</b> Alta	<b>Escalabilidad:</b> Media
<b>Contiene:</b>	<b>Contiene:</b>	<b>Contiene:</b>
Historian Standart V10.0	Citect Runtime	WinccRuntime y Configurator
Info. Server V4.0	Citect Historian	Wincc Web navigator
<b>Precio:</b> \$ 23538 USD	<b>Precio:</b> \$5500 USD	<b>Precio:</b> \$ 5200 USD

**Tabla 4.8**Comparación de programas SCADA

Entre estas opciones se seleccionó el software WinCC V7.0 debido a que este brinda una mayor cantidad de TAGS y representa la opción más económica de las tres. A pesar de no poseer una alta escalabilidad, este software se ajusta de manera adecuada a los componentes previamente seleccionados.

Adicionalmente Siemens ofrece un paquete universitario por un valor de 4.946.000,00 COP el cual incluye los siguientes elementos.

- 6 x WinCC V7.0 versión completa de 2048 TAGS
- 6 x WinCC Web NavigatorDiagnostic server

Este paquete representa una opción muy económica, además de presentar una amplia capacidad de expansión debido al alto número de TAGS que incluye, las otras cinco licencias podrán ser utilizados en futuros proyectos.



#### 4.1.4 UNIDAD MAESTRA MTU

La unidad maestra para el sistema SCADA será un ordenador que se adapte a los requisitos del software SCADA, este equipo se encargara de almacenar los datos del sistema, así como ejecutar el runtime y todos los servicios del programa. En el caso de WinCC los requisitos del hardware del PC son los siguientes:

- Procesador: Dual core de 3.4 GHz.
- Memoria: 2 GB de RAM.
- Sistema Operativo: Windows XP, Vista, Seven o Server 2003.
- Disco Duro: 250 Gb.

En base a estos requisitos se seleccionó el ordenador Dell Optiplex 980 con las características que se presentan en la tabla 4.9.

**Fuente:** El Autor


<b>Referencia:</b> Optiplex 980 MT
<b>Fabricante:</b> DELL
<b>Procesador:</b> Intel® Core™ i5-650 (3.20GHz, 4MB Caché)
<b>Sistema Operativo:</b> Windows 7 Profesional 32 bits
<b>Disco Duro:</b> 1 Tera Bytes 7200 RPM
<b>Precio:</b> COP\$2.497.516

**Tabla 4.9**Unidad maestra seleccionada

Los elementos seleccionados en esta sección representan los componentes más importantes del sistema y como tal, son una alternativa para la implementación de este. De acuerdo a los elementos seleccionados, el sistema SCADA propuesto para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1 de la UIS puede representarse con el esquema de la figura 4.1

Fuente: El Autor

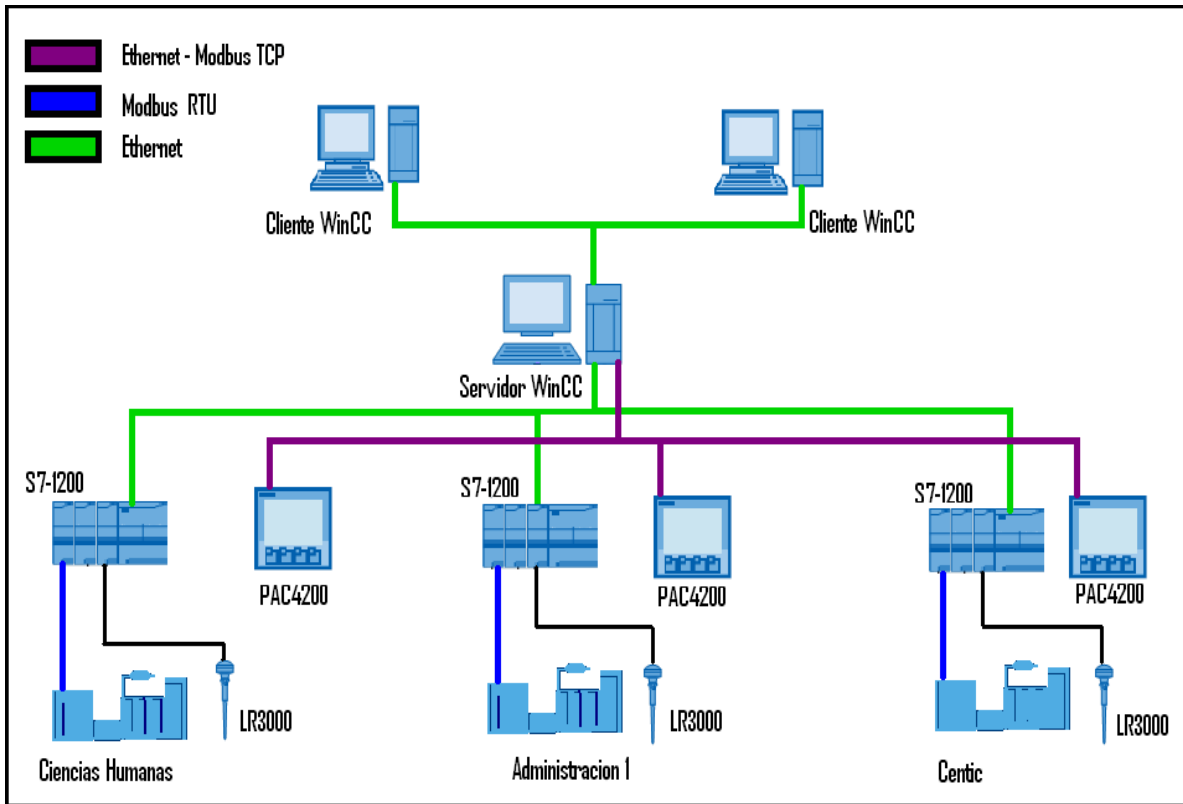


Figura 4.1 Esquema del sistema SCADA propuesto

## 4.2 FASES DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA

Para la implementación del sistema SCADA se propone una metodología que consta de cuatro fases, las cuales se llevarían a cabo después de adquirir los equipos seleccionados. A continuación se describe cada una de estas fases incluyendo los tiempos estipulados para su cumplimiento.

### 4.2.1 INGENIERÍA DE DETALLE

En esta fase se elaborara un estudio acerca de la instalación de los equipos, definiendo los elementos necesarios para el montaje, así como elaborando los planos de éste. Esta fase duraría alrededor de siete días ordinarios y sería desarrollada por un ingeniero eléctrico o electrónico, esta estimación se debe al bajo número de equipos a instalar.

Los ítems que deben resultar de la ingeniera de detalle son los siguientes:

- Planos de instalación



- Diagrama de conexionado de cada uno de los dispositivos
- Listado y cantidad de materiales(tubería, cableado, cajas y accesorios)

#### **4.2.2 INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS**

Posterior a la ingeniería de detalles vendrá una fase donde se instalaran los elementos del sistema SCADA (instrumentación, controladores, gabinetes y unidad maestra), cumpliendo los lineamientos fijados en la fase previa. Esta fase se llevaría a cabo por parte de un ingeniero electrónico o eléctrico y un técnico instrumentista o electricista El tiempo estipulado para el desarrollo de esta fase es de 7 días ordinarios.

#### **4.2.3 CONFIGURACIÓN DE LOS PLC Y EL SOFTWARE SCADA**

Una de las partes más importante de la implementación del sistema SCADA es la configuración de las unidades remotas y del software SCADA. En el caso de este proyecto es necesario la configuración y programación de tres PLC de acuerdo a los lineamientos establecidos en el capítulo anterior, es importante recalcar que solo se debe hacer una petición por vez al módulo de control PCC1301 y que estas deben estar separadas por un tiempo de 30 milisegundos como mínimo, así mismo se debe configurar que al momento de hacer la lectura de la tensión de las baterías, se debe accionar el contactor del cargador para obtener una lectura real.

La configuración y programación de los PLC se llevaría a cabo por un ingeniero electrónico en un plazo de 5 días ordinarios, esto teniendo en cuenta que la configuración de los tres equipos es prácticamente la misma. A nivel del software SCADA la configuración la elaboraría un ingeniero electrónico, de acuerdo a las requerimientos que le sean exigidos por parte de las divisiones de mantenimiento tecnológico y planta física. El tiempo estimado para la configuración del software SCADA es de siete días ordinarios.

#### **4.2.4 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL**

Posterior a la configuración y puesta en marcha del sistema SCADA se debe capacitar al personal designado para el uso y mantenimiento de los elementos del sistema, así como el acceso y control de los usuarios al runtime del software SCADA. El tiempo estipulado para realizar la capacitación al personal es de tres días hábiles.



### 4.3 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

En esta sección se presenta el presupuesto de la implementación del sistema SCADA, incluyendo el valor de los equipos así como los costos de obra. Este presupuesto es necesario para poder incluir la propuesta en el banco de programas y proyectos de inversión de la UIS.

El presupuesto se presenta describiendo cada componente del sistema y presentando la cantidad de cada uno de ellos, los valores del presupuesto están dados en pesos Colombianos (COP).

**Fuente:** El Autor

PRESUPUESTO INSTRUMENTACIÓN					
ÍTEM	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Sensor de nivel (aceite)	FD45BU1 Mini control de nivel metálico 60 mm Marca: Fine-Tek	3	\$ 60.000	\$ 180.000
2	Sensor de nivel (Combustible)	LR3000 Radar guiado con indicador G 3/4 1 Salida analógica Marca: IFM	3	\$ 916.800	\$ 2.750.400
3	Sonda sensor de nivel (Combustible)	E43207 longitud 0,79 m longitud 0,99 m longitud 0,97 m Marca: IFM	1 1 1	\$ 137.760	\$ 413.280
4	Tubo Coaxial sensor de nivel (Combustible)	E43220 longitud 0,79 m longitud 0,99 m longitud 0,97 m Marca: IFM	1 1 1	\$ 312.480	\$ 937.440
5	Indicador de nivel (Aceite)	1 Contacto N.A Indicador + Kit +instalación Marca: Cummins	3	\$ 608.000	\$ 1.824.000



PRESUPUESTO INSTRUMENTACIÓN (CONTINUACIÓN)					
ÍTEM	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CNT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
6	Analizador de red	Sentron PAC4200 Multimetro + 1 puerto Ethernet (Modbus TCP) 110-220 VAC Marca: SIEMENS	3	\$ 2.400.700	\$ 7.221.000
7	Transformadores de corriente	Trans1000 Tipo ventana de 1000/5 A diámetro max 85 mm protocolo de calibración Marca: ATEL	9	\$ 92.000	\$ 828.000
8	Protecciones SentronPAC4200	base porta fusibles Marca: ABB	12	\$ 11.300	\$ 135.600
9		Fusibles 10 Amp 500 V Marca: Protecontrol	9	\$ 4.866	\$ 43.794
10		Fusibles 1 Amp 500 V Marca: Bussman	3	\$ 4.866	\$ 14.598
11		Breaker 10 Amp Marca: Schneider	3	\$ 8.740	\$ 26.220
12	Módulo de control	PCC1301 Control + Kit + Montaje Marca: Cumins	1	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
13	Contactador (tensión batería)	Contactador 12 Amp 2 N.C	3	\$ 42.672	\$ 128.016
14	Cable Comunicaciones	RS485 Belden 120Ω Valor tentativo	30	\$ 7.500	\$ 225.000
15	Cable Potencia / AC	AWG 2x2x12 Valor tentativo	60	\$ 2.500	\$ 150.000
16	Cable Potencia / DC	AWG 2x2x12 Valor tentativo	30	\$ 2.500	\$ 75.000
17	Cable Instrumentación	AWG 4x2x22 Instrument. Valor tentativo	60	\$ 7.000	\$ 420.000
18	Consumibles y accesorios				\$ 600.000
<b>TOTAL</b>					\$ 20.600.364,00 COP

