

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA  
Y TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERÍA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ACCESO  
REMOTO PARA INTEGRAR DISPOSITIVOS  
ELECTRÓNICOS INTELIGENTES (IEDs) UBICADOS  
EN LA SUBESTACIÓN SANTO DOMINGO A LA  
RED DE TRANSELECTRIC S.A.**

**CHRISTIAN JAVIER MEJÍA DÁVILA**

**SANGOLQUÍ – ECUADOR**

**2007**

*Certificado de tutoría*

## **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

### **CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

#### **CERTIFICADO**

Ing. Carlos Romero e Ing. Rodolfo Gordillo

#### **CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ACCESO REMOTO PARA INTEGRAR DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS INTELIGENTES (IEDs) UBICADOS EN SUBESTACIÓN SANTO DOMINGO A LA RED DE TRANSELECTRIC S.A.”, realizado por Christian Javier Mejía Dávila, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que estos equipos poseen una tecnología de comunicaciones que no es abierta y el presente proyecto presenta un aporte para futuros proyectos en esta área es decir una introducción al telecontrol, se recomienda su publicación.

El mencionado proyecto consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Adobe Acrobat (.pdf). Autorizan a Christian Javier Mejía Dávila que lo entregue al Ing. Gonzalo Olmedo, en su calidad de Coordinador de la Carrera.

---

Ing. Carlos Romero  
DIRECTOR

---

Ing. Rodolfo Gordillo  
CODIRECTOR

## RESUMEN

Se han analizado las prestaciones que proveen los IEDs de marca ABB de la serie REx 5xx en lo referente a las diferentes opciones y capacidades de comunicación que poseen, para así lograr obtener la información que estos equipos proveen.

Con este antecedente, se procedió a elegir el módulo de comunicación más adecuado para cubrir los objetivos planteados, dando como resultado a dicha elección el módulo de comunicaciones ópticas mediante el protocolo SPA, pues este tiene la facultad de realizar mediante la interfaz y protocolo un SMS (*Substation Monitoring System*) ó sistema de monitoreo en subestación, lo cual cubría el objetivo inicial.

Posteriormente se logró dar un valor agregado a este proyecto estableciendo un sistema que permita obtener automáticamente la información y sin que se deba acceder al IED. Se consiguió además que la información en un tiempo no mayor a un minuto de retraso luego de ocurrido el evento este al alcance de cualquier operador o personal interesado, pudiendo acceder desde cualquier parte de la red corporativa de TRANSELECTRIC S.A., permitiendo además obtener la información en varias cuentas de correo electrónico.

Finalmente se realizó un análisis económico con los costos y los beneficios que implicaría tener instalada esta red, además de documentar de forma clara y precisa los procedimientos para implementar este sistema.

## **DEDICATORIA**

Al Rey de los siglos, inmortal e invisible, al único y sabio Dios, nuestro Salvador; que sería de mí sin Ti Padre.

A mi preciosa y amada madre, que con tanto esfuerzo y sacrificio apoyo e impulso constantemente mi carrera profesional, para poder cumplir todos estos objetivos.

Para mi amado padre, por moldear en mí mediante su modelo de vida un carácter determinado y enseñarme a cumplir los objetivos que me he trazado en la vida.

A mi amada hermana que ha soportado muchas veces mis malos momentos, quien implícitamente ha sido el impulso para tener un buen ejemplo de vida y así vea reflejada lo que desea en la suya.

Para mi amada, considerada y hermosa esposa, pues ha sido la motivación constante para seguir adelante evitando estancarme en mi carrera y culminarla de una manera pronta y correcta.

A María Augusta Martínez quien ha sido como mi madre en los momentos académicos más difíciles dentro de la universidad.

También dedicado a quienes pensaban que esto no iba a ser posible; a quienes decían que no lo iba a poder lograr.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al Dios trino y uno por brindarme la oportunidad de educarme y no haberme faltado nunca nada para hacerlo. ¡Muchas gracias Señor!

Gracias padres por darme todos los recursos, el soporte y toda su paciencia para dar un gran paso que hoy culmina exitosamente en el inicio de mi carrera profesional. A ti hermana gracias también por todo tu cariño, amor y paciencia.

Mil gracias a mi esposa, amor de mi vida, por ser esa base emocional y espiritual que ha apoyado el seguir con ganas y fuerza adelante; gracias compañera porque has estado junto a mí en los momentos buenos y malos que he debido pasar para llegar hasta aquí.

A todas las personas que me ayudaron tantas veces en la Universidad con este proyecto, en especial a mi profesor director, profesor codirector, Ing. Fabián Sáenz, María Augusta Martínez, Ab. Jorge Carvajal, muchas gracias de verdad.

A quienes conforman la empresa TRANSELECTRIC S.A. por darme la oportunidad de aprender mucho más y auspiciar este proyecto, en especial a los ingenieros José Mosquera, Christian Ortega, José López, Antonio Fonseca, Rommel Proaño, Ana Zurita, Manuel Romero, Fausto Valencia y a Leonardo Rodríguez; gracias por todo su apoyo y por brindarme toda la atención cuando necesité alguna explicación o información. A los ingenieros René Morales, Eduardo Barredo, Luis Ruales, Eduardo Flores, gracias por apoyar este proyecto y brindar el auspicio para su realización.

## PRÓLOGO

El presente proyecto cubre la necesidad de poseer un sistema de acceso remoto entre los IEDs ubicados en la subestación Santo Domingo y el COT ubicado en Quito, con la finalidad de acceder remotamente a la información que es provista por estos dispositivos.

Inicialmente se deseaban obtener las oscilografías (representaciones gráficas de parámetros eléctricos) lo cual se ha logrado satisfactoriamente además de lograr dar un valor agregado a este proyecto con el sistema propuesto, debido a que se han configurado los parámetros que permiten realizar *polling* de eventos en la red de IEDs. Esto permite *obtener toda la información que puede dar este equipo ante algún evento o falla en la red eléctrica de forma automática*, lo cual da lugar a realizar el análisis técnico de los eventos ocurridos *de forma oportuna*, para de ser necesario realizar ajustes en los parámetros de protección de los IEDs. Esta prestación es muy importante ya que no se necesita acceder directamente al IED para que un usuario pueda descargar la información, lo cual elimina la posibilidad de cambiar accidentalmente los parámetros de protección de la red.

Otro valor agregado que se obtuvo con este diseño es la gran prestación de servicios de dicha red mediante el software utilizado. Al ocurrir algún evento anómalo en las líneas de protección correspondiente a cada IED, el sistema tiene la capacidad de *enviar un reporte automático del evento a una dirección de correo electrónico* de la red corporativa de TRANSELECTRIC S.A. Además existe la posibilidad *de tener varias PCs clientes que puedan acceder a la información que se ha centralizado en un PC servidor*, con la única condición de estar de tener permisos para hacerlo y estar dentro de la red corporativa.

Para TRANSELECTRIC S.A. la necesidad de monitorear estos eventos en los IEDs de dicha subestación es de suma importancia, pues el COT cumple con la función de operación del Sistema Nacional de Transmisión y con estos datos se podrán tomar decisiones oportunas para el mejoramiento en la calidad de servicio en el área de operación y mantenimiento.

En el presente proyecto también se ha documentado de forma clara y precisa el procedimiento de implementación y configuración de dichas redes en TRANSELECTRIC S.A.

