



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Sistema de Telecontrol en la red de Media Tensión.

Osman Armando Melgar García

Asesorado por Ing. Julio César Solares Peñate

Guatemala, noviembre de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

SISTEMA DE TELECONTROL EN LA RED DE MEDIA TENSION

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

OSMAN ARMANDO MELGAR GARCÍA

ASESORADO POR ING. JULIO CÉSAR SOLARES PEÑATE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahàn Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Ramiro Barnett Castellanos
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
EXAMINADOR	Ing. Julio César Solares Peñate
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

SISTEMA DE TELECONTROL EN LA RED DE MEDIA TENSIÓN,

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica con fecha 27 de septiembre de 2005. Ref. EIME 228. 2005.

Osman Armando Melgar García

DEDICATORIA

A Dios

“Porque mejor es la sabiduría que las piedras preciosas y todo cuanto se puede desear, no es de compararse con ella”.
Prov. 8:11.

A mis padres

Jesús Melgar González, (Q.E.P.D.) y Zoila Marina García de Melgar que me han apoyado esforzándose siempre por darnos a mis hermanos y a mí un futuro mejor. Siendo el instrumento que Dios ha usado para bendecirnos.

A mis hermanos

Edgar, Mynor, Johana, Jorge, Vinicio, Oswaldo, Giovanni y Paola.

A la familia

Flores Martínez, por su cariño, apoyo y confianza.

A mis amigos

Jessica, Armando, Zoila, Enrique, Rafael, Fito, José Carlos, Pepe, Sergio, Estela, Jacqueline, Angel, Hansel, Jennifer, Fernando, Nelson y Walter.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala por ser el medio que hizo posible mi visión.

Al claustro de catedráticos de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica por su dedicación en la enseñanza y apoyo hacia mi persona y formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XX
INTRODUCCIÓN	XXIII
1 GENERALIDADES	1
1.1 Estructura de las redes de computadoras	1
1.1.1 Segmento de red (subred).....	1
1.1.2 Red de área locales (LAN)	1
1.1.3 Red de campus	2
1.1.4 Red de área metropolitanas (MAN).....	2
1.1.5 Red de área extensa (WAN y redes globales)	2
1.1.6 Dispositivos de redes	2
1.2 Redes LAN, WAN	5
1.2.1 Redes de área local (LAN)	5
1.2.2 Red de Área Amplia (WAN).....	7
1.2.3 Ventaja de las redes.....	7
1.3 Redes de telecontrol	8
1.4 Topología mas usadas en las redes de telecontrol.....	8
1.4.1 Topología en bus.....	9
1.4.2 Topología en anillo	11
1.4.3 Topología estrella.....	13

2	FUNDAMENTOS DEL PROTOCOLO IEC 104, TCP/IP, SAP20	15
2.1	El modelo TCP/IP	15
2.1.2	TCP (<i>Transmission Control Protocol</i>).....	17
2.2	Protocolos de nivel superior e inferior de los sistemas de telecontrol.	18
2.2.1	Protocolo de nivel superior.....	18
2.2.2	Protocolo de nivel inferior.....	19
3	HARDWARE SISTEMA DE TELECONTROL DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	21
3.1	Sistema de operación y automatización local (SOAL).....	21
3.2	Unidad concentradora de información (UCI)	22
3.2.1	Descripción funcional.....	22
3.3	Ondularor de voltaje 48 Vcc/125 ca.....	23
3.3.1	Descripción funcional.....	23
3.4	Difusores de fibra óptica plástica (UFDIFU)	24
3.4.1	Descripción funcional.....	24
3.5	Unidades terminales remotas (RTU)	25
3.5.1	Descripción funcional.....	26
3.5.2	Adquisición y tratamiento de señales digitales.....	27
3.6	Multiplexores de UNION FENOSA (UFMUX)	29
3.6.1	Descripción funcional.....	29
3.7	Módulo de fibra óptica de SAC (FOMSAC)	30
3.7.1	Descripción funcional.....	31
4	FUENTES DE ALIMENTACIÓN NORMALIZADAS PARA EL TELECONTROL	33
4.1	Alimentadores Zigor de 48 Vcc.....	33
4.1.1	Descripción general del sistema	33
4.1.2	Descripción funcional.....	33

4.1.3	Circuito de control	34
4.1.4	Control digital	34
4.1.5	Gestión de carga	34
4.1.6	Conexión del canal de comunicaciones	35
5	SOFTWARE PARA LOS SISTEMAS DE TELECONTROL.....	37
5.1	Aplicaciones <i>On-Line</i> de sistemas de telecontrol.....	37
5.1.1	Descripción general del sistema.....	37
5.1.2	Ventana de estadísticas de comunicaciones.....	38
5.1.3	Analizador de comunicaciones de la U.C.I.....	40
5.2	Aplicaciones <i>Off-Line</i> de sistemas de telecontrol.....	43
5.2.1	Descripción general del sistema del arranque del SOAL	43
5.2.2	Configurador de la librería SOAL	45
5.2.3	Configurador de subestaciones.....	45
5.2.4	<i>Backup</i> de la base de datos	45
5.2.5	Restaurar base de datos	46
6	SISTEMA DE TELECONTROL EN LA RED DE MEDIA TENSIÓN (MT).....	47
6.1	Características particulares del sistema de telecontrol MT	47
6.2	Funcionalidad del sistema de telecontrol MT	47
6.2.1	Criterios de arquitectura de red	47
6.2.1.1	Red aérea	47
6.2.2	Criterios de explotación.....	48
6.2.3	Criterios de comunicaciones	48
6.2.4	Sistema integrado	49
6.2.5	Telecontrol M.T	50
6.3	Sistema de telecontrol MT.....	51
6.3.1	Características generales.....	51
6.3.2	Descripción arquitectura general.....	52

6.4	Aparellaje de telecontrol MT	54
6.4.1	Estación central	54
6.4.2	Concentrador	55
6.4.3	Equipos de subestación	56
6.4.3.1	Unidad de Control Integrado	56
6.4.3.2	Equipos de acoplamiento capacitivo de señal.....	57
6.4.3.3	Unidad de Adaptación de Impedancia.....	58
6.4.4	Equipo de línea	58
6.4.4.1	Bobinas de bloqueo.....	59
6.4.4.2	Repetidores	60
6.5	Equipos terminales de comunicaciones	60
6.5.1	Módem de onda portadora digital (SAILINK)	61
6.5.2	Convertor electro/óptico (ENERFOP).....	63
6.6	Equipos terminales de datos	64
6.6.1	Remota de telecontrol (ENERTEL)	65
6.6.2	Equipo de concentración M.T. (ENERCOM).....	66
7	ENLACE DE COMUNICACIONES	69
7.1	Transmisión en VSAT nivel superior	69
7.1.1	Satélites Geoestacionarios	70
7.2	Transmisión en fibra óptica y onda portadora nivel inferior	71
7.2.1	Transmisión en fibra óptica en nivel inferior.....	71
7.2.2	Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual	72
7.2.3	Fibra Multimodo de índice escalonado.....	73
7.2.4	Acopladores	73
7.2.5	Conectores.....	73
7.2.6	Transmisión de onda portadora en la Red de Media Tensión del nivel inferior	74

8	RECOMENDACIONES DEL MONTAJE Y PUESTA EN SERVICIO DE EQUIPOS DE TELECONTROL	77
8.1	Montaje de equipo de telecontrol en subestaciones eléctricas	77
8.1.1	Ubicación de los equipos.....	77
8.1.2	Tendido de cables	78
8.2	Montaje de equipos de telecontrol en la red de Media Tensión (MT)	79
8.2.1	Ubicación de los equipos.....	80
8.2.2	Tendido de cables	81
8.2.3	Red de tierras.....	81
9	ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO	83
9.1	Costos asociados al proyectos.	83
9.2	Beneficios asociados al proyecto.....	84
9.3	Análisis de rentabilidad.	85
	CONCLUSIONES	89
	RECOMENDACIONES	91
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
	BIBLIOGRAFÍA	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Topología de bus de red de computadoras	10
2. Topología de bus de red de telecontrol	10
3. Topología en anillo de red de computadoras	12
4. Topología en anillo de red de telecontrol	13
5. Topología en estrella de red de computadoras	14
6. Topología en estrella de red de telecontrol	14
7. Protocolos IEC 60870-5-104 y SAP20 en sistemas de telecontrol	19
8. Sistema de operación y automatización local (SOAL)	21
9. Unidad concentradora de información (UCI)	23
10. Ondulador de voltaje 48 Vcc/125 ca	24
11. Unidad terminal remota (RTU)	28
12. Alimentador Zigor de 48 Vcc	35
13. Zona de unifilares aplicaciones On-Line	38
14. Ventana de estadísticas de comunicaciones	40
15. Analizador de comunicaciones de la U.C.I	41
16. Arranque del SOAL	44
17. Flujo económico del proyecto o plan propuesto para el mantenimiento	85

TABLAS

I. Costos del equipo de telecontrol en la red de media tensión	83
II. Base de datos incidencias registradas SMT El Asintal durante el año 2004	84

LISTA DE SÍMBOLOS

UCI	Unidad concentradora de información
RTU	Unidad terminal remota
FOMSAC	Fibra óptica módulo de sistemas avanzados de control
UFMUX	Unión fenosa multiplexor
SOAL	Sistema de automatización y operación local
DM	Despacho de maniobras
CMD	Centro de maniobras de distribución
VSAT	<i>Very small aperture terminals</i>
SAP20	Sainco protocolo versión 2
PC	Computadora personal
UCI/F3	Unidad concentradora de información versión 3
UCI/F2	Unidad concentradora de información versión 2
SCADA	Supervisión control y adquisición de datos a distancia
SMT	Salida de media tensión
AADIM.EXT	Armario adaptador de impedancia para exterior
ABT	Armario general alimentación Baja Tensión
ACOP/CT.INT	Celda de acoplamiento capacitivo para centros de interior
ACOP/PT.EXT	Acoplamiento capacitivo exterior para punto de telecontrol
ACOP/SE.EXT	Acoplamiento capacitivo exterior para salida subestación
ACOP/SE.INT	Celda de acoplamiento capacitivo para salida de subestación

ADIM.C	Adaptador de impedancia para caja
ADIM.P	Adaptador de impedancia en placa
1AR/CJ.EXT	Armario control para interruptor exterior
BOB-7	Bobina acoplamiento con descargador (7mH)
CJ/IT.EXT	Conjunto interruptor exterior
CLM	Celda de línea motorizada sin detector de paso de falta
CLM.AC	Celda de línea motorizada con acoplamiento capacitivo
CLM.DPF	Celda de línea motorizada con detector de paso de falta
COND-0,10	Condensador acoplamiento 0,10 mF
COND-0,64	Condensador acoplamiento 0,64 mF
DISCOM.EXT	Distribuidor de comunicaciones para exterior
DISCOM.INT	Distribuidor de comunicaciones para interior
DPF	Detector de paso de falta toroidal
ENERCOM	Equipo de concentración M.T.
ENERFOP	Convertidor de fibra óptica
ENERTEL	Remota de telecontrol
IT.INT	Interruptor motorizado interior
IT.EXT	Interruptor motorizado exterior
SAILINK	Módem de onda portadora digital
T.T.	Transformador de tensión 20.000-15.000/220 V
UCI.TCD	Armario de telecontrol integrado
TTIK	Tiempo medio de interrupción por KVA
CT	Centro de transformación de MT a BT
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica
KV	Kilovoltio
Km	Kilómetro

KVA	Kilo voltios amperios
kWh	Kilovatios hora
SE	Subestación
MT	Media tensión
BT	Baja tensión
FU	Factor de utilización
Q	Quetzal, moneda de la República de Guatemala
VPN	Valor presente neto
VP	Valor presente
%	Porcentaje
f.p.	Factor de potencia

GLOSARIO

Ancho de banda

Es la cantidad de información normalmente, expresada en bits por segundo que puede transmitirse en una conexión durante la unidad de tiempo elegida.

Base de datos

Colección de datos organizada de tal modo que el ordenador pueda acceder rápidamente a ella.

Comunicación asíncrona

Es el tipo de comunicación por el cual los datos se pasan entre dispositivos de forma asíncrona o sea que la transmisión de un carácter es independiente del resto de los demás caracteres.

Comunicación multipunto

Permite el intercambio de información entre más de dos usuarios separados geográficamente, los cuales se comunican a través de operadores de servicios integrados.

Comunicación punto a punto	Permite el intercambio de información entre dos usuarios separados, geográficamente, mediante una línea física o lógica dedicada.
Comunicación síncrona	Es el tipo de comunicación por el cual los datos se pasan entre dispositivos de forma síncrona, o sea, que la transmisión depende de la meticulosa sincronización de los datos transmitidos, enviados y de sus propios mecanismos de transmisión.
Empresa distribuidora	Empresa que se dedica a suministrar la energía eléctrica al usuario final.
Factor de potencia	Es el coseno del ángulo que existe entre la potencia activa y la potencia aparente.
<i>Hardware</i>	Conjunto de dispositivos de los que consiste un sistema.
Incidencia	Es un evento que sucede en las instalaciones eléctricas de una empresa distribuidora que provoca la suspensión del servicio eléctrico.

MODEM

Conexión del equipo del usuario final que permite transmitir datos digitales a través de dispositivos de transmisión analógicos, como las líneas telefónicas.

On line / Off line

Conectado o desconectado de la aplicación de telecontrol.

Potencia

Es el trabajo o transferencia de energía por unidad de tiempo.

Protocolo

Conjunto de reglas que definen la forma en que las computadoras se comunican entre sí.

Puerta de acceso

Enlace dinámico o 'pasarela' entre dos servicios telemáticos 'en línea' que permite acceder a uno de ellos desde el otro. Estas puertas de acceso son auténticos traductores de protocolos.

Sistema de operación y automatización local

Es una aplicación informática que permite la supervisión y control local a nivel de subestación y posición telecontrolada, toda la información recopilada de campo la traslada al centro de operaciones de red.

Software

Conjunto de instrucciones mediante las cuales las unidades concentradoras de información pueden realizar tareas. Los programas, los sistemas operativos y las aplicaciones son ejemplos de *software*.

TCP/IP

Es el protocolo estándar de comunicaciones en red utilizado para conectar sistemas informáticos a través de Internet.

RESUMEN

Actualmente, muchos países han encontrado la necesidad de optimizar la la calidad del servicio a través de sistemas electrónicos, razón por la cual han recurrido a los Sistemas de Telecontrol en la red de Media Tensión que conllevan el uso de redes de telecontrol capaces de administrar el comportamiento de una subestación eléctrica y puntos remotos , estos sistemas tienen la capacidad de adaptarse a diversos medios de comunicación y a futuras ampliaciones modulares para aumentar las prestaciones que ofrecen los sistemas de telecontrol.