**Tabla 4.10** Presupuesto equipos de instrumentación



Fuente: El Autor

PRESUPUESTO UNIDADES REMOTAS					
ÍTEM	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
19	PLC S7-1200	Paquete universitario 6 x S71200 CPU 1214 DC/DC/relé Marca: Siemens	1	\$ 3.435.000	\$ 3.435.000
20	Módulo de comunicación	CM 1214 (Modbus) RS485 Marca: Siemens	3	\$ 370.000	\$ 1.110.000
21	Fuente	PM 1207 120/230 VAC Salida 24 VDC, 2.5 Amp Marca: Siemens	3	\$ 315.000	\$ 945.000
22	Gabinete	gabinetes tipo ML dimensiones: 70x50x50 cm Valores tentativos	3	\$ 600.000	\$ 1.800.000
23	Accesorios	Breaker 10 Amps Riel DIN Porta cables	3	\$ 100.000	\$ 300.000
24	UPS	UPS 1 KVA Regula Interactiva Marca: Powercom	4	\$ 360.000	\$ 1.080.000
<b>TOTAL</b>					\$ 8.670.000,00 COP

**Tabla 4.11** Presupuesto unidades remotas

Fuente: El Autor

PRESUPUESTO COMUNICACIONES					
ÍTEM	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
25	Puntos de red	2 Puntos CENTIC 2 Puntos C.H 2 Puntos Administración 1	6	\$ 210.000	\$ 1.260.000
<b>TOTAL</b>					\$ 1.260.000,00 COP

**Tabla 4.12** Presupuesto Sistema de Comunicaciones



Fuente: El Autor

PRESUPUESTO UNIDAD MAESTRA Y SOFTWARE SCADA					
ÍTEM	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
26	Software SCADA	Paquete universitario 6 X WinCC V7.0 2048 TAGS	1	\$ 4.946.000	\$ 4.946.000
27	Workstation	Dell Optiplex 980 MT Procesador i5-650 Disco Duro 1T	1	\$ 2.497.516	\$ 2.497.516
28	Impresora	Dell 1230c impresora laser	1	\$ 1.026.586	\$ 1.026.586
29	UPS	UPS 1 KVA Regula Interactiva Marca: Powercom	1	\$ 360.000	\$ 360.000
<b>TOTAL</b>					\$ 8.830.102,00 COP

**Tabla 4.13** Presupuesto del Software SCADA y la MTU

En las tablas 4.10 – 4.13 se presentaron los presupuestos para los elementos del sistema SCADA, algunos de los elementos están sometidos a confirmación por parte de la ingeniería de detalle. Los valores del costo de obra se presentan en la tabla 4.14.

Fuente: El Autor

ÍTEM	SERVICIO	RECURSO HUMANO	TIEMPO (DÍAS)	COSTO
30	Ingeniería de detalle	1 ingeniero electricista 1 ingeniero electrónico	7	\$ 1.200.000,00
31	Instalación instrumentación y PLC	1 ingeniero electrónico 1 técnico instrumentista	7	\$ 1.000.000,00
32	Figuración gabinete	1 Técnico electricista	2	\$ 500.000,00
33	Configuración y programación de los PLC	1 ingeniero electrónico	5	\$ 1.200.000,00
34	Programación Software SCADA	1 ingeniero electrónico	7	\$ 2.400.000,00
<b>TOTAL</b>				\$ 6.300.000,00 COP

**Tabla 4.14** Costo de obra de la propuesta



El consolidado de los costos del proyecto se presenta en la tabla 4.15, en esta se incluyó un 5 % de imprevistos debido a que el valor de gran parte de los elementos del sistema se rige por el precio del dólar.

**Fuente:** El Autor

CONSOLIDADO DE COSTOS	
Instrumentación	\$ 20.600.364,00
Unidades Remotas	\$ 8.670.000,00
Comunicaciones	\$ 1.260.000,00
Software SCADA y MTU	\$ 8.830.102,00
Costos de obra	\$ 6.300.000,00
Subtotal	\$ 45.660.466,00
Imprevistos (5%)	\$ 2.283.023,30
IVA (16%)	\$ 7.670.958,29
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 55.614.447,59</b> COP

**Tabla 4.15** Costos totales de la propuesta

Se espera que los costos de este proyecto sean suministrados por la universidad por medio del banco de programas y proyectos de inversión. La formulación del proyecto para esta entidad se describe en la siguiente sección.

#### 4.4 FORMULACIÓN DE PROYECTOS PARA LA BPPIUIS

En la presente sección se describen los pasos para el ingreso de un proyecto en el banco de programas y proyectos de inversión de la UIS. Esto tiene como fin la comprensión del proceso de formulación para el posterior ingreso de la propuesta de implementación del sistema SCADA.

El BPPIUIS es un mecanismo que posee la universidad para la inversión de proyectos académicos o institucionales, los cuales por su alto costo no pueden ser realizados directamente por las unidades académicas o departamentos de la universidad. El banco de proyectos hace parte de la división de planeación de la UIS.

En sus inicios la formulación de proyectos para el BPPIUIS solo se podía realizar de forma impresa, sin embargo en la actualidad se realiza por medio de la intranet diligenciando unos formatos que son suministrados por el banco de proyectos. Así mismo, los proyectos eran clasificados según su monto de



inversión en A, B y C, en donde los proyectos tipo A presentaban inversiones superiores a los 180 salarios mínimos legales vigentes.

En la actualidad solo existen proyectos tipo A, y estos ya no presentan límites en los montos de inversión. La formulación de estos proyectos consiste en el diligenciamiento de 21 formatos, los cuales contienen información acerca del problema, la solución planteada, presupuesto y efectos del proyecto.

El contenido de estos formatos se diligencio en base a la información de los cuatro capítulos de este trabajo de grado. Estos formatos debidamente diligenciados se presentan en el anexo D.

La formulación de proyectos en el banco de programas y proyectos de inversión se divide en tres módulos con sus respectivos formatos, los cuales serán descritos a continuación.

#### 4.4.1 MODULO 1: IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En este módulo se plantea el proyecto a realizar, partiendo del problema o necesidad a solventar. El problema se relaciona con la falta de bienes y/ó servicios, el suministro inadecuado de estos bienes, su mala calidad, o la necesidad de mantener por un periodo adicional de tiempo la oferta actual.

Los formatos que conforman este módulo, tienen una secuencia lógica que permitirá describir y concretar el problema que se requiere solucionar, estudiar las principales variables de oferta y demanda, y generar a partir de esto las posibles soluciones al problema planteado. Este módulo consta de nueve formatos los cuales son mencionados a continuación:

- **FORMATO ID 01:** DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA O NECESIDAD
- **FORMATO ID 02:** OBJETIVOS DEL PROYECTO
- **FORMATO ID 03:** POBLACIÓN Y ZONA AFECTADA, Y POBLACIÓN OBJETIVO DEL PROYECTO
- **FORMATO ID 04:** DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y SU EVOLUCIÓN.
- **FORMATO ID 05:** DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD O PROBLEMA
- **FORMATO ID 06:** CUANTIFICACIÓN DE LA DEMANDA Y OFERTA DEL BIEN Y/O SERVICIO, Y DETERMINACIÓN DEL DÉFICIT (depende de la aplicación).



- **FORMATO ID 07:** PRINCIPALES ALTERNATIVAS DEL PROYECTO
- **FORMATO ID 08:** DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS
- **FORMATO ID 02:** CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Es importante que el contenido de estos formatos sea claro y conciso, además que el contenido este bien estructurado.

#### 4.4.2 MODULO 2: PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO

En este modulo se estudian las alternativas propuestas, se realiza el análisis sus costos, y se selecciona la alternativa más apropiada para realizar el proyecto. Es importante definir de manera adecuada el presupuesto y las prestaciones que presenta cada alternativa para definir la más adecuada.

Este módulo está conformado por nueve formatos, de los cuales tres son generados por el sistema. Los formatos que conforman este módulo detallan los pasos a seguir para la preparación y evaluación del proyecto, estos formatos son los siguientes:

- **FORMATO PE-01:** DESCRIPCION Y CUANTIFICACION DE LOS PRINCIPALES BENEFICIOS DEL PROYECTO
- **FORMATO PE-02 :** PRESUPUESTO DE OBRA DEL PROYECTO
- **FORMATO PE-03 :** COSTOS DE INVERSION DE LAS ALTERNATIVAS (generado por el sistema)
- **FORMATO PE-04 :** COSTOS DE OPERACION DE LAS ALTERNATIVAS (generado por el sistema)
- **FORMATO PE-05 :** CAPACIDAD INSTALADA
- **FORMATO PE-06 :** RESUMEN DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA (generado por el sistema)
- **FORMATO PE-07 :** EFECTO AMBIENTAL
- **FORMATO PE-08 :** SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE MÍNIMO COSTO(generado por el sistema)
- **FORMATO PE-09 :** MARCO INSTITUCIONAL

El proyecto puede definir una sola alternativa para la solución del problema planteado, la selección de la alternativa final no siempre viene dada por el menor costo, mas sin embargo este es un parámetro fundamental en su designación. En el caso de la propuesta del sistema SCADA se incluyó una sola alternativa, con el presupuesto mencionado en la sección anterior.



#### 4.4.3 MODULO 3: FINANCIAMIENTO Y SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

En este módulo se describen y valoran globalmente las fuentes de financiamiento definidas para la alternativa escogida en el proyecto, y se señalan los aspectos determinantes para la sostenibilidad del mismo.

Los formatos que conforman este módulo permiten valorar y determinar la forma en que serán utilizados los aportes de las fuentes de financiación para la inversión en el proyecto. Este módulo se encuentra conformado por tres formatos, los cuales son mencionados a continuación.

- **FORMATO FS-01:** FUENTE DE FINANCIACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO
- **FORMATO FS-02:** FUENTE DE FINANCIACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL PROYECTO
- **FORMATO FS-03:** SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

#### 4.5 NOMBRE DEL PROYECTO

La selección del nombre más adecuado para el proyecto se debe hacer luego de haber identificado el problema, así como preparado y evaluado las alternativas de solución, y seleccionado la alternativa más apropiada.