Finalmente entonces cabe señalar que se ha realizado el diseño para cumplir los requerimientos que tiene el área de Operación, mediante una óptima utilización de las capacidades de comunicación de dichos equipos para la red de la subestación y se ha conseguido tener la capacidad de almacenar respaldos históricos en formato digital.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 TRANSELECTRIC S.A.	1
1.2 SISTEMA NACIONAL DE TRANSMISIÓN	2
1.3 SITUACIÓN ACTUAL DE COMUNICACIONES	3
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>5</b>
<b>MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>5</b>
2.1 COMUNICACIÓN DE DATOS ASOCIADO AL HARDWARE	5
2.1.1 Módulo de fibra óptica	5
2.1.2 Interfaz galvánica	8
2.1.3 Módulo galvánico de rango corto	11
2.1.4 Módulo de fibra óptica de rango corto	13
2.1.5 Interfaz galvánica co-direccional G. 703	16
2.1.6 Comunicación óptica serial	17
2.2 PROTOCOLOS	20
2.2.1 Protocolo para comunicación serial SPA	20
2.2.2 Protocolo para comunicación serial IEC 60870-5-103	22
2.2.3 Protocolo para comunicación serial LON	25
2.3 COMUNICACIÓN DE DATOS ASOCIADO AL SOFTWARE	27
2.3.1 Interfaces de IEDs	27
2.3.2 Software para comunicaciones con IEDs	33
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>34</b>
<b>DISEÑO</b>	<b>34</b>
3.1 ADAPTACIÓN DE PROTOCOLOS (GATEWAY)	34
3.1.1 Requerimientos y antecedentes	34
3.1.2 Características de fabricante	35
3.1.3 Configuración	39
3.2 CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS PARA REDES	42
3.2.1 Red interna (LAN) de IEDs	42
3.2.2 Red externa (WAN) al COT	48



3.3	DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE SOFTWARE CAP-540	49
3.3.1	Diseño y creación del proyecto	50
3.3.2	Diseño y configuración de parámetros de comunicaciones	53
3.3.3	Activación y configuración de "Auto Polling"	56
3.3.4	Configuración de compartición y descarga remota de eventos	61
3.4	COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO PARA COMUNICACIONES	63

---

**CAPÍTULO IV** **66**

<b>ANÁLISIS ECONÓMICO</b>	<b>66</b>	
4.1	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	66
4.1.1	Definición	66
4.1.2	Fórmula	66
4.1.3	Interpretación	66
4.2	VALOR ACTUAL NETO (VAN)	67
4.2.1	Definición	67
4.2.2	Fórmula	67
4.2.3	Interpretación	67
4.3	APLICACIÓN A PROYECTO	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 2.1. Datos técnicos – Módulo de fibra óptica .....	6
Tabla. 2.2. Datos técnicos – Módulo de comunicación galvánica .....	8
Tabla. 2.3. Datos técnicos – Módulo galvánico de rango corto .....	12
Tabla. 2.4. Datos técnicos – DCM-SFOM .....	14
Tabla. 2.5. Protocolos de comunicación serial – posibles combinaciones de interfaz y protocolos .....	17
Tabla. 2.6. Seteo de parámetros para selección de protocolos de comunicación para puerto posterior .....	18
Tabla. 2.7. Cálculo de presupuesto óptico para comunicación con SPA/IEC o LON .....	19
Tabla. 2.8. Seteo de parámetros para comunicación SPA, puerto posterior .....	21
Tabla. 2.9. Seteo de parámetros para comunicación SPA, puerto frontal.....	21
Tabla. 2.10. Comunicación serial (SPA), puerto de comunicación posterior.....	22
Tabla. 2.11. Comunicación serial (RS485).....	22
Tabla. 2.12. Comunicación serial (SPA), puerto de comunicación frontal.....	22
Tabla. 2.13. Interoperabilidad, capa física.....	24
Tabla. 2.14. Seteo de parámetros para comunicación IEC 60870-5-103.....	24
Tabla. 2.15. Datos técnicos comunicación serial IEC 60870-5-103 .....	24
Tabla. 2.16. Seteo de parámetros para comunicación con protocolo LON .....	25
Tabla. 2.17. Parámetros de información de nodos LON .....	26
Tabla. 2.18. Seteo de parámetros para timers de sesión.....	26
Tabla. 2.19. Seteo de parámetros para timers de sesión.....	27
Tabla. 2.20. LON-Comunicación serial.....	27
Tabla. 3.1. Identificación en código del gateway.....	37
Tabla. 3.2. Funcionalidades para grupos de dip switch.....	37
Tabla. 3.3. Funcionalidades para grupos de dip switch.....	40
Tabla. 3.4. Funcionalidades para grupos de dip switch.....	41
Tabla. 3.5. Identificación de IEDs para red interna (LAN) – protocolo SPA .....	45
Tabla. 3.6. Identificación de PCs para red externa (WAN) – protocolo TCP/IP....	48
Tabla. 4.1. Tabla de fallas en líneas de protección de IEDs- subestación Santo Domingo.....	70

Tabla. 4.2. Tabla de fallas en líneas de protección de IEDs- subestación Santo Domingo.....	70
Tabla. 4.3. Análisis económico para red de IEDs subestación Santo Domingo a COT Quito .....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1. Red de fibra óptica TRANSELECTRIC S.A.....	3
Figura. 1.2. Red WAN de TRANSELECTRIC S.A.....	4
Figura. 2.1. Link dedicado para conexión de fibra óptica .....	7
Figura. 2.2. Link multiplexado para conexión de fibra óptica.....	7
Figura. 2.3. Link multiplexado, fibra óptica – conexión galvánica con FOX 515.....	7
Figura. 2.4. Link multiplexado, conexión galvánica, V35/V36 contra-direccional ...	9
Figura. 2.5. Link multiplexado, conexión galvánica, V35/V36 co-direccional .....	10
Figura. 2.6. Link multiplexado, conexión galvánica, X.21 .....	10
Figura. 2.7. Link multiplexado, conexión galvánica, RS 530/422 contra-direccional .....	11
Figura. 2.8. Link multiplexado, conexión galvánica, RS 530/422 co-direccional ..	11
Figura. 2.9. Link dedicado, módem galvánico de corto rango .....	12
Figura. 2.10. Distancia máxima para módem galvánico de corto rango.....	13
Figura. 2.11. Link dedicado, conexión de fibra óptica en corto rango .....	14
Figura. 2.12. Link multiplexado, fibra óptica – conexión galvánica V35/V36 con 21-15X.....	15
Figura. 2.13. Link multiplexado, fibra óptica – conexión galvánica X.21 con 21-16X .....	15
Figura. 2.14. Link multiplexado, fibra óptica – conexión galvánica G.703 con 21-16X.....	16
Figura. 2.15. Link multiplexado, fibra óptica – conexión galvánica, G.703.....	17
Figura. 2.16. Módulo LED-HMI (arriba) y LCD-HMI (abajo).....	28
Figura. 2.17. IED adquirido por TRANSELECTRIC S.A. Módulo LED-HMI únicamente.....	28
Figura. 2.18. Funciones de módulo LCD-HMI .....	29
Figura. 2.19. Diferentes posibles estados del terminal indicados a través de LEDs .....	31
Figura. 2.20. Diagrama utilizado en el árbol creado en el menú de la interfaz en IEDs .....	32
Figura. 3.1. Diagrama esquemático interno de SPA-ZC 22 A 2B 0M.....	36
Figura. 3.2. Diagrama esquemático de estructura de hardware, vista posterior...	39
Figura. 3.3. Conector 25 pines, tipo D, RS-232C hembra .....	40

Figura. 3.4. Conexión y configuración final SPA-ZC 22 A 2B 0M.....	41
Figura. 3.5. Diagrama esquemático de estructura de hardware, vista posterior...	42
Figura. 3.6. Fotografía posterior IED, interfaces ópticas .....	43
Figura. 3.7. Fotografía de interfaces y puertos de Tx y Rx.....	43
Figura. 3.8. Diagrama de protocolos soportados en cada puerto.....	44
Figura. 3.9. Diagrama de red LAN.....	47
Figura. 3.10. Diagrama de red WAN .....	49
Figura. 3.11. Ventana de nuevo proyecto .....	50
Figura. 3.12. Ventana de creación de árbol y selección de IED.....	51
Figura. 3.13. Despliegue para elección de propiedades en IED.....	52
Figura. 3.14. Ventana para ingreso de <i>serial number</i> identificador de IED .....	52
Figura. 3.15. Despliegue de árbol final para subestación Santo Domingo .....	53
Figura. 3.16. Despliegue para entrada a configuración de comunicaciones .....	54
Figura. 3.17. Despliegue para entrada a configuración de comunicaciones .....	54
Figura. 3.18. Despliegue para entrada a configuración de comunicaciones .....	55
Figura. 3.19. Despliegue de entrada de datos para envío automático de correos	56
Figura. 3.20. Despliegue de entrada de datos para “Time Scheduler” .....	57
Figura. 3.21. Despliegue para añadir bahías en “Time Scheduler” .....	58
Figura. 3.22. Despliegue para seteo en bahías de “Time Scheduler” .....	58
Figura. 3.23. Despliegue para seteo de tipo de polling .....	59
Figura. 3.24. Despliegue para seteo de tiempos de polling.....	60
Figura. 3.25. Despliegue de herramienta de sincronización “Time Synchronization” .....	61
Figura. 3.26. Carpeta “AnilloFi” donde se almacenan eventos.....	62
Figura. 3.27. Despliegue de herramienta de emulación SPA.....	63
Figura. 3.28. Despliegue de falla en la conexión a IED.....	64
Figura. 3.29. Despliegue cuando es exitosa la conexión a IED.....	65

## ÍNDICE DE HOJAS TÉCNICAS

Anexo 1: Instalación CAP 540.....	75
Anexo 2: Explicación parámetros “Communication Settings” en CAP 540.....	85
Anexo 3: “Time Scheduler, Time Synchronization” en CAP 540 .....	90
Anexo 4: “Terminal Emulator” para protocolo SPA en CAP 540 .....	94
Anexo 5: Requerimientos de PC para CAP 540.....	96

## GLOSARIO

**IED:** Intelligent Electronic Device, equipo que provee la capacidad de proteger y monitorear las líneas de alta tensión, según su función específica.