El presente trabajo persigue la descripción del sistema de telecontrol en la red de distribución de energía eléctrica y sus componentes auxiliares, es un proyecto que ha estado en desarrollo por mas de dos décadas y continuamente se le han hecho mejoras para optimizar los servicios, y, así, aprovechar la inversión realizada.

El primer capítulo se enfoca en la descripción de las redes existentes de telecontrol , dando una idea especifica para cada componente que integra dicho sistema, el cual es el punto de partida de los sistemas de telecontrol.

El segundo capítulo describe los protocolos de comunicación que intervienen en las redes de telecontrol, los protocolos de comunicación juegan un papel muy importante porque de ellos dependen las futuras ampliaciones y estandarizaciones que podríamos hacer.

El tercer capítulo estructura todo el *hardware* que compone el telecontrol dentro de las subestaciones eléctricas, esto representa todo el equipo necesario para realizar la automatización y la red LAN de telecontrol .

El cuarto capítulo describe las fuentes de alimentación normalizadas por DEOCSA-DEORSA Unión Fenosa que se utilizan para dar el soporte necesario para mantener en línea el sistema de telecontrol.

El quinto capítulo especifica el *software* para los sistemas de telecontrol, los cuales nos van ayudar para administrar y gestionar las bases de datos de control.

El sexto capítulo estructura todo el *hardware* que compone el telecontrol que se encuentra instalado en las salidas de media tensión, tomando en cuenta que una fracción de esta instalación se tiene que realizar dentro de la subestación para poder lograr la interacción entre ambos sistemas.

El séptimo capítulo se enfoca en los enlaces de comunicaciones que intervienen en los sistemas de telecontrol, como lo son: las transmisiones por VSAT, fibra óptica y onda portadora.

El octavo capítulo hace menciones a recomendaciones del montaje y puesta en servicio de los equipos de telecontrol, tanto en subestaciones eléctricas como en la red de media tensión.

El noveno capítulo nos plantea una serie de preguntas que debería hacerse antes de implementar y comprar un sistema de telecontrol , por ende, una evaluación de costos para poder tener una estimación de cuanto debería llegar a ser la inversión inicial.

OBJETIVOS

- **General**

Realizar un estudio de los conceptos de la estructura de los sistemas de telecontrol que componen la red de telecontrol y sus topologías, así como, también, analizar el funcionamiento de la innovadora tecnología que permite la integración de las redes de telecontrol.

- **Específicos**

1. Dar a conocer los elementos básicos que componen una red de telecontrol, las topologías más utilizadas y los tipos de redes existentes.
2. Analizar el funcionamiento de las capas que componen el modelo de protocolo de control de transmisión TCP, IEC 104 y SAP20.
3. Realizar un estudio para la integración del Sistema de Telecontrol en la red de Media Tensión con sistemas de telecontrol de subestaciones.
4. Proporcionar los criterios técnicos a tomarse que se consideran a la hora de implementar el Sistema de Telecontrol en la red de Media Tensión de DEORSA-DEOCSA.

5. Evaluación costo - beneficio del Sistema de Telecontrol en la red de Media Tensión a través de los principales indicadores económicos - financieros.

INTRODUCCIÓN

La evolución tecnológica y el crecimiento de la infraestructura de las redes de telecontrol que operan en los sistemas de distribución de energía eléctrica, junto con la creciente demanda de servicios de mayor calidad y sofisticación hacen prioritario el conocimiento de los nuevos conceptos y modelos acerca de cómo se opera este tipo de tecnología.

El Sistema de Telecontrol en la red de Media Tensión, juega un papel muy importante con la calidad de servicio eléctrico que pueden ofrecer las distribuidoras de energía eléctrica, también, contribuye al centro de operación para tomar decisiones de cierres y aperturas de los sistemas electrónicos, todas estas decisiones se logran por la tecnología que se encuentran instaladas en puntos remotos, y, luego, esta información es enviada por medios de comunicación que van desde una subestación a las distribuidoras de energía eléctrica.

El reto de incorporar el Sistema de Telecontrol en la red de Media Tensión y hacerlo compatible con el sistema de operación de red de DEOCSA-DEORSA UNION FENOSA, es bastante alto, pero si es posible lograrlo y es, precisamente, lo que se busca demostrar en este trabajo de graduación.

1 GENERALIDADES

1.1 Estructura de las redes de computadoras

Las redes de información se pueden estructurar según su extensión y su topología. Una red puede empezar siendo pequeña para crecer junto con la organización o institución. A continuación se presenta los distintos tipos de redes disponibles, de acuerdo con la distribución geográfica.

1.1.1 Segmento de red (subred)

Un segmento de red suele ser definido por el "*hardware*" o una dirección de red específica. Por ejemplo, en el entorno "*Novell NetWare*", en un segmento de red se incluyen todas las estaciones de trabajo conectadas a una tarjeta de interfaz de red de un servidor y cada segmento tiene su propia dirección de red.

1.1.2 Red de área locales (LAN)

Una LAN es un segmento de red que tiene conectadas estaciones de trabajo y servidores o un conjunto de segmentos de red interconectados, generalmente dentro de la misma zona. Por ejemplo un edificio.

1.1.3 Red de campus

Una red de campus se extiende a otros edificios dentro de un campus o área industrial. Los diversos segmentos o LAN de cada edificio suelen conectarse mediante cables de la red de soporte.

1.1.4 Red de área metropolitanas (MAN)

Una red MAN es una red que se expande por pueblos o ciudades y se interconecta mediante diversas instalaciones públicas o privadas, como el sistema telefónico o los suplidores de sistemas de comunicación por microondas o medios ópticos.

1.1.5 Red de área extensa (WAN y redes globales)

Las WAN y redes globales se extienden sobrepasando las fronteras de las ciudades, pueblos o naciones. Los enlaces se realizan con instalaciones de telecomunicaciones públicas y privadas, además por microondas y satélites.

1.1.6 Dispositivos de redes

NIC/MAU (Tarjeta de red). "*Network Interface Card*" (Tarjeta de interfaz de red) o "*Medium Access Unit*" (Medio de unidad de acceso). Cada computadora necesita el "*hardware*" para transmitir y recibir información. Es el dispositivo que conecta la computadora u otro equipo de red con el medio físico.

La NIC es un tipo de tarjeta de expansión de la computadora y proporciona un puerto en la parte trasera de la PC al cual se conecta el cable de la red. Hoy en día cada vez son más los equipos que disponen de interfaz de red, principalmente *Ethernet*, incorporadas. A veces, es necesario, además de la tarjeta de red, un transceptor. Este es un dispositivo que se conecta al medio físico y a la tarjeta, bien porque no sea posible la conexión directa (10 base 5) o porque el medio sea distinto del que utiliza la tarjeta.

Hubs o concentradores son equipos que permiten estructurar el cableado de las redes. La variedad de tipos y características de estos equipos es muy grande. En un principio eran solo concentradores de cableado, pero cada vez disponen de mayor número de capacidad de la red, gestión remota, etc. La tendencia es a incorporar más funciones en el concentrador. Existen concentradores para todo tipo de medios físicos.

Los repetidores. son equipos que actúan a nivel físico. Prolongan la longitud de la red uniendo dos segmentos y amplificando la señal, pero junto con ella amplifican también el ruido. La red sigue siendo una sola, con lo cual, siguen siendo válidas las limitaciones en cuanto al número de estaciones que pueden compartir el medio.

Bridges o puentes son equipos que unen dos redes actuando sobre los protocolos de bajo nivel, en el nivel de control de acceso al medio. Solo el tráfico de una red que va dirigido a la otra atraviesa el dispositivo. Esto permite a los administradores dividir las redes en segmentos lógicos, descargando de tráfico las interconexiones. Los *bridges* producen las señales, con lo cual no se transmite ruido a través de ellos.

Routers (Encaminadores), son equipos de interconexión de redes que actúan a nivel de los protocolos de red. Permite utilizar varios sistemas de interconexión mejorando el rendimiento de la transmisión entre redes. Su funcionamiento es más lento que los *bridges* pero su capacidad es mayor. Permiten, incluso, enlazar dos redes basadas en un protocolo, por medio de otra que utilice un protocolo diferente.

Gateways, son equipos para interconectar redes con protocolos y arquitecturas completamente diferentes a todos los niveles de comunicación. La traducción de las unidades de información reduce mucho la velocidad de transmisión a través de estos equipos.

Servidores son equipos que permiten la conexión a la red de equipos periféricos tanto para la entrada como para la salida de datos. Estos dispositivos se ofrecen en la red como recursos compartidos. Así un terminal conectado a uno de estos dispositivos puede establecer sesiones contra varios ordenadores multiusuario disponibles en la red. Igualmente, cualquier sistema de la red puede imprimir en las impresoras conectadas a un servidor.

Los Módems son equipos que permiten a las computadoras comunicarse entre sí a través de líneas telefónicas; modulación y demodulación de señales electrónicas que pueden ser procesadas por computadoras. Los módems pueden ser externos (un dispositivo de comunicación) o interno (dispositivo de comunicación interno o tarjeta de circuitos que se inserta en una de las ranuras de expansión de la computadora).

1.2 Redes LAN, WAN

Las redes son un conjunto de dispositivos físicos "*hardware*" y de programas "*software*", mediante el cual podemos comunicar computadoras para compartir recursos (discos, impresoras, programas, etc.) así como trabajo (tiempo de cálculo, procesamiento de datos, etc.). A cada una de las computadoras conectadas a la red se le denomina un nodo.

1.2.1 Redes de área local (LAN)

La red local o LAN (*Local Área Network*) es un sistema de comunicaciones de alta velocidad que conecta microcomputadoras o PC y/o periféricos que se encuentran cercanos, por lo general dentro del mismo edificio. Una LAN consta de *hardware* y *software* de red y sirve para conectar las que están aisladas. Una LAN da la posibilidad de que los PC compartan entre ellos programas, información y recursos, como unidades de disco, directorios e impresoras y de esta manera esta a disposición la información de cada puesto de trabajo los recursos existentes en otras computadoras.

Se puede comparar el *software* que gestiona una red local con el sistema operativo de una computadora. Los programas y utilidades que componen el *software* de la LAN, hacen de puente de unión entre el usuario y el núcleo central de la computadora.

Los programas del *software* empleado en la LAN nos permitirán realizar varias actividades; en primer lugar, estructurar nuestra computadora, los archivos, las unidades de masa, nombre y código de usuario, etc., y posteriormente entrar dentro del ámbito de la red local, para poder compartir recursos y enviar o recibir mensajes.

La LAN nació con los beneficios de conector de los PC's o los micro - computadores a fin de compartir información. Mucho antes de que fuera considerada factible la idea de que los PC reemplazara a los macros o mini - computadoras, comenzaron a aparecer los primeros LAN de PC.

El procesador de incorporar una PC o microcomputadora a una LAN consiste en la instalación de una tarjeta de interfase de red NIC en cada computador. Las NIC de cada computadora se conectan con un cable especial de red. El último para implantar una LAN es cargar cada PC un *software* conocido como sistema operativo de red. El trabaja con el *software* del sistema operativo de la computadora y permite que el *software* de aplicación (El procesador de palabras, las hojas de cálculo, entre otros) que sé esta ejecutando en la computadora se comunique a través de la red con otra computadora. Una red de área local es un medio de transmisión de información que proporciona la interconexión, entre diversos ordenadores terminales y periféricos situados en un entorno reducido y perteneciente a una sola organización.

Características de las LAN's, el radio que abarca es de pocos kilómetros, Por ejemplo: edificios, un campus universitario, un complejo industrial, etc. Utilizan un medio privado de comunicación. La velocidad de transmisión es de varios millones de bps.

Las velocidades más habituales van desde 1 hasta 16 Mbits, aunque se está elaborando un estándar para una red que alcanzará los 100 Mbps. Pueden atender a cientos de dispositivos muy distintos entre sí (impresoras, ordenadores, discos, teléfonos, módems, etc.).

1.2.2 Red de Área Amplia (WAN)

Es un sistema de comunicación de alta velocidad que conecta PC's, entre sí para intercambiar información, similar a la LAN; aunque estos no están limitados geográficamente en tamaño. La WAN suele necesitar un *hardware* especial, así como líneas telefónicas proporcionadas por una compañía telefónica.

La WAN también puede utilizar un *hardware* y un *software* especializado incluir mini y macro - computadoras como elementos de la red. El *hardware* para crear una WAN también llegan a incluir enlaces de satélites y fibras ópticas.

1.2.3 Ventaja de las redes

Integración de varios puntos en un mismo enlace y la posibilidad de Crecimiento hacia otros puntos para integración en la misma red.

Una LAN da la posibilidad de que los PC's compartan entre ellos programas, información, recursos entre otros. La máquina conectada (PC) cambia continuamente, así que permite que sea innovador este proceso y que se incremente sus recursos y capacidades.

1.3 Redes de telecontrol

Es un conjunto de dispositivos físicos "*hardware*" y de programas "*software*", mediante el cual podemos comunicar interruptores electrónicos de media y alta tensión para compartir información (entradas analógicas que trasladan las medidas de voltaje y corriente, entradas digitales que muestran el estado de la posición a nivel de interruptor y protecciones eléctricas, salidas digitales para realizar aperturas y cierres de posiciones, etc.) así como trabajo (Gestión de base de datos de control y procesamiento de datos, etc.). A cada uno de los interruptores conectados a la red se le denomina posición o celda.

1.4 Topología mas usadas en las redes de telecontrol

Se llama topología de una Red al patrón de conexión entre sus nodos, es decir, a la forma en que están interconectados los distintos nodos que la forman. Los Criterios a la hora de elegir una topología, en general, buscan que eviten el coste del encaminamiento (necesidad de elegir los caminos más simples entre el nodo y los demás), dejando en segundo plano factores como la renta mínima, el coste mínimo, etc. Otro criterio determinante es la tolerancia a fallos o facilidad de localización de éstos. También tenemos que tener en cuenta la facilidad de instalación y reconfiguración de la Red.

Hay dos clases generales de topología utilizadas en Redes de Area Local: Topología tipo Bus y Topología tipo Anillo. A partir de ellas derivan otras que reciben nombres distintos dependiendo de las técnicas que se utilicen para acceder a la Red o para aumentar su tamaño. Algunas personas consideran también la topología Estrella, en la que todos los nodos se conectan a uno central. Aunque en algunos casos se utilice, una configuración de este tipo no

se adapta a la filosofía LAN, donde uno de los factores más característicos es la distribución de la capacidad de proceso por toda la Red. En una Red Estrella gran parte de la capacidad de proceso y funcionamiento de la Red estarán concentradas en el nodo central, el cual deberá de ser muy complejo y muy rápido para dar un servicio satisfactorio a todos los nodos.