El nombre asignado al proyecto debe ser preciso, es decir, identificar el proyecto en forma inequívoca. Este debe contener la información de que se va a hacer, sobre qué y en dónde. Bajo estas premisas el nombre considerado para el proyecto es *“Implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1”*.



## CONCLUSIONES

- En base al estudio del principio de operación de las plantas eléctricas y a las recomendaciones hechas por el fabricante se logró determinar el conjunto de variables de interés que permiten tanto evaluar el estado de operación, como prevenir y diagnosticar posibles fallos en los grupos electrógenos de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1. Debido a que estas variables cubren la gran mayoría de fallos presentes en las plantas eléctricas. Entre las variables determinadas tenemos los niveles de aceite, refrigerante y combustible, la temperatura del refrigerante, la presión de aceites, la tensión de las baterías, la velocidad del motor, las variables eléctricas de la red y de la planta y el estado de los contactores de la unidad de fuerza
- Se determinó las instancias en las cuales deber medirse las variables de operación de las plantas eléctricas, definiendo que las variables como presión de aceite, temperatura del refrigerante, velocidad y variables eléctricas del generador deben medirse con el equipo funcionando, mientras las restantes deben medirse con el equipo apagado. Esto es importante al momento de configurar los PLC y el software SCADA a fin de no sobrecargar con datos innecesarios el sistema.
- La tensión de las baterías representa una variable crítica para el funcionamiento de los grupos electrógenos. Esta es la principal causa de fallos en la operación de las plantas eléctricas y se debe hacer una correcta medición de estas. Para esto se definió que la medición debe efectuarse abriendo el circuito del cargador de las baterías por medio de un contactor accionado por el PLC para no efectuar una medición incorrecta, además se deben efectuar medidas con el equipo en funcionamiento.



- El Sentron PAC4200 es un equipo muy versátil para el monitoreo de variables eléctricas, debido a su capacidad de conexión, dado que permite conexiones monofásicas, trifásicas con tres y cuatro hilos, con cargas balanceadas o desbalanceadas, y múltiples valores eléctricos que ofrece, tales como Tensiones, corrientes, potencias, factores de potencia, distorsión armónica, ángulos de fase, desplazamiento de ángulos de fase, contadores de energía,...etc., estas variables se puede medir por fase o totales, registrando los valores instantáneos y promedios. Este equipo ofrece la posibilidad de programar acciones de control en base a las medidas registradas, las cuales se verían reflejadas en las salidas digitales que éste presenta. El equipo presenta una interfaz Ethernet de 100 Mb/s y comunicación mediante Modbus TCP, protocolo que es ampliamente utilizado en los software SCADA, lo cual lo hace de fácil integración. Este equipo ofrece una exactitud del 0,2 % referida al valor de medición según la norma IEC 61577-12.
- En la actualidad el uso de PLC como unidades remotas, es altamente recomendado debido al gran capacidad de operación, con velocidades promedio de 0,1  $\mu$ s/instrucción de ejecuciones booleanas, y adaptación a múltiples aplicaciones de control y monitoreo debido a la presencia de contadores rápidos, conversores y módulos de comunicación, lo cual permite su uso como controladores PID, estaciones de control, y maestros o esclavos de sistemas de comunicaciones industriales. Estas características hacen del PLC un dispositivo versátil y de alta utilidad a nivel de automatización y control, además de representar un bajo costo en comparación con las RTU.
- Los sistemas SCADA representan una herramienta muy versátil y eficiente a nivel de automatización, debido a que estos permiten visualizar y registrar el estado, y las variables de un proceso sin la necesidad de desplazar personal al nivel de campo. Estas características son ideales para monitorear y evaluar el estado de operación de los múltiples sistemas presentes en el campus universitario, tales como las plantas eléctricas y subestaciones.
- Se logró establecer una propuesta para la implementación del sistema SCADA que cumple con los requerimientos expuestos por las divisiones de mantenimiento tecnológico y planta física. Esta propuesta presenta

una oferta económica bastante favorable, sin que esto comprometa la confiabilidad y funcionamiento del sistema.



Universidad  
Industrial de  
Santander

# BIBLIOGRAFÍA

1. **AQUILINO RODRIGUEZ, Penin.** *Sistemas SCADA 2a edición*. Barcelona : MARCOMBO, 2007. pág. 448. ISBN 978-84-267-1450-3.
2. **BAILEY, David y WRIGHT, Edwin.** *Practical SCADA for Industry*. Oxford : Newnes, 2003. pág. 288. ISBN 07506-58053.
3. **RUIZ MACIAS, Silvia.** Propuesta de diseño de un sistema SCADA para gases del CUSIANA S.A. E.S.P. [Trabajo de Grado (Ingeniero Electronico)]. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. , 2008. pág. 105.
4. **CORRALES, Luis.** *Sistemas SCADA. Interfaces de Comunicación Industrial*. Quito : s.n., 2007, 2, págs. 38-88.
5. **ROMERO BERMUDEZ, Fabián José y MARTINEZ DE LA HOZ, José Alberto Alberto.** Mantenimiento de las plantas eléctricas de emergencia de la universidad industrial de santander, selección, inventario, caracterización y protocolo de mantenimiento preventivo y correctivo. [Trabajo de Grado (Ingeniero Electronico)]. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas., 2009. pág. 136.
6. **Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.** Manual de operación para plantas de emergencia. *Proyecto de Mantenimiento Hospitalario*. [Manual]. San Salvador, El Salvador : s.n., 1999. pág. 15.
7. **CUMMINS.** Manual de operación y mantenimiento motores serie C Cummins. [Manual]. s.l. : CUMMINS.
8. —. Manual de instalación, inspección y mantenimiento de los alternadores HC 4, 5 y 6. [Manual]. BARNACK ROAD : STAMFORD.
9. **MORANTI SÁNCHEZ, Silvana Andrea y BALSEIRO HERAZO, Déyerson Manuel.** Propuesta de gestión de mantenimiento y elaboración de instructivos para sistemas de transferencia electrónica de las planta eléctricas de emergencia en el campus central de la universidad industrial de santander. [Trabajo de Grado (Ingeniero Electronico)]. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas., 2009. pág. 158.
10. **CUMMINS.** PowerCommand™ Digital Generator Set Control. s.l. : CUMMINS, 2004.

11. **LOEHLEIN, Timothy.** El mantenimiento es una clave para la fiabilidad del grupo electrógeno Diesel. [Notas Técnicas]. s.l. : CUMMINS, 2007.
12. **CUMMINS.** PCC1301 MODBUS REGISTER MAP. [NOTAS]. s.l. : CUMMINS, 2009. pág. 6.



# ANEXO A

## PROTOCOLO MODBUS

Modbus es un protocolo de comunicación de tipo maestro/esclavo o servidor/cliente desarrollado por sistemas Modicon en 1979, el cual es ampliamente utilizado en la comunicación entre dispositivos inteligentes. Este protocolo está situado en el nivel 7 de la capa OSI y en la actualidad se presenta como uno de los estándares de comunicación industrial más utilizados debido a que presenta las siguientes características.

- Protocolo abierto
- Fácil implementación
- Requiere poco desarrollo
- Conexión de múltiples dispositivos

El carácter abierto del protocolo ha permitido su implementación por parte de múltiples fabricantes, los cuales lo han desarrollado e implantado en sus propios dispositivos. Modbus es ampliamente utilizado industrialmente para establecer comunicación entre los autómatas programables y equipos de instrumentación y periféricos.

### MODBUS EN LA CAPA OSI

El protocolo Modbus se sitúa en el nivel 7 (capa de aplicación) de la capa OSI tal como se presenta en la tabla A.1.

Capa	Modelo OSI	Modbus representación
7	Aplicación	Modbus Protocolo de aplicación
6	Presentación	vacio
5	Sesión	vacio
4	Transporte	vacio
3	Interred	vacio
2	Acceso a la red	Modbus Protocolo Serial
1	Física	EIA/TIA 485 o EIA/TIA 232

**Tabla A.1** El protocolo Modbus en la capa OSI



Como se puede observar en la tabla A.1, Modbus se presenta en los niveles 1,2 y 7 de la capa OSI, en donde estos niveles se describen a continuación.

- **Capa física:** esta capa se encarga de la conexión física de los dispositivos a la red, en el caso de Modbus esta conexión puede elaborarse por medio de un canal Half-Duplex (EIA/TIA 485 o EIA/TIA 232) o Duplex (RS422 o fibra óptica).

Generalmente la comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19.200 baudios. La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 m sin repetidores.

- **Capa de acceso a la red:** esta capa se encarga del direccionamiento físico, de la topología y lógica de la red, además de establecer el control de flujo de la información. Para el caso de Modbus La estructura lógica es del tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro. El número máximo de estaciones previsto es de 63 esclavos más una estación maestra.

La comunicación en el protocolo Modbus puede establecerse punto a punto (1 maestro – 1 esclavo) o multipunto (1 maestro varios esclavos).

- **Capa de aplicación:** esta capa establece la plataforma común mediante la cual, los programas pueden comunicarse por medio de la red.

### CLASES DE CODIFICACIÓN

El protocolo Modbus presenta dos clases de codificación de los datos de las tramas, la ASCII y la RTU. Para los dos mensajes existen cuatro campos principales en donde la diferencia de los dos tipos de codificación radica en 3 campos que de mas que agrega el formato ASCII, las cabeceras de ambas codificaciones se presentan en la figura A.1

: (3AH)	Nº Esclavo (00-3F <sub>H</sub> )	Código de Operación	Subfunciones, Datos	LRC(16) H L	CR (0D <sub>H</sub> )	LF (0A <sub>H</sub> )
------------	--	---------------------------	---------------------	----------------	--------------------------	--------------------------

Codificación ASCII

Nº Esclavo (00-3F <sub>H</sub> )	Código de Operación	Subfunciones, Datos	CRC(P16) H L
--	---------------------------	---------------------	-----------------

Codificación RTU

**Figura A.1** Cabecera de los formatos ASCII y RTU



## DATOS DEL PROTOCOLO MODBUS

Los datos utilizados por el protocolo Modbus se clasifican en cuatro tipos dependiendo del formato. La información del protocolo tiene como base una serie de tablas en donde reposan los datos necesarios para ejecutar acciones de comunicación. Los tipos de datos del protocolo Modbus se presentan en la tabla A.2.

TABLAS PRIMARIAS	TIPO DE DATOS	TIPO	NÚMERO DE REGISTRO	COMENTARIOS
Entradas Discretas	bit	lectura	10001 - 19999	Este tipo de datos puede ser suministrada por cualquier sistema de entradas/salidas
Coils	bit	lectura - escritura	1 - 9999	Este tipo de datos puede ser modificados por un programa de aplicación
Input Registers	16 bits (word)	lectura	30001 - 39999	Este tipo de datos puede ser suministrada por cualquier sistema de entradas/salidas
Holding Registers	16 bits (word)	lectura - escritura	40001 - 49999	Este tipo de datos puede ser modificados por un programa de aplicación

**Tabla A.2** Tipos de datos utilizados en el protocolo Modbus

## TOPOLOGÍA DE LA RED MODBUS

La topología de las redes Modbus están regidas por el estándar EIA/TIA 485 con el cual se pueden establecer enlaces punto a punto o multipuntos. La comunicación mediante redes Modbus tienen un carácter serial y presenta conexiones de dos y 4 hilos. La configuración de 2 hilos se presenta en la figura A.2.