**PLC:** Power Line Communication, esta tecnología permite la transmisión de voz y datos a través de cables eléctricos mediante la onda portadora de dicha red.

**HMI:** Human Machine Interface. Interfaz que permite cambiar la configuración de varios parámetros dentro del IED.

**DCM:** Data Communication Module

**FOM:** Fibre Optical Module

**SGM:** Short Range Galvanic Module

**SFOM:** Short Fibre Optical Module

**V.36:** Igual que la interfaz RS449, se refiere a la especificación del conector genérico que puede soportar RS422 y otros.

**X.21:** Interfaz con señal digital primordialmente usada para telecomunicación de equipos.

**RS422:** Interfaz serial balanceada para transmisión de datos digital en conexiones punto a punto.

**RS530:** Conector con especificación genérica que puede ser usado para soportar RS422, V.35, X.21 y otros.

**EIA:** Electronic Industries Association. Una asociación de comercio que representa la comunidad de alta tecnología americana.

**ITU:** International Telecommunication Union.

**SCS:** Substation Control System.

**SMS:** Substation Monitoring System.

**OSI:** Open System Interconnection

**IT:** Information Technology

**IEC:** International Electrotechnical Commission.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 TRANSELECTRIC S.A.

“La Compañía Nacional de Transmisión Eléctrica del Ecuador, TRANSELECTRIC S.A., es responsable de operar el Sistema Nacional de Transmisión, su objetivo fundamental es el transporte de energía eléctrica, garantizando el libre acceso a las redes de transmisión a los agentes del Mercado Eléctrico Mayorista, compuesto por generadores, distribuidores y grandes consumidores.”<sup>1</sup>

“MISIÓN: Garantizar a nuestros clientes la disponibilidad del Sistema Nacional de Transmisión y de la red de telecomunicaciones, con calidad, generando valor para los accionistas, colaboradores y la comunidad.

VISIÓN: En el 2010 ser una de las 5 primeras empresas de Sudamérica de transmisión de energía eléctrica y portadoras de telecomunicaciones, que brindan la más alta calidad de servicio al cliente.

#### VALORES:

- **Integridad:** Las relaciones personales, con la sociedad y sus organizaciones, con los proveedores y nuestros clientes, las llevamos a cabo con transparencia, honradez y responsabilidad. Nuestra información es clara, abierta, exacta y oportuna.
- **Respeto:** En TRANSELECTRIC S.A., respetamos y apreciamos a nuestros colaboradores, a sus opiniones y a su trabajo, honramos y valoramos a las personas y a la sociedad. Propiciamos iguales oportunidades para nuestro personal y somos justos con nuestros proveedores.

- Responsabilidad: Tenemos un compromiso firme para cumplir la visión, misión, principios corporativos y objetivos estratégicos, orientando a nuestro personal hacia el crecimiento y desarrollo permanentes, a la lealtad hacia nuestra organización y al trabajo en equipo.
- Proactividad: Nuestros procesos se innovan para crear valor agregado, optimizar los recursos y lograr rentabilidad, calidad en el servicio al mínimo costo.

#### FORTALEZAS:

- Empresa altamente técnica.
- Recurso profesional muy competente.
- Sólida infraestructura de red.
- Alta disponibilidad del servicio ofrecido.
- Conocimiento (know-how) del sector eléctrico.”<sup>2</sup>

## 1.2 SISTEMA NACIONAL DE TRANSMISIÓN

“El Sistema Nacional de Transmisión esta compuesto por subestaciones y líneas de transmisión a lo largo de todo el territorio nacional, TRANSELECTRIC S.A. dispone de:

- 31 subestaciones a nivel nacional.
- 1.273 km. de líneas de transmisión de 230 kV.
- 1.637 km. de líneas de transmisión de 138 kV.
- Capacidad instalada de transformación (MVA) 6.950.”<sup>3</sup>

Las Telecomunicaciones en TRANSELECTRIC S.A. constituyen el pilar fundamental en donde se soportan la transferencia de datos y voz del Sistema Nacional de Transmisión (SNT); desde hace 25 años se ha operado y mantenido un Sistema de Telecomunicaciones que utiliza PLC\* a través de las líneas de alta tensión del SNT, con resultados altamente satisfactorios.

---

\* PLC Power Line Communication, esta tecnología permite la transmisión de voz y datos a través de cables eléctricos mediante la onda portadora de dicha red.

Las actuales necesidades de comunicación y los requerimientos de alta disponibilidad, demandan la utilización de nuevas tecnologías en la transmisión de la información, es por esto que TRANSELECTRIC S.A. se ha visto en la necesidad de implementar fibra óptica como parte de su red de Telecomunicaciones. Aprovechando el nuevo marco legal y la apertura a la competencia, TRANSELECTRIC S.A. incursiona en el mercado del Servicio Portador Ecuatoriano, para brindar la calidad y seguridad que requieren sus servicios a todos sus clientes.<sup>4</sup>

### 1.3 SITUACIÓN ACTUAL DE COMUNICACIONES

TRANSELECTRIC S.A. cuenta con una red de telecomunicaciones muy robusta, por cuanto el cable de fibra óptica está montado sobre las torres de transmisión de energía eléctrica (instalación aérea), lo que reduce los inconvenientes producidos por otro tipo de instalaciones y permite ofrecer una disponibilidad muy alta. Durante dos años de funcionamiento, nuestra red no ha sufrido ninguna falla por rotura del cable de fibra óptica y la disponibilidad anual se ha mantenido sobre el 99.8% ofrecido.<sup>5</sup>

En la actualidad las comunicaciones correspondientes a la red de fibra óptica, están dadas como se muestra en la figura 1.1.

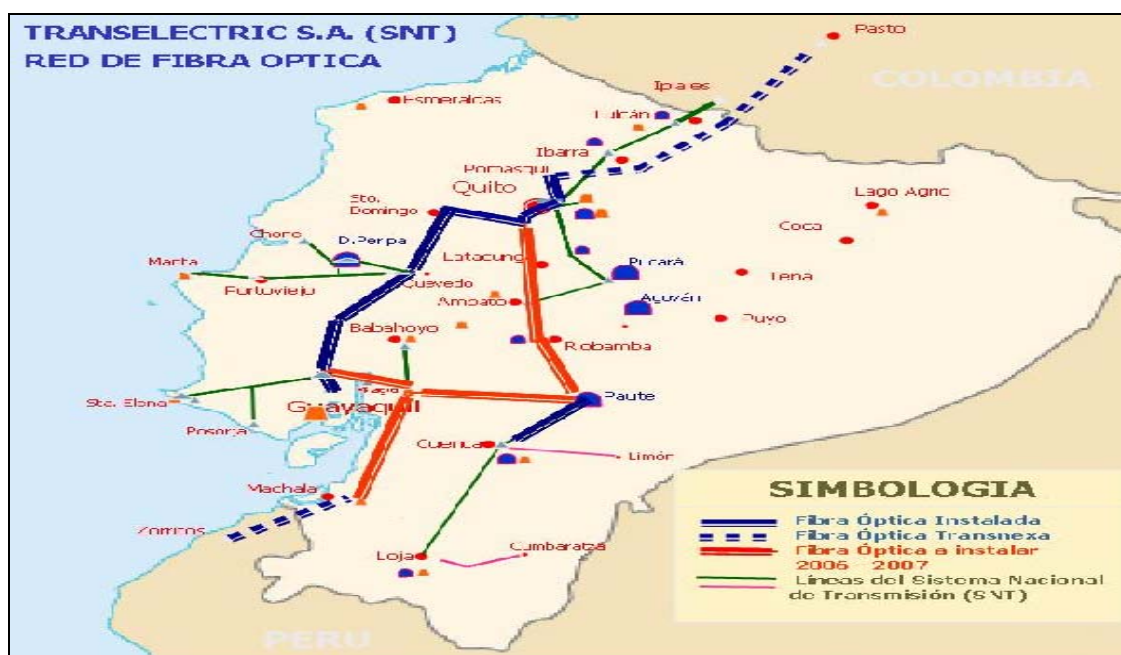


Figura. 1.1. Red de fibra óptica TRANSELECTRIC S.A.

