

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **PROPUESTA DE MIGRACION DE LA RED DE TELEMETRÍA ACTUAL DE LA ELECTRICIDAD DE CARACAS, HACIA UNA PLATAFORMA BASADA EN EL PROTOCOLO IP**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Carlos Moreno

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. María Avellanal

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Castaño L., Andrés  
para optar al Título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2005

## **CONSTANCIA DE APROBACIÓN**

Caracas, 10 de Mayo del 2005

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Andrés Castaño L., titulado:

### **“PROPUESTA DE MIGRACION DE LA RED DE TELEMETRÍA ACTUAL DE LA ELECTRICIDAD DE CARACAS, HACIA UNA PLATAFORMA BASADA EN EL PROTOCOLO IP”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista, en la mención de Comunicaciones y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran **APROBADO**.

Prof. Luis Fernandez

Jurado

Prof. Panayotis Tremante

Jurado

Prof. Carlos Moreno

Prof. Guía

## **DEDICATORIA**

A mi familia Jesús, Olga, Luis Miguel y Mara  
Por todo su apoyo durante mis estudios

## **RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS**

A mis padres Jesús y Olga, a mi hermano Luís Miguel, Mara, Alan Latuf, Lenis Jaspe, Maritza de Alvarez, padrinos y familiares por brindarme el apoyo y la confianza necesaria.

A mis amigos Celina Gouveia y Giuseppe Gagliardi.

Al profesor Carlos Moreno por todas sus recomendaciones, apoyo y colaboración hacia mi persona

A mis amigos del departamento de Transmisión de la EDEC: María Avellanal, Pablo Marín Douglas Alvarez, Robert Umbría, Pedro Valenzuela, Diego Gonzalez, Jose Luis Romero, Wilson Perez, Manuel Santolla, Maria Daniela Gomez, Cesar Monagas, Katty Pacheco, Alfredo Alfonso, Miguel Medina, Nelson Zambrano, Ines Castillo, Rosalba Moreno. Del departamento de fibra óptica Oswar Castillo y Alfredo Arteaga. Sandra Paniagua del departamento de Recursos Humanos, por su inmensa colaboración y apoyo hacia mi persona.

A la Universidad Central de Venezuela, la Escuela de Ing. Eléctrica, sus profesores, empleados, compañeros de clase y en especial a María Auxiliadora Rojas, que permitieron con su ayuda mi superación personal y profesional.

**Castaño L., Andrés**

## **PROPUESTA DE MIGRACION DE LA RED DE TELEMETRÍA ACTUAL DE LA ELECTRICIDAD DE CARACAS, HACIA UNA PLATAFORMA BASADA EN EL PROTOCOLO IP**

**Tutor Académico: Prof. Carlos Moreno. Tutor Industrial: Ing. María Avellanal.  
Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica.  
Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: EDEC. 2005. 61h.  
+ anexos.**

**Palabras Claves:** RTU, SCADA, Ethernet/IP, Switch, Comunicación, EDEC.

**Resumen:** Dentro de la Electricidad de Caracas (EDEC), se ha estudiado la posibilidad de realizar la migración de la plataforma de comunicaciones de la red de telemetría y telecontrol, que enlaza gran parte de las Subestaciones del área metropolitana con los dos Centros de Control (SCADA's), SCADA EMS, SCADA DMS. Actualmente el medio de transmisión, varía dependiendo de la Subestación, el cual incluye sistemas de radio frecuencia, sistemas de fibra óptica, pares de cobre y sistemas de microondas. La disponibilidad de cables de fibra en la zona servida, ofrece la posibilidad de realizar una migración de plataforma para 63 Subestaciones del área metropolitana usando ésta como medio de acceso, para transmitir la información provenientes de la RTU instaladas en las Subestaciones hacia ambos Centros de Control. Dicha comunicación se realiza actualmente usando MODEM's, los cuales transmiten la información proveniente del CPU de la RTU, usando modulación FSK. Esta plataforma vía MODEM impone limitaciones de servicio a una serie de requerimientos técnicos así como un alto grado de tiempo de indisponibilidad del sistema. Del estudio se puede concluir que la implantación de una red Ethernet/IP sobre un esquema de anillos de fibra óptica puede solventar las carencias de la actual plataforma robusteciendo los servicios prestados en las distintas Subestaciones de manera de obtener una red lo más versátil posible aplicando servicios adicionales a los de telemetría, así como aumentar el grado de confiabilidad del sistema en su totalidad. La escogencia de la empresa proveedora a ofrecer el equipamiento del sistema dependerá en gran medida de una comparación de equipos a instalar en cuanto a requerimientos técnicos, costo de la plataforma en su totalidad, pruebas de certificación del sistema en laboratorios de la EDEC, formas de pago, entrenamiento de personal EDEC y soporte técnico que cada empresa pueda brindarle al sistema.

## **ÍNDICE GENERAL**

	Pág.
CONSTANCIA DE APROBACIÓN	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	V
LISTA DE TABLAS	IX
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE SIGLAS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS	XII
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVOS	15
CAPITULO I. Conceptos Generales	16
1.1 Concepto de Telemetría	16
1.2 Conceptos Generales de la RTU	16
1.2.1 Definición	16
1.2.2 Características Generales	16
1.2.3.1 Estructura	16
1.2.3.2 Funciones	17
1.2.3.3 Alimentación	17
1.2.3.4 Velocidad de Comunicación	17
1.2.3.5 Dimensiones	17
1.3 Conceptos del Centro de Control (SCADA)	19
1.3.1 Definición	19
1.3.2 Características Generales	19
1.3.2.1 Modelos	20

1.3.2.2 Estructura	20
1.3.2.3 Funciones	21
CAPITULO II. Antecedentes y Problema Planteado	23
2.1 Antecedentes	23
2.2 Descripción del Problema Planteado	24
2.2.1 Requerimientos de Justificación de cambio de Plataforma	24
CAPITULO III. Descripción de Solución Propuesta	25
3.1 Plataforma de Red	25
3.1.1 Ventajas de una red IP	25
3.2 Plataforma de Enlace de Datos y Física	26
3.2.1 Ventajas de una plataforma Ethernet	26
3.3 Medio Físico	26
3.3.1 Ventajas de la Fibra Óptica	28
3.4 Características de la red Ethernet/IP sobre Fibra Óptica	28
CAPITULO IV. Selección de Equipos	30
4.1 Tecnología de Switch	30
4.1.1 Definición	30
4.2 Requerimientos Técnicos de Equipos	31
4.2.1 Equipos en Subestaciones	31
4.2.2 Equipos en los Centros de Control	32
CAPITULO V. Elección de los Proveedores	33
5.1 Equipos 1	33
5.1.1 Descripción de Solución	35
5.1.1.1 Subestaciones	35
5.1.1.2 Centros de Control	36
5.2 Equipos 2	37
5.2.1 Descripción de Solución	39
5.2.1.1 Subestaciones	39
5.2.1.2 Centros de Control	39

5.3 Equipos 3	40
5.3.1 Descripción de Solución	42
5.3.1.1 Subestaciones	42
5.3.1.2 Centros de Control	43
CAPITULO VI. Evaluación de Costos	46
6.1 Análisis/Costos (Equipos 1)	46
6.1.1 Subestaciones	46
6.1.2 Centros de Control	48
6.2 Análisis/Costos (Equipos 2)	49
6.2.1 Subestaciones	49
6.2.2 Centros de Control	51
CAPITULO VII. Resultados Matriz (Costo/Beneficio)	53
CAPITULO VIII. Conclusiones y Recomendaciones	56
8.1 Conclusiones	56
8.2 Recomendaciones	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
BIBLIOGRAFÍAS	58
GLOSARIO	59
ANEXOS	62

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
1. Tiempo de Indisponibilidad del Sistema	24
2. Análisis Técnico de la Solución de equipos	44
3. Costos Subestaciones Radiales (Equipos 1)	46
4. Costos Subestaciones con 2 entradas de fibra (Equipos 1)	46
5. Costos Subestaciones con 3 entradas de fibra (Equipos 1)	47
6. Costos Subestaciones con 4 entradas de fibra (Equipos 1)	47
7. Costos Subestaciones con 5 entradas de fibra (Equipos 1)	47
8. Costo SCADA EMS (Equipos 1)	48
9. Costo SCADA DMS (Equipos 1)	48
10. Total de Costos (Equipos 1)	48
11. Costos Subestaciones Radiales (Equipos 2)	49
12. Costos Subestaciones con 2 entradas de fibra (Equipos 2)	49
13. Costos Subestaciones con 3 entradas de fibra (Equipos 2)	50
14. Costos Subestaciones con 4 entradas de fibra (Equipos 2)	50
15. Costos Subestaciones con 5 entradas de fibra (Equipos 2)	50
16. Costo SCADA EMS (Equipos 2)	51
17. Costo SCADA DMS (Equipos 2)	51
18. Total de Costos (Equipos 2)	52
19. Matriz Costo/Beneficio	53

## **LISTA DE FIGURAS**

	Pág.
1. Modelo de RTU	18
2. Esquema del Sistema (SCADA/SUBESTACION)	22
3. Esquemático de Fibra Óptica	27
4. Esquema de Subestación, EQUIPOS 1	33
5. Esquema del Centro de Control, EQUIPOS 1	34
6. Esquema de Subestación, EQUIPOS 2	37
7. Esquema del Centro de Control, EQUIPOS 2	38
8. Esquema de Subestación, EQUIPOS 3	40
9. Esquema del Centro de Control, EQUIPOS 3	41

## **LISTA DE SIGLAS**

<b>EDEC</b>	Electricidad de Caracas
<b>IEC</b>	Comisión Electrotécnica Internacional
<b>IEEE</b>	Instituto de ingeniería eléctrica y electrónica
<b>OSI</b>	Open Systems Interconnection
<b>U.C.V</b>	Universidad Central de Venezuela
<b>VESSING</b>	Venezolana de suministros de servicios de ingeniería

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>A</b>	Ampere, unidad de corriente eléctrica
<b>APP</b>	Nodo de Aplicación
<b>BIT</b>	Unidad mínima de información, estados "0" o "1"
<b>Byte</b>	Serie de 8 bits
<b>CEM</b>	Control de estadística y mantenimiento
<b>CSMA/CD</b>	Acceso múltiple de percepción de portadora con detección de colisión
<b>CT</b>	Transformador de corriente
<b>DAC</b>	Unidad de adquisición de datos (Nodo de Comunicación)
<b>DEV</b>	Nodo de Desarrollo
<b>DMS</b>	Distribution Management System
<b>°C</b>	Grados Celsius, Unidad de temperatura
<b>EMS</b>	Energy Management System
<b>FSK</b>	Modulación por Desplazamiento de Frecuencia
<b>Gbps</b>	Giga bits por segundo
<b>IP</b>	Protocolo Internet
<b>Kbps</b>	Kilobits por segundo
<b>Kg</b>	Kilogramo, Unidad de masa
<b>LAN</b>	Red de Área Local
<b>m</b>	Metro, unidad de distancia
<b>Km</b>	Kilómetro, unidad de distancia
<b>Mbps</b>	Mega bits por segundo
<b>mm</b>	Milímetro, unidad de distancia
<b>nm</b>	Nanómetro, unidad de distancia
<b>PC</b>	Computador personal
<b>PT</b>	Transformador de potencia

<b>QoS</b>	Calidad de Servicio
<b>RSTP</b>	Rapid Spanning tree protocol
<b>RTU</b>	Unidad Terminal Remota
<b>SCADA</b>	Supervisory Control and Data Acquisition
<b>SIO</b>	Serial Input /Output cards
<b>SM</b>	Singlemode, (Fibras monomodo)
<b>SNMP</b>	Simple Network Management Protocol
<b>SNMPv2</b>	Simple Network Management Protocol, versión 2
<b>SNTP</b>	Simple Network Tree Protocol
<b>SYS</b>	Nodo de Sistema
<b>S/E</b>	Subestaciones
<b>VDC</b>	Voltios, corriente directa
<b>VAC</b>	Voltios, corriente alterna
<b>VLAN</b>	LAN Virtual
<b>W</b>	Vatios, Unidad de potencia

## **INTRODUCCIÓN**

El día a día del área de transmisión y distribución de la EDEC, está basado en la supervisión y control de las Subestaciones Eléctricas, encargadas de suministrarle energía a toda la comunidad residente en el área Metropolitana, Los Teques, Valles del Tuy, Guarenas y el Litoral, de manera de garantizar que el servicio suministrado en estas regiones es el óptimo y que se encuentra dentro de los rangos previamente establecidos.