1.4.1 Topología en bus

Una Red en forma de Bus o Canal de difusión es un camino de comunicación bidireccional con puntos de terminación bien definidos. Cuando una estación transmite, la señal se propaga a ambos lados del emisor hacia todas las estaciones conectadas al Bus hasta llegar a las terminaciones del mismo. Así, cuando una estación transmite su mensaje alcanza a todas las estaciones, por esto el Bus recibe el nombre de canal de difusión.

Otra propiedad interesante es que el Bus actúa como medio pasivo y por lo tanto, en caso de extender la longitud de la red, el mensaje no debe ser regenerado por repetidores (los cuales deben ser muy fiables para mantener el funcionamiento de la red). En este tipo de topología cualquier ruptura en el cable impide la operación normal y es muy difícil de detectar. Por el contrario, el fallo de cualquier nodo no impide que la red siga funcionando normalmente, lo que permite añadir o quitar nodos a la red sin interrumpir su funcionamiento.

Una variación de la topología en Bus es la de árbol, en la cual el Bus se extiende en más de una dirección facilitando el cableado central al que se le añaden varios cables complementarios.

La técnica que se emplea para hacer llegar la señal a todos los nodos es utilizar dos frecuencias distintas para recibir y transmitir. Las características descritas para el Bus siguen siendo válidas para el árbol.

Figura 1. Topología de bus de red de computadoras

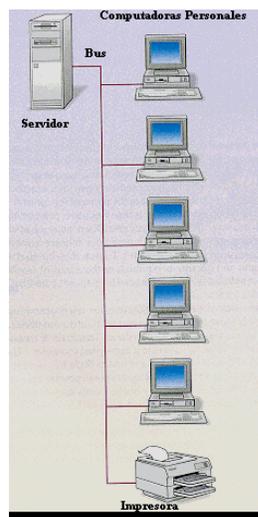
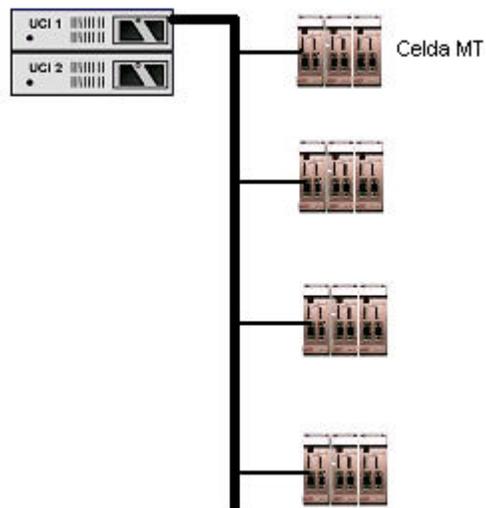


Figura 2. Topología de bus de red de telecontrol



1.4.2 Topología en anillo

Esta se caracteriza por un camino unidireccional cerrado que conecta todos los nodos. Dependiendo del control de acceso al medio, se dan nombres distintos a esta topología: Bucle; se utiliza para designar aquellos anillos en los que el control de acceso está centralizado (una de las estaciones se encarga de controlar el acceso a la red). Anillo; se utiliza cuando el control de acceso está distribuido por toda la red. Como las características de uno y otro tipo de la red son prácticamente las mismas, se utiliza el término anillo para las dos.

En cuanto a fiabilidad, presenta características similares al Bus: la avería de una estación puede aislarse fácilmente, pero una avería en el cable inutiliza la red. Sin embargo, un problema de este tipo es más fácil de localizar, ya que el cable se encuentra físicamente dividido por las estaciones. Las redes de éste tipo, a menudo, se conectan formando topologías físicas distintas al anillo, pero conservando la estructura lógica (camino lógico unidireccional) de éste. Un ejemplo de esto es la topología en anillo/estrella. En esta topología los nodos están unidos físicamente a un conector central (llamado concentrador de cables o centro de cableado) en forma de estrella, aunque se sigue conservando la lógica del anillo (los mensajes pasan por todos los nodos). Cuando uno de los nodos falla, el concentrador aísla el nodo dañado del resto del anillo y permite que continúe el funcionamiento normal de la red. Un concentrador admite del orden de 10 nodos.

Para expandir el anillo, se pueden conectar varios concentradores entre sí formando otro anillo, de forma que los procedimientos de acceso siguen siendo los mismos. Para prevenir fallos en esta configuración se puede utilizar un anillo de protección o respaldo.

De esta forma se ve como un anillo, en realidad, proporciona un enlace de comunicaciones muy fiable ya que no sólo se minimiza la posibilidad de fallo, sino que éste queda aislado y localizado (fácil mantenimiento de la red).

El protocolo de acceso al medio debe incluir mecanismos para retirar el paquete de datos de la red una vez llegado a su destino. Resumiendo, una topología en anillo no es excesivamente difícil de instalar, aunque gaste más cable que un Bus, pero el coste de mantenimiento sin puntos centralizadores puede ser intolerable. La combinación estrella/anillo puede proporcionar una topología muy fiable sin el coste exagerado de cable como estrella pura.

Figura 3. Topología en anillo de red de computadoras

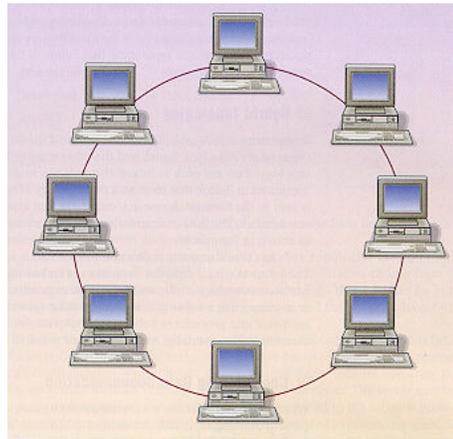
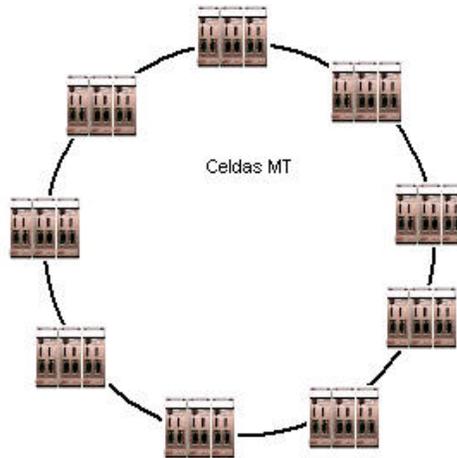


Figura 4. Topología en anillo de red de telecontrol



1.4.3 Topología estrella

La topología en estrella se caracteriza por tener todos sus nodos conectados a un controlador central. Todas las transacciones pasan a través del nodo central, siendo éste el encargado de gestionar y controlar todas las comunicaciones. Por este motivo, el fallo de un nodo en particular es fácil de detectar y no daña el resto de la red, pero un fallo en el nodo central desactiva la red completa.

Una forma de evitar un solo controlador central y además aumentar el límite de conexión de nodos, así como una mejor adaptación al entorno, sería utilizar una topología en estrella distribuida. Este tipo de topología está basada en la topología en estrella pero distribuyendo los nodos en varios controladores centrales. El inconveniente de este tipo de topología es que aumenta el número de puntos de mantenimiento.

Figura 5. Topología en estrella de red de computadoras

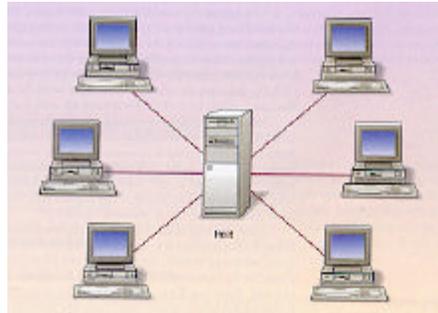
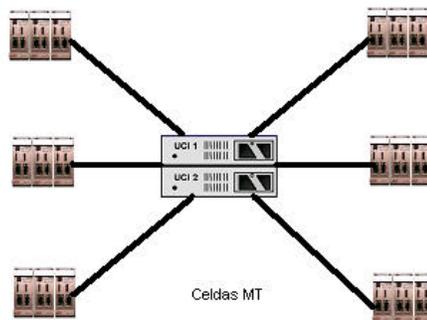


Figura 6. Topología en estrella de red de telecontrol



2 FUNDAMENTOS DEL PROTOCOLO IEC 104, TCP/IP, SAP20

2.1 El modelo TCP/IP

TCP/IP es el protocolo común utilizado por todos los ordenadores conectados a Internet, de manera que éstos puedan comunicarse entre si. Hay que tener en cuenta que en Internet se encuentran conectados ordenadores de clases muy diferentes y con *hardware* y *software* incompatibles en muchos casos, además de todos los medios y formas posibles de conexión. Aquí se encuentra una de las grandes ventajas del TCP/IP, pues este protocolo se encargará de que la comunicación entre todos sea posible. TCP/IP es compatible con cualquier sistema operativo y con cualquier tipo de *hardware*.

TCP/IP no es un único protocolo, sino que es en realidad lo que se conoce con este nombre es un conjunto de protocolos que cubren los distintos niveles del modelo OSI. Los dos protocolos más importantes son el TCP (*Transmission Control Protocol*) y el IP (*Internet Protocol*), que son los que dan nombre al conjunto. En Internet se diferencian cuatro niveles o capas en las que se agrupan los protocolos, y que se relacionan con los niveles OSI de la siguiente manera.

Aplicación: se corresponde con los niveles OSI de aplicación, presentación y sesión. Aquí se incluyen protocolos destinados a proporcionar servicios, tales como correo electrónico (SMTP), transferencia de ficheros (FTP), conexión remota (TELNET) y otros más recientes como el protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*).

Transporte: coincide con el nivel de transporte del modelo OSI. Los protocolos de este nivel, tales como TCP y UDP, se encargan de manejar los datos y proporcionar la fiabilidad necesaria en el transporte de los mismos.

Telnet: es el nivel de red del modelo OSI. Incluye al protocolo IP, que se encarga de enviar los paquetes de información a sus destinos correspondientes. Es utilizado con esta finalidad por los protocolos del nivel de transporte.

Enlace: los niveles OSI correspondientes son el de enlace y el nivel físico. Los protocolos que pertenecen a este nivel son los encargados de la transmisión a través del medio físico al que se encuentra conectado cada *host*, como puede ser una línea punto a punto o una red *Ethernet*.

El TCP/IP necesita funcionar sobre algún tipo de red o de medio físico que proporcione sus propios protocolos para el nivel de enlace de Internet. Por este motivo hay que tener en cuenta que los protocolos utilizados en este nivel pueden ser muy diversos y no forman parte del conjunto TCP/IP. Sin embargo, esto no debe ser problemático puesto que una de las funciones y ventajas principales del TCP/IP es proporcionar una abstracción del medio de forma que sea posible el intercambio de información entre medios diferentes y tecnologías que inicialmente son incompatibles.

Para transmitir información a través de TCP/IP, ésta debe ser dividida en unidades de menor tamaño. Esto proporciona grandes ventajas en el manejo de los datos que se transfieren y, por otro lado, esto es algo común en cualquier protocolo de comunicaciones. En TCP/IP cada una de estas unidades de información recibe el nombre de "datagrama" (*datagram*), y son conjuntos de datos que se envían como mensajes independientes.

2.1.2 TCP (*Transmission Control Protocol*)

El protocolo de control de transmisión (TCP) pertenece al nivel de transporte, siendo el encargado de dividir el mensaje original en datagramas de menor tamaño, y por lo tanto, mucho más manejables. Los datagramas serán dirigidos a través del protocolo IP de forma individual. El protocolo TCP se encarga además de añadir cierta información necesaria a cada uno de los datagramas. Esta información se añade al inicio de los datos que componen el datagrama en forma de cabecera.

Cuando la información se divide en datagramas para ser enviados, el orden en que éstos lleguen a su destino no tiene que ser el correcto. Cada uno de ellos puede llegar en cualquier momento y con cualquier orden, e incluso puede que algunos no lleguen a su destino o lleguen con información errónea. Para evitar todos estos problemas el TCP numera los datagramas antes de ser enviados, de manera que sea posible volver a unirlos en el orden adecuado. Esto permite también solicitar de nuevo el envío de los datagramas individuales que no hayan llegado o que contengan errores, sin que sea necesario volver a enviar el mensaje completo.

2.2 Protocolos de nivel superior e inferior de los sistemas de telecontrol.

Un protocolo de red es como un lenguaje para la comunicación de información. Son las reglas y procedimientos que se utilizan en una red para comunicarse entre los nodos que tienen acceso al sistema de cable. Los protocolos gobiernan dos niveles de comunicaciones:

- a) Los protocolos de alto nivel: Estos definen la forma en que se comunican las aplicaciones.
- b) Los protocolos de bajo nivel: Estos definen la forma en que se transmiten las señales por cable.

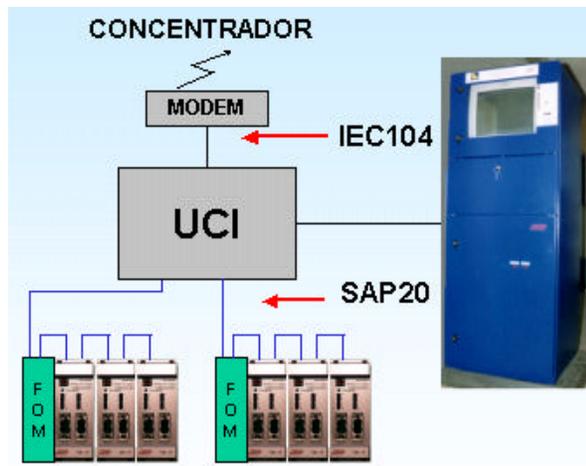
2.2.1 Protocolo de nivel superior

El protocolo IEC 60870-5-104 es una mejora del IEC 60870-5-101, durante el desarrollo se hará referencia a los dos. El protocolo mantiene un perfil de comunicación, enviando los mensajes básicos del telecontrol entre una estación central y un punto remoto, el IEC 104 es protocolo que se utiliza entre la Unidad Central de Información (UCI) y la Unidad Interna de Datos (IDU), es el protocolo de nivel superior que interactúa con el sistema SCADA el cual sirve para operar y concentrar los puntos remotos telecontrolados.

2.2.2 Protocolo de nivel inferior

El protocolo SAP20 es un protocolo desarrollado por una empresa española SAINCO el cual fue diseñado para operar con sistemas de telecontrol como lo son las unidades terminales remotas (RTUs) y Unidades Concentradoras de Información (UCI), este protocolo es el que funciona en el nivel inferior es decir entre RTUs y UCI es la forma en que se comunican estos dos equipos a través de 16 puertos RS-232.