Como se ve en la figura 1.1, existe tendida la fibra óptica entre la subestación de Santo Domingo y Quito por lo que este será el medio de transmisión en el presente proyecto.

En la figura 1.2 se muestra un esquema<sup>6</sup> de la situación actual de las comunicaciones para considerarlo al momento de establecer un diseño óptimo para la red que se desea realizar con la información de los IEDs.

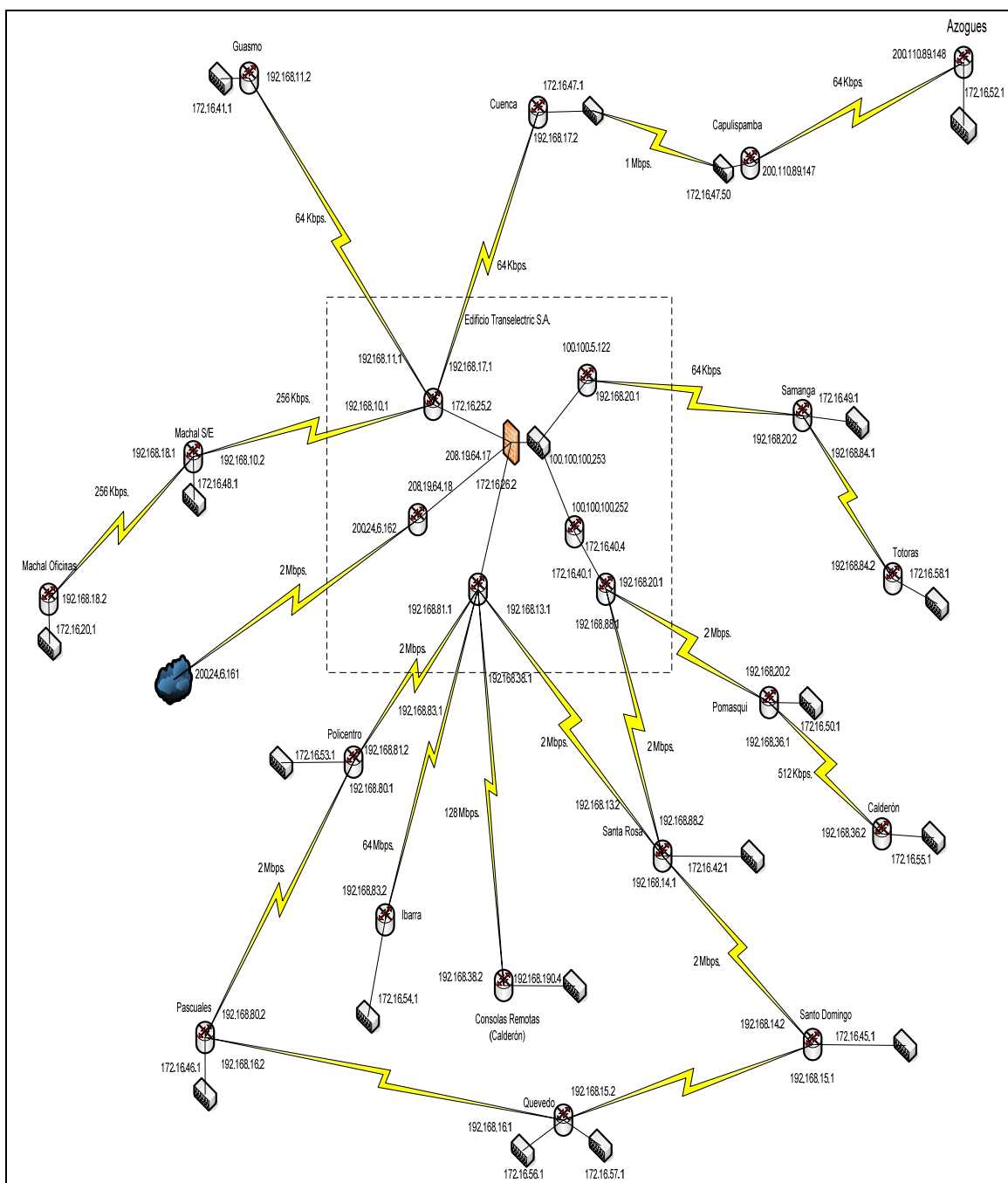


Figura. 1.2. Red WAN de TRANSELECTRIC S.A.

# CAPÍTULO II

## MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 COMUNICACIÓN DE DATOS ASOCIADO AL HARDWARE

Los modelos de IEDs REL 531\*2.5, REB 551\*2.5 y RES 505-C1\*2.5 poseen los mismos módulos de comunicaciones o módems en general pertenecen a la serie REx 5xx\*2.5, dado que el fabricante de estos es ABB.

Los módulos de comunicaciones que pueden poseer los equipos, las características técnicas<sup>7</sup> y su posible aplicación<sup>8</sup> se estudiarán en este capítulo. El fabricante puede proveer los siguientes módulos de comunicaciones:

- Módulo de fibra óptica
- Interfaz galvánica
- Módulo galvánico de rango corto
- Módulo de fibra óptica de rango corto
- Interfaz Galvánica co-direccional G. 703
- Comunicación óptica serial

#### 2.1.1 Módulo de fibra óptica

El módulo de comunicaciones de fibra óptica puede ser usado con fibras de tipo monomodo o multimodo. La distancia de comunicación típica es de 30 km para fibra monomodo y 15 km para fibra multimodo. Esta interfaz también puede ser usada para una conexión directa a el equipo de comunicaciones FOX 512/515 de marca ABB, que básicamente es un equipo conversor multiplexor óptico a eléctrico para los diferentes protocolos que maneja este equipo.

Los datos técnicos de este módulo son provistos por el fabricante ABB y se detallan en la siguiente tabla:

Tabla. 2.1. Datos técnicos – Módulo de fibra óptica

<b>Optical interface</b>		
Type of fibre	Graded-index multimode 50/125µm or 62,5/125µm	Single mode 9/125 µm
Wave length	1300 nm	1300 nm
Optical transmitter injected power	LED -17 dBm	LED -22 dBm
Optical receiver sensitivity	PIN diode -38 dBm	PIN diode -38 dBm
Optical budget	21 dB	16 dB
Transmission distance	typical 15-20 km <sup>a)</sup>	typical 40-60 km <sup>a)</sup>
Optical connector	Type FC-PC	Type FC-PC
Protocol	ABB specific	ABB specific
Data transmission	Synchronous, full duplex	Synchronous, full duplex
Transmission rate	64 kbit/s	64 kbit/s
Clock source	Internal or derived from received signal	Internal or derived from received signal
<sup>a)</sup> depending on optical budget calculation		

Este módulo está diseñado para realizar comunicaciones ópticas punto a punto, como se muestra en la figura 2.1, además puede ser usado para realizar comunicaciones ópticas punto a multipunto con el multiplexor FOX 512/515 mencionado anteriormente, este esquema se muestra en la figura 2.2. El equipo FOX 512/515 puede ser usado también como convertor óptico a eléctrico, soportando las interfaces G.703 co-direccional según el estándar de la ITU como se muestra en la figura 2.3. FOX 512/515 puede también en algunos casos ser usado para la interfaz X.21 y V.36 pero se debe prestar atención a la manera de conectar las señales. El equipo FOX 5212/515 usado como convertor óptico a eléctrico soporta únicamente 64 kbit/s de velocidad de transmisión de datos.