Para llevar a cabo este proceso se cuenta con los equipos en campo (RTU), encargados de la adquisición y transmisión de toda la información de telemetría, hacia dos Centros de Control (SCADAS's) ubicados en el área metropolitana, que son los encargados de todo el procesamiento de señales, y supervisión de los niveles de tensiones, corrientes y status de los interruptores presentes en las distintas subestaciones.

La base de toda esta red de telemetría se encuentra sustentada en su plataforma de comunicación híbrida que emplea canales audio frecuencia y MODEM's para el establecimiento de los enlaces empleando como medios físicos de transmisión, pares de cobre, sistemas de radio frecuencia, fibra óptica y sistemas de microondas. Esta conexión posee limitaciones a una serie requerimientos técnicos, capaces de robustecer el servicio prestado en cada subestación, por lo que se quiere estudiar la posibilidad de una migración de esta plataforma con el fin de mejorar el rendimiento de la red y aumentar el grado de confiabilidad del sistema en su totalidad.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Elaborar una propuesta para la migración de la actual red de telemetría y telecontrol de la EDEC, empleando como medio de transmisión la red de fibra óptica, que enlaza 63 Subestaciones y dos Centros de Control del área metropolitana, sustituyendo los canales dedicados por una plataforma de red basada en el protocolo IP.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- A partir de los estudios previos desarrollar el nuevo esquema de red a implementar.
- Seleccionar los equipos necesarios que provean el desarrollo de este nuevo esquema de red basado en el protocolo IP, y que cumplan con los requerimientos de confiabilidad del sistema actual.
- Reubicar los equipos a sustituir, en áreas donde sea posible su implementación.
- Evaluar los costos que supondría la adquisición e instalación de equipos de una tecnología en específico.

# **CAPÍTULO I**

## **CONCEPTOS GENERALES**

### **1.1 CONCEPTO DE TELEMETRÍA**

La Telemetría es un proceso altamente automatizado propio de técnicas de comunicación que realiza medidas y colecciones de datos en puntos remotos o inaccesibles y los transmite a equipos receptores para su análisis, visualización y grabación.

Es la técnica que trata de la comunicación de datos y la realización de procesos entre equipos informáticos (hardware y software) distantes.

Toda aplicación de telemetría requiere de un sistema compuesto por equipos (adquisición y recepción de datos), medios y softwares para su funcionamiento.

### **1.2 CONCEPTOS GENERALES DE LA RTU**

#### **1.2.1 *Definición***

La Unidad Terminal Remota (RTU) es un sistema de adquisición de datos por telemetría, para la supervisión y control de procesos a distancia especialmente diseñada para aplicaciones de la industria eléctrica, con la cual pueden obtenerse datos analógicos y digitales además de realizar controles de campo.

#### **1.2.2 *Características Generales***

##### **1.2.3.1 *Estructura***

La RTU consta básicamente de tres partes:

**Unidad de procesamiento:** Está compuesta por una serie de tarjetas (analógicas, digitales, control) de acuerdo a la señal que va a manejar.

**CPU:** Es la parte inteligente de la RTU, la cual consta de procesadores y memorias que poseen varios módulos preprogramados que permite hacer cálculos de controles y comandos.

**Comunicación:** La función es tomar la información digital y ubicarla en un puerto RS232 para después vía MODEM (MDMPROC, BELL 202T) ser transmitida hacia los Centros de Control usando modulación FSK.

#### **1.2.3.2 Funciones**

- Supervisión constante del estado de los elementos a monitorear en cada Subestación, de manera de verificar que se encuentran en rangos previamente establecidos.
- Permite realizar comandos de control a través de órdenes previamente comunicadas con el SCADA.

#### **1.2.3.3 Alimentación**

- 120 VDC/AC, 24 VDC, 48 VDC.

#### **1.2.3.4 Velocidad de Comunicación**

- Comunicación con el host a 1200 baudios full duplex.

#### **1.2.3.5 Dimensiones**

La RTU's instaladas en las Subestaciones de la EDEC, están contenidas en una estructura metálica, fabricada en aluminio tratada con pintura en polvo aplicada electrostáticamente. Posee las siguientes dimensiones:

- 115.44 cm de ancho
- 192.00 cm de alto
- 68.2 cm de profundidad

El peso aproximado del equipo ensamblado es de 300 Kg.

A continuación se muestra en la Figura N° 1, un modelo de RTU de operación actual en la red de telemetría de la EDEC:

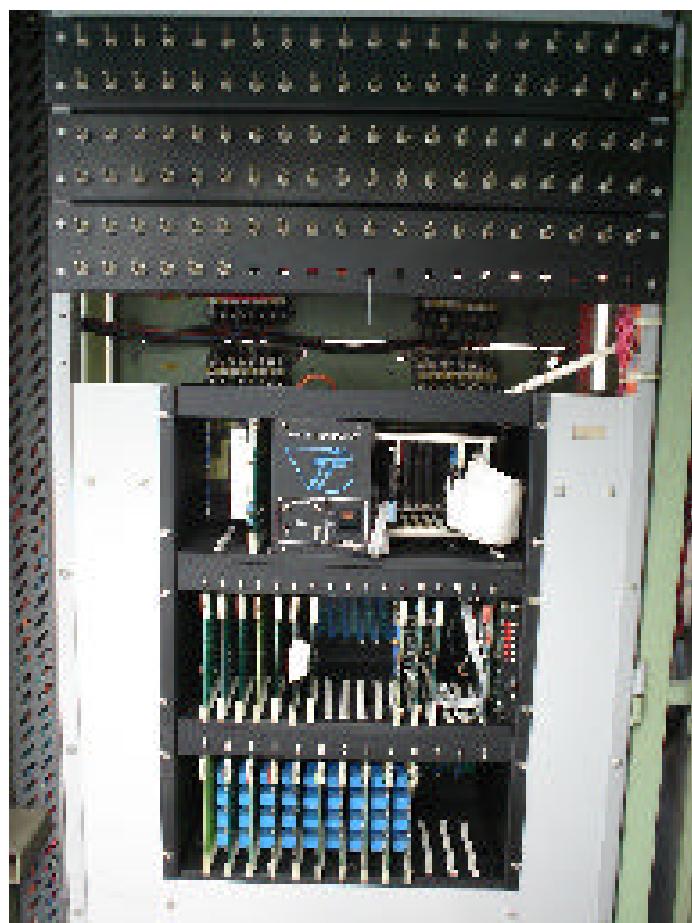


Figura N° 1. Modelo de RTU

## **1.3 CONCEPTOS DEL CENTRO DE CONTROL (SCADA)**

### **1.3.1 Definición**

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), es un sistema que opera en tiempo real, compuesto por hardware y software, que conecta un conjunto de computadoras periféricas en una red LAN, para llevar a cabo todo el procesamiento de las señales. El SCADA se encarga de adquirir toda la información proveniente de las RTU's instaladas en campo, para verificar que las variables a monitorear se encuentran dentro de los rangos establecidos como normal.

La red de telemetría SCADA/REMOTAS es un sistema maestro/esclavo en el cual el SCADA pregunta y las RTU responden. Este proceso conocido como Polling por sus siglas en inglés se hace con una frecuencia de dos segundos.

Datos a monitorear:

- Datos analógicos (tensiones, corrientes)
- Datos digitales (alarmas, estado de interruptores)
- Datos de pulsos (cantidad de revoluciones de un medidor)

### **1.3.2 Características Generales**

#### **1.3.2.1 Modelos**

- **EMS (Energy Management System):** SCADA de transmisión, encargado del monitoreo de las Subestaciones de transmisión (Subestaciones de niveles altos de tensión)
- **DMS (Distribution Management System):** SCADA de distribución, encargado del monitoreo de las Subestaciones de distribución (Subestaciones de niveles bajos de tensión)

### 1.3.2.2 Estructura

- **Servidores (DAC, SYS, APP, DEV):** encargados de la adquisición, administración y distribución de toda la información proveniente de las RTU de cada Subestación, hacia los diversos equipos de supervisión del SCADA (red LAN de computadores), así como de sincronizar todo el sistema para tráfico en tiempo real.

**DAC (Data Acquisition):** Nodo de comunicación, encargado de la administración de todas las comunicaciones tanto externas como internas realizadas en el SCADA, así como de la sincronización de todo el tráfico en tiempo real.

**SYS (System Node):** Nodo de Sistemas, encargado de administrar todo lo referente a la base de datos referida a la información recogida en el SCADA (Ej. Históricos de alarmas).

**APP (Application Node):** Nodo de aplicación, encargado de todo lo relacionado con la operación de aplicaciones realizadas por el SCADA. (Ej. Predicción de Demanda).

**DEV (Development Node):** Nodo de desarrollo, encargado de todo lo referente a modificaciones de aplicaciones del SCADA (Ej. Modificación de despliegues, Página WEB)

- **Equipo de Comunicación:** encargado de recibir y transmitir todo el tráfico entrante y saliente de la estación maestra. Compuesto por MODEMS (uno por cada Subestación) bajo una modulación FSK.

- **Tarjetas SIO:** encargadas de multiplexar la información proveniente de 8 MODEMS para posteriormente ser enviadas al DAC.

- **Estaciones de trabajo:** Computadores personales, que forman una red LAN, los cuales a partir de una interfaz gráfica, les permite a los operadores del SCADA realizar las funciones de monitoreo y control de todos los dispositivos a supervisar en campo.

### **1.3.2.3 Funciones**

- Obtener información en tiempo real y acumulada del estado y parámetros numéricos de los dispositivos instalados en campo.
- Permitir el envío de comandos a estos dispositivos.
- Monitorear estados y parámetros de los dispositivos y alamar cuando estos salgan de su estado normal de funcionamiento o rebasen los límites establecidos como normal, además de crear un registro de incidencias.
- Generación de históricos de señales de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Intercambio de información con otros sistemas.
- Proveer al operador de un conjunto de aplicaciones para facilitar la gestión del sistema.