Figura 7. Protocolos IEC 60870-5-104 y SAP20 en sistemas de telecontrol



3 HARDWARE SISTEMA DE TELECONTROL DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

3.1 Sistema de operación y automatización local (SOAL)

El sistema de operación y automatización local, en adelante SOAL, es una aplicación informática que permite la supervisión y control local a nivel de subestación, recogiendo la información de la Unidad Central del equipo de telecontrol allí instalado y a la que ordena la ejecución de mandos que el operador ejecute.

Figura 8. Sistema de operación y automatización local (SOAL)



3.2 Unidad concentradora de información (UCI)

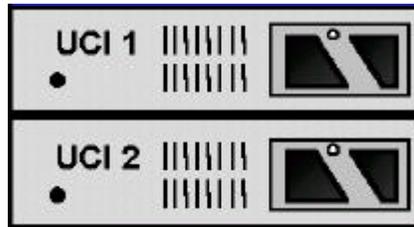
La Unidad Concentradora de Información es la encargada de concentrar toda la información recopilada de campo por las Unidades Terminales Remotas (RTUs), toda esta información proviene de las posiciones o celdas instaladas en los parques de media tensión

3.2.1 Descripción funcional

Básicamente y enlazada con la Unidad Central mediante una línea de comunicación adecuada, proporciona las funciones siguientes:

- a) Tratamiento y actualización de señales digitales y medidas analógicas en tiempo real.
- b) Gestión de la base de datos.
- c) Gestión de supervisión y control local mediante el uso de pantalla, teclado y *Track- Ball*.
- d) Registro cronológico de incidencias.
- e) Gestión de archivo histórico y tratamiento de alarmas.

Figura 9. Unidad concentradora de información (UCI)



3.3 Ondulador de voltaje 48 Vcc/125 ca

Es un dispositivo que convierte el voltaje de 48 Vcc a 125 ca. Su función principal es alimentar un monitor de 15 pulgadas que está ubicado dentro del SOAL, ya que en las subestaciones se debe tener energía auxiliar para operar los interruptores, es por eso que es necesario el ondulador.

3.3.1 Descripción funcional

El ondulador solamente toma la alimentación de 48 Vcc, cuando no detecta tensión de 125 Vca, es un sistema que tiene el modo de operación en línea y no en línea, provee una capacidad de 500 VA. Imagínese un SOAL que tenga un medio de respaldo de alimentación y que el monitor no esté pensado para funcionar con energía redundante, de nada serviría tener esta redundancia de alimentación.

Figura 10. Ondulador de voltaje 48 Vcc/125 ca



3.4 Difusores de fibra óptica plástica (UFDIFU)

El UFDIFU consiste en la tarjeta expansora del UFMUX de modo que contempla 2 puertos serie en un RJ11 de 6 vías y 3 parejas de FO.

3.4.1 Descripción funcional

La parametrización del equipo es fija para el correcto funcionamiento del mismo que consiste en:

- a) Todo lo que se recibe por cualquiera de los 2 puertos serie se envía por las 3 parejas de FO.
- b) Todo lo que se recibe por cualquiera de las 3 parejas de FO se envía por los 2 puertos serie.

Como ya se ha comentado la configuración de diles y puentes en el UFDIFU es fija y no se puede modificar ya que el equipo no realizaría la funcionalidad predefinida. Dicha configuración se detalla en el apartado concreto de configuración.

Por último cabe destacar la opción de configurar el UFMUX o FOMSAC como equipos de cabecera para permitir instalar dos anillos de FO independientes de forma que con la FO1 de 2 equipos se hace un primer anillo y con la FO2 de los mismos equipos se instala el segundo anillo. Para ello existe un puente (ver configuración) que realiza una partición lógica de los equipos de modo que lo que se recibe por la FO1 de un equipo NO se envía por la FO2 del mismo equipo.

3.5 Unidades terminales remotas (RTU)

La aplicación del Sistema es la adquisición de la señalización de elementos de campo, para poner esta información a disposición de los sistemas de nivel superior del Telecontrol. De la misma manera, queda resuelto el flujo de información en el sentido contrario, atendiendo los mandos generados desde dichos niveles superiores.

El criterio de diseño funcional de RTUs ò M0-UF se basa en que todas las micro-remotas deben ser idénticas e intercambiables sea cual sea la función que vayan a desarrollar y tan solo se particularizan y configuran para cada caso a través de 12 microinterruptores que definen el modo de funcionamiento de la misma, la velocidad de comunicación y el número de estación dentro del sistema (1).

3.5.1 Descripción funcional

La función de las unidades remotas es recoger información de campo y ponerla a disposición de los niveles superiores del sistema, y ejecutar las órdenes que éstos le envíen, actuando a su vez sobre determinados elementos del campo.

Así pues, las funciones que realiza una micro-remota M0-UF son básicamente dos:

- a) Adquisición de datos de campo y actuación sobre determinados elementos.
- b) Comunicación con niveles superiores, por medio de incidencias para enviar la información recogida y recibir ordenes.

Para poder cumplir lo anterior dispone de entradas digitales (ED) de campo, entradas analógicas (EA) y salidas digitales (SD). A partir de estos recursos físicos sacamos las señales lógicas: ED, EA, contadores (CONT) y posiciones de transformadores (TRF).

Además las micro-remotas disponen de unas señales que representan fallos internos que se actualizan en tiempo de ejecución.

3.5.2 Adquisición y tratamiento de señales digitales.

El equipo M0-UF dispone de 12 entradas digitales en forma de contactos libres de tensión.

La información que la micro-remota proporciona sobre dichas entradas digitales está constituida por un bit para cada señal, indicando el estado de la misma según el siguiente criterio:

- a) '0' contacto abierto \Rightarrow señal no activada
- b) '1' contacto cerrado \Rightarrow señal activada

La adquisición de las entradas digitales se realiza de forma periódica, proporcionando una resolución en tiempo a los eventos de 1 ms.

Por otro lado, el *hardware* proporciona un filtro digital que obliga a la señal a permanecer un determinado período de tiempo en el mismo estado para validarlo. Se incluye un mecanismo antirebote *software* que garantiza:

- a) Todo cambio de estado con una duración menor de 7 ciclos (7ms) es rechazado.
- b) Todo cambio de estado con una duración mayor de 8 ciclos (8ms) es aceptado como válido.

- c) Los cambios de estado cuya duración sea entre 7 y 8 milisegundos quedan indeterminados, pudiendo ser rechazados o aceptados en función del instante en que se realice el filtrado respecto al cambio de la señal.

Una vez que el valor de la señal digital ha pasado este filtro digital se realiza una comparación con el anterior valor válido, para detectar cambios en la misma. En este instante se comprueba que el número de cambios no supera el límite permitido (máximo dieciséis cambios por segundo), en otro caso, se considera un fallo en el contacto de señalización y los sucesivos cambios en la señal son ignorados. Además, este fallo es indicado en el estado interno “fallo en señalización digital”, según se describe en el apartado siguiente. La entrada se recupera cuando la señal permanece al menos un segundo en el mismo estado.

Después de este proceso, en caso de que exista un cambio válido en alguna de las señales digitales, se genera una incidencia. La generación de esta incidencia estará sujeta a la configuración de la micro-remota a través del modo de funcionamiento.

Figura 11. Unidad terminal remota (RTU)



3.6 Multiplexores de UNION FENOSA (UFMUX)

Todas las variantes de equipos están desarrolladas bajo una cooperación entre Unión Fenosa (UF) y Sistemas Avanzados de Control (SAC) tras una amplia experiencia en sistemas de comunicación y multiplexión por Fibra Óptica en sistemas de telecontrol de subestaciones.

El UFMUX podríamos decir que es un equivalente al FOMSAC con la diferencia que multiplexa varios canales de comunicaciones RS232 enviándolos todos por una única tirada de F.O. y desmultiplexandolos a la llegada en el siguiente UFMUX. De este modo se consigue la transmisión de varios protocolos independientes (de modo simultaneo) por una sola F.O. y evitando las tiradas múltiples que con anterioridad se venían realizando.

3.6.1 Descripción funcional

Al igual que el FOMSAC antes mencionado dicho equipo consta en la tarjeta básica de 4 puertos serie posteriores en el conector HARTING DIN41612 que se denominan PS1P, PS1R, PS2 y PS3 y 2 parejas de F.O. enumeradas como FO1 y FO2, y en la tarjeta expansora de 3 parejas de F.O. enumeradas como FO 3, FO4 y FO5 y de 2 puertos serie en un único conector RJ11 de 6 vías.

Funcionalmente el UFMUX multiplexa tres protocolos de comunicaciones y los envía mediante una portadora por FO1 y FO2 y de igual modo lo que recibe por dichos conectores lo desmultiplexa y lo envía como 3 protocolos independientes.

Los 4 puertos serie posteriores de la tarjeta básica están definidos de la siguiente manera:

- a) PS1P y PS1R: Protocolo 1 actualmente usado para Telecontrol.
- b) PS2: Protocolo 2 actualmente usado para protecciones.
- c) PS3: Protocolo 3 sin aplicación alguna por el momento.

Los 2 puertos serie de la tarjeta superior al igual que las tres parejas de FO de dicha tarjeta se pueden parametrizar fácilmente mediante Diles para poder determinar que protocolo, de los 3 que se están recibiendo multiplexados, se desea transmitir por el conector en concreto. Así pues podríamos decidir que la FO3 recibiese los datos del protocolo 1, la FO4 los datos del protocolo 2 y la FO5 junto con los 2 puertos serie RJ11 los datos del protocolo 3.

De igual modo los datos que se reciben por los conectores de la expansora se multiplexan y se envían por las FO principales 1 y 2.

3.7 Módulo de fibra óptica de SAC (FOMSAC)

El FOMSAC es un conversor – difusor de varios canales de RS232 a varios conectores de F.O. y viceversa de modo que podemos transmitir a largas distancias un mensaje de comunicaciones evitando los problemas de limitación de distancia e interferencias electromagnéticas que aparecen en los cables eléctricos de comunicaciones por RS232.

3.7.1 Descripción funcional

Dicho equipo consta de 4 puertos serie posteriores en el conector HARTING DIN41612 que se denominan PS1P, PS1R, PS2 y PS3 y 2 parejas de F.O. enumeradas como FO1 y FO2. El funcionamiento del mismo consiste en:

- a) Todo lo que se recibe por cualquiera de los 4 puertos serie se envía tal y como se recibe por las 2 parejas de FO.
- b) Todo lo que se recibe por la FO1 se envía tal y como se recibe por la FO2 y por los 4 puertos series posteriores.
- c) Todo lo que se recibe por la FO2 se envía tal y como se recibe por la FO1 y por los 4 puertos series posteriores.
- d) En función del tipo de conexionado de F.O. que se tenga previsto usar existen las siguientes variantes:
- e) FOMSAC/P: Las 2 parejas de F.O. se montan con conectores de plástico.
- f) FOMSAC/M: Una de las parejas se monta con conectores de vidrio y la otra con conectores de plástico.
- g) FOMSAC/V: Las 2 parejas de F.O. se montan con conectores de vidrio.

4 FUENTES DE ALIMENTACIÓN NORMALIZADAS PARA EL TELECONTROL

4.1 Alimentadores Zigor de 48 Vcc.

Todos los equipos de telecontrol se alimentan de una fuente de alimentación normalizada de 48 Vcc de marca Zigor .

4.1.1 Descripción general del sistema

El equipo MIT es un dispositivo cargador de baterías de Plomo (Pb) o Níquel-Cadmio (NiCd) a partir de la alimentación de red. Está compuesto por un rectificador monofásico o trifásico de tecnología convencional controlado en modo corriente, con limitación de corriente de carga de batería. El control del rectificador y la gestión del equipo se realiza íntegramente por microprocesador.

4.1.2 Descripción funcional

La circuitería electrónica del equipo tiene dos alimentaciones, la principal "RED" y la auxiliar "Batería". En ausencia de red, la batería alimentará a la electrónica hasta su límite de descarga. A partir de este momento el equipo se quedará totalmente fuera de servicio (2).

4.1.3 Circuito de control

El microprocesador es el cerebro del equipo. A partir de las magnitudes que mide (tensiones alternas, tensión de batería, tensión en la utilización, corriente de cargador, corriente de batería, temperatura en la batería) del equipo, gestiona y controla todo el equipo.

4.1.4 Control digital

Determina los niveles de tensión y corriente instantáneos que debe proporcionar el cargador a los sistemas de telecontrol, el control digital es muy exigente en los niveles de regulación tanto en corriente como en voltaje, esto se debe a la baja tolerancia que tienen los equipo remotos como lo son las RTUs y la UCI.

4.1.5 Gestión de carga

En función del número de elementos de batería, su tipo, temperatura, descarga y establece el régimen de carga adecuada. El banco de baterías posee tres modos de funcionamiento.

- a) Régimen de flotación. Este es el régimen de funcionamiento normal cuando la batería está cargada; la pequeña corriente que se le proporciona a la batería sirve para mantenerla cargada y evitar su auto descarga.

- b) Régimen de carga rápida. Es un régimen que permite restablecer la plena carga de la batería. En las baterías de Níquel-Cadmio es un régimen cuya activación se puede realizar de tres maneras (manual, periódica y automática):

- c) Régimen de carga excepcional (sólo en Ni-Cd). Este régimen sólo está disponible en equipos con batería de Níquel Cadmio. Casi exclusivamente en la primera carga de una batería, puede requerirse una carga más profunda, denominada carga de formación o carga excepcional de puesta en servicio. Debe tenerse en cuenta que las tensiones que se alcanzan en este régimen de carga pueden ser dañinas para los equipos alimentados de esa batería.

4.1.6 Conexión del canal de comunicaciones

Se trata de una RS232 aislada en los que solo se usan las líneas de recepción (RxD) y transmisión (TxD). No hay disponibles ninguna línea para control de flujo; sin embargo, internamente están puenteados los pines correspondientes a, por un lado, RTS con CTS y por otro, DTR, DCD y DSR. El conector es un Sub D de 9 pines macho donde la disposición de pines es la de un DTE.

Figura 12. Alimentador Zigor de 48 Vcc



5 SOFTWARE PARA LOS SISTEMAS DE TELECONTROL

El Sistema de Operación y Automatización Local tiene dos formas de funcionamiento su primer modo *On-Line* es cuando todas las aplicaciones de la base de control están activas o en explotación, esta base de control transfiere información en tiempo real desde la subestación a un punto remoto. El segundo modo *Off-Line* nos sirve para darle mantenimiento a la base de datos de control, es decir para agregar o quitar posiciones del parque de la subestación.

5.1 Aplicaciones *On-Line* de sistemas de telecontrol

El funcionamiento de la aplicación que gestiona el Sistema de Operación y Automatización Local (SOAL), en modo “*On Line*”, es muy importante para el personal de operación de red, por eso es necesario que los operadores de las distribuidoras tengan el conocimiento de cómo funciona la aplicación, es una herramienta muy específica diseñada a la necesidad de las distribuidoras de energía eléctrica.