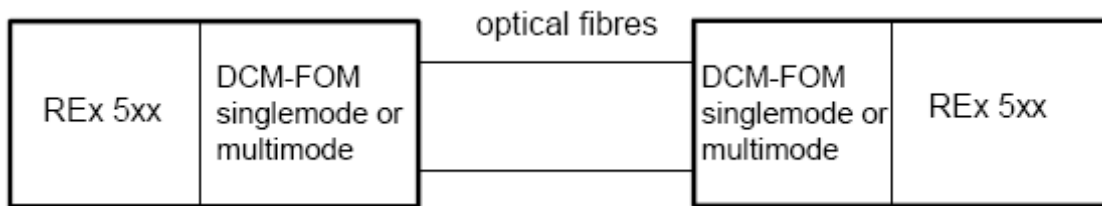


Figura. 2.1. Link dedicado para conexión de fibra óptica

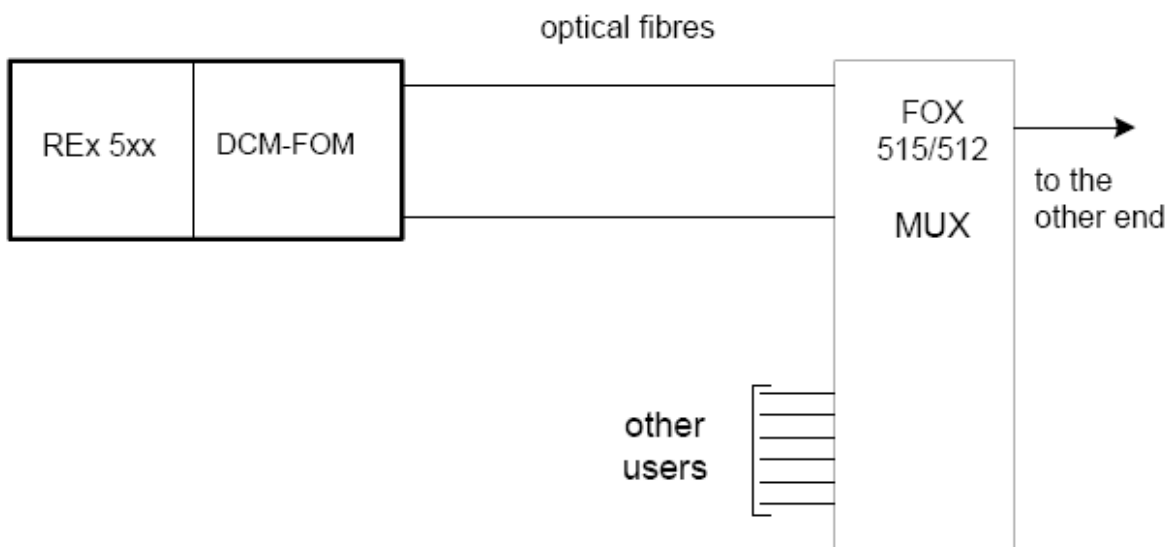


Figura. 2.2. Link multiplexado para conexión de fibra óptica

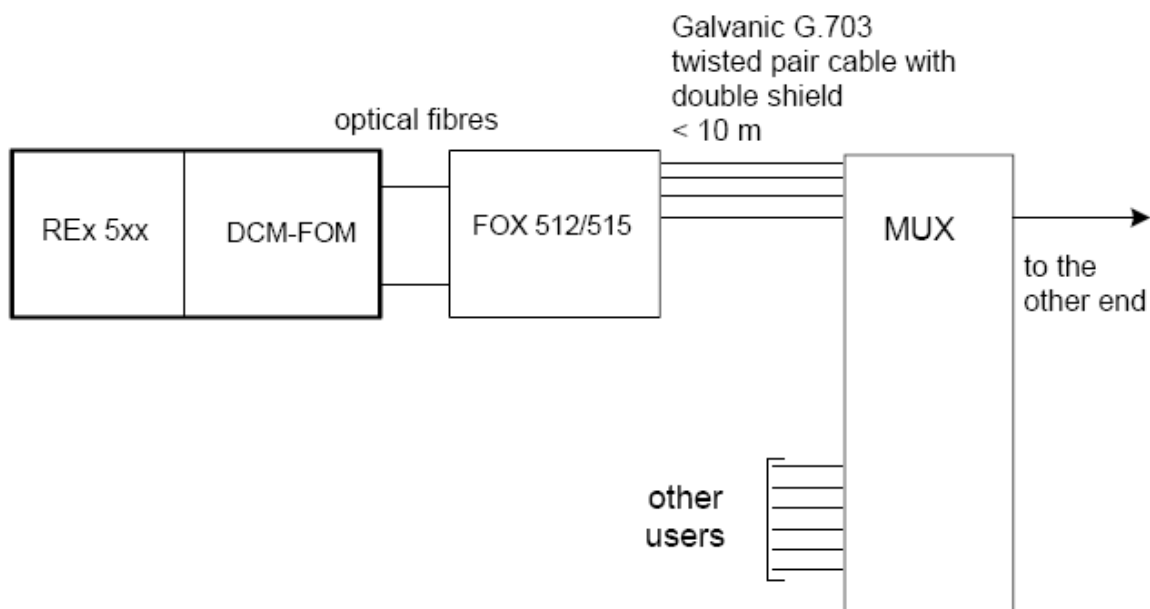


Figura. 2.3. Link multiplexado, fibra óptica – conexión galvánica con FOX 515

### 2.1.2 Interfaz galvánica

Los módulos de comunicaciones galvánicas acorde a las interfaces V35/36 DCM-V36 contra-direccional, DCM-V36 co-direccional, X.21 DCM-X21, RS530/422 DCM-RS 530 contra-direccional, DCM-RS 530 co-direccional, pueden ser usados para comunicaciones galvánicas de rango corto, cubriendo distancias mayores a 100 m en un ambiente de bajo ruido. Solamente la operación contra-direccional es recomendada para tener un mejor funcionamiento del sistema. Estos módulos están diseñados para operación a 64 kbit/s, pero pueden ser usados también a 56 kbit/s.

Los datos técnicos de este módulo se muestran a continuación:

**Tabla. 2.2. Datos técnicos – Módulo de comunicación galvánica**

<b>Interface type</b>	<b>According to standard</b>	<b>Connector type</b>
V.36/V11 Co-directional (on request)	ITU (CCITT)	D-sub 25 pins
V.36/V11 Contra-directional	ITU (CCITT)	D-sub 25 pins
X.21/X27	ITU (CCITT)	D-sub 15 pins
RS 530/RS422 Co-directional (on request)	EIA	D-sub 25 pins
RS 530/RS422 Contra-directional	EIA	D-sub 25 pins
G.703 Co-directional	ITU (CCITT)	Screw
<b>Function</b>	<b>Value</b>	
Data transmission	synchronous, full duplex	
Transmission type	56 or 64 kbit/s	
	For G703 only 64 kbit/s	

Estas interfaces en cada módulo han sido previstas para conexiones con equipos de comunicación comerciales o multiplexores y pueden ser usadas en cada caso a 56 y 64 kbit/s para transmisión de datos.

Siempre que se desee tener una comunicación continua, un circuito de comunicación permanente es requerido. Consecuentemente las características de control de llamada y *handshake* para algunas recomendaciones de interfaces no son provistas.



Aunque el estándar demanda que el alcance para estas interfaces es mayor a 1 km a 64kbit/s, no es recomendado usar esta distancia para propósitos de protección donde la comunicación debe ser confiable también bajo averías primarias del sistema de energía. Esto es debido al nivel bajo de las señales digitales de comunicación las cuales dan un margen bajo de diferencia entre la señal y el ruido. Si el terminal de protección se encuentra en el mismo lugar que el equipo multiplexor y el ambiente es relativamente libre de ruido, dicho terminal puede ser conectado directamente al multiplexor vía cable de tipo par trenzado debidamente recubierto y puesto a tierra para distancias inferiores a 100 m.

Debido a los problemas de la sincronización operando de forma co-direccional para V.35/36 y RS530 es solamente recomendado para ser usado para conexión directa punto a punto, por ejemplo durante pruebas de laboratorio.