A continuación podemos observar la Figura N° 2 donde se muestra un esquema del sistema SCADA/Subestación

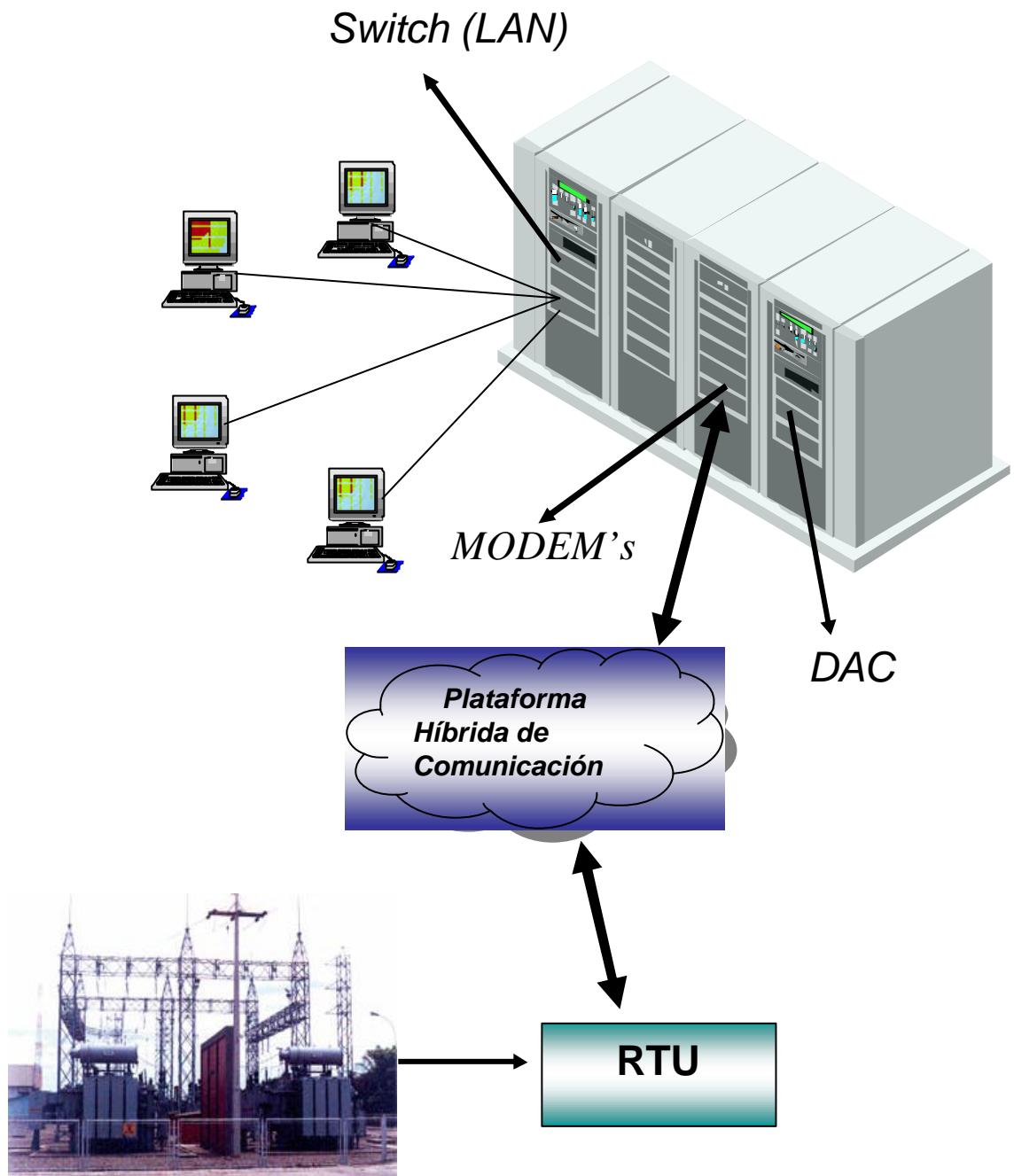


Figura N° 2. Esquema del Sistema SCADA/Subestación

## **CAPÍTULO II**

### **ANTECEDENTES Y PROBLEMA PLANTEADO**

#### **2.1 ANTECEDENTES**

La actual red de telemetría y telecontrol de la EDEC es una red híbrida, compuesta por enlaces de fibra óptica, transmisión bajo sistemas de radio frecuencia, enlaces vía pares de cobre y sistemas de microonda, y todo estos sustentados bajo una plataforma punto a punto y protocolos propietarios, que realiza enlaces entre dos centrales de monitoreo y 120 Subestaciones a lo largo de toda el área Metropolitana, Guarenas, Los Teques, el Litoral y los Valles del Tuy.

En campo (Subestaciones) se encuentra la RTU equipo encargado de la adquisición y transmisión de la información de telemetría, la cual actualmente mediante una interfaz RS-232 interconecta su CPU con un MODEM, encargado de comunicar las Subestaciones con el SCADA, usando modulación FSK. En ambas estaciones Maestras el proceso es inverso, se demodula la señal y se entrega la información también mediante una interfaz RS-232 de manera de verificar que los elementos en campo se encuentren en los rangos previamente establecidos.

Esta actual plataforma ofrece una serie de limitaciones a una serie de requerimientos técnicos, así como un tiempo considerable de indisponibilidad de la red, es por ello que se plantea el uso de los cables de fibra óptica existentes para el desarrollo de una red IP que permita enlazar 63 Subestaciones del área metropolitana y así sustituir los enlaces punto a punto que actualmente operan en la EDEC.

## **2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA PLANTEADO**

Actualmente esta plataforma vía MODEM ofrece varias limitaciones que justificarían una migración de plataforma.

A continuación se presenta la Tabla N° 1 donde se registra el tiempo de indisponibilidad obtenido por el CEM de la EDEC, durante el período comprendido desde Enero 04 hasta Agosto-04

Tabla N° 1. Tiempo de indisponibilidad del Sistema

<i>Descripción</i>	<i>Número de Fallas</i>	<i>Tiempo Indisponibilidad (segundos)</i>
<i>Plataforma de Comunicación (híbrida)</i>	25	8496
<i>MODEM</i>	2	817
	27	9313

Como puede observarse de la Tabla N° 1 existe un alto porcentaje de tiempo, en el que la RTU se encuentra incomunicada con el SCADA.

### **2.2.1 Requerimientos de justificación de cambio de plataforma**

- Disminución del tiempo de indisponibilidad del sistema (confiabilidad)
- Gestión integral de red.
- Posibilidad de Crecimiento en tecnologías y servicios adicionales.
- Control de RTU mediante acceso remoto.
- Flexibilidad de migración, hacia unas remotas vía IP directamente.

## CAPÍTULO III

### DESCRIPCIÓN DE SOLUCIÓN PROPUESTA

#### 3.1 PLATAFORMA DE RED

En los últimos años el mercado ha mostrado una clara tendencia, hacia sistemas con plataforma de red IP, todo esto gracias a las ventajas que ofrece, las cuales tienden a darle un alto grado de flexibilidad a la red.

##### *3.1.1 Ventajas de una red IP*

- **Unificación de Sistemas:** La plataforma IP se está convirtiendo en el sistema integrado de comunicación (voz, datos y video).
- **Reducción de costos:** Esta integración de servicios en IP contribuye, en consecuencia a la reducción de costos, unificando los servicios en una única infraestructura gestionada extremo-extremo.
- **Crecimiento Controlado:** Una infraestructura de red IP está ampliamente preparada para el cambio. En un futuro podría necesitarse de un aumento de capacidad, por lo que el sistema se encontrará disponible para crecer y dar respuesta a las demandas de la empresa.
- **Acceso Remoto:** Esta infraestructura permite acceder a la red (a personal autorizado, mediante el uso de claves), desde lugares distantes, para la supervisión y control del sistema.
- **Protocolo Estándar:** Compatible con una diversidad de plataformas físicas y de enlace de datos (Capa I y II del modelo OSI). Adicionalmente capacidad de manejar gran cantidad de protocolos de gestión de red que hacen posible su operación a través de diferentes plataformas de transmisión y le ofrecen un alto grado de confiabilidad a la red.

## **3.2 PLATAFORMA DE ENLACE DE DATOS Y FÍSICA**

Actualmente a nivel mundial la plataforma más estandarizada para la implementación de una red LAN es Ethernet. Esta característica se ha visto reflejada con cada vez más auge en ambientes industriales, por supuesto tomando en cuenta todo el desarrollo que esto implica, como sería el uso de equipos capacitados para proporcionar un normal funcionamiento en zonas hostiles (en el caso de la EDEC, subestaciones eléctricas).

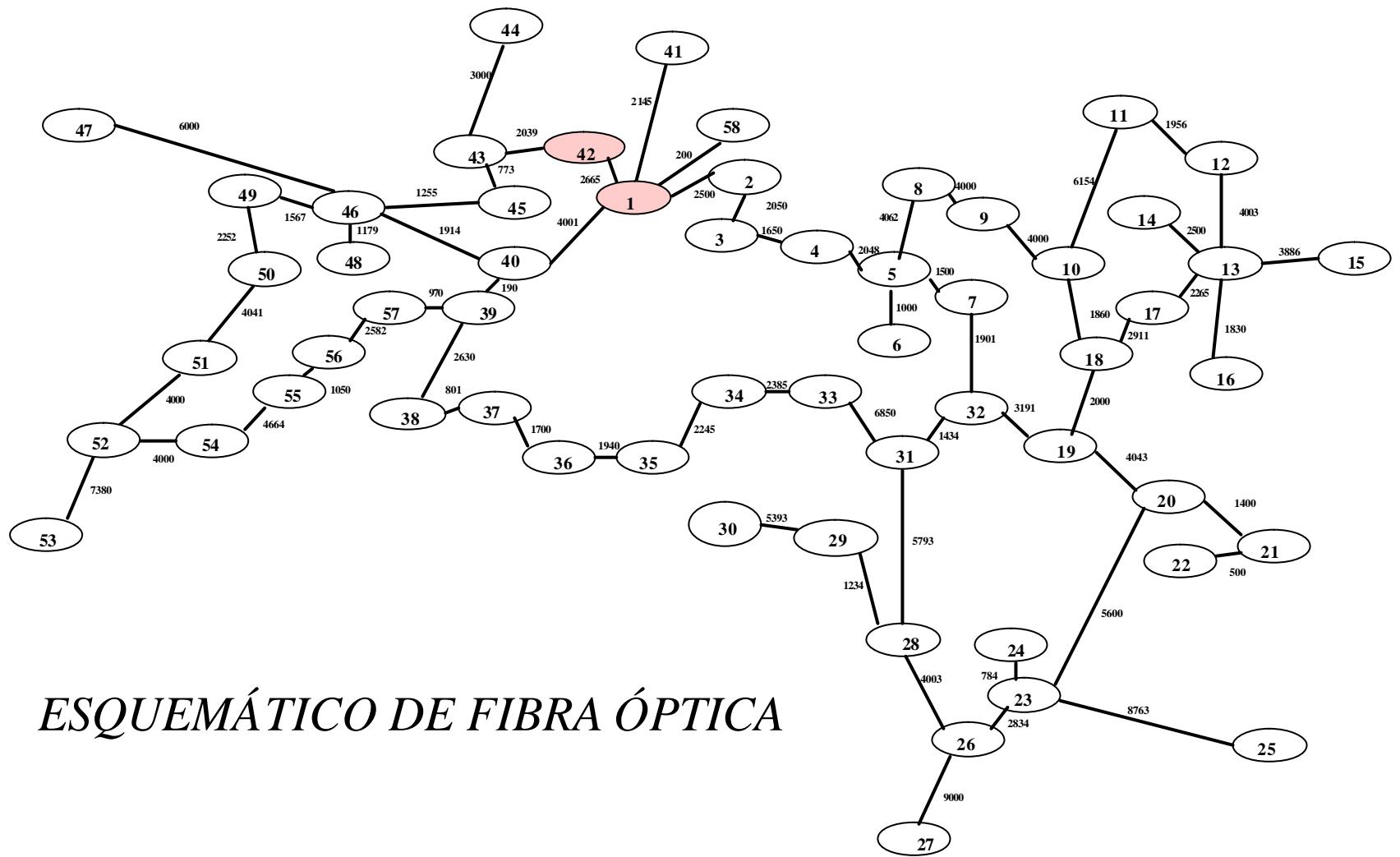
Ethernet se ha convertido en una poderosa herramienta, permitiendo colocar estaciones totalmente funcionales desde cualquier parte de la red. Por otro lado es completamente compatible con la plataforma de red IP por lo que se convierte en una sólida ventaja para la escogencia de esta tecnología.