5.1.1 Descripción general del sistema

La zona de unifilares correspondiente a la parte derecha de la pantalla de la figura 13, en la que se encuentran los dibujos unifilares propiamente dichos, de manera que tanto las etiquetas, como los símbolos y colores, dan información del estado de los elementos.

Figura 13. Zona de unifilares aplicaciones *On-Line*



5.1.2 Ventana de estadísticas de comunicaciones

En esta ventana se van a visualizar las comunicaciones del sistema, esto quiere decir que vemos el flujo de mensajes entre la UCI y el SOAL en tiempo real. En la pantalla vemos un cuadro de texto donde van a ir apareciendo paulatinamente los mensajes, Para facilitar la lectura de los mensajes se ha decido dar el siguiente formato a los mensajes.

- a) Mensajes de transmisión comienzan con el texto TX: y tienen color azul.
- b) Mensajes de recepción comienzan con el texto RX: y tienen color verde.
- c) Mensajes de error de comunicaciones, color rojo.

d) Otros mensajes, como son los de inicio y parada de refresco, color negro.

Otra característica es que podemos filtrar los mensajes, de forma que podemos visualizarlos en función del tipo, o todos los que se produzcan. Del mismo modo podemos visualizar los mensajes de un tipo de agrupación o de todas, dejando vacío el número de agrupada

Vemos que también tenemos información de una serie de datos estadísticos de las comunicaciones como son:

- a) Comienzo de las comunicaciones.
- b) Final de las comunicaciones.
- c) Cuando fue la última escritura
- d) Cuando fue la última lectura
- e) Mensajes enviados.
- f) Mensajes no recibidos.
- g) Errores de escritura.
- h) Mensajes no válidos

Figura 14. Ventana de estadísticas de comunicaciones



5.1.3 Analizador de comunicaciones de la U.C.I

La función de esta aplicación es poder ver cada uno de los mensajes de comunicaciones que llegan por los puertos serie de la U.C.I., discriminando por tipos de mensajes y por remotas o agrupaciones, según sea el protocolo que se quieran ver. Además tiene la posibilidad de espiar o visualizar a la vez dos puertos distintos de comunicaciones y cada uno con un protocolo distinto.

Al arrancar esta aplicación aparecerá la pantalla de la Figura 15. Como se puede observar dicha pantalla está dividida por zonas al igual que la aplicación del Visualizador de la UCI. Las zonas en las que está dividida son las siguientes:

En la zona de visualización de mensajes se podrán ver los distintos mensajes que están llegando por el puerto de comunicaciones seleccionado.

Los mensajes aparecen en la pantalla de visualización formateados por grupos de dos bytes, y separados y en distinto color los del TX y RX.

En la zona de selección del canal a visualizar se podrá seleccionar el canal de comunicaciones que se quiere espiar, el tipo de mensajes que se quieren espiar y discriminar según el número de remota o agrupación.

Figura 15. Analizador de comunicaciones de la U.C.I



Para seleccionar el canal de comunicaciones que se desea visualizar, se seleccionará de una lista desplegable y luego se elegirán los distintos tipos de mensajes que queremos visualizar pinchando en los distintos recuadros de selección.

Existe también la posibilidad de seleccionar el número de remota, si es un canal con protocolo SAP20-TCD, o número de agrupación, si es un canal con protocolo SAP20-UCI rellenando simplemente la caja de texto que aparece para tal efecto con el valor en cuestión. Por defecto, el analizador mostrará todos los mensajes que estén llegando por el canal de comunicaciones seleccionado sin discriminar los de ninguna remota.

Una vez seleccionados los tipos de mensajes que se desean visualizar, se deberá pinchar sobre el botón de Iniciar Refresco, con lo que se verán aparecer los mensajes sobre la pantalla si el sistema está comunicando por dicho canal.

Existe también la posibilidad de guardar a archivo los datos que se están presentando en pantalla, para ello se deberá pinchar sobre la caja de selección prevista para tal función. Estos archivos se generarán de forma horaria y se guardarán en el disco duro del ordenador de la UCI. Si se deseará guardar estos archivos en la Unidad A, se pulsará sobre el botón de Guardar en Diskette y desde ella se seleccionarán los archivos que se quieren pasar al Diskette de la unidad A.

5.2 Aplicaciones *Off-Line* de sistemas de telecontrol

El funcionamiento de la aplicación que gestiona el Sistema de Operación y Automatización Local (SOAL), en modo “*Off-Line*”, es muy importante para el personal de mantenimiento de protecciones y automatización, por eso es necesario que la unidad especializada de las distribuidoras tengan el conocimiento amplio de cómo funciona y cual es el alcance de la aplicación, es una herramienta muy específica diseñada para la configuración y mantenimiento de subestaciones eléctricas con la cual uno determina la lógica de control del sistema, es una de las partes mas delicada porque dependemos de las actuaciones que deben tomar los equipos electrónicos los cuales gobiernan los dispositivos eléctricos.

5.2.1 Descripción general del sistema del arranque del SOAL

El módulo Arranque SOAL tiene por cometido centralizar todas las funciones que se pueden realizar con el SOAL. Estas funciones se pueden dividir en dos grandes grupos y que a su vez coinciden con los modos de funcionamiento del SOAL modo *On - Line* y modo *Off - Line*.

Las funciones que se podrán realizar en el modo de funcionamiento *Off- Line* son:

- a) Configuración de la Librería del SOAL: Con este módulo se pueden crear nuevos tipos de posiciones.

- b) Configuración del SOAL: Con este módulo se pueden configurar las subestaciones a las que vaya destinado el SOAL.

- c) *Backup* de Base de Datos: Con esta función se pueden hacer backup de los datos configurados en oficinas para llevarlos a una subestación o para desde un subestación, llevarlos a oficinas.
- d) Restaurar Base de Datos: Con esta función se pueden restaurar los backups realizados con la opción anterior.
- e) Editor de Archivos de Comunicaciones: Con este módulo se pueden ver los archivos generados por el módulo de comunicaciones.
- f) Cambio de Modo del SOAL: Con esta función se puede pasar el SOAL a Modo *On - Line*.

Figura 16. Arranque del SOAL



La filosofía de configuración del Sistema SOAL se ha pretendido, que sea muy modular, de forma, que en el módulo de configuración de la librería SOAL se puedan definir todas y cada una de las posiciones que sean necesarias, y en el módulo de configuración de la Subestación se permita, mediante dos asistentes de *Windows*, definir tanto la subestación a nivel físico, como a nivel gráfico de Unifilares.

5.2.2 Configurador de la librería SOAL

El configurador de la Librería SOAL tiene la posibilidad de poder definir nuevos tipos de posiciones, para satisfacer los distintos tipos de configuraciones físicas de las subestaciones que se necesiten configurar. Además de poder definir los elementos físicos de la posición que se deseen definir, se puede definir el gráfico asociado a dicha posición.

5.2.3 Configurador de subestaciones

El Configurador de Subestaciones ofrece la posibilidad de definir nuevas subestaciones, y así poder realizar las configuraciones físicas y gráficas de cada una de las subestaciones que se necesiten configurar.

5.2.4 Backup de la base de datos

Cuando se pulsa esta opción en la pantalla del SOAL en modo Off – Line (ver figura 16), aparece el mensaje de realizando backups, y al poco tiempo aparece el mensaje de Introduzca Diskette para realizar el backup.

Al introducir el primer diskette, este será formateado y se introducirán todos los datos del backup de base de datos. Si fueran necesarios varios diskettes el programa irá pidiendo sucesivos diskettes. Después de hacer el backup de la base de datos, se realizará el backup de los archivos gráficos y se irán pidiendo los diskettes que sean necesarios.

5.2.5 Restaurar base de datos

Cuando se pulsa esta opción desde la pantalla del SOAL en Modo Off – Line (ver figura 16), aparece el mensaje de si se desea restaurar un backup de disco duro o de Diskette, se plantea dicha opción por que antes de realizar una restauración de base de datos se realiza un backup de lo que hay en ese momento por si es necesario volver a la versión anterior de la base de datos.

Después de responder al mensaje anterior se empezarán a solicitar diskettes si dijimos que no queríamos restaurar de disco duro o se realizará la restauración directa del disco duro si respondimos afirmativamente al mensaje anterior.

6 SISTEMA DE TELECONTROL EN LA RED DE MEDIA TENSIÓN (MT)

6.1 Características particulares del sistema de telecontrol MT

Se hará una descripción de la nueva instalación: equipos de telecontrol, interruptor-electrónico, tipo y disposición de celdas, obra necesaria para la adaptación de los nuevos elementos.

6.2 Funcionalidad del sistema de telecontrol MT

Los sistemas de telecontrol MT son muy distintos a los sistemas de telecontrol en las subestaciones, por eso es necesario que tengamos presentes las siguientes consideraciones.

6.2.1 Criterios de arquitectura de red

La selección de los puntos de Telecontrol se realizará de acuerdo con los criterios de la normativa de Arquitectura de la Red, que define como elementos de Telecontrol los siguientes:

6.2.1.1 Red aérea

Se considera que el interruptor de cabecera está ya telecontrolado en la Subestación.

- a) Interruptor en punto frontera Telemandable. (Se entiende por punto frontera aquel que separa la red alimentada por cada subestación o diferentes salidas de una misma subestación, en situación normal de explotación).
- b) Interruptor Telemandable en puntos intermedios (entre interruptor de cabecera y punto frontera).
- c) Interruptor Telemandable en derivaciones de gran importancia: derivaciones

6.2.2 Criterios de explotación

La operatividad que, ya sea desde el puesto de mando, realizada por los operadores de los diferentes Centros de Maniobra de Distribución ó bien de forma automática, dará respuesta rápida para el restablecimiento del suministro de energía eléctrica cuando se produzca una interrupción de éste, motivado por un fallo en un punto de una red de distribución de Media Tensión que esté dotada de Interruptores Telemandables.

6.2.3 Criterios de comunicaciones

El sistema adoptado para telemandar los interruptores está basado en una comunicación por onda portadora, que utiliza como soporte físico la propia Red de Distribución en Media Tensión, permitiendo comunicaciones bidireccionales, por lo que soporta todo tipo de funciones de control y mando.

No obstante, el sistema también permitirá utilizar otros medios de comunicación; Radio punto a punto, *Trunking*, Telefonía GSM, fibra óptica, etc... para aquellos puntos en los que, por sus excepcionales circunstancias tenga más dificultad técnica y económica el uso de portadora.

La integración de este sistema para la red de M.T. en el sistema general de Telecontrol de Unión Fenosa, permite compartir varios elementos del sistema con la optimización de recursos consiguiente.

Según esto, podemos distinguir un ámbito de actuación integrado hasta la subestación, de otro particular en la propia Red M.T.

6.2.4 Sistema integrado

La comunicación desde los puestos de operación centralizados a nivel de Zona o Area hasta las Unidades de Control Integrado en Subestaciones pasando por los CTDs, se realiza por la red propia de U.F. mediante enlaces básicos, tales como fibra óptica, radio, portadora en A.T., etc...

Además, estos enlaces disponen de configuración redundante mediante enlaces de respaldo por otro medio alternativo como red por satélite VSAT, etc.

6.2.5 Telecontrol M.T

La comunicación entre las Unidades de Control Integrado de Subestación y las Remotas de Telecontrol de la Red M.T. se realiza por la propia Red y por tanto es necesario que los diferentes elementos de maniobra no corten la línea y, consiguientemente, el camino de comunicación, puesto que en este caso, podrían quedar algunas zonas de la red aisladas del puesto central y sin acceso a un determinado número de equipos de control. Si esto ocurriera, estos equipos quedarían fuera de servicio y la reposición de la línea debería hacerse manualmente.

Por ello es imprescindible la coordinación con los criterios de Explotación y Arquitectura de Red.

En las subestaciones, las protecciones de línea M.T. están asociadas a los interruptores de cabecera, produciéndose la apertura automática del mismo en caso de falta, con la consiguiente interrupción del enlace de comunicación si la señal se inyectase en la barra. Para evitarlo, se hace necesario inyectar la señal a la salida de todas las líneas con elementos telemandables, acoplándolos detrás del interruptor de cabecera.

Además, como la comunicación por onda portadora, de alta frecuencia no precisa tensión eléctrica en la línea por la cual transmite o recibe, será independiente del estado abierto o cerrado de dichos interruptores siempre que exista continuidad física en la línea.

Por el mismo motivo, para el gobierno de los interruptores situados en la Red, es necesario tomar la señal que va a la remota antes de los interruptores telecontrolados, es decir, del lado de la subestación y no de la carga.

Los puntos definidos como frontera entre dos subestaciones y que se exploten como tales, necesitan acoplar la señal por ambos lados del interruptor con objeto de garantizar la comunicación por cualquiera de ellos y permitir las maniobras necesarias sobre los puntos intermedios entre este punto frontera y la subestación.

Asimismo, los Centros de Reflexión en Red Urbana deberán acoplar la señal delante del interruptor, a la entrada del cable cero o reserva de cada subestación, hasta un máximo de tres diferentes.

6.3 Sistema de telecontrol MT.

En este apartado se pretende definir la filosofía de telecontrol que se utiliza en MT.

6.3.1 Características generales

La filosofía general del Proyecto queda definida por los siguientes puntos:

- a) Centralización. El Telecontrol de la Red de Distribución queda centralizado en Despachos situados a nivel de Zona o de Area.
- b) Interfaz Operador/Sistema. El interfaz Operador/Sistema está constituido por una aplicación de tipo SCADA que deberá ser independiente del Sistema, por lo que el Frontal de Comunicaciones del mismo deberá tener la capacidad de emular los protocolos utilizados por los Equipos Terminales.

- c) Inteligencia distribuida por niveles. Se establecen diversos niveles, coincidentes con los diferentes equipos constitutivos del Sistema. A cada uno de estos niveles se le asignan una serie de funciones, dependiendo de la naturaleza de la información de que dispongan y de esta manera se descargan paulatinamente los niveles superiores.

- d) Limitación de la señalización. Teniendo en cuenta la cantidad de puntos y con el fin de no enviar a los Centros de Control información innecesaria que la haría inmanejable, sólo se transmitirá la referente a posición de interruptor y detección de paso de falta. Las medidas analógicas no se utilizarán a nivel de red M.T. aunque están disponibles en la remota-tipo.

6.3.2 Descripción arquitectura general

El sistema de telecontrol para interruptores en la red de media tensión adopta una estructura jerarquizada por niveles en cuanto a las funciones y ramificada en cuanto a las comunicaciones bidireccionales entre los distintos niveles, de forma que dependiendo del tipo de información a procesar en cada nivel, se descargan de tareas paulatinamente a los niveles superiores.