La principal diferencia entre las configuraciones de 2 y 4 hilos, es que en la de dos hilos solo una entidad puede transmitir datos en cada petición, mientras que en la configuración de cuatro hilos el maestro transmite datos por un canal mientras que los esclavos lo hacen por otro. La configuración de 2 hilos se desarrolla por medio de canales RS485 o RS232 y es la más utilizada a nivel del protocolo Modbus.

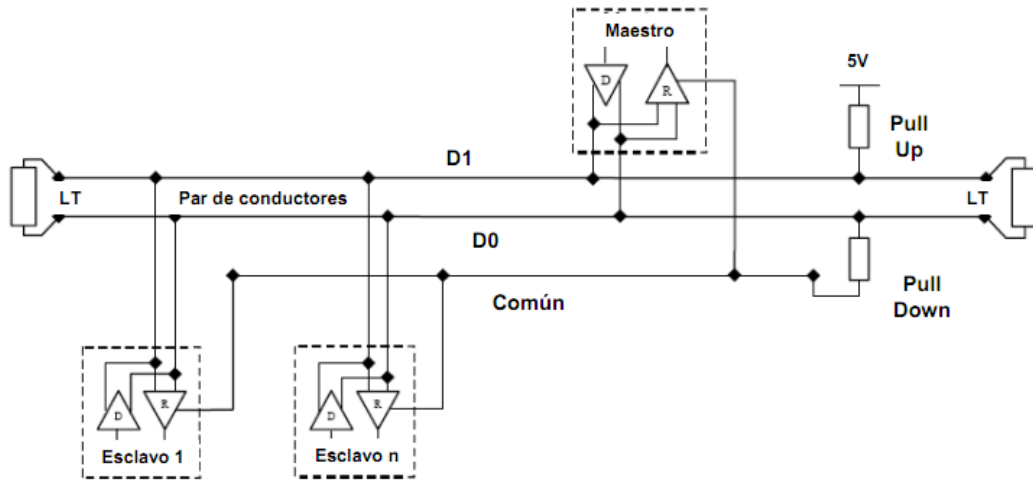


Figura A.2 Conexión a 2 hilos del protocolo Modbus

**MODBUS TCP/IP**

Modbus TCP/IP es una variante del protocolo Modbus que permite utilizarlo sobre la capa de transporte TCP/IP, esto permite establecer la comunicación por medio de internet. La capacidad de utilizar una red Ethernet para la comunicación hace del protocolo Modbus TCP una variante muy versátil y de fácil implementación, por lo cual se ha convertido en uno de los protocolos de comunicación más utilizados a nivel de automatización industrial.

El funcionamiento del protocolo Modbus TCP básicamente consiste en encapsular los datos Modbus en una trama TCP, lo que implica un servicio orientado a la conexión en donde toda petición aguarda una respuesta, este tipo de sistema encaja perfectamente en la modalidad maestro esclavo de Modbus. En la figura A.3 se puede observar la trama de un paquete Modbus TCP.

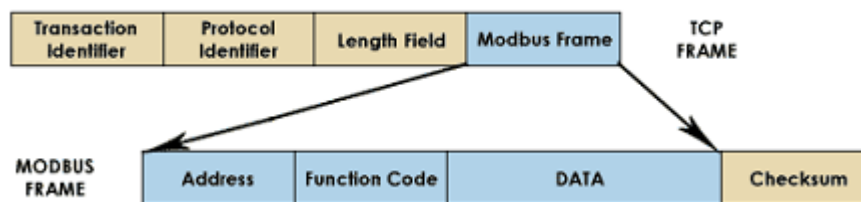


Figura A.3 Trama de un paquete Modbus TCP

## **A**NEJO B

### **P**RUEBAS SENTRON PAC3200

Debido a la presencia por parte de la división de mantenimiento tecnológico del equipo Sentron PAC3200, se elaboraron unas pruebas para comprobar la operación y comunicación de este dispositivo, así como la configuración y funcionamiento del software WinCC.

#### **SENTRON PAC3200**

El Sentron pac3200 es un analizador de red fabricado por SIEMENS, el cual consta de unas características que lo hacen atractivo en la implementación de un sistema SCADA donde se necesiten monitorear variables eléctricas, además permite el accionamiento y detección de elementos por medio de las entradas y salidas digitales que posee.

#### **CARACTERISTICAS DEL SENTRON PAC3200**

Las principales características del equipo son las siguientes:

- 4 entradas de tensión (3 líneas y neutro) de 30-690 Volts.
- 3 entradas de corriente (por medio de transformadores de corriente) Max 10 A o 100 A por 1 segundo.
- 1 entrada digital.
- 1 salida digital.
- 1 puerto de Ethernet (RJ 45).
- 1 módulo para comunicación profibus (opcional).

Las partes del Sentron PAC3200 se presentan en la figura B.1., en donde los elementos que lo conforman son los siguientes.

1. Módulo entradas y salidas digitales.
2. Interfaz módulo de ampliación 2 (entradas y salidas digitales).
3. Alimentación (120- 240 VAC).



4. Entradas de corriente.
5. Interfaz módulo de ampliación 1 (Comunicación profibus).
6. Módulo Profibus.
7. Interfaz Ethernet.

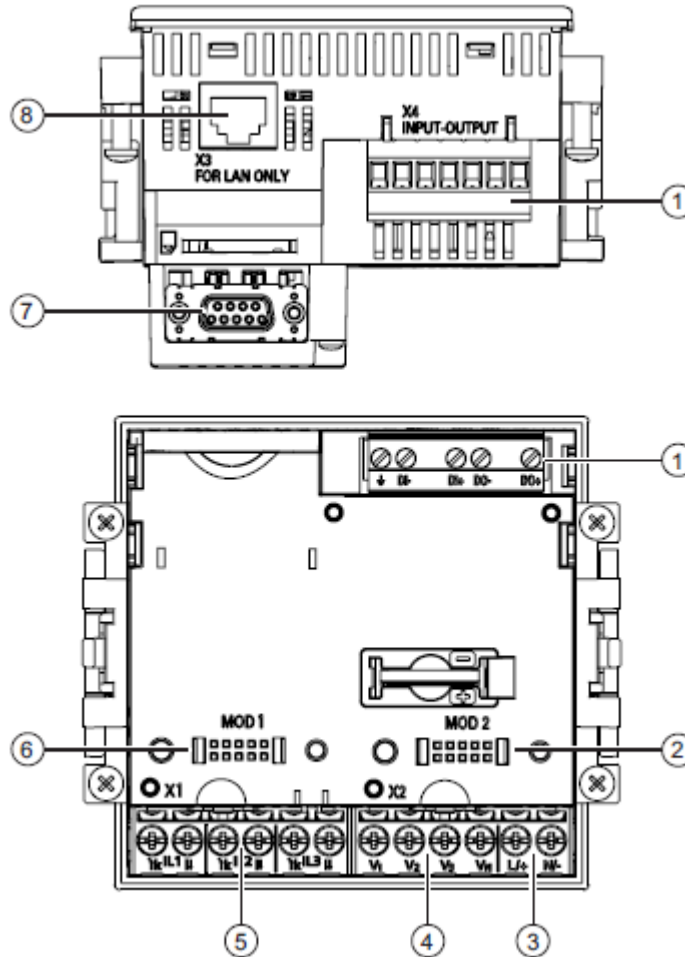


Figura A.2 Componentes del Sentron PAC3200

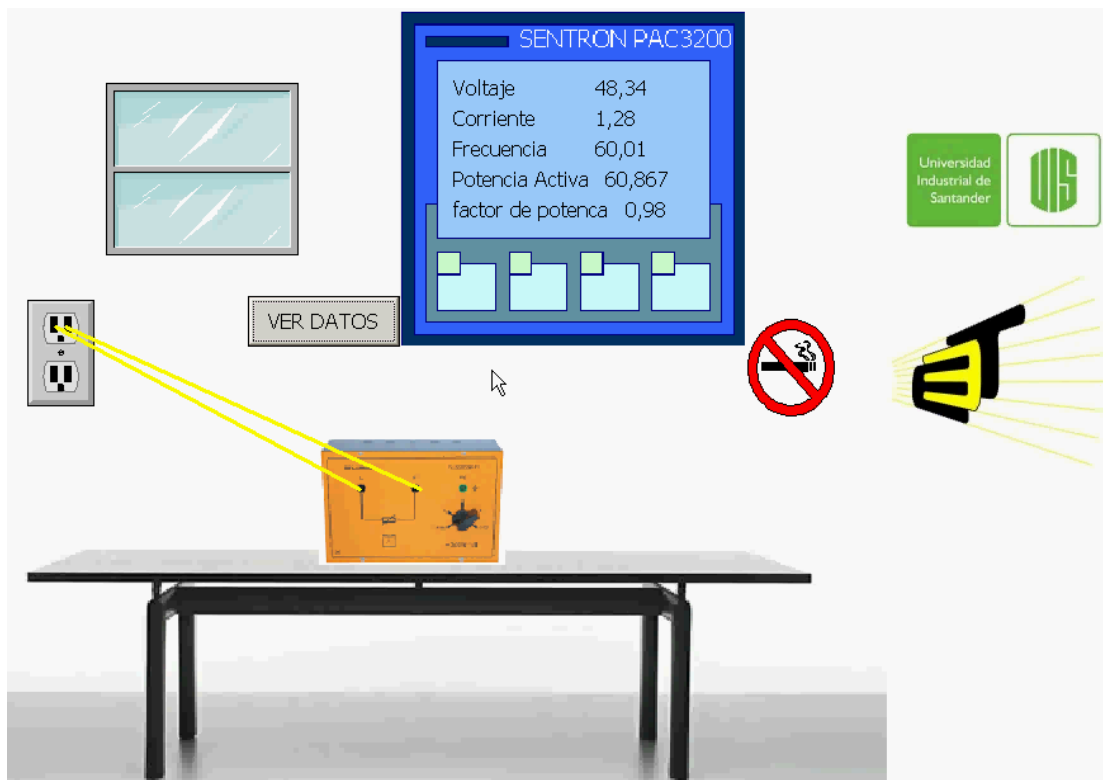
### DESARROLLO DE LA PRUEBA

La prueba consistió en la elaboración de una HMI que representara la conexión de una carga a un sistema monofásico, y en la cual se visualizaron y registraron las siguientes variables:

- Tensión
- Corriente

- Potencia Activa
- Frecuencia
- Factor de Potencia

La prueba se desarrolló en el laboratorio de máquinas eléctricas en donde se conectó el PAC3200 a una carga resistiva y se obtuvieron los datos presentado en la figura B.2 y en la tabla B.1, estos datos se almacenaron por medio de WinCC y se exportaron a EXCEL.