### ***3.2.1 Ventajas de una plataforma Ethernet***

- No requiere licencia
- Hardware y software con alta disponibilidad en el mercado, así como personal técnico abundante.
- Alto grado de compatibilidad con plataformas de red IP
- Tecnología probada mundialmente
- Tecnología basada en Switches con capacidad de aumento de ancho de banda, convirtiéndola en una de las redes más rápidas actuales en el mercado.

## **3.3 MEDIO FÍSICO**

El medio físico a utilizar son pares de fibra óptica, de los cuales basado en la disponibilidad que tiene la EDEC en el área metropolitana, se ha desarrollado un esquema de red mostrado en la figura N° 3 anexado en la página siguiente.



*ESQUEMÁTICO DE FIBRA ÓPTICA*

En la figura Nº 3 se presenta la red de fibra óptica donde se plantea un esquema de anillos ideal para la implantación de una red Ethernet/IP, ya que proporciona en la mayoría de Subestaciones redundancia por localidad, permitiendo que en el caso de alguna ruptura física del enlace pueda mediante protocolos de gestión estándar la recuperación del sistema de red.

### **3.3.1 Ventajas de la Fibra Óptica**

- Alto grado de confiabilidad.
- Esquema de anillos con capacidad de reestructuración del sistema de red en caso de ruptura de enlaces.
- Tendido de fibra ya está disponible en las Subestaciones por lo que no significaría costo adicional, solo el correspondiente a empalmes y preparación de la fibra.
- Total inmunidad a interferencias electromagnéticas, lo cual la hace ideal para transporte de información en subestaciones eléctricas.
- Completo aislamiento eléctrico entre los diferentes nodos de comunicación.
- Ideal para manejo de tráfico en tiempo real (video, sonido) debido a la capacidad de transmitir a grandes velocidades y a grandes distancias sin uso de repetidores.
- Alta vida útil.

### **3.4 CARACTERÍSTICAS DE LA RED ETHERNET/IP SOBRE FIBRA**

*Esta plataforma tendrá las siguientes ventajas con respecto a la plataforma actual:*

- Manejo de información en tiempo real, permitiendo la posibilidad de adherir servicios adicionales a los de telemetría (Ej. video: capacidad de instalar cámaras de seguridad en subestaciones).
- Esquema de anillos (redundancia física por localidad), el cual permite la posibilidad de obtener rápidos tiempos de recuperación en caso de la caída de algún enlace, mediante la utilización de protocolos de gestión estándar como RSTP.
- Topologías diversas: se podrá configurar varios terminales mediante implementaciones de VLAN's, permitiéndole al personal EDEC, separar y aislar múltiples sistemas de red.
- Administración Remota: Ej. se podrá acceder a la red y a la RTU desde lugares distantes. Esto permite una mayor velocidad de respuesta de parte del personal técnico en la resolución de problemas.
- Seguridad flexible: se puede restringir el acceso a un puerto en un interruptor, lo cual resulta en acceso restringido a un bloque específico de la red.

En conclusión una solución basada en una infraestructura Ethernet/IP sobre fibra óptica, rentabilizará la inversión al máximo, brindando una red sumamente flexible y versátil además de un alto grado de confiabilidad, ajustándose a las necesidades requeridas por personal EDEC.

## **CAPÍTULO IV**

### **SELECCIÓN DE EQUIPOS**

Para la implementación de la nueva plataforma Ethernet/IP sobre fibra óptica se ha optado por la tecnología de ‘switches’ y servidores IP, basándose de igual forma en las tendencias del mercado en subestaciones para manejo de LAN, además de que posee una serie de beneficios técnicos que la hace ideal para la implantación del sistema.

#### **4.1 TECNOLOGÍA DE SWITCH**

##### **4.1.1 Definición**

Un switch es un dispositivo diseñado para resolver problemas de rendimiento en la red, causados por anchos de banda pequeños y embotellamientos. Un switch puede agregar mayor ancho de banda, acelerando la salida de paquetes, reduciendo los tiempos de espera y bajando el costo por puerto.

El switch segmenta económicamente la red dentro de pequeños dominios de colisión obteniéndose un alto porcentaje de ancho de banda por cada estación final. Al segmentar la red en pequeños dominios de colisión, se elimina casi por completo que cada estación tenga que competir por el medio, reduciendo al máximo el número de colisiones en la red y solventando así la mayor deficiencia de la que sufren las redes Ethernet. Por consecuencia se obtiene un sistema lo más determinístico posible.

*En conclusión las ventajas de los switches son:*

- El switch obtiene un alto porcentaje de ancho de banda por cada estación, lo que se traduce en un mayor rendimiento por puerto.
- El Switch proporciona mecanismos de configuración, para gestionamiento de fallas, y de prestaciones así como funciones de seguridad del sistema.
- Se encarga de facilitar la configuración rápida y eficiente de las conexiones, así como de reconfigurarlas o modificarlas con el fin de realizar funciones de protección y restablecimiento del sistema en caso de fallas.
- El precio de esta tecnología ha venido descendiendo, unido con la eficiencia de la manufactura y técnicas de distribución por lo que el costo por puerto se ha venido aproximando, a equipos de menor rendimiento como por ejemplo un HUB.
- Tecnología de Switches está a la vanguardia a nivel mundial para conexiones LAN en ambientes industriales.

## **4.2 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE EQUIPOS**

### **4.2.1 *Equipos en Subestaciones***

El MODEM (equipo de comunicación actual) deberá ser reemplazado por switches y equipos adicionales (de ser necesario), capaces de interconectar la interfaz RS-232 proveniente del CPU de la RTU, hacia el medio de transmisión de fibra óptica y bajo una plataforma de red Ethernet/IP.

*Los equipos a instalar deberán cumplir con los siguientes requerimientos técnicos:*

- Cumplimiento de los estándares IEC 61850, IEC 61000-6-2, IEEE 1613, para operación en subestaciones eléctricas.

- Temperaturas de operación y humedad relativa entre rangos de (0°C-60°C) y (5%-95%) respectivamente.
- Tensiones de alimentación de 48 VDC, más la inclusión de conversores para Subestaciones de 24VDC y 120 VDC.
- Rápidos tiempos de recuperación del sistema en caso de la caída de algún enlace (delay < 5ms).
- Completa compatibilidad con el estándar IEEE 802.1p referente al (QoS) para tráfico en tiempo real.
- Velocidades de transmisión de 100 Mbps ó 1 Gbps.
- Software de gestión de red estándar (SNMP).
- Equipos para fibras monomodo y conectores SC para distancias de transmisión mayores o igual a 10 Km.

\* Los requerimientos específicos para cada subestación (entradas de fibra, alimentaciones, interfaces seriales) se encuentran de manera detallada en la sección de anexos 1, tabla (Especificación por Estación) página 63.

#### ***4.2.2 Equipos en los Centros de Control***

El equipo a ser provisto deberá considerar la interconexión de dos centros de control y la incorporación de los mismos a la red LAN de telemetría. La solución deberá incluir los accesorios necesarios para la entrega de un puerto RS-232 por cada subestación al FRONT-END de comunicaciones del SCADA.

\* Los requerimientos específicos para cada centro de control (entradas de fibra, alimentaciones, interfaces seriales) se encuentran de manera detallada en la sección de anexos 1, tabla (Especificación por Estación) página 63.

# CAPÍTULO V

## ELECCIÓN DE LOS PROVEEDORES

La elección de proveedores se ha realizado entre tres posibles soluciones, mediante la búsqueda de proveedores especialistas en equipos para operación en Subestaciones Eléctricas. Se realizará una comparación de cada solución mediante el estudio de una matriz técnica, de la cual se escogerán las dos mejores soluciones, para posteriormente realizar el respectivo estudio económico.

### 5.1 EQUIPOS 1

**Subestaciones:** Proveedor RUGGEDCOM

**Centros de Control:** Proveedor RUGGEDCOM + Proveedor DIGI

La Figura N° 4 muestra un ejemplo de interconexión de la solución EQUIPOS 1, en una Subestación con cuatro entradas de fibra óptica

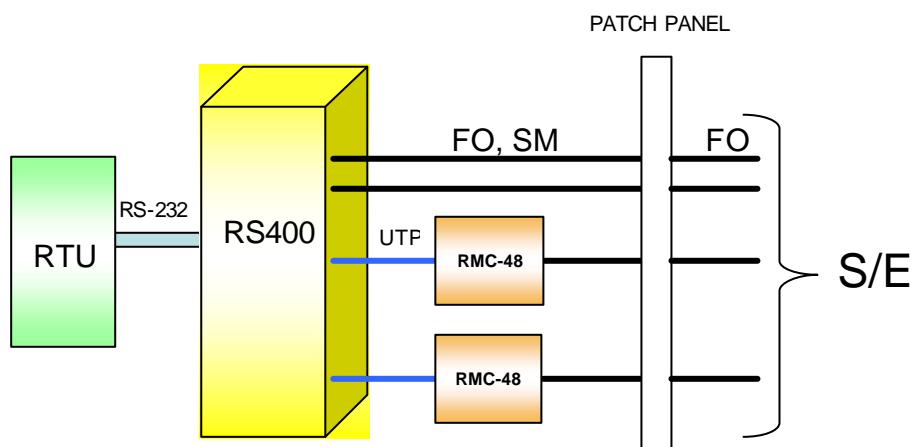


Figura N° 4. Esquema de Subestación, EQUIPOS 1

**RS400:** Serial to Ethernet Server RUGGEDCOM, 4 puertos RS-232, 2 puertos 10/100BASETX, 2 puertos 100BASEFX, SM, SC conector.