Esto permite realizar las funciones de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) de forma centralizada desde una sola Estación Central, accediendo a un gran número de terminales remotos dispersos por la red de media tensión.

Los equipos contemplados en cada uno de los niveles se describen con detalle en los apartados correspondientes, pero la funcionalidad básica dentro del sistema general es la que a continuación se describe :

- a) Nivel 1: corresponde a la Estación Central, desde la que se realizan las funciones SCADA mediante los adecuados interfaces Operador-Sistema (IOS), concretadas en Estaciones de Trabajo (Workstation) en red de área local.

En este nivel se contemplan por una parte, los Despachos de Maniobra (D.M.) para las Centrales de Generación y las Subestaciones de Transporte y Transformación y por otra los Centros de Maniobra de Distribución (C.M.D.) para las Subestaciones y Red de Distribución (Red de Reparto y Red de Media Tensión). Estos últimos definen el Nivel 1 de la arquitectura del Sistema de Telecontrol de la Red de Media Tensión.

- b) Nivel 2: está constituido por los equipos de Concentración de Telecontrol, cuyas principales funciones son: optimizar las comunicaciones con el nivel inferior de acuerdo con la topología de la red propia de comunicaciones de datos de la Empresa, separar la información conjunta de una Subestación dirigiéndola a los distintos niveles de responsabilidad (D.M. ó C.D.M.), realizar la conversión de los diferentes protocolos de comunicación existentes en el nivel inferior (nivel 3), unificándolos en un standard para el nivel superior (nivel 1), y específicamente para Media Tensión realiza la gestión de las rutas alternativas de comunicación de los terminales remotos.
- c) Nivel 3: corresponde al ámbito de la Subestación donde se ubica la Unidad de Control Integrado (U.C.I.) que actúa gestionando las comunicaciones entre los concentradores (Nivel 2) y los terminales remotos en la Red de M.T. (Nivel 4) de forma asíncrona entre ellos, esto es, con ciclos de muestreo independientes con cada nivel.

Además, la misma unidad puede gestionar el Telecontrol Distribuido de la propia Subestación, permitiendo por tanto la Integración del Telecontrol de Subestaciones (nivel 3) y Red de Media Tensión (nivel 4) en un mismo equipo.

- d) Nivel 4: lo constituyen los equipos terminales remotos asociados a cada interruptor telecontrolado en la red de media tensión, tanto para centros de transformación o reflexión de interior como puntos intermedios y puntos frontera sobre apoyo en la red aérea.

6.4 Aparellaje de telecontrol MT

El aparellaje son el *hardware* que componen la arquitectura del telecontrol ya sea en subestaciones o puntos remotos. A continuación se describen los equipos integrados en cada uno de estos grupos.

6.4.1 Estación central

Comprende los Centros de Maniobras de Distribución (CMD) con sus equipos de procesamiento de información en tiempo real mediante los cuales los operadores del sistema pueden realizar las funciones de Supervisión, Control y Adquisición de Datos a distancia (SCADA).

Estas funciones están disponibles para el usuario a través de las oportunas interfaces operador-sistema como pantallas gráficas, teclado, ratón e impresoras.

El sistema actualiza en tiempo real las alarmas, medidas y estado abierto/cerrado de interruptores, indicando también en los esquemas gráficos los puntos donde están activados los relés detectores de paso de falta, de forma que el operador es guiado hasta el centro donde se debe aislar la derivación con falta y una vez seleccionado el centro puede realizar las operaciones de abrir o cerrar interruptores.

6.4.2 Concentrador

Comprende los equipos necesarios para procesar la información procedente del nivel de Subestación y Red de Media Tensión, clasificándola adecuadamente para presentarla al nivel superior SCADA de forma estandarizada.

Además gestiona las comunicaciones y mantiene la Base de Datos que permite configurar las Unidades de Control Integrado.

Está constituido por dos equipos idénticos en configuración dual que permite mantener uno activo y otro en reserva, conmutando automáticamente cuando sea necesario para garantizar la continuidad del servicio con mayor fiabilidad.

También dispone de un PC para acceso local soportando funciones de consulta, mantenimiento y configuración.

6.4.3 Equipos de subestación

Los equipos de subestación en este apartado se refiere a los dispositivos necesarios para poder interactuar con el punto remoto, no hay que confundirlos con el telecontrol existente dentro de la subestación.

6.4.3.1 Unidad de Control Integrado

La nueva Unidad de Control Integrado (UCI/F3) es una evolución de los actualmente existentes (UCI/F2) que permite generalizar el concepto de Telecontrol Distribuido en la Red de Media Tensión al Telecontrol Distribuido de Subestaciones tanto de Distribución como de Transporte y Transformación.

El diseño de esta nueva UCI está ligado a la definición de la nueva remota ENERTEL como único elemento de Telecontrol para la empresa.

De esta forma se integran en una sola, todas las posibles soluciones para el telecontrol de la Red, que hasta ahora incluían distintos tipos de remotas para las Subestaciones y la Red de Media Tensión.

En cuanto a las características específicas para el Telecontrol de la Red de Media Tensión, la UCI realiza una concentración, a nivel de subestación, de la información procedente de las unidades remotas de telecontrol de la red de Media Tensión de Distribución. Este procesamiento de información se realiza de forma autónoma y simultánea en todas las subestaciones, lo que permite mejorar la velocidad de respuesta del sistema en su conjunto, compuesto por un elevado número de unidades remotas de señal.

La comunicación con las unidades remotas en la Red se realiza por medio de Onda Portadora sobre los propios cables de energía de la Red de Media Tensión.

Para ello, la UCI dispone de dos MODEMS de Onda Portadora SAILINK, funcionando alternativamente de forma que el ciclo de trabajo se reduce a la mitad.

Con estos dos MODEMS es posible inyectar la señal portadora hasta en 32 líneas de salida en una Subestación.

La UCI, conjuntamente con los Concentradores, gestiona las rutas alternativas de comunicaciones que permiten mantener la continuidad del Telecontrol ante un corte en el camino físico por la propia red de energía.

6.4.3.2 Equipos de acoplamiento capacitivo de señal

Permite separar la señal de portadora en alta frecuencia de la nominal (60 Hz) de la red de M.T. con el adecuado nivel de aislamiento para las elevadas tensiones de ésta (13.8 ó 34.5 kV).

Esto se realiza con una agrupación serie LC conectado entre cada fase y tierra que actúa como filtro (paso-alto) (divisor de tensión), presentando una alta impedancia para 60 Hz y baja impedancia para la frecuencia de portadora.

Por cada fase, está constituido por un condensador de aislamiento en serie con una bobina de drenaje, incorporando esta última un Varistor de protección contra sobretensiones transitorias.

Para permitir la mayor versatilidad en la inyección y recepción de la señal, tanto en configuración fase-fase como fase-tierra, e incluso tres fases-tierra, se dispondrá de un conjunto trifásico de tres equipos LC (uno por cada fase), lo cual permite además, mantener el equilibrio de las tres fases.

6.4.3.3 Unidad de Adaptación de Impedancia

Esta unidad adapta la impedancia variable de la red al amplificador de salida de la unidad de portadora, de forma que se maximiza la transferencia de potencia desde el generador al receptor a través de la red de distribución.

Está constituido, básicamente, por un transformador con tomas intermedias seleccionables por puentes amovibles.

También dispone de un condensador de sintonía y bobina choque para filtrado de la señal.

Además incorpora varios elementos de protección contra sobretensiones transitorias tipo varistor.

6.4.4 Equipo de línea

Su misión es mejorar la propagación de la señal de O.P. por la Red de M.T., evitando las pérdidas e interferencias.

6.4.4.1 Bobinas de bloqueo

Su función principal es bloquear la propagación de la señal de portadora, manteniendo las características del transporte de energía, allí donde sea preciso evitar la derivación de la señal.

Es de aplicación en los casos donde se presentan sumideros de señal, como pueden ser los bancos de Condensadores para corrección del factor de potencia en puntos intermedios o terminales de la Red, siempre que se den las condiciones para que constituyan un sumidero de la señal, como es el caso de Condensadores conexiónados en estrella, con neutro aislado y que la señal se propague entre fases (si la señal se inyecta entre fase y tierra, desaparece este problema y se mejora la propagación por las tres fases).

También se aplican para evitar perturbaciones o interferencias en frecuencia próximas a la de la portadora, causadas por clientes externos o por equipos propios, especialmente en generación.

Está constituida por una bobina diseñada para la intensidad máxima permanente de la línea y la correspondiente de choque ante cortocircuito.

Dispone de un circuito amortiguado en paralelo con la bobina que constituye un filtro paso-banda para la frecuencia de portadora, presentando una alta impedancia a esta frecuencia.

Para el bloqueo de una derivación en red trifásica con neutro aislado solamente son necesarias 2 bobinas en serie para 2 fases, aún cuando resulta más completo el conjunto trifásico.

6.4.4.2 Repetidores

Los repetidores permiten recibir y retransmitir la señal disminuyendo la atenuación por distancia al acortar los tramos entre emisor-receptor y pueden establecer nuevas rutas alternativas de comunicaciones.

No obstante se aumenta la versatilidad, pues cualquier remota puede definirse como repetidor de cualesquiera otras.

El ENERCOM dispone de funciones específicas como repetidor selectivo, permitiendo bypasear un punto frontera independientemente del estado abierto o cerrado del interruptor.

6.5 Equipos terminales de comunicaciones

Se utilizan en los extremos de un enlace para la conversión y adaptación de las comunicaciones entre equipos terminales de datos.

Para una cantidad de información dada y una velocidad requerida, el tipo de comunicación y el equipo a utilizar dependerán básicamente en nuestro caso, del medio o soporte de la transmisión y de la distancia entre emisor y receptor.

Así para pequeñas distancias, inferiores a 15 metros y sin muchas interferencias, resulta ventajosa la comunicación de datos directamente en formato digital serie, utilizando pares de hilos en lo que se ha estandarizado a nivel físico como canal serie RS-232C.

Para distancias intermedias, de 10 m a 100 m, en ambientes con fuertes interferencias electromagnéticas, el largo recorrido de los conductores en cable actúa como antenas susceptibles a interferencias que transitoriamente pueden ser elevadas (descargas tipo rayo) y obliga a utilizar protecciones como apantallamientos, refuerzo de tierra, etc. que no siempre proporcionan una inmunidad completa.

Por ello en estos casos es recomendable utilizar fibra óptica con soporte plástico por resultar más económico y no presentar apenas pérdidas en esas distancias. Para mayor distancia sería ya aconsejable el soporte de vidrio.

Para distancias mayores, de 1 a 50 km y con equipos terminales dispersos, parece ventajoso para esta aplicación, utilizar los propios conductores de energía de la Red de M.T., como ya se justificó en apartados anteriores. En este caso la comunicación sería en forma analógica modulando la señal sobre una onda senoidal de alta frecuencia que se conviene en denominar Onda Portadora.

6.5.1 Módem de onda portadora digital (SAILINK)

Su misión es realizar la comunicación entre las Unidades de Control Integrado (UCI), situados en las Subestaciones y las Unidades Remotas de Telecontrol (ENERTEL), a través de un soporte o medio que es la propia Red de Media Tensión.

Para ello deben en primer lugar, intercambiar información localmente con los equipos terminales de datos, UCI y ENERTEL, lo cual se hace directamente por un canal serie RS-232C a 9.600 bps con control de módem pero de forma totalmente transparente al usuario, independiente de cualquier protocolo.

Por otra parte, esa información debe transmitirse y recibirse a distancia por la Red de M.T., para lo cual es necesario generar una señal de portadora, modularla en el emisor y demodularla y filtrarla en el receptor.

Las características de estas funciones se describen en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas pero deben indicarse aquí algunas características que le dotan de mayor versatilidad.

El tratamiento digital de la señal, con un microprocesador específico DSP para esta función, permite mejorar la relación Señal/Ruido y sensibilidad en recepción.

Tanto la velocidad como el número máximo de bytes a transmitir son configurables, quedando definidos para este proyecto dos modos de funcionamiento: Con protocolo DLC a 76,2 Bd o con SAP-20 a 300 Bd.

Como módem, es totalmente transparente al protocolo de comunicaciones, lo cual posibilita la incorporación de otros equipos y funciones.

6.5.2 Conversor electro/óptico (ENERFOP)

Su función es enlazar equipos terminales de datos dotados con canales serie RS-232 utilizando un soporte óptico inmune a interferencias electromagnéticas.

Para ello realiza la conversión de las señales eléctricas en ópticas y viceversa mediante diodos leds de alta frecuencia de corte y fototransistores de alta sensibilidad respectivamente.

Además, dispone de una etapa de regeneración para permitir la conexión de varios equipos en derivación T, constituyendo un enlace serie multipunto.

Existen tres versiones según las distancias máximas de utilización en configuración punto a punto:

- a) Hasta 82 m con entrada y salida en fibra óptica
- b) Hasta 2000 m con entrada y salida en fibra de vidrio
- c) Intermedio con entrada fibra plástica y salida vidrio o viceversa indistintamente

En este proyecto es de aplicación en los centros de interior con más de un interruptor telecontrolado, para la comunicación local entre el equipo de concentración (ENERCOM) y cada remota (ENERTEL) mediante enlaces de entrada/salida.

6.6 Equipos terminales de datos

Realizan funciones de adquisición de datos como alarmas, señalizaciones (posición de contactos), medidas y pulsos (contadores) y pueden también realizar mandos (actuación sobre relés).

Estos datos convenientemente filtrados y adaptados se convierten en información bidireccional en formato digital de acuerdo con un protocolo definido.

Se utilizan como interface entre los equipos terminales de comunicaciones descritos anteriormente y los elementos de "campo", que en este caso son los equipos de potencia que se telemandan (Interruptores).

Ante la diversidad en el número de posiciones a telecontrolar por cada tipo de centro y la necesidad de soluciones modulares y uniformes para todo tipo de telecontrol (Subestaciones, transformadores, red M.T. ...), se han definido dos tipos de equipos.

- a) Una remota única con un equipamiento estándar, dimensionado para telecontrol de una posición, pero configurable según distintos modos de funcionamiento.
- b) Un concentrador de remotas para aquellos casos en que sea necesario utilizar varias remotas pero un solo nodo de comunicación.

6.6.1 Remota de telecontrol (ENERTEL)

Su misión es convertir la información digital que envía la Unidad de Control Integrado en variables físicas para los elementos de potencia y al revés.

La configuración standard es la siguiente:

- a) 12 entradas digitales (alarmas) más 4 estados internos.
- b) salidas digitales (mandos).
- c) entradas analógicas (medidas).
- d) Un canal serie RS-232 con líneas de control de módem.

Para la aplicación al telecontrol de la red de Media Tensión se pueden utilizar dos modos de funcionamiento (además del modo monitor para mantenimiento) según el protocolo utilizado; SAP-20TCD para las nuevas instalaciones y DLC para compatibilidad con lo existente.