**Figura B.2** Prueba con el Sentron PAC3200

Con los datos obtenidos se pueden elaborar informes o desarrollar gráficas para el análisis del estado del suministro eléctrico, así mismo se pueden configurar alarmas y gestionar acciones de control conforme a estos valores. Estas prestaciones serían un gran aporte para alertar la presencia de sobre tensiones o sobre corrientes, así como inversiones de fases o ausencia de una de estas en las redes de los edificios del campus universitario.



VarName	Date	TimeString	VarValue
IL	13/05/2010	09:10:44 a.m.	1,313701
IL	13/05/2010	09:10:45 a.m.	1,313981
IL	13/05/2010	09:10:46 a.m.	1,314066
IL	13/05/2010	09:10:47 a.m.	1,312873
IL	13/05/2010	09:10:48 a.m.	1,312517
Vln	13/05/2010	09:10:44 a.m.	49,347350
Vln	13/05/2010	09:11:50 a.m.	32,581740
Vln	13/05/2010	09:12:01 a.m.	39,270260
Vln	13/05/2010	09:12:06 a.m.	47,926960
Vln	13/05/2010	09:12:20 a.m.	63,903630
Potencia Act	13/05/2010	09:10:44 a.m.	63,609360
Potencia Act	13/05/2010	09:11:50 a.m.	25,292840
Potencia Act	13/05/2010	09:12:01 a.m.	37,935130
Potencia Act	13/05/2010	09:12:06 a.m.	59,226980
Potencia Act	14/05/2010	09:12:20 a.m.	115,253

**Tabla B.1** Datos de la prueba Exportados a Excel

También se desarrollaron pruebas sobre el web navigator de WinCC el cual permite acceder al runtime del sistema por medio de un navegador web, esto se hizo debido a que este es uno de los requerimientos del sistema SCADA, para que el personal designado pueda acceder desde cualquier ordenador del campus universitario. La prueba utilizando el navegador web se puede observar en la figura B.3.

Todas estas pruebas se elaboraron con la versión de prueba de WinCC V7.0, y su finalidad es demostrar que el sistema seleccionado está en capacidad de ofrecer los servicios requeridos.

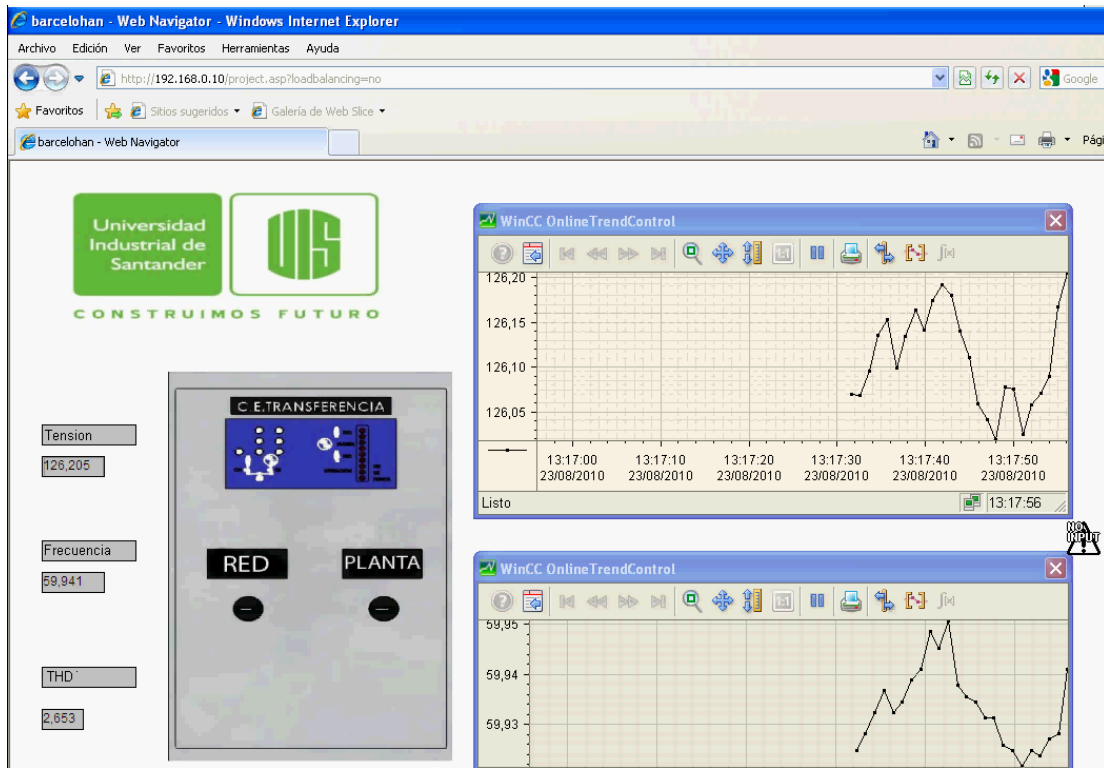



Figura B.3 Prueba utilizando el Web Navigator de WinCC



# ANEXO C

## SOPORTE DE COTIZACIONES



En este anexo se presentan las cotizaciones que se utilizaron para formular el presupuesto de la propuesta de implementación del sistema SCADA, con este soporte se puede validar la información suministrada.

Rango Calidad de la Potencia	Referencia	Precios Lista	
<b>Power Quality Meters</b>			
	<b>ION 7550 / 7650</b> Clase 0,2S IEC62053-22		
	Analizador multifuncional, 256 m/ciclo, 5MB NVRAM, 5 (20 Amp), 85 A 240 Vac/110 a 300 VDC, Trop	M7650ADC0B8A0A0C	12,976,895 COP
	8 ED, 3 Relés, 4 SD, Waveform, Componentes Simétricas, 63 HD.		
	Igual + Puerto Ethernet	M7650ADC0B8E0A0C	14,758,579 COP
	Analizador multifuncional, 512 m/ciclo, 5MB NVRAM, 5 (20 Amp), 85 A 240 Vac/110 a 300 VDC, Trop	M7650ADC0B8A0A0F	17,516,211 COP
	IEC81000-4-30 Clase A + Flicker + EN50160 + Transitorios		
Igual ION7650 + Puerto Ethernet	M7650ADC0B8E0A0F	19,320,000 COP	



PowerLogic  
Digital & Power Meters

Lista de Precios  
Versión Agosto 5/2010\*\*

Rango Inicio	Referencia	Precios Lista	
<b>Pantalla Led</b>			
 DM6000 / PM1000   ION 6200	<b>Panel Digital Meters DM6000</b> V, I, Cos φ, Hz, Vo - Io & Ph		
	Medidor Básico de Panel, 60 - 480 VAC L-L / 44-277 VAC/DC.	DM6000	521,600 COP
	El mismo DM6000 + Puerto RS485 Modbus RTU.	DM6200	628,000 COP
	<b>Power Meters PM1000</b> Clase 1 kWh		
	Medidor de Energía, I, V, Cos φ, Hz, kW, KVAR, kVA, 80 - 480 VAC L-L / 44-277 VAC/DC	PM1000	823,500 COP
	El mismo PM1000 + Puerto RS485 Modbus RTU.	PM1200	922,500 COP
	<b>Power Meters ION6200</b> Clase 0,5 kWh - THDV & THDI - Bidireccional		
	Medidor de Energía, 5(10 Amp) 100-240 VAC/VDC. RS485 Modbus RTU	M6200A0A0B0A0A0R	1,396,105 COP
	Medidor de Energía, 5(10 Amp) 20 - 60 VDC. RS485 Modbus RTU	M6200A0A0C0A0A0R	2,061,316 COP
	Medidor de Energía, 5(10 Amp) 480 VAC. RS485 Modbus RTU	M6200A0A0D0A0A0R	2,061,316 COP



Universidad Industrial de Santander

Fecha: Julio 15, 2010

Preparo: HéctorRodríguez

Cliente No.:

Cliente:

Attn: [Johan Arturo Castillo de la Rosa](#)

Dirección:

Dirección: Colombia

T.:

F.:

Interface Ingenieria SA de CV  
 Blvd. Puerta Del Sol 1204  
 Colinas de San jerónimo  
 Monterrey N.L.  
 64630  
 T. 81/ 83151625 F. 81/ 83150244  
[ventas@interfaceingenieria.com](mailto:ventas@interfaceingenieria.com)

**Cotización : CO2010-078**

**Presentamos a ustedes nuestra cotización por el material siguiente:**

MODELO	DESCRIPCION	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
CIT101112	Licencia tipo servidor de 500 Tags Marca Citect	1	\$5.230,80	\$ 5.230,80
				\$ 5.230,80

**Condiciones de Venta:**

- . Esta cotización es válida por 30 días
- . Los precios están en dólares
- . Es necesario agregar el IVA
- . Tiempo de entrega: 2 a 3 semanas
- . Se requiere el pago al ordenar.

**Pagos**

**Envíe sus transferencias Bancarias a:**

Interface Ingenieria S.A. de C.V.  
 BBVA  
 Bancomer  
 No. de Cuenta: 0450283819

**Envíe sus**

**cheques a:**

Nombre: Interface Ingenieria S.A. de C.V.  
 Calle: Blvd. Puerta del Sol  
 1204  
 Colonia: Colinas de San Jerónimo  
 Ciudad: Monterrey N.L.  
 64630



**SINCRON**  
 Diseño Electrónico S.A.  
 SISTEMAS DE MEDICION Y CONTROL  
 DE PROCESOS INDUSTRIALES



REV.: 01

Santiago de Cali, Octubre 14 de 2010

Señores  
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
 Atn. Ing. Jose Amaya  
 Bucaramanga

Reciba cordial saludo de SINCRON Diseño Electrónico S.A. Atendiendo su amable solicitud y de acuerdo a la información suministrada por ustedes, me permito enviar la siguiente propuesta para su consideración y estudio.