**RMC-48:** Media Converter RUGGEDCOM, 100BasetX to 100BasetFX, SM, SC connector, d: 15Km

La Figura N° 5 muestra el ejemplo de interconexión del SCADA DMS basado en la solución EQUIPOS 1

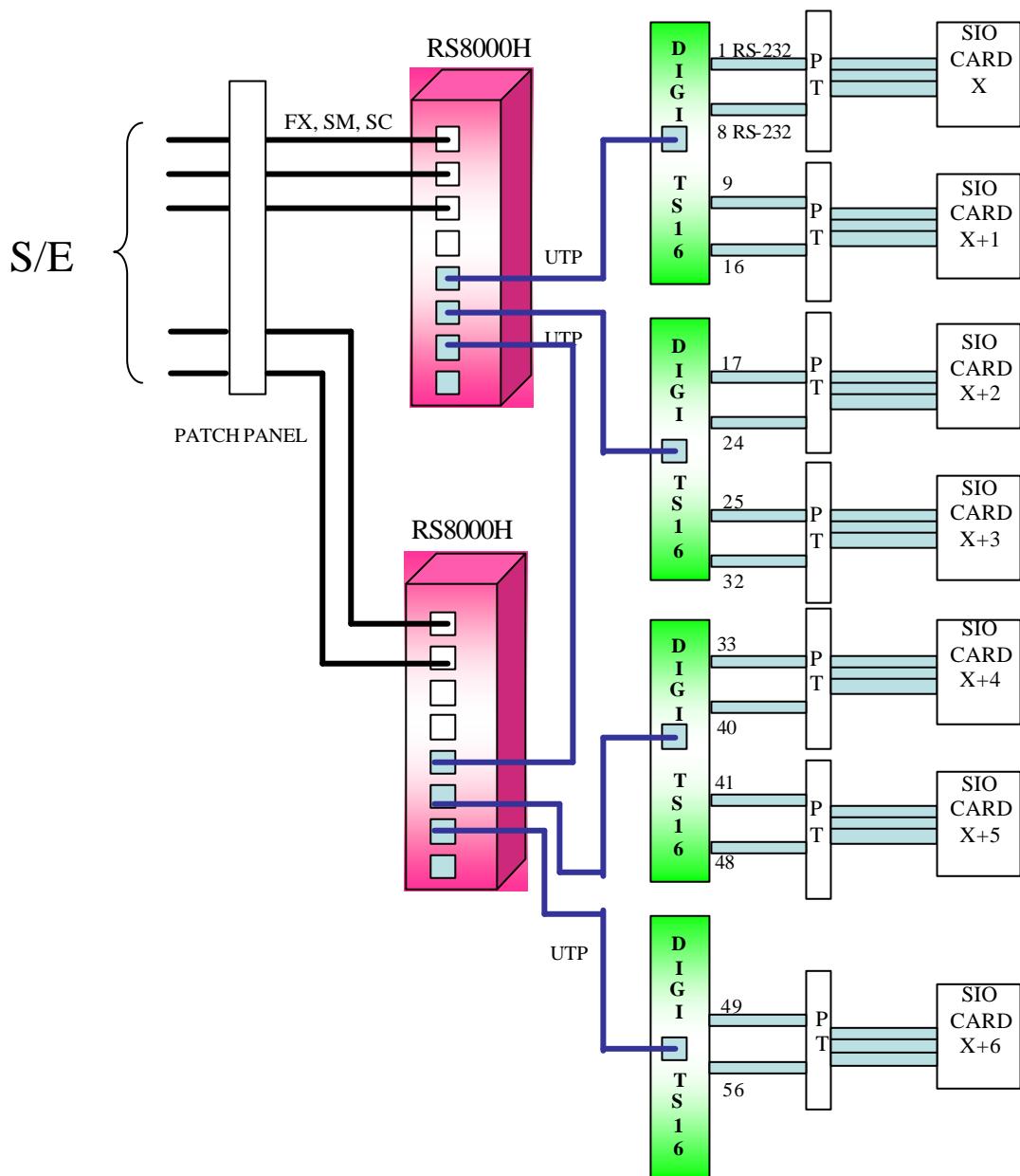


Figura N° 5. Esquema del Centro de Control, EQUIPOS 1

**RS800H:** Switch RUGGEDCOM, 4 puertos 100BaseFX, SM, SC connector, 4 puertos 10/100 Base TX, d: 15 Km.

**TS16:** Dispositivo Terminal Server DIGI, 1 puerto Ethernet, 16 puertos RS-232.

### **5.1.1 Descripción de Solución**

#### **5.1.1.1 Subestaciones**

La Solución en cada Subestación se ha realizado bajo un solo proveedor RUGGEDCOM, empresa canadiense especialista en equipos para operaciones en subestaciones eléctricas.

La mayor ventaja de esta solución se encuentra en el servidor Serial/IP, el cual proporciona capacidad de Switching completamente gestionable, y protocolo de recuperación de enlaces RSTP para tiempos de recuperación menores a 5ms por equipo, con lo cual se adhiere perfectamente a las necesidades y requerimientos de la EDEC. Sin embargo el equipo solo provee dos puertos de fibra por lo que es necesario la utilización de dispositivos adicionales para Subestaciones de 3, 4 entradas de fibra. Para esto se ha utilizado Media Converters, RMC-48 (100BASEFX/100BasetX) con el fin de aprovechar los dos puertos UTP sobrantes del RS-400, lo que corresponde en una solución más económica que la adquisición de dos RS-400.

En el caso de las Subestaciones con 5 entradas de fibra la solución está basada en un RS-400 y un RS8000H switch que proporciona 4 puertos de fibra y 4 puertos UTP (4-100BASEFX, 4-100BasetX), completamente gestionables y también con el apoyo del protocolo RSTP. Esta solución se ha basado no solo buscando minimizar los costos sino también la cantidad de equipos a instalar en cada Subestación.

Nota: El ejemplo de instalación de equipos de cada Subestación se encuentran en la sección de Anexos 2, página 66, Diagramas de Conexión.

### **5.1.1.2 Centros de control**

La Solución en cada Centro de Control se ha realizado bajo dos proveedores RUGGEDCOM y DIGI otra empresa especialista en dispositivos para ambientes extremos.

La solución en cada Centro de Control se basa en la utilización de dos Switches RS8000H que son los que proporcionan la interfaz de fibra, mientras que la interfaz RS-232 es entregada por los DIGI TS16. Esta solución se ha basado en dos proveedores debido a que la empresa RUGGEDCOM carece de servidores seriales de gran cantidad de puertos RS-232, mientras que el DIGI Server TS16 proporciona (1-100BaseTX, 16 puertos RS-232).

Nota: El ejemplo de instalación de cada Centro de Control se encuentra en la sección de Anexos página 66, Diagramas de conexión.

## 5.2 EQUIPOS 2

**Subestaciones:** Proveedor GARRETTCOM + Proveedor DIGI

**Centros de Control:** Proveedor GARRETTCOM + Proveedor DIGI

La Figura N° 6 muestra un ejemplo de interconexión de la solución EQUIPOS 2, en una Subestación con cinco entradas de fibra óptica

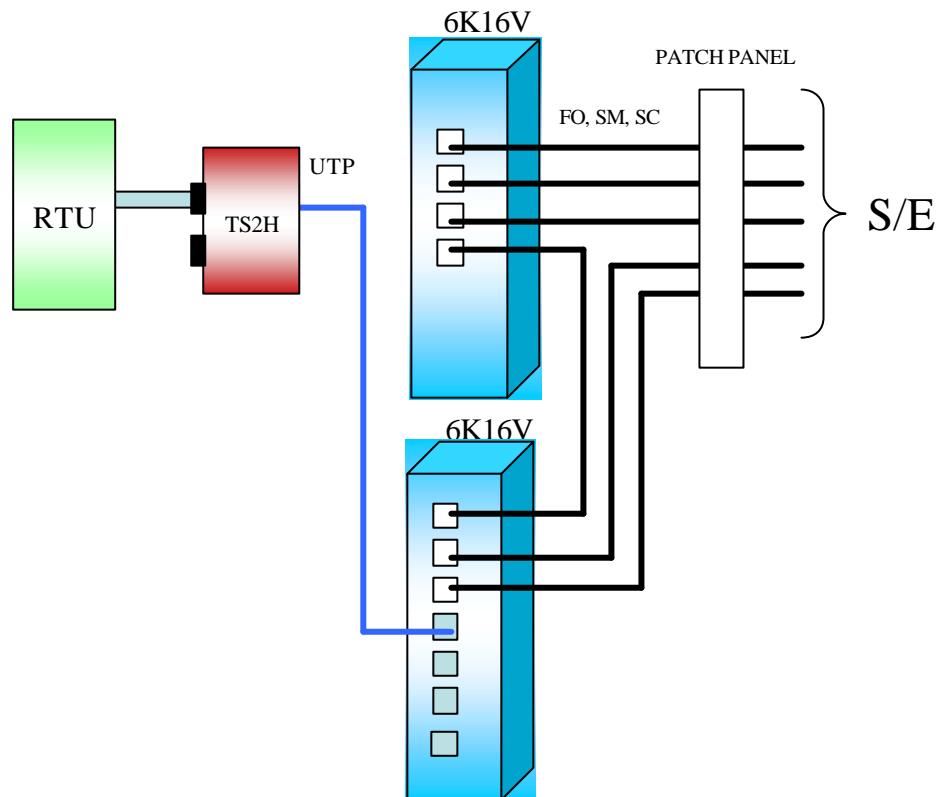


Figura N° 6. Esquema de Subestación, EQUIPOS 2

**TS2H:** Dispositivo Servidor Terminal IP DIGI, 2 puertos RS232, 1 puerto 10/100BASETX.

**6K16V:** Switch GARRETTCOM, Módulos con puertos 10/100BASETX, puertos 1GB para fibra óptica.

La Figura Nº 7 muestra el ejemplo de interconexión del SCADA DMS basado en la solución EQUIPOS 2