En cualquier caso, la configuración de señales se reduce para optimizar la velocidad y el volumen de información dispersa por los numerosos puntos en la red, en la forma siguiente:

- a) 4 entradas digitales de campo para indicar:
 - Estados Abierto y Cerrado del interruptor
 - Presencia/Ausencia de Tensión de Red (Alimentación)
 - Actuación del relé detector de paso de falta (alarma)

- b) 2 salidas digitales para los mandos de Abrir/Cerrar

En cuanto a las medidas analógicas, en este caso están disponibles pero no se utilizarán.

6.6.2 Equipo de concentración M.T. (ENERCOM)

Las funciones que realiza este equipo pueden agruparse en dos apartados:

- a) Concentración de la información procedente de varias unidades remotas ENERTEL, de forma que el conjunto se presenta hacia el nivel superior (en este caso, la UCI) como una única remota con una configuración de señales equivalente a la suma de las remotas asociadas.
- b) Gestión de las comunicaciones por onda portadora en Media Tensión, permitiendo a una o varias remotas la conexión a dos rutas de comunicaciones de forma simultánea, y realizando funciones de repetidor selectivo de mensajes, evitando la necesidad de equipos específicos para realizar esta función.

El equipo está basado en la misma unidad de control (CPU) que la Remota ENERTEL, pero evita la limitación de un sólo canal serie de ésta ya que dispone de un total de 4 canales de comunicaciones serie asíncronos RS-232C, con control de modem y programables de forma individual lo que permite utilizar distintos protocolos en cada canal.

Para la aplicación de este proyecto se asigna la siguiente configuración:

- a) El canal 1 comunica con el equipo terminal de datos SAILINK para acceder a la ruta principal de comunicaciones por onda portadora.
- b) El canal 2 comunica con un segundo módem SAILINK permitiendo acceder a una ruta alternativa de comunicación por onda portadora en la red M.T.
- c) El canal 3 comunica con las unidades remotas ENERTEL bien directamente por enlace RS-232 con hilos o a través de adaptadores/conversores de fibra óptica ENERFOP aunque esto no es significativo desde el punto de vista funcional.
- d) El canal 4 se reserva para futuras aplicaciones y nuevas funcionalidades, pero está accesible frontalmente para funciones de mantenimiento y ayudas a la operación (conectando un PC portátil en modo monitor).

7 ENLACE DE COMUNICACIONES

7.1 Transmisión en VSAT nivel superior

La información de los datos de las subestaciones eléctricas que se transportan en protocolo de nivel superior IEC 60870-5-104 se realizan a través de VSAT (Very Small Aperture Terminals), es una red de transmisión vía satélite para la interconexión de puntos remotos, el intercambio de información puede ser punto a punto, punto multipunto (*broadcast*), o de manera interactiva.

Los terminales de usuario tienen generalmente tamaños de antena pequeños. Suelen ser redes privadas para auto prestación de servicios y también se puede dar servicio a terceros.

Dentro de sus aplicaciones están: telecontrol, transacciones bancarias, loterías, cajeros automáticos, acceso a Internet. Las estaciones se comunican a través de satélites geoestacionarios que están a 36000 Km. De la tierra.

Conjunto de antena. El conjunto de la antena consiste en una estructura de montaje sencilla y resistente, un brazo alimentador, y una antena reflectora. El tamaño de la antena está típicamente dentro del rango de 0.8 a 2.4 metros.

Unidad exterior (ODU). La ODU es un conjunto integrado que contiene todos los componentes electrónicos de RF, incluyendo up/downconverters, amplificador de potencia de estado sólido (SSPA), amplificador de bajo ruido, y emisor-receptor orthomode (OMT).

Unidad interior (IDU). La IDU suministra el procesamiento de señal digital y las funciones de conversión de interfaz entre la ruta saliente recibida y la información de usuarios individuales o puertos de voz. También suministra las funciones necesarias de procesamiento de señal para aceptar la información de usuarios de los puertos y prepararla para su transmisión sobre la ruta entrante TDMA.

7.1.1 Satélites Geoestacionarios

Los satélites geoestacionarios o geosíncronos son satélites que giran en un patrón circular, con una velocidad angular igual a la de la Tierra. Consecuentemente permanecen en una posición fija con respecto a un punto específico en la Tierra. Una ventaja obvia es que están disponibles para todas las estaciones de la Tierra, dentro de su sombra, 100% de las veces. La sombra de un satélite incluye todas las estaciones de la Tierra que tienen un camino visible a él y están dentro del patrón de radiación de las antenas del satélite. Una desventaja obvia es que a bordo, se requieren de dispositivos de propulsión sofisticados y pesados para mantenerlos fijos en una órbita. El tiempo de órbita de un satélite geosíncrono es de 24 h. igual que la Tierra.

7.2 Transmisión en fibra óptica y onda portadora nivel inferior

La transmisión de datos a través de la fibra óptica se realiza en el protocolo de nivel inferior SAP20, la fibra que se recomienda es plástica del tipo multimodo, esto es funcional debido a las distancias que se tienen dentro de las subestaciones. Con respecto a la transmisión por onda portadora se utiliza en el nivel inferior son que con protocolo diferente como lo es DNP 3.0, se tiene de esta manera porque los equipos de puntos remotos utilizan este protocolo.

7.2.1 Transmisión en fibra óptica en nivel inferior

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o en luminosa, por ello se le considera el componente activo de este proceso. Una vez que es transmitida la señal luminosa por las minúsculas fibras, en otro extremo del circuito se encuentra un tercer componente al que se le denomina detector óptico o receptor, cuya misión consiste en transformar la señal luminosa en energía electromagnética, similar a la señal original. El sistema básico de transmisión se compone en este orden, de señal de entrada, amplificador, fuente de luz, corrector óptico, línea de fibra óptica (primer tramo), empalme, línea de fibra óptica (segundo tramo), corrector óptico, receptor, amplificador y señal de salida.

En resumen, se puede decir que este proceso de comunicación, la fibra óptica funciona como medio de transportación de la señal luminosa, generado por el transmisor de LED'S (diodos emisores de luz) y láser.

Los diodos emisores de luz y los diodos láser son fuentes adecuadas para la transmisión mediante fibra óptica, debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización. Además su pequeño tamaño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos son características atractivas.

7.2.2 Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual

Las fibras multimodo de índice de gradiente gradual tienen una banda de paso que llega hasta los 500MHz por kilómetro. Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra, como se puede ver en el dibujo. Estas fibras permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra.

La fibra multimodo de índice de gradiente gradual de tamaño 62,5/125 m (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizado, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras:

- a) Multimodo de índice escalonado 100/140 mm.
- b) Multimodo de índice de gradiente gradual 50/125 m m.

7.2.3 Fibra Multimodo de índice escalonado

Las fibras multimodo de índice escalonado están fabricadas a base de vidrio, con una atenuación de 30 dB/km, o plástico, con una atenuación de 100 dB/km. Tienen una banda de paso que llega hasta los 40 MHz por kilómetro. En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación brutal del índice, de ahí su nombre de índice escalonado. Con la fibra optica se puede usar acopladores y conectores.

7.2.4 Acopladores

Un acoplador es básicamente la transición mecánica necesaria para poder dar continuidad al paso de luz del extremo conectorizado de un cable de fibra óptica a otro. Pueden ser provistos también acopladores de tipo "Híbridos", que permiten acoplar dos diseños distintos de conector, uno de cada lado, condicionado a la coincidencia del perfil del pulido.

7.2.5 Conectores

Se recomienda el conector 568SC pues este mantiene la polaridad. La posición correspondiente a los dos conectores del 568SC en su adaptador, se denominan como A y B. Esto ayuda a mantener la polaridad correcta en el sistema de cableado y permite al adaptador a implementar polaridad inversa acertada de pares entre los conectores.

Sistemas con conectores BFOC/2.5 y adaptadores (Tipo ST) instalados pueden seguir siendo utilizados en plataformas actuales y futuras. La identificación de los conectores y adaptadores multimodo se representan por el color marfil conectores y adaptadores monomodo se representan por el color azul.

Para la terminación de una fibra óptica es necesario utilizar conectores o empalmar Pigtails (cables armados con conector) por medio de fusión. Para el caso de conectorización se encuentran distintos tipos de conectores dependiendo el uso y la normativa mundial usada y sus características.

- a) ST conector de Fibra para Monomodo o Multimodo con uso habitual en Redes de Datos y equipos de Networking locales en forma Multimodo.
- b) FC conector de Fibra Óptica para Monomodo o Multimodo con uso habitual en telefonía y CATV en formato Monomodo y Monomodo Angular.
- c) SC conector de Fibra óptica para Monomodo y Multimodo con uso habitual en telefonía en formato monomodo.

7.2.6 Transmisión de onda portadora en la Red de Media Tensión del nivel inferior

La comunicación entre las Unidades de Control Inteligente y sus respectivas remotas será por onda portadora sobre la línea de Media Tensión (DLC). No obstante, sobre la disponibilidad del sistema para utilizar otros medios de comunicación.

Las modificaciones requeridas, solamente afectarán a los Modem y Acoplamientos en cuanto a equipos y al protocolo de comunicaciones en cuanto a funcionalidad.

Este medio de comunicación presenta las ventajas de:

- a) Utilizar un soporte propietario de la empresa eléctrica que además, se extiende precisamente a los puntos de interés en la red, a pesar de su dispersión.
- b) No precisar de la enorme gestión, tanto interna como frente a la Administración, de las numerosas frecuencias que serían necesarias para comunicar por radio.
- c) Medio comparativamente económico, actualmente, tanto en primera instalación como en posterior mantenimiento sobre todo si se tiene en cuenta que la señal es capaz, en determinadas circunstancias para las frecuencias utilizadas, de atravesar los transformadores M.T./B.T eliminando la necesidad de instalar acoplamientos en media tensión.

Presenta el inconveniente de sus limitaciones en cuanto a:

- a) El tiempo de respuesta: No tanto por la velocidad de transmisión como por los tiempos de conmutación para comunicar secuencialmente con un gran número de puntos.

- b) El primer aspecto (76,2 Bd) no es crítico para las actuales aplicaciones de telecontrol con intercambio de mensajes cortos (2 bytes), pero sí lo sería para otras aplicaciones con mayor cantidad de información (como contadores). No obstante, se están desarrollando equipos más rápidos para alcanzar 300 Bd y 600 Bd.

El segundo aspecto (2 sg) si es determinante e impone un límite máximo que se puede mejorar con arquitecturas distribuidas.

El alcance está limitado por la atenuación por distancia, (Potencia/Impedancia) la relación Señal/Ruido, el número de ramificaciones de la línea (derivaciones en antena) y el número de tránsitos aéreo/subterráneo (cambios bruscos de impedancia). Para las características de la red, podemos estimar en 20 km el alcance medio, si bien la utilización de repetidores permite ampliarlo al doble y triple.

Otros factores limitativos pueden ser los sumideros de señal, como bancos de condensadores, en determinados casos (conexión estrella con neutro aislado y señal entre fases).

Las fuentes de interferencia, en frecuencias próximas a la de comunicación, y especialmente el ruido impulsivo. En ambos casos existen soluciones técnicas: bloqueo con bobinas o cambio de la inyección de señal a fase-tierra.

8 RECOMENDACIONES DEL MONTAJE Y PUESTA EN SERVICIO DE EQUIPOS DE TELECONTROL

8.1 Montaje de equipo de telecontrol en subestaciones eléctricas

En la subestación se consideran los siguientes equipos:

- a) Armario de Telecontrol Integrado (UCI.TCD)
- b) Celda de acoplamiento capacitivo o acoplamiento capacitivo exterior para salida subestación, según su instalación sea interior o exterior.
- c) Armario de exterior con adaptador de impedancia (en caso de acoplamiento capacitivo exterior).

8.1.1 Ubicación de los equipos

El armario de Telecontrol Integrado (UCI.TCD) se fijará anclado al suelo, firmemente mediante pernos, en la sala de comunicaciones u otro recinto adecuado para este fin. En caso de instalación junto a otros armarios ya existentes, colocados sobre bancada, se instalará sobre ésta, eliminando la suya propia.

La celda de acoplamiento capacitivo se instalará en un recinto que permita la llegada de los cables de Media Tensión mediante foso o canalización adecuada.

8.1.2 Tendido de cables

El acoplamiento capacitivo exterior se instalará en el apoyo o pórtico de salida de la línea aérea a 2 m debajo de los elementos de seccionamiento (SXS) y con la adecuada conexión a tierra del conjunto.

El armario de exterior con adaptador de impedancia se instalará en el mismo apoyo a una distancia que permita su fácil acceso (1,5 m) siempre que permanezca dentro del recinto restringido de la subestación. En caso contrario, el armario se instalará a mayor altura con la adecuada protección antiescala.

Todos los cables accederán al interior por la parte inferior.

- a) En la parte inferior del armario se instalarán perfiles ranurados que permitan fijar los cables de acometida exterior, a fin de soportar los esfuerzos de tracción de éstos.
- b) La puesta a tierra será conectada al centro de la estrella de tierras de la Sala con cable aislado amarillo/verde de una sección mínima de 16 mm², conectado mediante el terminal apropiado al tornillo que al efecto lleva instalado el armario.
- c) Para los acoplamientos capacitivos de exterior situados a más de 100 m del Armario de Telecontrol Integrado (UCI.TCD), se utilizará cable coaxial de 75 Ohms y 9,5 mm de diámetro.

8.2 Montaje de equipos de telecontrol en la red de Media Tensión (MT)

La instalación de un punto de exterior presenta dos posibilidades:

- a) Instalación en punto con acoplamiento simple.
- b) Instalación en punto con acoplamiento doble (punto frontera).

El herraje que soporta el conjunto interruptor-seccionador de exterior es el mismo para ambos tipos de instalación.

Instalación en punto con acoplamiento simple. Los equipos que incorpora son los siguientes:

- a) Un conjunto interruptor-seccionador.
- b) Un armario de control.
- c) Un acoplamiento capacitivo exterior para punto de telecontrol.
- d) Un adaptador de impedancia en placa ADIM.P.
- e) Una remota ENERTE
- f) Un módem de onda portadora SAILINK.

Instalación en punto con acoplamiento doble (Punto frontera).

- a) Un conjunto interruptor-seccionador.
- b) Un armario de control.
- c) Dos acoplamientos capacitivos exterior para punto de telecontrol.
- d) Dos adaptadores de impedancia en placa ADIM.P.
- e) Una remota ENERTEL.
- f) Dos módem de onda portadora SAILINK.
- g) Un equipo de concentración MT, ENERCOM.