**RESUMEN ECONOMICO DE LA PROPUESTA**

ITEM	DESCRIPCION	CAN	V/ UNIT	TOTAL
1	SNAP-PAC-R1: Controlador de Procesos Inteligente con Procesador incluido para manejo de IO's, 2 puertos Ethernet independientes 10/100 Mbps (1 funciona como red, otro como switch), 1 Puertos RS232.	1	2,400,000	2,400,000
2	SNAP-PS5: Fuente de alimentación para controlador.	1	500,000	500,000
3	SNAP-OAC5-i: Modulo de Salida Digital de 4 canales de 12-250vac aislado.	1	90,000	90,000
4	SNAP-IDC5: Modulo de 4 Entradas 10-32vdc	1	90,000	90,000
5	SNAP-AIMA-4: Modulo de 4 Entradas análogas de 4-20Ma	1	600,000	600,000
6	SNAP-PAC-RCK12: Rack de 12 slots para alojar el controlador de procesos SNAP-PAC-R1	1	390,000	390,000
7	SNAP-SCM-BB4: Motion Control Breakout Board, 4 axes stepper.	1	2,900,000	2,900,000
8	PAC PROJECT. Software Licencia Profesional.	1	2,000,000	2,000,000
9	Fuente de Voltage de 110-220vac, 24vdc a 5Amperios, montaje en riel.	1	300,000	300,000
	<b>SUB T O T A L S I N I V A</b>			<b>9,270,000</b>
	<b>I V A 16%</b>			<b>1,483,200</b>
	<b>TOTAL PROPUESTA</b>			<b>10,753,200</b>



Universidad Industrial de Santander



Calle 82 No. 5 • 48  
 Tels: 610 84 48 • 236 76 59  
 Fax: 610 78 68  
 Email: info@colsein.com.co  
 Página Internet: www.colsein.com.co  
 Bogotá • Colombia



Formato F-107  
 Version 1.0  
 Rev. 9-3-2009

**COTIZACION No: BP1218810-0022**

Fecha: Septiembre 6 de 2010

Empresa: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
 Nit: 890201213-4  
 Atención: Johan Castillo  
 Teléfono:  
 Fax:  
 E-mail: jcastillo@matematicas.uis.edu.co  
 Dirección: (Bucaramanga • Colombia)

Validez: 30 días contados apartir de la fecha  
 Vendedor: Astrid Zulay Grimaldos Jaimés  
 agrimaldos@colsein.com.co  
 Cel.

Agradecemos su cordial solicitud y nos complace presentar a su consideración la presente oferta, de acuerdo con la información suministrada por ustedes y conforme a nuestros términos y condiciones generales de venta.

Esperamos que la propuesta cumpla con los requerimientos solicitados. Sin embargo, en caso de requerir cualquier información adicional, por favor no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Item	Cant	Referencia y Descripción	Tiempo de entrega	Valor Unitario	Valor Total
1	1	<b>01-2330</b> InTouch Runtime 500 Tag with I/O, v10.1 Marca WONDERWARE InTouch Runtime 500 Tag with I/O, v10.1	3-4 Semanas	US\$3,491.40	US\$3,491.40
2	1	<b>17-0515.</b> Wonderware Historian Standard, 500 Tag, v10.0 Marca WONDERWARE	3-4 Semanas	US\$7,947.50	US\$7,947.50
3	1	<b>09-0167</b> Marca WONDERWARE Info Server Std Client, Per Named User, 10 Pk, v4.0	3-4 Semanas	US\$12,100.00	US\$12,100.00
Elaborado por: Astrid Zulay Grimaldos Jaimés agrimaldos@colsein.com.co			Subtotal		US\$23,538.90
			Impuesto		US\$3,766.22
			Total		US\$27,305.12



Universidad Industrial de Santander



Bucaramanga, Septiembre 18 de 2.010

NX10-511

Señores:  
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
 Att. Ing. Jose Alejandro Amaya  
 Ciudad

Agradeciendo su solicitud estamos enviando la oferta de los siguientes equipos:

ITEM	CANT	DESCRIPCION	VALOR UND	VAL TOTAL
1	1	WinCC/Web Navigator V7 (Trainer Package) 6x WinCC 7.0 complete version RC 2048 variable 6x WinCC/Web Navigator Diagnostics Server V7.0 6x WinCC/Web Navigator Diagnostics Client V7.0	\$ 4.946.000	\$ 4.946.000
2	1	TRAINING BUNDLE CPU1214C DC/DC/DC, CONSISTING OF: 6 X S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC, 6 X STEP7 BASIC, SINGLE LIC., 6 X ANALOG OUTPUT SB1232, 1 AO, 6 X SIMULATOR MOD. SIM1274 BCH, 6 X RJ45 CABLE, LENGTH 6 M, ***** FOR EDUCATIONAL PURPOSES ONLY	\$ 3.435.000	\$ 3.435.000
3	1	Software for Training 2006 (Trainer Package) 1x STEP 7 Professional 2006 SR4 STEP 7 V5.4 incl. SP4 S7-GRAPH V5.3 incl. SP6 S7-SCL V5.3 incl. SP5	\$ 1.051.500	\$ 1.051.500

Los equipos se cotizan de acuerdo a nuestra interpretación de las especificaciones dadas por el cliente, sin embargo es responsabilidad del cliente revisar que lo cotizado se ajuste a sus necesidades reales



Universidad Industrial de Santander

**SENSOMATIC DEL ORIENTE**

Solution Partner

Automation

SIEMENS

		S7-PLCSIM V5.4 incl. SP2 Contents identical version of the industry STEP7 Professional		
4	6	Fuente de alimentación entrada: AC 120/230 V, Salida: DC 24 V, 2.5 Amperios Siemens	\$ 315.000	\$ 1.890.000
5	2	Modulo CM 1241, Rs485, 9 POL.SUB D macho, soporta Freeport Siemens	\$ 370.000	\$ 740.000
6	1	Modulo de entradas analógicas SM 1231, 4 entradas Siemens	\$ 648.500	\$ 648.500
7	3	Power Monitoring Devices PAC4200	\$ 2.407.000	\$ 7.221.000
8	1	PT100 estándar bulbo de 1/4" de diámetro * 4" de longitud conexión de 1/2 NPT con cabezal industrial	\$ 160.500	\$ 160.500
9	1	Transmisor de temperatura para PT100 con salida 4-20 mA marca Siemens	\$ 185.000	\$ 185.000
10	1	Mini control de nivel metálicos de 220 Vac, 24 Vdc corriente 0.8* temperatura -10° hasta 130° longitud 60 mm forma recta	\$ 60.000	\$ 60.000
<b>DETECTOR DE NIVEL</b>				
11	1	Sensor electrónico de nivel LR30 Conexión por conector Conexión de proceso: G3/4 A Ondas radar guiadas Carcasa giratoria en 360° Longitud de la varilla L = 100...1600 mm 2 salidas OUT1 = salida de conmutación OUT2 = salida analógica IFM Efeotor  LR3000 Adjunto ficha técnica	382 EUR	382 EUR
12	1	Sonda longitud 1.000 mm para sensor de nivel LR IFM Efeotor  E43207 Adjunto ficha técnica	57.4 EUR	57.4 EUR
13	1	Tubo coaxial conexión de proceso 1/4" NPT de 1.000 mm IFM Efeotor  E43220 Adjunto ficha técnica	130.2 EUR	130.2 EUR
14	1	Brida plana según DIN 24557 para sensor de nivel LR IFM Efeotor	57.4 EUR	57.4 EUR

Los equipos se cotizan de acuerdo a nuestra interpretación de las especificaciones dadas por el cliente, sin embargo es responsabilidad del cliente revisar que lo cotizado se ajuste a sus necesidades reales





Universidad Industrial de Santander



Barranquilla  
Carrera 46 No. 53B-26 Of.202  
Tel.: 2 493442 - Fax: 3 440067  
E-mail: ventasbquilla@instrumatic.com.co

Bogotá  
Carrera 47A No. 91-86 - Tel.: 6 164169 - Fax: 2 572005  
E-mail: ventas@instrumatic.com.co

Bucaramanga  
Carrera 22 No. 101-28  
Telefax: 6 384646 - 6 999224  
E-mail: ventasbmanga@instrumatic.com.co

Cali  
Carrera 37 No. 15-114 Acopi  
Tel.: 6 540295/97 - Fax: 6 540299  
E-mail: ventascali@instrumatic.com.co

SEÑORES : UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Nit : 890201213-4

Atn. : ING JOSE AMAYA

Dir. : CARRERA 27 # 9 CIUDAD UNIVERSITARIA

TEL : 6344000 EXT2483 FAX : 6346376

Ciudad : BUCARAMANGA

**COTIZACION No. 56487**

FECHA : 2010/09/21

VENDEDOR : ING JAVIER JIMENEZ

ASUNTO : MEDIDOR NIVEL COMBUSTIBLE EEX

ITM	CODIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	IVA %
1	00-9994	FX65.CXANB1HANAX, ONDA GUIADA, 3/4 NPT: 150C, EEX	3	6,522,339.00	19,567,017.00	16



Barranquilla  
Carrera 46 No. 53B-26 Of.202  
Tel.: 2 493442 - Fax: 3 440067  
E-mail: ventasbquilla@instrumatic.com.co

Bogotá  
Carrera 47A No. 91-86 - Tel.: 6 164169 - Fax: 2 572005  
E-mail: ventas@instrumatic.com.co

Bucaramanga  
Carrera 22 No. 101-28  
Telefax: 6 384646 - 6 999224  
E-mail: ventasbmanga@instrumatic.com.co

Cali  
Carrera 37 No. 15-114 Acopi  
Tel.: 6 540295/97 - Fax: 6 540299  
E-mail: ventascali@instrumatic.com.co

SEÑORES : UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Nit : 890201213-4

Atn. : SR. JOHAN CASTELLANOS

Dir. : CARRERA 27 # 9 CIUDAD UNIVERSITARIA

TEL : 6344000 EXT2483 FAX : 6346376

Ciudad : BUCARAMANGA

**COTIZACION No. 56430**

FECHA : 2010/09/16

VENDEDOR : ING JAVIER JIMENEZ

ASUNTO : MEDIDON NIVEL ACPM, CONTROL NIVEL AGUA, CONVERTIDO

ITM	CODIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	IVA %
1	60-1769	AGKU1500GI, 200-1500/4-20MA, M18, 70°C/ C-M12, SENSOR ULTRAS	1	1,490,000.00	1,490,000.00	16
2	12-1078	15/4 SL, M12 CONECTOR HEMBRA, CABLE 2M DE 4 CONDUCTORES	1	36,575.00	36,575.00	16
3	78-0599	PI-D, DC/DC, CONVERTIDOR, ENTRADA/SALIDA PROGRAMABLE	1	1,089,000.00	1,089,000.00	16
4	78-1505	XJ2, TRANSMISOR ENTRADA UNIVERSAL/4-20MA, 2 HILOS, 8-40 VDC	1	572,000.00	572,000.00	16
5	55-0201	CL1001/U, CONTROL NIVEL CONDUCTIVIDAD, RELE, 110/220VAC	1	284,240.00	284,240.00	16
6	55-0614	CL-A, PORTAELECTRODO UNIPOLAR, MAX. 120PSI/180C, 3/8"NPT	2	85,800.00	171,600.00	16
7	55-0672	LONG.7CMS, VARILLA PARA ELECTRODOS SS316, M4	1	10,450.00	10,450.00	16
8	55-0656	LONG.26CMS, ELECTRODO SS316, M4	1	20,900.00	20,900.00	16



Universidad Industrial de Santander



### Optiplex 980

Precio desde **COP\$2.497.516**

Moneda local, incluye fletes e importación. IVA será incluido en el carrito de compras\*

Fecha de envío preliminar: **22/10/2010**



### Impresora láser a color Dell 1320c

Precio desde **COP\$1.026.586**

Moneda local, incluye fletes e importación. IVA será incluido en el carrito de compras\*

Fecha de envío preliminar: **17/10/2010**

Señores:  
VENTA DE CONTADO  
Atn: JOHAN CASTILLO  
0

NIT: 1-  
BUCARAMANGA 0000000001

En atención a su solicitud de cotización, nos permitimos ofrecerles los siguientes productos.