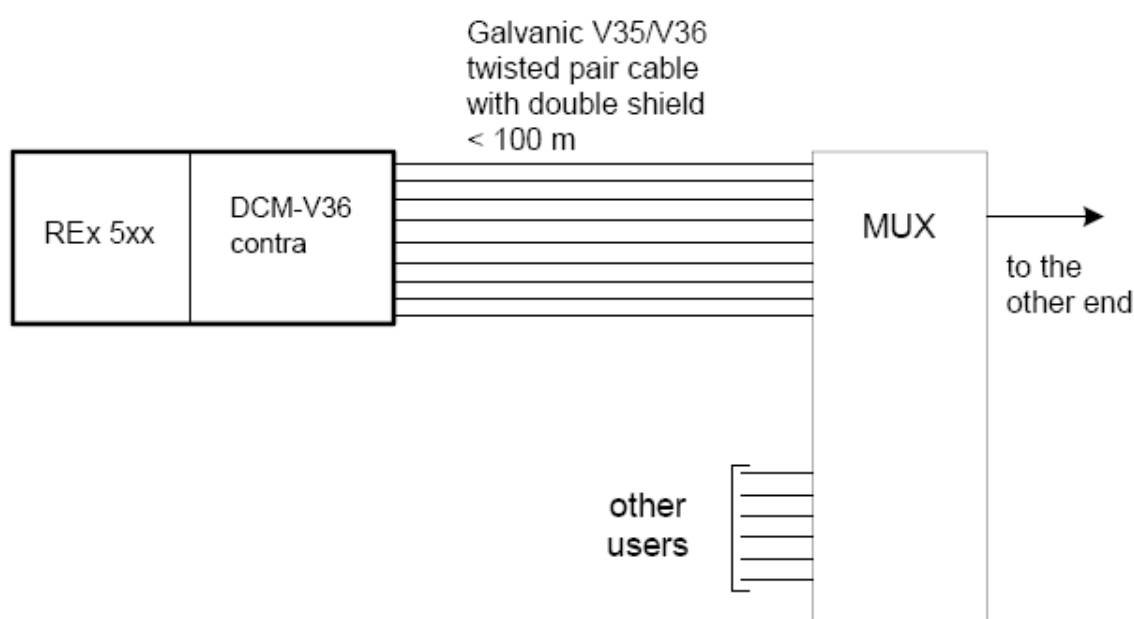


Figura. 2.4. Link multiplexado, conexión galvánica, V35/V36 contra-direccional

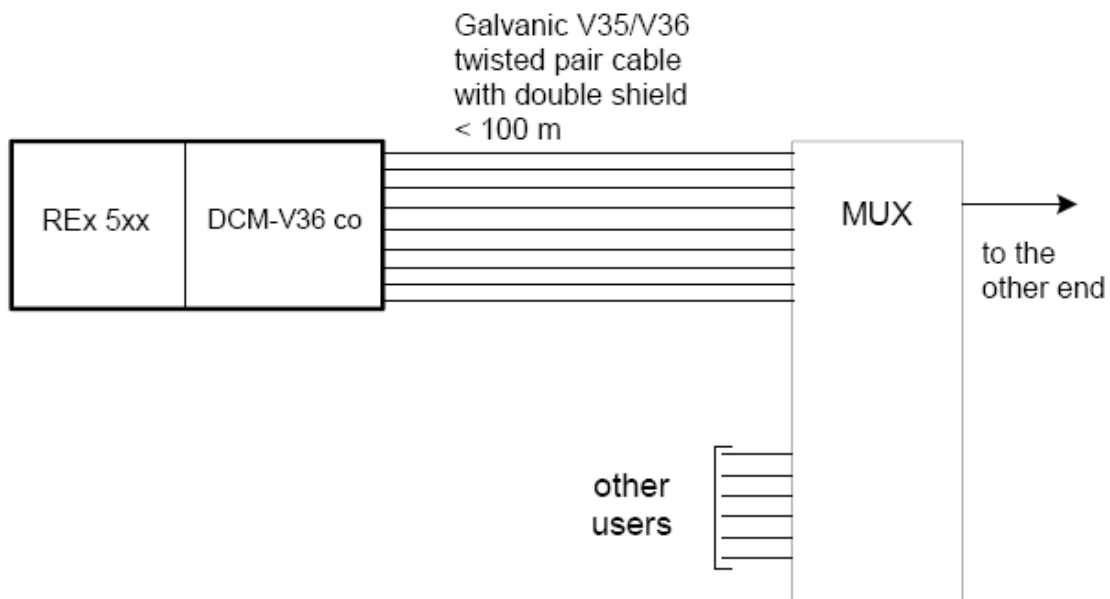


Figura. 2.5. Link multiplexado, conexión galvánica, V35/V36 co-direccional

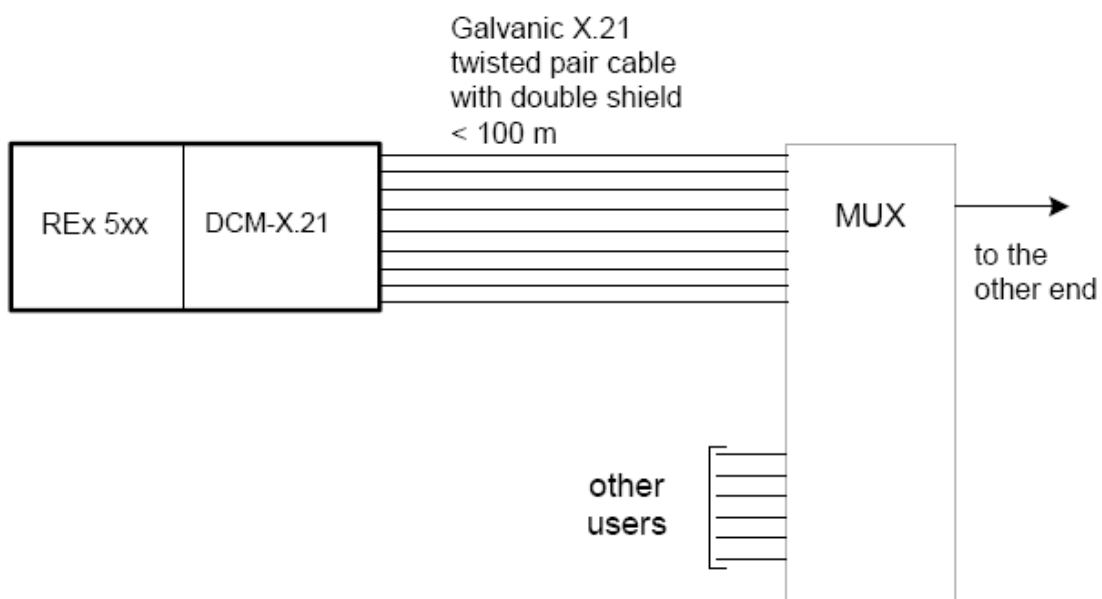


Figura. 2.6. Link multiplexado, conexión galvánica, X.21

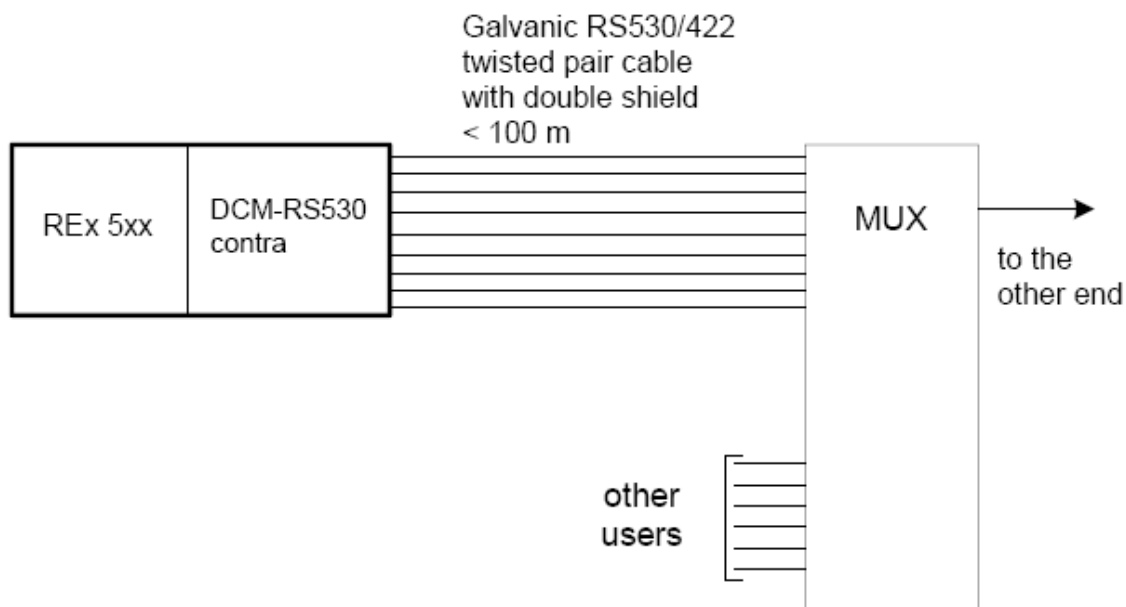


Figura. 2.7. Link multiplexado, conexión galvánica, RS 530/422 contra-direccional