8.2.1 Ubicación de los equipos

La instalación de los distintos equipos sobre un apoyo de línea se realizará tal y como se indica a continuación:

Sobre una estructura metálica y colocada ésta inmediatamente debajo de la línea, se montarán los equipos siguientes: interruptor-seccionador, pararrayos de óxidos metálicos, transformador de tensión, condensadores y bobinas de acoplamiento con descargador.

A una altura del suelo superior a 2,5 metros se instalará el armario de control donde se aloja el cargador-rectificador, batería 48 Vcc, lógica de funcionamiento, relé de detección de paso de falta y Distribuidor de Comunicaciones Exterior (DISCOM.EXT).

El DISCOM.EXT se fijará sobre 4 espárragos roscados, situados a tal fin en la parte superior del armario de control. Se realizará la conexión de la manguera de cables del DISCOM.EXT con los terminales situados en la tarjeta de conexiones del armario de control.

8.2.2 Tendido de cables

El tendido se hará evitando la proximidad de los cables de Media Tensión y con la longitud adecuada a cada necesidad. En los cables de señales y comunicación (coaxiales) se evitarán especialmente los lazos cerrados (cocas), que puedan provocar autoinducción.

La entrada del cable de control y mando, alimentación auxiliar y coaxiales de comunicación se hará por la parte inferior del armario.

8.2.3 Red de tierras

Los cálculos realizarán de acuerdo con la Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT-13 y con el Documento UNESA "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de distribución conectados a redes de tercera categoría".

No obstante después de construida la instalación de tierra, se realizarán, las comprobaciones y verificaciones precisas "in situ" y se realizarán los cambios necesarios para que cumplan con la ITC MIE-RAT-13

Los cálculos se harán por un programa informático que solicitará los siguientes datos de partida:

- a) Subestación desde la que se alimenta.
- b) Tensión al servicio.
- c) Estructura del neutro de la red de AT.
- d) Tiempo de duración del defecto homopolar.
- e) Resistividad del terreno y geometría del dispensor.

9 ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

9.1 Costos asociados al proyectos.

El poder determinar el costo que representa la implantación del sistema de telecontrol en la red de media tensión propuesto es importante por dos razones, la primera es poder conocer cuánto es el monto que una empresa distribuidora tiene que destinar presupuestariamente para la ejecución de este y la otra razón es poder evaluar si el plan es rentable, comparándola con los beneficios que se obtendrán.

Tabla I. Costos del equipo de telecontrol en la red de media tensión

Cantidad	Equipo de Telecontrol de Media Línea	Precio Unitario	Precio Total
9	Modem de comunicación Sailink	468.64	4,217.76
4	Unidades de control remoto Enertel	308.05	1,232.20
7	Condensadores de 0.1 microfaradios. 24 Kv	318.15	2,227.05
51	Condensadores de 0.64 microfaradios, 24 Kv	310.07	15,813.57
78	bobinas de drenaje sin descargador	217.15	16,937.70
12	bobinas con descargar	270.68	3,248.16
69	Descargadores RV. 44 sueltos	53.53	3,693.57
500	Mts de cables remota.	1.09	545.40
2	cables de remota	75.75	151.50
3	latiguillos de cinta plana	40.40	121.20
4	Upas, adaptadores de impedancia	323.20	1,292.80
2	Montajes de equipo de telecontrol	19,998.00	39,996.00
Total en Quetzales			89,476.91

9.2 Beneficios asociados al proyecto.

Las mejoras que se obtienen al implantar el sistema de telecontrol en la red de media tensión ésta determinado por el ingreso económico de la venta de energía suministrada al obtener una reducción en los tiempos de resolución de las interrupciones.

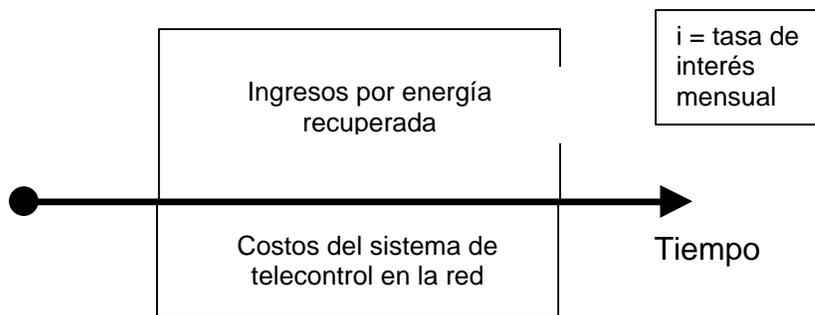
Tabla II. Base de datos incidencias registradas SMT El Asintal durante el año 2004

Subestacion a la que pertenece	San Sebastian
Energia facturada mensual [kW-h]	948,084
Margen de ganancia [Q/kW-h]	0.27
Potencia instalada de la SMT [kVA]	16,029
# de incidencias registradas	574
# de incidencias aguas a bajo del recloneador de media linea	316
# de incidencias con actuacion del reconectador de media linea	190
Tiempo medio de atencion de incidencias con actuacion del reconectador de media linea [hrs]	6.34
Tiempo medio de desplazamiento por incidentica para maniobras en reconectador de media linea [hrs]	0.63
Factor de utilizacion de la energía	9.66%
TTIK respecto a la potencia la linea Inicial sin Telecontrol	224.73
TTIK respecto a la potencia la linea final con telecontrol	120.92
TTIK a recuperar por implementacion de telecontrol primer año [hrs]	103.81
Energia recuperada primer año por implantacion de telecontrol en reconectador de media linea [kW-h]	136,696.09
Costo de la energia recuperada primer año en Q,	36,907.95

9.3 Análisis de rentabilidad.

Para elaborar el análisis costo beneficio de realizar la implantación del sistema de telecontrol en la red de media tensión, se emplearan indicadores financieros, para poder emplear los indicadores financieros es necesario primeramente contar con el diagrama de flujo económico de la actividad. A continuación se presenta el flujo económico de la actividad:

Figura 17. Flujo económico del proyecto o plan propuesto para el mantenimiento



En este diagrama observamos que para un período de tiempo determinado representado por la línea horizontal más gruesa, lo que esté por encima de ella es ingreso y por debajo es egreso, todo esto evaluado por un interés bancario de tener el capital a utilizar depositado en un banco.

El primer indicador financiero que se empleara es el valor presente neto, este indicador consiste en convertir los costos y beneficios futuros en valores presentes, considerando un porcentaje de interés fijo que representa el valor del dinero en el tiempo (3), entonces este indicador evalúa el beneficio neto del plan o proyecto, bajo el principio de que **el dinero hoy vale más**. El resultado de este indicador a medida que sea mayor que cero, muestra lo conveniente que es realizar dicho plan o proyecto.

A continuación se presenta la fórmula para calcular el valor presente neto de la implantación del sistema de telecontrol en la red de media tensión:

$$\text{VPN} = \text{VP}(\text{beneficios}) - \text{VP}(\text{costos}) - \text{inversión}$$

En donde:

VPN Es el valor presente neto del proyecto o plan a evaluarse.

VP(beneficios) Es el valor presente de los beneficios que se obtendrán del proyecto o plan.

VP(costos) Es el valor presente de los costos que se tendrán que realizar para ejecutar el proyecto o plan.

Por último, el indicador financiero que se empleará es la relación beneficio – costo que nos permite determinar la eficiencia de la utilización de los recursos del proyecto. Esta relación se obtiene efectuando una división entre los beneficios y los costos actualizados que, según se espera, genere el proyecto durante su vida útil.

A continuación se presenta la fórmula para calcular la relación beneficio – costo:

$$\frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}} = \text{Relación costo beneficio}$$

Iniciando con los cálculos, tenemos que los benéficos del plan o proyecto son el ingreso económico de la venta de energía suministrada al obtener una reducción en los tiempos de resolución de las interrupciones.

Por la energía suministrada al obtener una reducción en los tiempos de resolución de las interrupciones, véase apartado 9.2, esto es: Q 110,723.85. Los costos vienen dados por la implantación del sistema de telecontrol en la red de media tensión a efectuarse, véase apartado 9.1, esto es: Q 89,476.91. Realización de un estudio de la implantación del proyecto Q 10,000.00. Ahora para la tasa de interés anual se tiene 20 % .

Entonces para el cálculo del valor presente neto se tiene:

$$\begin{aligned} \text{VPN} &= \text{VPN (Beneficios)} - \text{VPN (Costos)} - \text{Inversión} \\ \text{VPN} &= \text{Q } (110,723.39)(P/A,20\%,3) - \text{Q } (89,476.91)(P/A,20\%,3) - \text{Q } \\ &\quad 10,000.00 \\ \text{VPN} &= \text{Q } 64,076.30 - \text{Q } 51,780.62 - \text{Q } 10,000.00 \\ \text{VPN} &= \text{Q } 2,295.68 \end{aligned}$$

Con este resultado vemos que con valores presentes tenemos una utilidad positiva de Q 2,295.68

Para el Cálculo de la TIR se tiene:

Con $i = 28\%$

$$\begin{aligned} \text{VPN} &= \text{VPN (Beneficios)} - \text{VPN (Costos)} - \text{Inversión} \\ \text{VPN} &= \text{Q } (110,723.39)(P/A,28\%,3) - \text{Q } (89,476.91)(P/A,28\%,3) - \text{Q } \\ &\quad 10,000.00 \\ \text{VPN} &= \text{Q } 52,797.25 - \text{Q } 42,665.92 - \text{Q } 10,000.00 \\ \text{VPN} &= \text{Q } 131.33 \end{aligned}$$

Con $i = 29\%$

$$\text{VPN} = \text{VPN (Beneficios)} - \text{VPN (Costos)} - \text{Inversión}$$

$$VPN = Q (110,723.39)(P/A,29\%,3) - Q (89,476.91)(P/A,29\%,3) - Q 10,000.00$$

$$VPN = Q 51,578.90 - Q 41,681.36 - Q 10,000.00$$

$$VPN = - Q 102.46$$

Tir = tasa menor + diferencia entre ambas (VPN menor / $|\sum VPN \text{ ambas} |$)

$$Tir = 0.28 + 0.01(102.46/(131.33+102.46))$$

$$Tir = 0.2828 = 28.28\%$$

La tasa de interés que nos paga el proyecto, por invertir en él nuestro dinero, siempre que las ganancias se reinviertan a la misma tasa, es de $i = 28.28\%$ anual.

Para el cálculo de beneficio costo:

Recordando la expresión para el cálculo del beneficio costo

$$\text{Beneficios} / \text{Costos} = B / C$$

$$B / C = Q 110,723.85 / Q 89,476 = 1.24 = 124\%$$

El resultado indica que por cada unidad monetaria que se invierta en el proyecto, se estará obteniendo un beneficio neto de 1.24 de esta unidad, lo que significa una utilidad del 124.0%.

CONCLUSIONES

1. En Guatemala, los sistemas de telecontrol en la red de media tensión optimizarían la calidad del servicio eléctrico y la reducción de tiempos para la resolución de las interrupciones.
2. Durante las últimas décadas, el desarrollo de los sistemas de telecontrol han venido evolucionando de manera muy rápida, a tal punto que se han venido creando nuevas formas de comunicación que, cada vez, son más aceptadas por el entorno de distribución de energía eléctrica.
3. El telecontrol posee topologías muy diversas y diferentes protocolos de acceso, a pesar de esta diversidad, todas las LAN de telecontrol comparten la característica de poseer un alcance limitado, normalmente, abarcan una subestación eléctrica, y de tener una velocidad suficiente para que la red de conexión resulte invisible para los equipos que la utilizan.
4. Los sistemas de telecontrol en la red de media tensión tienen la capacidad de permitir la comunicación no sólo desde un mismo punto sino alrededor del mundo, es decir, no es estrictamente necesario tener dos o mas interruptores cerca para comunicarse y acceder a la información que estos posean, estos pueden estar en punto distantes el uno del otro y se tiene la misma comunicación y la accesibilidad a la información deseada.

RECOMENDACIONES

1. El sistema de telecontrol en la red de media tensión debería de implantarse, siempre y cuando haya una red de distribución con punto redundante, esto es para evitar que los interruptores de 34.5 kV se queden sin tensión en las bobinas y dejen de accionar.
2. Se debería tener programas alternos para la administración de los sistemas de telecontrol que sean capaces de adaptarse a distintos protocolos de nivel superior e inferior.
3. El medio titular de transmisión del punto telecontrolado en media línea debe ser onda portadora para que el costo de comunicación sea moderado y rentable para la empresa.
4. Lo sofisticado de un sistema de telecontrol debe realizarse en base a la aplicación que se desea implementar, tomando en cuenta los protocolos que se van a utilizar en el proyecto de manera que se tenga el suficiente soporte y optimización de recursos.
5. Debido a que el sistema de telecontrol en media línea involucra trabajos con niveles de tensión de 13.8 kV y 34.5 kV se recomienda evaluar todos los riesgos que pueda tener el personal de campo y, así, poder establecer los implementos de trabajo necesario para efectuar las tareas de montaje y prueba de equipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1

Manual *Hardware* unidad terminal remota, SAC. Sistemas Avanzados de Control Título I Mo UF, p. 5.

2

Manual *Hardware* Fuente de alimentación Zigor, ZIGOR, Titulo I Descripción funcional del sistema, p. 1.

3

Leland Blank y Anthony Tarquín. **Ingeniería económica.** (3ª edición; México: McGraw-Hill, 1992), p. 90.

BIBLIOGRAFÍA

1. Balance energético de las instalaciones de DEORSA, Union Fenosa, 2004.
2. BLANK, Leland y Anthony Tarquín. **Ingeniería económica**. 3ª ed.; México, McGraw-Hill, 1992.
3. Información alfanumérica de incidencias del Centro de Operaciones de Red de DEORSA. Unión Fenosa, 2004.
4. Información alfanumérica de instalaciones eléctricas de la Base de Datos de Instalaciones de DEORSA. Unión Fenosa, 2004.
5. TANEMBAUM, Andrew, **Redes de computadoras**, 3ª ed.; México, Prentice Hall, 1997.
6. WAYNE, Tomasi, **Sistemas de comunicaciones electrónicas**, 2ª ed.; México, Prentice Hall, 1996.
7. JOSE,. Huidobro, **Guía rápida de comunicaciones**, 2ª ed.; España, Paraninfo, 1997.
8. JAMES Wood, **Sistemas de telecomunicación vía satélite**, 1ª ed.; España, Paraninfo, 1995.
9. Documentación de equipo y cursos Cisco. CCNA.
10. Documentación del SOAL. Sistemas Avanzados de Control (SAC).
11. Documentación de Telecontrol. UNION FENOSA Internacional.

12. **CISCO**; <http://www.cisco.com>; agosto 2005

13. **SAC**; <http://www.sacnet.es>; agosto 2005

14. **PROTOCOLS**; <http://www.protocols.com>; agosto 2005.