Item	Marca	Ref-Fab	Descripción	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total
001	ATEL	TRANS400	TRANSFORM. 1000/5A VENTANA DE 85mm	1.00	92,000.00	92,000.00



Universidad  
Industrial de  
Santander

## **A**NEXO D

### **F**ORMATOS DILIGENCIADOS DEL BPPIUIS

En este anexo se presentan los formatos diligenciados del banco de programas y proyectos de inversión de la UIS. Para el caso de la propuesta de implementación del sistema SCADA no aplican los formatos que involucran cuantificación, los formatos generados por el sistema no se incluyen.



Universidad Industrial de Santander

**FORMATO ID-01 : DESCRIPCION DEL PROBLEMA O NECESIDAD**

Nombre del Proyecto: Implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.

La presencia de la energía eléctrica es un requisito indispensable para el normal funcionamiento del campus universitario de la UIS, es por esto que se presenta necesario mantener en el mejor estado los sistemas de respaldo energético, como los son las plantas eléctricas de emergencia. La falta de mecanismos para monitorear continuamente el estado de la red eléctrica y las plantas de emergencia ha fomentado la presencia de situaciones indeseadas a nivel del suministro eléctrico, impidiendo el normal desarrollo de las actividades en el campus universitario, así como daños en equipos presentes en este.

Las divisiones de mantenimiento tecnológico y planta física han dedicado múltiples esfuerzos en la preservación y buen funcionamiento de las plantas eléctricas de emergencia de la UIS, para esto se llevan a cabo labores que van desde revisiones semanales, hasta mantenimientos preventivos bimestrales, sin embargo estos mecanismos son insuficientes debido a la necesidad de monitorear constantemente las variables y el estado de las plantas eléctricas, es por esto que se requiere un mecanismo que permita visualizar y registrar de manera remota los datos de las plantas eléctricas continuamente sin la necesidad de desplazar personal a la ubicación de estas.

Los datos registrados permitirían evaluar de manera más eficiente el estado tanto de las plantas eléctricas, como la calidad y características de la energía eléctrica de los edificios del campus universitario, además con estos se podría prevenir o en su defecto diagnosticar fallos tanto a nivel eléctrico, como en las plantas eléctricas en cuestión. Con esto se lograría brindar más confiabilidad y seguridad al suministro eléctrico de estos edificios del CENTIC, Ciencias Humanas y administración 1.

**FORMATO ID-02 : OBJETIVOS DEL PROYECTO**

Nombre del Proyecto: Implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.

**OBJETIVO GENERAL:**

- Implementar un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.

**OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Adquirir los equipos necesarios para la operación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de la UIS.
- Proveer mayor seguridad y confiabilidad al suministro eléctrico de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.
- Registrar y visualizar información acerca del estado de las plantas eléctricas, así como de las variables eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.

**FORMATO ID-03: POBLACION AFECTADA Y/O ZONA AFECTADA Y  
POBLACION OBJETIVO DEL PROYECTO**

Nombre del Proyecto: Implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.

El proyecto contempla el monitoreo de las variables eléctricas y el estado de las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1, por lo cual se verían afectadas gran parte de las entidades administrativas de la UIS, como lo son admisiones, tesorería, recursos humanos,...etc., así como el personal que labora o hace uso de los equipos del edificio CENTIC, aproximadamente 1500 estudiantes diarios.

De igual forma se ven afectados los aproximadamente 3500 estudiantes que dan clases en el edificio Ciencias Humanas, además de los cerca de 300 trabajadores que laboran en este. Como se puede observar existe un gran número de personal, actividades y equipos que se ven afectados al momento de presentarse una falla en el fluido eléctrico y la incorrecta operación de las plantas eléctricas de emergencia.

**FORMATO ID-04 : DESCRIPCION DE LA SITUACION ACTUAL Y SU EVOLUCION**

Nombre del Proyecto: Implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.

A nivel de suministro eléctrico, la Universidad no posee el sistema necesario para monitorear y registrar las variables eléctricas de los edificios, así como el estado completo de las plantas eléctricas de emergencia, por lo cual no es posible tomar medidas adecuadas para prevenir o en su defecto diagnosticar fallos en el suministro de energía eléctrica. Las irregularidades o situaciones indeseadas en el fluido eléctrico pueden causar daños en los equipos presentes en las instalaciones, además de impedir el adecuado desarrollo de las actividades que se realizan en la Universidad.

Las divisiones de mantenimiento tecnológico y planta física desarrollan múltiples actividades en busca del buen funcionamiento y preservación de las plantas eléctricas de emergencia, así como de las subestaciones de la Universidad, sin embargo estas actividades son insuficientes para este fin, debido a que estas se desarrollan periódicamente y se requiere que se hagan de manera continua.

La falta de infraestructura y mecanismos para desarrollar el monitoreo continuo del suministro eléctrico y las plantas eléctricas de emergencia, ha generado imprevistos y daños en equipos del campus universitario .

**FORMATO ID-05: DESCRIPCION Y CUANTIFICACION DE LA NECESIDAD O PROBLEMA**

Nombre del Proyecto: Implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.

En la actualidad se desarrolla por parte de la división de mantenimiento tecnológico una revisión semanal de las plantas eléctricas de emergencia de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas, Administración 1 y del auditorio Luis A. Calvo, en donde se determina el estado de los equipos y se registran los valores de ciertas variables, sin embargo hay un conjunto de variables que deben registrarse al momento en que el equipo se encuentre en funcionamiento, lo cual no se lleva a cabo debido a que esto implicaría el desplazamiento de personal a las instalaciones de las plantas al momento de presentarse un corte en el fluido eléctrico, lo cual es ineficiente y poco práctico.

Es por esto que se necesita poder registrar y visualizar los valores de las plantas y la red eléctrica de manera remota, para así, tomar medidas que mejoren el suministro de energía eléctrica en los edificios del campus universitario, brindando así mejor calidad y confiabilidad a este servicio.

**FORMATO ID-07 : PRINCIPALES ALTERNATIVAS DEL PROYECTO**

Nombre del Proyecto: Implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.

ALTERNATIVA No. 1 :

Nombre: Compra de Equipos y Adecuación de Infraestructura para la Puesta en Marcha del Sistema SCADA para las planta eléctricas de emergencia de la Universidad Industrial de Santander.

ALTERNATIVA No. :

Nombre:

**FORMATO ID-08 : DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA No:**

Nombre del Proyecto: Implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.

Nombre de la alternativa: Compra de Equipos y Adecuación de Infraestructura para la Puesta en Marcha del Sistema SCADA para las plantas eléctricas de emergencia de la Universidad Industrial de Santander.

Descripción de la alternativa:

La alternativa consiste en la implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1, con lo cual se permitiría registrar y visualizar remotamente los datos concernientes a las plantas eléctricas y a la red suministro de energía.

Para la implementación del sistema SCADA se debe adquirir una serie de equipos electrónicos que permitirán sensar, controlar, registrar y visualizar las variables del sistema, tales como tensiones, corrientes, potencias, temperatura, presiones, niveles, estado de operación,...etc. Los sistemas SCADAS están ideados para establecer un monitoreo y/o control remoto de un sistema, evitando la necesidad de desplazar personal al nivel de campo.

Con el sistema SCADA se podrá poseer un registro histórico de las variables eléctricas y de las plantas eléctricas de emergencia de los edificios mencionados. Este registro permitirá establecer un control y evaluar el estado del suministro eléctrico de estos edificios, brindando un mecanismo muy completo para el diagnóstico y prevención de fallos

Las prestaciones que ofrecería el sistema SCADA son mencionadas a continuación:



- **SUPERVISIÓN REMOTA:** permite al operador y/o demás interesados conocer el estado y desempeño del proceso desde una o varias estaciones centrales. Esta prestación es de especial funcionalidad en procesos distribuidos en amplias locaciones<sup>22</sup>, además, esta característica permite coordinar labores de control de calidad y de mantenimiento.
- **CONTROL REMOTO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS:** mediante el sistema SCADA es posible tomar acciones de control de forma remota (por ejemplo abrir o cerrar válvulas, encender motores, activar interruptores,...etc.). La acción de control se puede definir de forma manual o automática<sup>23</sup>, además, es posible ajustar los valores de referencia, consignas, parámetros y algoritmos de control.
- **VISUALIZACIÓN DINÁMICA:** el sistema genera imágenes dinámicas que representan de manera intuitiva el comportamiento del proceso, brindándole al operador la sensación de estar presente en la planta. En estos gráficos también se puede encontrar curvas y tablas de los datos y estados del sistema en el tiempo.
- **REGISTRO HISTÓRICO DE DATOS:** los datos adquiridos son almacenados en ficheros o base de datos, esta información puede ser analizada posteriormente a fin de evaluar el desempeño del sistema, así como el diagnóstico y prevención de fallos.
- **GENERACIÓN DE REPORTE:** El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en los tiempos que determine el operario.
- **REPRESENTACIÓN DE SEÑALES DE ALARMA:** por medio de señales de alarma el sistema informa al operador o demás la presencia de una falla o condición indeseable en el proceso, estas señales pueden ser visuales o sonoras.

<sup>22</sup> Las locaciones van desde plantas industriales, hasta vastos espacios geográficos.

<sup>23</sup> Esta acción depende del tipo de proceso y las implicaciones a nivel de seguridad que esta acarrea.

**FORMATO ID-09 : CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:**

Nombre del Proyecto: Implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.