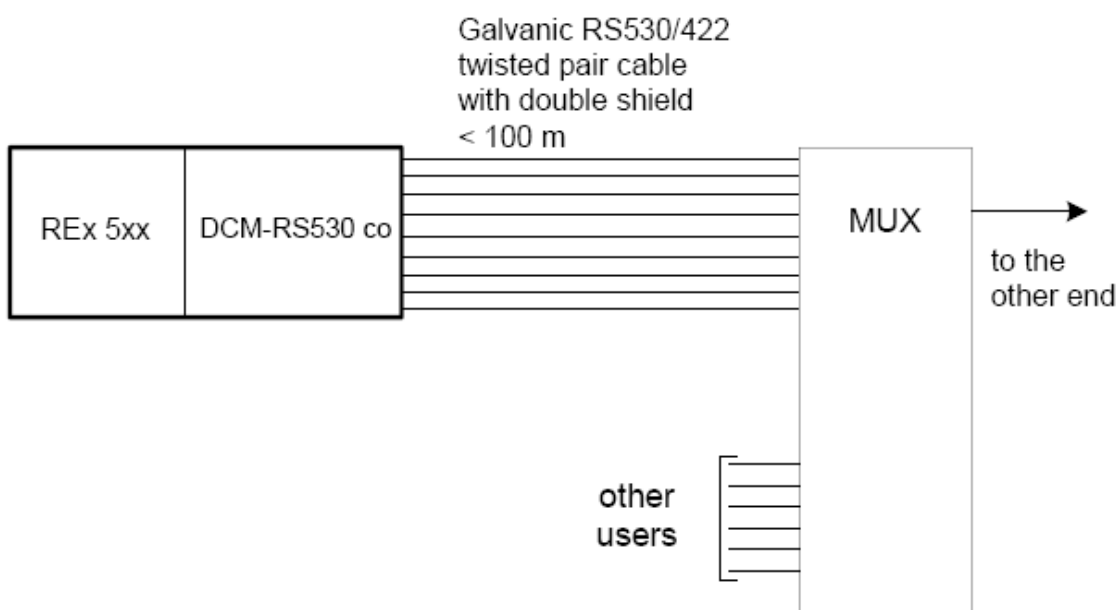


Figura. 2.8. Link multiplexado, conexión galvánica, RS 530/422 co-direccional

### 2.1.3 Módulo galvánico de rango corto

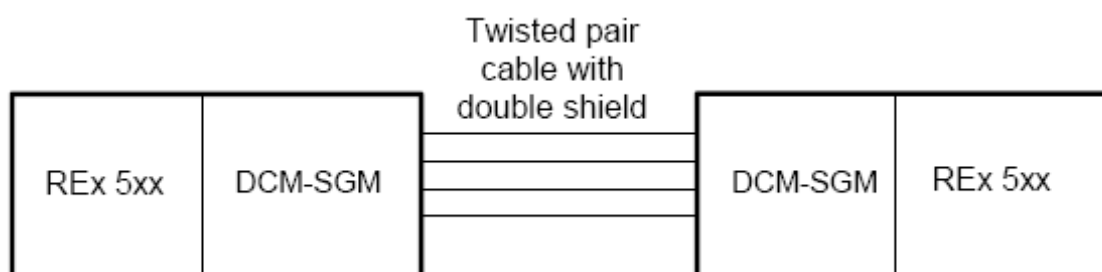
Este módulo DCM-SGM puede ser usado para comunicación en base a cables experimentales galvánicos y puede operar en distancias típicas entre 0.5 y 3 km dependiendo del cable de prueba. Un cable de par trenzado con doble recubrimiento es recomendado.

Los datos técnicos de este módulo son los siguientes:

**Tabla. 2.3. Datos técnicos – Módulo galvánico de rango corto**

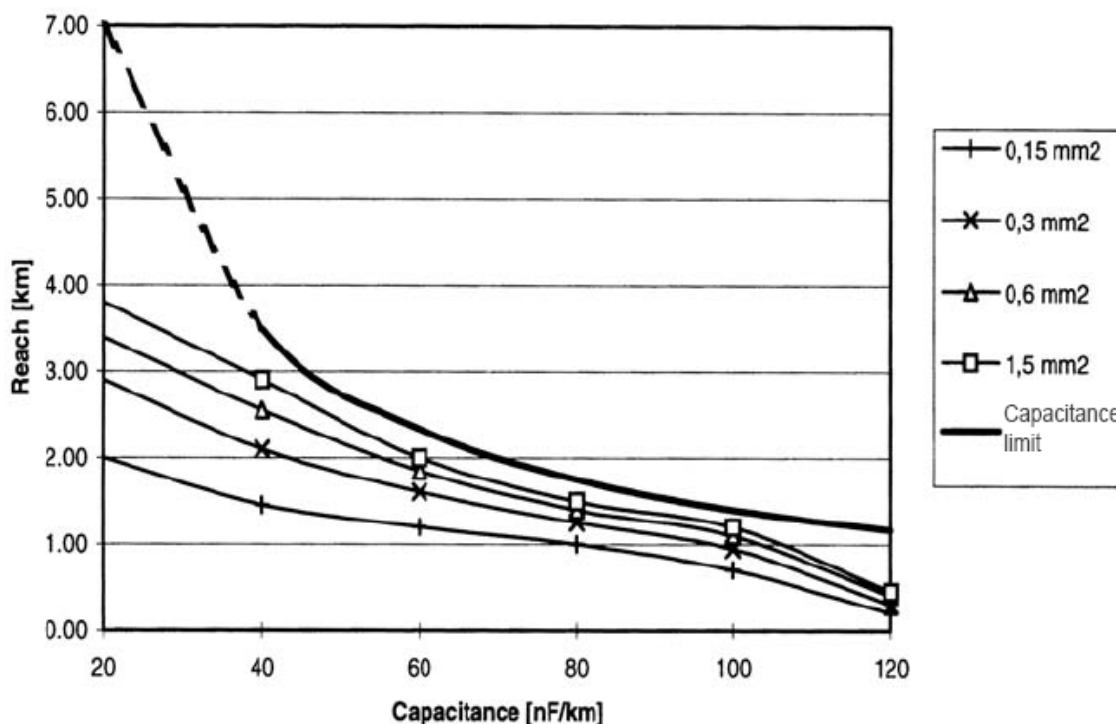
Data transmission	Synchronous, full duplex
Transmission rate	64 kbit/s (256 kBaud; code transparent)
Clock source	Internal or derived from received signal
Range	< 3 km
Line interface	Balanced symmetrical three-state current loop (4 wires)
Connector	5-pin connector with screw connection
Insulation	2,5 kV 1 min. Opto couplers and insulating DC/DC-converter
	15 kV with additional insulating transformer

Este módem es usado para transmisión de datos sincrónica, punto a punto a 64 kbit/s a distancias mayores a 3 km. La transmisión se realiza simultáneamente en ambas direcciones, *full dúplex*, a través de una línea de 4 cables en una comunicación (cable de pruebas) como se muestra en la figura 2.9; se debe realizar una protección y aterrizaje a tierra del mismo.



**Figura. 2.9. Link dedicado, módem galvánico de corto rango**

Comparado a los estándares normales de transmisión de datos, por ejemplo V.36, X.21 etc., este módem incrementa la seguridad operacional y admite mayores distancias de transmisión. Esto es conseguido por una cuidadosa elección en cuanto a la tecnología de transmisión. Se debe tomar en cuenta la elección del cable, pues si existen capacitancias o resistencias parásitas altas, se reducirán la calidad de la transmisión. Los rangos máximos de funcionamiento, según el cable, estos rangos se muestran en la figura 2.10.