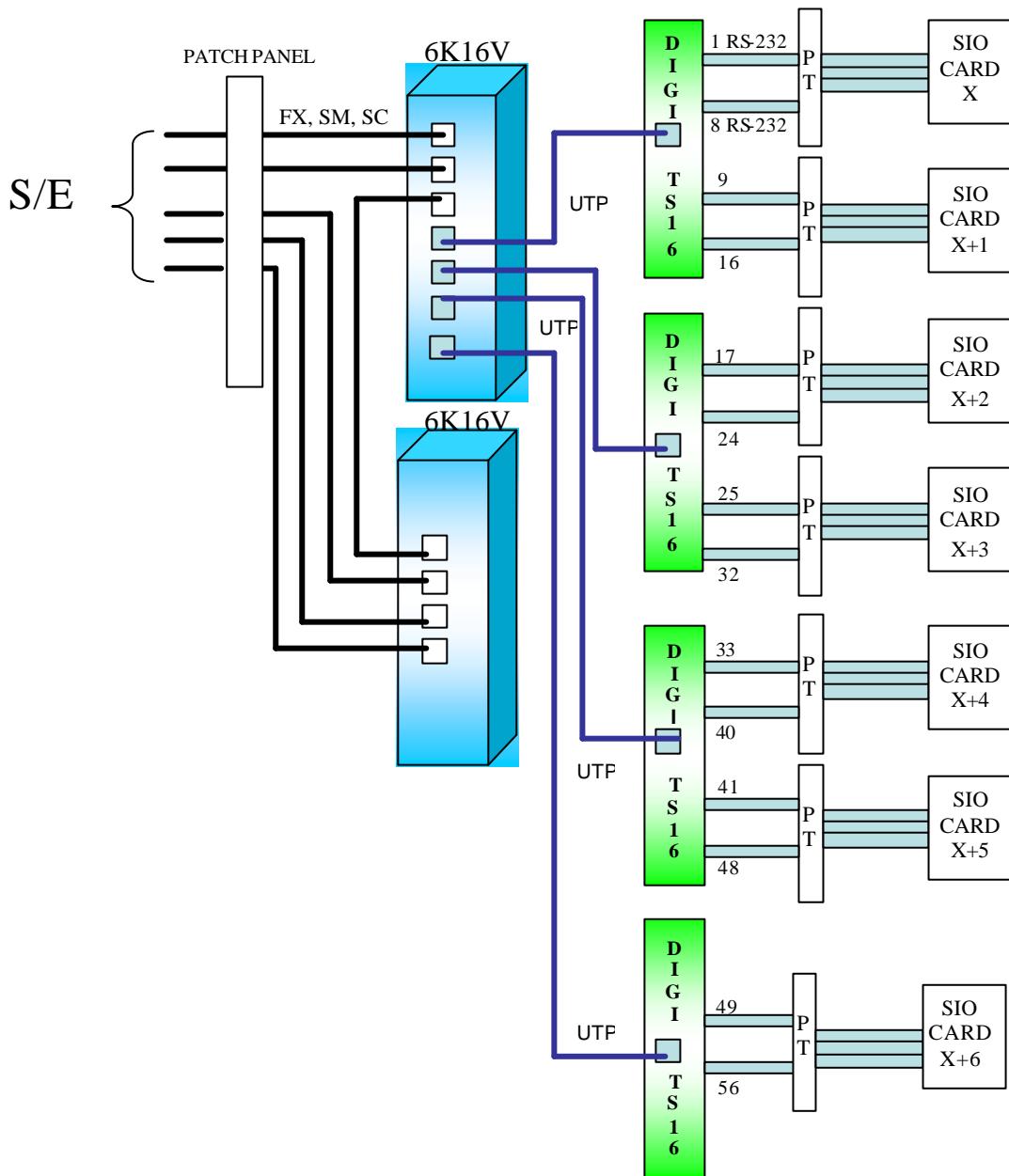


Figura Nº 7. Esquema del Centro de Control, EQUIPOS 2

**6K16V:** Switch GARRETTCOM, Módulos con puertos 10/100BASETX, puertos 1GB para fibra óptica.

**TS16:** Dispositivo Terminal Server DIGI, 1 puerto Ethernet, 16 puertos RS-232.

### **5.2.1 Descripción de Solución**

#### **5.2.1.1 Subestaciones**

La Solución en cada Subestación se ha realizado bajo dos compañías proveedoras: GARRETCOM otra empresa canadiense también especialista en equipos para operaciones en subestaciones eléctricas y DIGI.

La mayor ventaja de esta solución se encuentra en sus switches los cuales son equipos modulares, por lo que se puede escoger el número de puertos según sea la necesidad de cada Subestación. La solución consta de un Switch base unit (case) (6K16V) el cual está provisto de dos ranuras para insertarle los módulos encargados de seleccionar la velocidad de transmisión, y las interfaces tanto UTP como de fibra óptica. La otra gran ventaja de esta solución se encuentra en la velocidad de transmisión (1Gbps). Por otra parte todos los switches son completamente gestionables y con tiempos de recuperación menores a 5ms bajo protocolo RSTP.

La inclusión del proveedor DIGI se debe a que la compañía GARRETCOM no provee servidores seriales por lo que el TS2H provisto de dos puertos RS-232 y un puerto 100BASETX, se adapta a las necesidades requeridas en cada subestación por personal EDEC.

#### **5.2.1.2 Centros de Control**

La solución de cada Subestación se realizó igual bajo las dos empresas GARRETCOM y DIGI.

Se ha provisto de dos Switches 6K16V (GARRETTCOM) provisto de los módulos necesarios para proveer la interfaces de fibra, mientras que las interfaces RS-232 las suministra el TS16 (DIGI Serial Server).

Nota: Los ejemplos de instalación se encuentran en la sección de Anexos página 66.

### 5.3 EQUIPOS 3

**Subestaciones:** Proveedor SIXNET + Proveedor DIGI

**Centros de Control:** Proveedor SIXNET + Proveedor DIGI

La Figura N° 8 muestra un ejemplo de interconexión de la solución EQUIPOS 3, en una Subestación con cinco entradas de fibra óptica

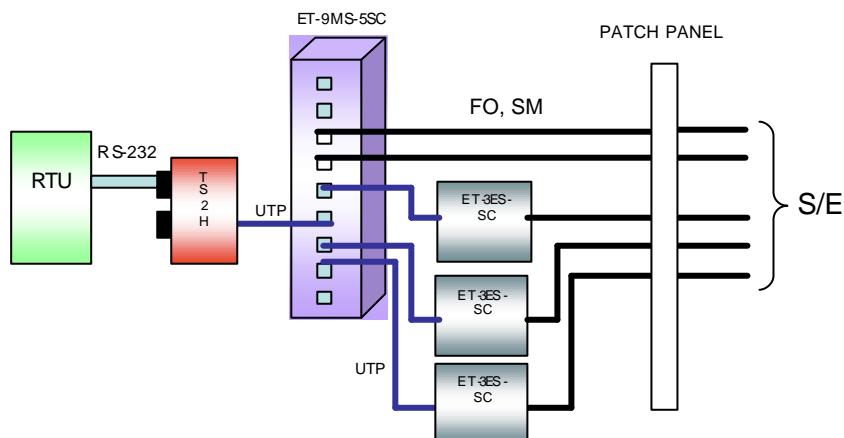


Figura N° 8. Esquema de Subestación, EQUIPOS 3

**ET-9MS-5SC:** Switch Ethernet SIXNET, 7 puertos (RJ45)  
100BASETX, 2 puertos 100BASEFX, SM, conector SC, d >40 Km.

**ET-3ES-2SC:** Media Converter SIXNET, 2 puertos (RJ45)  
100BASETX, 1 puerto 100BASEFX, SM, conector SC, d>40 Km.

**TS2H:** Dispositivo Servidor Terminal IP DIGI, 2 puertos RS232, 1 puerto 10/100BASETX.

La Figura Nº 9 muestra el ejemplo de interconexión del SCADA DMS basado en la solución EQUIPOS 3

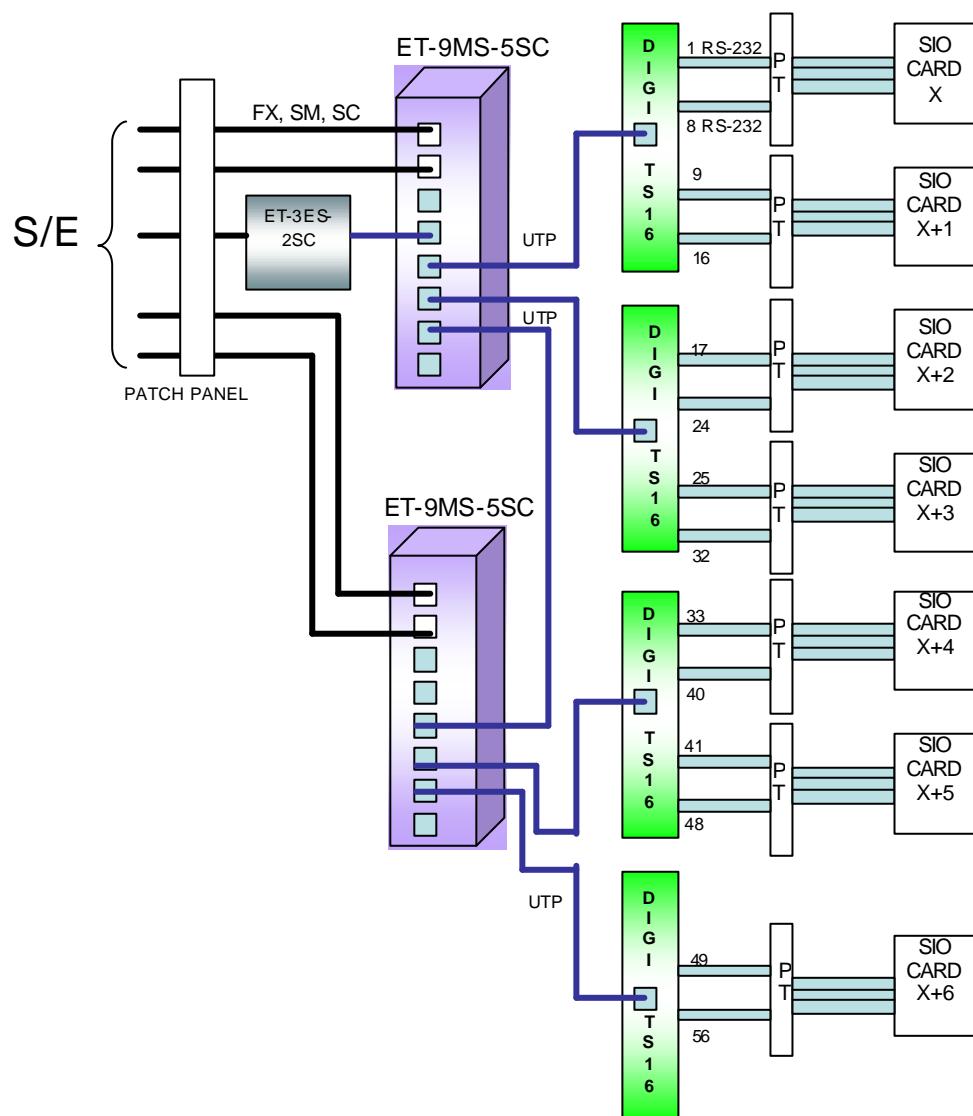


Figura Nº 9. Esquema del Centro de Control, EQUIPOS 3

**ET-9MS-5SC:** Switch Ethernet SIXNET, 7 puertos (RJ45) 100BASSETX, 2 puertos 100BASEFX, SM, conector SC, d >40 Km.

**ET-3ES-2SC:** Media Converter SIXNET, 2 puertos (RJ45) 100BASSETX, 1 puerto 100BASEFX, SM, conector SC, d>40 Km.

**TS16:** Dispositivo Terminal Server DIGI, 1 puerto Ethernet, 16 puertos RS-232.

### **5.3.1 Descripción de Solución**

#### **5.3.1.1 Subestaciones**

La Solución en cada Subestación se ha realizado bajo dos compañías proveedoras: SIXNET empresa Norteamericana especialista en productos industriales para soluciones Ethernet, la cual se caracteriza por equipos con hardware robusto y de alta calidad para operaciones en ambientes extremos. La otra empresa al igual que en las soluciones anteriores es DIGI.

La base de esta solución se encuentra en los Ethernet Switch SIXNET modelo ET-9MS-5SC el cual a pesar de poseer altas prestaciones para trabajar en campo, de ser gestionables y apoyarse en el protocolo RSTP, tienen la desventaja de poseer solo dos puertos de fibra, por lo que hay que apoyarse en la utilización de Media Converters para Subestaciones de 3, 4 y 5 entradas de fibra. En el caso de las Subestaciones con 5 entradas se necesita la adquisición de tres Media Converters lo que corresponde en una gran cantidad de equipos a instalar en estas localidades si se agrega la necesidad de inclusión de un DIGI Serial/Server (TS2H) ya que SIXNET no contempla entre sus productos este tipo de dispositivos.

### **5.3.1.2 Centros de Control**

Solución de cada centro de control al igual que las subestaciones los proveedores SIXNET y DIGI.

La interfaz de fibra la provee los Ethernet Switch SIXNET, más la inclusión de un Media Converter adicional para el caso del Centro de Control DMS que provee 5 entradas de fibra óptica (ver Anexo 1 página 57, Especificación por Estación). Al igual que en las soluciones anteriores la interfaz RS-232 es suplida por la compañía DIGI (TS16).

A continuación la Tabla N° 2 registra el análisis técnico de las soluciones a evaluar.