No.	ETAPA	DURACIÓN ESTIMADA	DURACIÓN REAL	DIFERENCIA
1.	PREINVERSION			
1.1	Formulación	8		
1.2	Identificación del Problema	4		
1.3	Identificación de Objetivos	3		
1.4	Identificación de Alternativas de Solución	6		
1.5	Preparación de las Alternativas	6	6	
1.6	Viabilización	6	6	
1.7	Elegibilidad	4	4	
2.	INVERSIÓN			
2.1	Diseños Definitivos	4	4	
2.2	Preparación de Documentos para Contratación	8	8	
2.3	Licitación (Si aplica)	40	40	
2.4	Ejecución	4	4	
3.	OPERACIÓN			
3.1	Evaluación Expost			
3.2	Administración del Proyecto			
3.3	Seguimiento			



<b>FORMATO PE-02 : PRESUPUESTO DE OBRA DEL PROYECTO</b>						
Sección A: Inversión						
Nombre del Proyecto: Implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.						
Alternativa: Compra de Equipos y Adecuación de Infraestructura para la Puesta en Marcha del Sistema SCADA para las planta eléctricas de emergencia de la Universidad Industrial de Santander.						
<b>COMPONENTE</b>	<b>Adquisición de Bienes Muebles</b>					
<b>CATEGORÍA</b>	<b>DETALLE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VLR UNIDAD (Miles de pesos)</b>	<b>VLR PARCIAL (miles de pesos)</b>	<b>Observaciones</b>
Equipo de Laboratorio	Sensor de nivel (Switch)	Equipo	3	\$ 60	\$ 180	
	Sensor de nivel (Radar Guiado)	Equipo	3	\$ 1367,04	\$4101,12	
	Indicador de nivel Kit	Equipo	3	\$ 608	\$ 1824	
	Analizador de red	Equipo	3	\$ 2407	\$ 7221	
	Transformadores	Equipo	9	\$ 92	\$ 828	

de corriente					
Protecciones analizador de red	Equipo	3	\$ 29,772	\$ 89,316	
Modulo de control PCC1301	Equipo	1	\$ 4500	\$ 4500	
Contactador	Equipo	3	\$ 42.76	\$ 128.28	
Cableado	Equipo	1	\$ 750	\$ 750	
Controlador Programable	Equipo	1	\$ 3435	\$ 3435	
Modulo de Comunicación	Equipo	3	\$ 370	\$ 1110	
Fuente de alimentación	Equipo	3	\$ 315	\$ 945	
Gabinete eléctrico	Equipo	3	\$ 600	\$ 1800	
Accesorios	Equipo	3	\$ 100	\$ 300	
UPS	Equipo	4	\$ 360	\$ 1440	
Puntos de red	Equipo	6	\$ 210	\$ 1260	





Licencias de Software	WinCC Siemens	Software	1	\$ 4946	\$ 4946	
Montaje e instalación	Instalación de equipos	Servicio	1	\$ 1500	\$ 1500	
Equipo de Computo	Computador	Equipo	1	\$ 2497,516	\$ 2497,516	
	Impresora Multifuncional	Equipo	1	\$ 1026,586	\$ 1026,586	
<b>Total Inversión en Adquisición de Bienes Muebles</b>				<b>\$ 39360.466</b>		
<b>COMPONENTE</b>	<b>Mano de Obra Calificada</b>					
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	Observaciones
Profesional	Ingeniería de detalle e instalación de equipos	Mes	1	\$ 2700	\$ 2700	
Profesional	Profesional encargado de la configuración de los PLC	Mes	1	\$ 1200	\$ 1200	Personal requerido durante el tiempo de adecuación y pruebas
Profesional	Profesional encargado de la	Mes	1	\$ 2400		Personal requerido durante el tiempo de adecuación y

	configuración de software SCADA				\$ 2400	pruebas
<b>Total Inversión en Mano de Obra Calificada</b>				<b>\$ 6300</b>		
<b>TOTAL</b>						
<b>IMPREVISTOS INVERSIÓN (5%)</b>				<b>\$ 2283,0233</b>		
<b>I.V.A (16%)</b>				<b>\$ 7670.958</b>		
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>				<b>\$ 55614,447</b>		





**FORMATO PE-02 : PRESUPUESTO DE OBRA DEL PROYECTO**

Sección B: Operación

Nombre del Proyecto: Implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.

Alternativa: Compra de Equipos y Adecuación de Infraestructura para la Puesta en Marcha del Sistema SCADA para las planta eléctricas de emergencia de la Universidad Industrial de Santander.

COMPONENTE	Funcionamiento 2011					
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	Observaciones
Operación y Mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	\$ 300	\$ 900	
<b>Total Costos de Operación</b>				<b>\$ 900</b>		
COMPONENTE	Funcionamiento Año 2012					
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	
Operación y Mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	\$ 331	\$ 993	
<b>Total Costos de Operación</b>				<b>\$ 993</b>		
COMPONENTE	Funcionamiento 2013					



CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)
Operación y Mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	\$ 388	\$ 1164
<b>Total Costos de Operación</b>				<b>\$ 1164</b>	
COMPONENTE Funcionamiento 2014					
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)
Operación y Mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	\$ 473	\$ 1419
<b>Total Costos de Operación</b>				<b>\$ 1419</b>	
COMPONENTE Funcionamiento 2015					
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)
Operación y Mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	\$ 584	\$ 1752
<b>Total Costos de Operación</b>				<b>\$ 1752</b>	



COMPONENTE		Funcionamiento 2016				
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	
Operación y Mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	\$ 709	\$ 2127	
<b>Total Costos de Operación</b>				<b>\$ 2127</b>		
COMPONENTE		Funcionamiento 2017				
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	
Operación y Mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	\$ 842	\$ 2526	
<b>Total Costos de Operación</b>				<b>\$ 2526</b>		
COMPONENTE		Funcionamiento 2018				
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	
Operación y Mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	\$ 976	\$ 2928	
<b>Total Costos de Operación</b>				<b>\$ 2928</b>		



COMPONENTE		Funcionamiento 2019				
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	
Operación y Mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	\$ 1110	\$ 3330	
<b>Total Costos de Operación</b>				<b>\$ 3330</b>		
COMPONENTE		Funcionamiento 2020				
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	
Operación y Mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	\$ 1234	\$ 3702	
<b>Total Costos de Operación</b>				<b>\$ 3702</b>		

**FORMATO PE-05 : CAPACIDAD INSTALADA**

Nombre del Proyecto: Implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.

¿CUAL ES LA CAPACIDAD INSTALADA POR EL PROYECTO?

CANTIDAD: 245

UNIDAD DE MEDIDA: Variables monitoreadas y registradas

OBSERVACIONES:

La capacidad estimada, se presenta en número de variables que el sistema podrá monitorear y registrar en su fase inicial, estas variables representan un mecanismo de control y prevención de fallos en el suministro eléctrico de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.

Para calcularla se elaboro un estudio sobre las variables de interés de las plantas eléctricas de emergencia y de la red de suministro eléctrico, estas variables pueden ampliarse en un futuro incluyendo mas edificios del campus universitario para el monitoreo remoto por medio del sistema SCADA, debido a que la infraestructura principal se implementaría con este proyecto.

**FORMATO PE-07 : EFECTO AMBIENTAL**

Nombre del Proyecto: Implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.

Alternativa: Compra de Equipos y Adecuación de Infraestructura para la Puesta en Marcha del Sistema SCADA para las planta eléctricas de emergencia de la Universidad Industrial de Santander.

Por las características propias del sistema SCADA planteado, se considera que no se genera gran impacto sobre el ambiente, ya que no hay emisiones contaminantes y el uso de material contaminante no es significativo.

El mayor impacto generado se concentra en el consumo recursos energéticos, para el funcionamiento de los equipos y en el uso de papel e insumos de oficina.

**FORMATO PE-09 : MARCO INSTITUCIONAL**

Nombre del Proyecto: Implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.

La Universidad, a través de su Plan de Desarrollo Institucional (PDI) 2008-2018 plantea en su dimensión académica una serie de objetivos que buscan en general fortalecer el posicionamiento de la Universidad como una universidad de investigación de alto nivel. Entre los objetivos estratégicos que se enmarca el proyecto están:

- ✓ OBJETIVO ESTRATÉGICO I: “Realizar investigación de alta calidad orientada al desarrollo científico y conducente a innovaciones tecnológicas, sociales, económicas, culturales y políticas pertinentes con el desarrollo del país”.

En este objetivo se plantean estrategias que buscan articular la dinámica investigativa de la universidad con las necesidades de la región, consolidar la labor universitaria en ciencia, tecnología e innovación, fomentar la investigación universitaria de alta complejidad y lograr mayor reconocimiento de las actividades de investigación.

- ✓ OBJETIVO ESTRATÉGICO II: “Consolidar la alta calidad de los programas académicos de pregrado.”

Aquí se destaca la importancia de los procesos de acreditación de alta calidad, el compromiso con el mejoramiento y modernización de la infraestructura física y tecnológica al servicio de las actividades académicas mediante inversión en infraestructura del cinco por ciento del presupuesto y la consolidación de una cultura de calidad en las diferentes actividades académicas.



- ✓ OBJETIVO ESTRATÉGICO III: “Orientar los programas de posgrado hacia la consolidación de las maestrías y doctorados ligados a ejes estratégicos de investigación con proyección social”.

Este objetivo plantea estrategias como la creación de nuevos programas de maestría y doctorado, con líneas de investigaciones pertinentes, soportadas en grupos de investigación consolidados, la acreditación y certificación de laboratorios como aporte a la competitividad regional e incentivar la investigación a niveles de posgrado mediante becas y cofinanciación de trabajos de investigación acordes con necesidades regionales y nacionales.

- ✓ OBJETIVO ESTRATÉGICO IV: “Consolidar la capacidad institucional de materia de extensión y proyección social”.

Aquí se contempla estrategias como el fortalecimiento de la dinámica Universidad – Empresa – Estado, colaborar con el sector productivo en actividades de desarrollo tecnológico e innovación, incentivar la creación de empresas y el fortalecimiento de las actividades de extensión teniendo como fundamento la labor docente e investigativa.

En el marco de la Propuesta de Gestión Rectoral 2009-2012, se destaca el compromiso del actual rector, con el desarrollo de su gestión, en torno al cumplimiento de lo establecido en el PDI, en este sentido el proyecto favorece aspectos claves de su propuesta como “modernización de la infraestructura tecnológica de apoyo a la academia”.

Por último, el proyecto se enmarca dentro del cumplimiento de una policía de calidad, enfocada al mejoramiento continuo de sus procesos, en la medida que ofrecerá servicios de monitoreo y control de las variables pertinente a las fuentes de energía eléctrica del campus universitario, mejorando así las labores de mantenimiento de los equipos que conforman estas fuentes.

**FORMATO FS-03: SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO**

Nombre del Proyecto: Implementación de un sistema SCADA para las plantas eléctricas de los edificios CENTIC, Ciencias Humanas y Administración 1.

El Proyecto se constituye en una apuesta a la consolidación de la Universidad como una entidad dinámica y en constante modernización de los procesos que se efectúan en el campus universitario.

El sistema SCADA propuesto prestara servicios principalmente a las divisiones de mantenimiento tecnológico y planta física, y se encuentra conformado por múltiples dispositivos electrónicos, los cuales no requieren mayor financiación en su etapa de operación. Es por esto que se considera que el gasto de este proyecto consiste principalmente en la inversión inicial para la compra de los equipos y no tanto en los gastos de su operatividad.

La financiación de la etapa de inversión del proyecto se espera que provengan de recursos de inversión de la institución, específicamente de los recibidos por concepto de estampilla pro-UIS. El proyecto ha sido socializado en diferentes ocasiones con directivas de la Universidad y se tiene gran expectativa en alcanzar el apoyo económico de parte de la institución.

En la etapa de operación, los gastos que se prevén están conformados básicamente por las labores de mantenimiento a los equipos, las cuales se recomiendan que se desarrollen cada cuatro meses. El gasto de mantenimiento sería costado por las divisiones de mantenimiento tecnológico y planta física de la UIS.