Tabla N° 2. Análisis técnico de la solución de equipos

REQUERIMIENTOS	Equipos 1	Equipos 2	Equipos 3
<i>Cumple con los requerimientos de los estándares para operación en (S/E) eléctricas (20%)</i>	1	1	1
<i>Tensiones de alimentación de 48Vdc Temperaturas de operación entre (0 °C- 60 °C) Humedad relativa entre (5%-95%) (20%)</i>	1	1	0.8
<i>Flexibilidad de adición de nuevos puertos al Switch y menor cantidad de equipos en (S/E) (10%)</i>	0.8	1	0
<i>Rápidos tiempos de recuperación (en caso de caída de algún enlace) delay&gt; 5ms (10%)</i>	1	1	1
<i>Alta calidad de servicio (QoS) para tráfico en tiempo real. (IEEE 802.1p) (10%)</i>	1	1	1
<i>Velocidades de Transmisión de (100Mbps, 1Gbps) (10%)</i>	0.5	1	0.5
<i>Software de gestión de red (alta capacidad de Switching) (5%)</i>	1	1	1
<i>Distancias de transmisión en fibra &gt;=10 Km, Conectores SC, monomodo (SM), 1310 nm. (5%)</i>	1	1	1
<i>Accesorios físicos de instalación. (5%)</i>	1	1	1
<i>Garantía (5%)</i>	1	0.8	0.3
<b>TOTAL</b>	<b>93 %</b>	<b>99 %</b>	<b>77.5 %</b>

**Escala de Puntuación: (0, 0.3, 0.5, 0.8, 1)**

**Total (%): ? ((%) Requerimiento) \* Puntuación**

La tabla anterior refleja una comparación entre las diversas soluciones, de manera de obtener la información necesaria de cual solución puede ser la más beneficiosa a la hora de inclinarse por una en específico.

Según los resultados obtenidos la solución Equipos 3 está muy por debajo de las dos primeras, por lo que no se incluirá en el análisis de costos, por el hecho que no cumple fielmente con los requerimientos específicos de la EDEC, siendo los puntos más en contra la alimentación de equipos y la cantidad de equipos a instalar en las Subestaciones más críticas (Ej. S/E de 5 entradas de fibra óptica).

## CAPÍTULO VI

### EVALUACIÓN DE COSTOS

El siguiente estudio se ha hecho basado en las cotizaciones enviadas por las empresas RUGGEDCOM y GARRETCOM a la EDEC, donde los equipos marca DIGI están anexados en ambas cotizaciones, por lo que la EDEC solo tendrá que negociar con RUGGEDCOM (Solución 1) y GARRETCOM (Solución 2).

#### 6.1 ANALISIS/COSTOS (EQUIPOS 1)

##### 6.1.1 Subestaciones (S/E)

La Tabla N° 3 refleja el costo individual de 15 Subestaciones radiales bajo los requerimientos de equipos de la solución EQUIPOS 1.

Tabla N° 3. Costos Subestaciones Radiales (Equipos 1)

<i>Unidades</i>	<i>Equipos</i>	<i>Costo (C/U)</i>
<i>I</i>	RS400	\$2100
<b>SUBTOTAL</b>		\$2100 (S/E)

La Tabla N° 4 refleja el costo individual de 25 Subestaciones con 2 entradas de fibra bajo los requerimientos de equipos de la solución EQUIPOS 1.

Tabla N° 4. Costos Subestaciones con 2 entradas de fibra (Equipos 1)

<i>Unidades</i>	<i>Equipos</i>	<i>Costo (C/U)</i>
<i>I</i>	RS400	\$2100
<b>SUBTOTAL</b>		\$2100 (S/E)

La Tabla N° 5 refleja el costo individual de 12 Subestaciones con 3 entradas de fibra bajo los requerimientos de equipos de la solución EQUIPOS 1.

Tabla N° 5. Costos Subestaciones con 3 entradas de fibra (Equipos 1)

<b>Unidades</b>	<b>Equipos</b>	<b>Costo (C/U)</b>
<b>I</b>	RS400	\$2100
<b>I</b>	RMC-48	\$550
<b>SUBTOTAL</b>		\$2650 (S/E)

La Tabla N° 6 refleja el costo individual de 2 Subestaciones con 4 entradas de fibra bajo los requerimientos de equipos de la solución EQUIPOS 1.

Tabla N° 6. Costos Subestaciones con 4 entradas de fibra (Equipos 1)

<b>Unidades</b>	<b>Equipos</b>	<b>Costo (C/U)</b>
<b>I</b>	RS400	\$2100
<b>2</b>	RMC-48	\$550
<b>SUBTOTAL</b>		\$3200 (S/E)

La Tabla N° 7 refleja el costo individual de 2 Subestaciones con 5 entradas de fibra bajo los requerimientos de equipos de la solución EQUIPOS 1.

Tabla N° 7. Costos Subestaciones con 5 entradas de fibra (Equipos 1)

<b>Unidades</b>	<b>Equipos</b>	<b>Costo (C/U)</b>
<b>I</b>	RS400	\$2100
<b>I</b>	RS8000H	\$2049
<b>SUBTOTAL</b>		\$4149 (S/E)

Costo adicional: 1 Software para Servidor Serial/IP:\$4000.

### **6.1.2 Centro de Control (SCADA's)**

La Tabla N° 8 refleja el costo del SCADA EMS bajo los requerimientos de equipos de la solución EQUIPOS 1.

Tabla N° 8. Costo SCADA EMS (Equipos 1)

<b>Unidades</b>	<b>Equipos</b>	<b>Costo</b>
2	RS8000H	\$2049
2	TS16	\$1042
<b>SUBTOTAL</b>		\$6182

La Tabla N° 9 refleja el costo del SCADA DMS bajo los requerimientos de equipos de la solución EQUIPOS 1.

Tabla N° 9. Costo SCADA DMS (Equipos 1)

<b>Unidades</b>	<b>Equipos</b>	<b>Costo</b>
2	RS8000H	\$2049
4	TS16	\$1042
<b>SUBTOTAL</b>		\$8266

La Tabla N° 10 refleja el costo total del sistema basado en los requerimientos de los equipos de la solución EQUIPOS 1.

Tabla N° 10. Total de Costos (EQUIPOS 1)

<b>Unidades</b>	<b>Equipo</b>	<b>Costo/unidad</b>	<b>Subtotal</b>
56	RS400	\$2100	\$117600
16	RMC-48	\$550	\$8800
6	RS8000H	\$2049	\$12294
6	TS16	\$1042	\$6252
1	Software Serial/IP	\$4000	\$4000
<b>TOTAL SOLUCION 1</b>			<b>\$148946</b>

## **6.2 ANALISIS/COSTOS (EQUIPOS 2)**

### **6.2.1 Subestaciones:**

La Tabla N° 11 refleja el costo individual de 15 Subestaciones radiales bajo los requerimientos de equipos de la solución EQUIPOS 2.

Tabla N° 11. Costos Subestaciones Radiales (Equipos 2)

<b>Unidades</b>	<b>Equipos</b>	<b>Costo (C/U)</b>
<b>1</b>	6K16V-VDC	\$768
<b>1</b>	6KP5V-G4RJ	\$396
<b>1</b>	GBIC-LXSC10	\$270
<b>1</b>	TS2H	\$412
<b>SUBTOTAL</b>		\$1846 (S/E)

La Tabla N° 12 refleja el costo individual de 25 Subestaciones con 2 entradas de fibra bajo los requerimientos de equipos de la solución EQUIPOS 2.

Tabla N° 12. Costos Subestaciones con 2 entradas de fibra (Equipos 2)

<b>Unidades</b>	<b>Equipos</b>	<b>Costo (C/U)</b>
<b>1</b>	6K16V-VDC	\$768
<b>1</b>	GBPMV-2OTX	\$570
<b>2</b>	GBIC-LXSC10	\$270
<b>1</b>	6KP8V-RJ45	\$246
<b>1</b>	TS2H	\$412
<b>SUBTOTAL</b>		\$2536 (S/E)

La Tabla N° 13 refleja el costo individual de 12 Subestaciones con 3 entradas de fibra bajo los requerimientos de equipos de la solución EQUIPOS 2.

Tabla N° 13. Costos Subestaciones con 3 entradas de fibra (Equipos 2)

<b>Unidades</b>	<b>Equipos</b>	<b>Costo (C/U)</b>
<b>1</b>	6K16V-VDC	\$768
<b>1</b>	GBPMV-2OTX	\$570
<b>1</b>	6KP5V-G4RJ	\$396
<b>3</b>	GBIC-LXSC10	\$270
<b>1</b>	TS2H	\$412
<b>SUBTOTAL</b>		\$2956 (S/E)

La Tabla N° 14 refleja el costo individual de 2 Subestaciones con 4 entradas de fibra bajo los requerimientos de equipos de la solución EQUIPOS 2.

Tabla N° 14. Costos Subestaciones con 4 entradas de fibra (Equipos 2)

<b>Unidades</b>	<b>Equipos</b>	<b>Costo (C/U)</b>
<b>2</b>	6K16V-VDC	\$768
<b>3</b>	GBPMV-2OTX	\$570
<b>1</b>	6KP8V-RJ45	\$246
<b>6</b>	GBIC-LXSC10	\$270
<b>1</b>	TS2H	\$412
<b>SUBTOTAL</b>		\$5524 (S/E)

La Tabla N° 15 refleja el costo individual de 2 Subestaciones con 5 entradas de fibra bajo los requerimientos de equipos de la solución EQUIPOS 2.

Tabla N° 15. Costos Subestaciones con 5 entradas de fibra (Equipos 2)

<b>Unidades</b>	<b>Equipos</b>	<b>Costo (C/U)</b>
<b>2</b>	6K16V-VDC	\$768
<b>3</b>	GBPMV-2OTX	\$570
<b>1</b>	6KP5V-G4RJ	\$396

<b>7</b>	GBIC-LXSC10	\$270
<b>1</b>	TS2H	\$412
<b>SUBTOTAL</b>		\$5944 (S/E)

### 6.2.2 Centro de Control (SCADA's)

La Tabla N° 16 refleja el costo del SCADA EMS bajo los requerimientos de equipos de la solución EQUIPOS 2.

Tabla N° 16. Costo SCADA EMS (Equipos 2)

<b>Unidades</b>	<b>Equipos</b>	<b>Costo (C/U)</b>
<b>2</b>	6K16V-AC	\$558
<b>2</b>	GBPMV-2OTX	\$570
<b>2</b>	6KP8V-RJ45	\$246
<b>4</b>	GBIC-LXSC10	\$270
<b>1</b>	TS16	\$1042
<b>SUBTOTAL</b>		\$5912

La Tabla N° 17 refleja el costo del SCADA DMS bajo los requerimientos de equipos de la solución EQUIPOS 2.

Tabla N° 17. Costo SCADA DMS (Equipos 2)

<b>Unidades</b>	<b>Equipos</b>	<b>Costo (C/U)</b>
<b>2</b>	6K16V-AC	\$558
<b>3</b>	GBPMV-2OTX	\$570
<b>2</b>	6KP5V-G4RJ	\$396
<b>7</b>	GBIC-LXSC10	\$270
<b>4</b>	TS16	\$1042

<b>SUBTOTAL</b>	\$9280
-----------------	--------

La Tabla N° 18 refleja el costo total del sistema basado en los requerimientos de los equipos de la solución EQUIPOS 2.

Tabla N° 18. Total de Costos (EQUIPOS 2)

<b>Unidades</b>	<b>Equipo</b>	<b>Costo/unidad</b>	<b>Subtotal</b>
<b>60</b>	6K16V-VDC	\$768	\$46080
<b>4</b>	6K16V-AC	\$558	\$2232
<b>54</b>	GBPMV-2OTX	\$570	\$30780
<b>30</b>	6KP5V-G4RJ	\$396	\$11880
<b>29</b>	6KP8V-RJ45	\$246	\$7134
<b>138</b>	GBIC-LXSC10	\$270	\$37260
<b>63</b>	TS2H	\$412	\$25956
<b>6</b>	TS16	\$1042	\$6252
<b>TOTAL SOLUCION 2</b>			<b>\$167574</b>

\* En la Tabla N° 18 se ha ingresado 7 TS2H adicionales correspondiente a 7 instalaciones que manejan dos Subestaciones (ver Anexo 1 Tabla (Especificación por Estación)).

\* Los proveedores, deberán especificar el conjunto de unidades o partes de repuestos, necesarios para asegurar la operación inicial y las emergencias, justificando las cantidades recomendadas y el tiempo de vida en el estante. En el conjunto de repuestos que se recomiendan deberá especificarse, la probabilidad estadística de que el sistema opere satisfactoriamente en cualquier instante de tiempo, considerando la vida útil de los equipos y el tiempo de reparación.

## CAPÍTULO VII

### RESULTADOS (MATRIZ COSTO/ BENEFICIO)

La Tabla N° 19 presenta los resultados finales del estudio tanto técnico como económico, además de otros dos requerimientos necesarios para así tener una clara visión de lo que ambas soluciones escogidas representan.

Tabla N° 19. Matriz (Costo/Beneficio)

	<i>EQUIPOS 1</i>	<i>EQUIPOS 2</i>
<i>Evaluación Económica (30 %)</i>	1	0.87
<i>Evaluación Técnica (50 %)</i>	0.94	1
<i>Soporte técnico en Venezuela (10%)</i>	1	0
<i>Presencia del ingeniero del proveedor en el 'Start-up' del sistema (10 %)</i>	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>97 %</b>	<b>86.24%</b>

**Escala: 0-1**

A partir de la Tabla N° 19 se obtiene la información de optar por la solución Equipos 1, sin embargo esto no es del todo cierto ya que la solución Equipos 2 tiene grandes ventajas que justificarían su implementación.

### **¿Por qué escoger la solución Equipos 1?**

- Inversión inicial menor, con respecto a la solución Equipos 2.
- Representante legal en Venezuela (para soporte técnico)

### **¿Por qué escoger la solución Equipos 2?**

- Velocidades de transmisión de 1Gbps.
- Equipos modulares, lo que corresponde en una menor inversión a futuro en cuanto a repuestos y reparaciones, además de mayor flexibilidad a un posible aumento de capacidad en la red LAN.

En conclusión ambas soluciones están perfectamente capacitadas para la implantación del sistema, sin embargo para inclinarse por una de ellas hay que tomar en cuenta otros factores de suma importancia:

- **Pruebas de certificación del Sistema:** Cada empresa proveedora deberá estar obligada a probar el sistema en los laboratorios de la EDEC, certificando su correcto funcionamiento, y fiel cumplimiento de las necesidades de la empresa.
- **Asistencia Técnica:** El proveedor deberá garantizar la representación competente para la atención inmediata de fallas. De igual forma deberá disponer de asistencia técnica para el desarrollo del proyecto y para dar apoyo al personal de la EDEC respondiendo preguntas pertinentes.
- **Repuestos:** El proveedor deberá asegurar la disponibilidad de partes de repuestos en un período no menor de 5 años, aún en el caso que decida descontinuar la fabricación. El suplidor deberá garantizar el servicio de cualquier unidad reparable del sistema a través de sus representantes (si los tiene) en Venezuela, o en su defecto en sus propias instalaciones, en su país de origen.
- **Entrenamiento:** El proveedor deberá incluir el entrenamiento para el personal de Mantenimiento y el personal de operaciones, designados por la EDEC, para la correcta operación y mantenimiento de los equipos. Adicionalmente, deberá

suministrar recomendaciones sobre cualquier entrenamiento especial, detallando alcance, duración y costos desglosados.

- **Formas de Pago:** La cancelación de facturas y propuestas de pago, serán negociadas directamente con la EDEC, de manera de llegar a un mutuo acuerdo, siempre y cuando la EDEC, este de acuerdo con las cantidades y montos reflejados en dicho contrato.

Al final de todas las pruebas y negociaciones, la EDEC ya estará en capacidad de escoger la Solución que mejor se ajuste a sus necesidades (económicas y técnicas).

## **CAPÍTULO VIII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **8.1 CONCLUSIONES**

- La plataforma de red Ethernet/IP sobre fibra óptica rentabilizará la inversión de la EDEC al máximo, gracias a sus enormes ventajas con respecto a la plataforma actual, brindándole un alto grado de confiabilidad y versatilidad al sistema, estando completamente capacitada para sostener una posible expansión futura.
- La tecnología de switches y servidores IP está altamente capacitada para la implementación de la red, todo esto gracias a su robustez, la cual los hace equipos idóneos para operación en Subestaciones eléctricas, además de proporcionarle un alto rendimiento al sistema y capacidad de tener estaciones completamente funcionales, desde cualquier lugar de la red.
- Las soluciones Equipos 1 (proveedores RUGGEDCOM + DIGI) y Equipos 2 (proveedores GARRETCOM + DIGI), están perfectamente capacitadas desde el punto de vista técnico para la implantación del sistema, sin embargo la escogencia de una u otra dependerá en gran medida de los factores: Pruebas de certificación del sistema, asistencia técnica, entrenamiento de personal y formas de pago.

#### **8.2 RECOMENDACIONES**

- Los equipos a ser reemplazados (MODEM's MDMPROC, MODEMS's BELL202T), podrán pasar a ser parte del Stock de repuestos de la Unidad Terminal Remota de la EDEC.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- VENEZUELAN TRANSMISSION & DISTRIBUTION. **Unidad Terminal Remota Modelo V94-XLS.** Manual Técnico V94XLS-2105-B02. 1ra Edición. Venezuela. 1997.
- RICH SEIFERT. **The Switch Book.** The Complete Guide to LAN Switching Technology. USA. 2000.
- FUENMAYOR, Carlos. **SISTEMAS DE BANDA ANCHA.** Material de Clases. Caracas. 2003.

## BIBLIOGRAFÍAS

- THE ONLINE INDUSTRIAL ETHERNET, <http://ethernet.industrial-networking.com>
- ROCKWELL AUTOMATION, <http://www.rockwellautomation.cl>, Chile.
- RUGGEDCOM, <http://www.ruggedcom.com>, Canada
- GARRETCOM, <http://www.garrettcom.com>, USA
- DIGI INTERNATIONAL, <http://www.digi.com>, USA
- SIXNET, <http://www.sixnetio.com>, USA
- CISCO SYSTEM, <http://www.cisco.com>, USA
- INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA Y ELECTRÓNICA,  
<http://www.inaoep.mx>, México.

## **GLOSARIO**

**CSMA/CD** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection): Acceso Múltiple de Percepción de Portadora con Detección de Colisión, consiste en que los equipos a transmitir están escuchando el canal para verificar si hay o no mensajes siendo transmitidos, si no se detecta transmisión alguna, la interfaz de los dispositivos comienzan a enviar información. Cada transceiver del equipo monitorea el cable mientras está transfiriendo para verificar que otra señal no interfiera con la suya.

**FRONT-END**: Interfaz de comunicación del SCADA, el cual está conformado por todos los equipos encargados de establecer la comunicación SCADA/Remotas, y la comunicación interna del SCADA.

**IEC 61000-6-2**: Estándar que define la inmunidad a perturbaciones electromagnéticas de equipos eléctricos y electrónicos en entornos industriales. Define requerimientos de compatibilidad electromagnética: emisividad e inmunidad.

**IEC 61850-3**: Estándar internacional para comunicaciones de nodos y sistemas en subestaciones. Requerimientos generales que define la comunicación entre dispositivos eléctricos y electrónicos en subestaciones.

**IEEE 802.1p**: Estándar para manejo de calidad de servicio en aplicaciones de red y para manejo de información en tiempo real.

**IEEE 802.1q**: Estándar que define las VLAN (Virtual Local Area Networks), las cuales permiten la segmentación de una red física en diferentes segmentos de red

lógica, con independientes dominios, claves de seguridad que les permite a los equipos solo acceder a su mismo tramo de VLAN, por lo que se aligera el tráfico.

IEEE 802.3: Norma de LAN de la IEEE que especifica una implementación de la capa física y la subcapa MAC de la capa de enlace de datos. El estándar especifica el acceso a medios vía CSMA/CD a una serie de velocidades y a través de diversos medios físicos.

IEEE 802.u: Norma que define todos los requerimientos de Fast Ethernet.

IEEE 1613: Requisitos estándar ambientales y de pruebas para dispositivos de redes de comunicación en subestaciones de energía eléctrica en el área de Norte América. La norma define las condiciones de servicio, capacidades, requisitos de pruebas y de rendimiento ambiental para los equipos de red.

IEEE 1613 clase 2: Es una extensión de la IEEE 1613 que define además de los requisitos del primero la norma de que no se produzca ninguna pérdida de información e interrupciones durante la comunicación en el período de pruebas.

NEMA TS-2: Requerimientos de temperatura y potencia a manejar por los equipos eléctricos y electrónicos, así como el respectivo control de tráfico.

Polling: Proceso de interrogación programable, en el cual el SCADA le pregunta a las Remotas a una frecuencia determinada.

QoS (Quality of Service): Término referido a la calidad de servicio, el cual se refiere a la capacidad de una red o de un equipo de la misma a ofrecer un mejor servicio al tráfico seleccionado sobre cualquier tecnología de red. La red debe tomar en cuenta ciertos niveles de calidad sobre el nivel de tráfico, tomando en cuenta los siguientes parámetros: retardo, variación de retardo, perdida de paquetes.

**SC connector:** Tipo de conector de fibra óptica más usado en las regiones de Europa y USA. Posee un indicador final de instalación mediante un “click”, el cual puede conectarse y reconectarse varias veces. Además posee un comportamiento óptico muy estable.

**SNMP (Simple Network Management Protocol):** Protocolo encargado de regir todo lo relacionado a la administración y el monitoreo de los dispositivos de redes y sus funciones. Este protocolo se encarga de hacer un polling de los equipos de red con el fin de verificar si hay algún enlace o dispositivo caído. Tiene deficiencias con respecto a la seguridad de la red ya que permite que haya usuarios externos que puedan ingresar a la red, por lo que existen otras versiones (SNMPv2) que brindan mayor grado de confidencialidad al sistema.

**SNTP (Simple Network Time Protocol):** Protocolo encargado de sincronizar automáticamente todos los relojes de los dispositivos del sistema.

**SSH (Secure Shell):** Comando encargado de mantener la mayor seguridad de comunicación a lo largo de la red. Puede verse como un comando de 3 capas. Capa de Transporte: proporciona integridad, cifrado y compresión del sistema. Capa de Autenticación: proporciona todo lo relacionado con contraseñas y claves públicas. Capa de Gestión: encargada de todo lo referente a la gestión del túnel SSH.

**RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol):** Protocolo encargado de controlar las fallas del sistema. El protocolo verifica si existe algún enlace del sistema caído y se encarga de buscar una nueva ruta por la cual sea factible la comunicación, y con rápidos tiempos de recuperación.