**Figura. 2.10. Distancia máxima para módem galvánico de corto rango**

Los datos de la figura 2.10 son válidos para par trenzado con doble protector. Si el cable no es par trenzado la distancia máxima se reducirá en un 20%, si no existe doble recubrimiento protector también se reduce en 20%, finalmente si no es par trenzado y posee un solo recubrimiento se reducirá en 40%.

#### 2.1.4 Módulo de fibra óptica de rango corto

El módulo DCM-SFOM puede ser usado con fibras multimodo únicamente. La distancia de comunicación puede ser normalmente mayor a 5 km. Este módulo puede además ser usado para conexión directa a un conversor de comunicación óptico eléctrico de tipo 2115xx y 21-16xx del fabricante Fiberdata.

Los datos técnicos de este módulo se muestran en la tabla 2.4:

Tabla. 2.4. Datos técnicos – DCM-SFOM

Data transmission	Synchronous, full duplex
Transmission rate	64 kbit/s
Clock source	Internal or derived from received signal
Optical fibre	Graded-index multimode 50/125µm or 62,5/125µm
Wave length	850 nm
Optical connectors	ST
Optical budget	15 dB
Transmission distance	typically 3-5 km <sup>a)</sup>
Protocol	FIBERDATA specific
Optical connector	Type ST
<sup>a)</sup> depending on optical budget calculation	

Este módem es usado para transmisión de datos punto a punto de forma sincrónica a 64 kbit/s con distancias típicas de 3 a 5 km. El principio se describe en la figura 2.11. También puede ser usado junto a un *transceiver* óptico de tipo 21-15xx/16xx del fabricante Fiberdata para obtener un enlace óptico entre el terminal de protección y un equipo de comunicación remoto como se muestra en la figura 2.12.

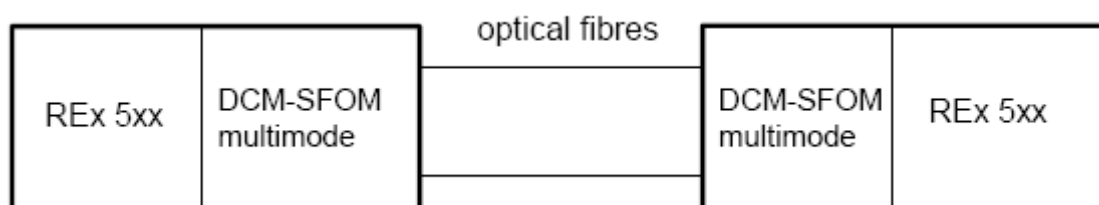


Figura. 2.11. Link dedicado, conexión de fibra óptica en corto rango

Cabe señalar que el modelo 21-15xx, soporta interfaces acorde estándares de la ITU, V.35 y V.36 co- y contra-direccional. El modelo 21-16xx soporta interfaces X.21 y G.703 según la ITU y RS.530 co- y contra-direccional según EIA, como se muestra en las figuras 2.12, 2.13 y 2.14.

Como se mostró en la tabla 2.4 la transmisión es *full duplex* sobre dos fibras ópticas. Al ser el presupuesto de pérdida 15db se debe tomar en cuenta que la

pérdida total en el canal de comunicación de fibra óptica incluyendo empalmes, conectores y envejecimiento de fibra debe ser menor a 15dB. Las pérdidas en la conexión para el terminal de protección no están incluidas en el presupuesto de pérdidas puesto que ya se han tomado en cuenta. La distancia máxima va a depender de las propiedades de las fibras ópticas usadas, pero típicamente está entre 3 y 5 km en condiciones normales.

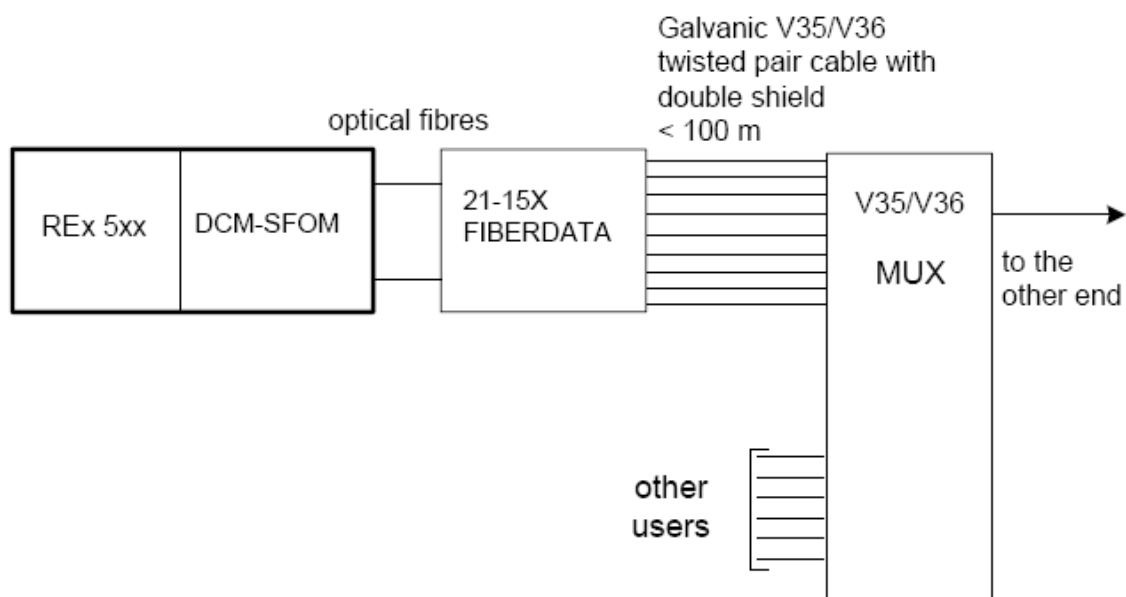


Figura. 2.12. Link multiplexado, fibra óptica – conexión galvánica V35/V36 con 21-15X

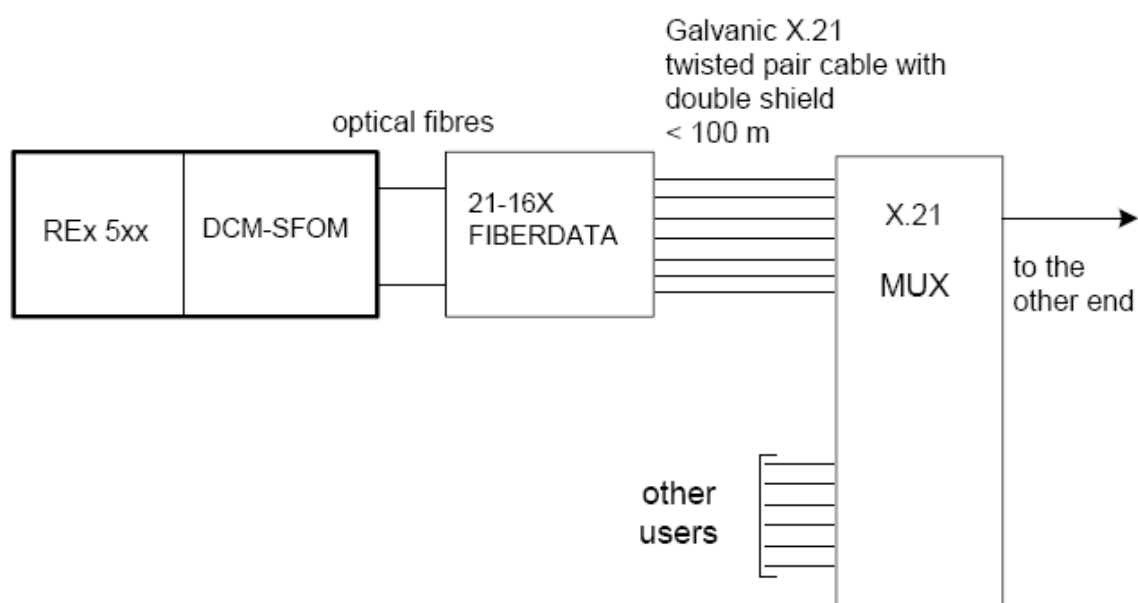


Figura. 2.13. Link multiplexado, fibra óptica – conexión galvánica X.21 con 21-16X

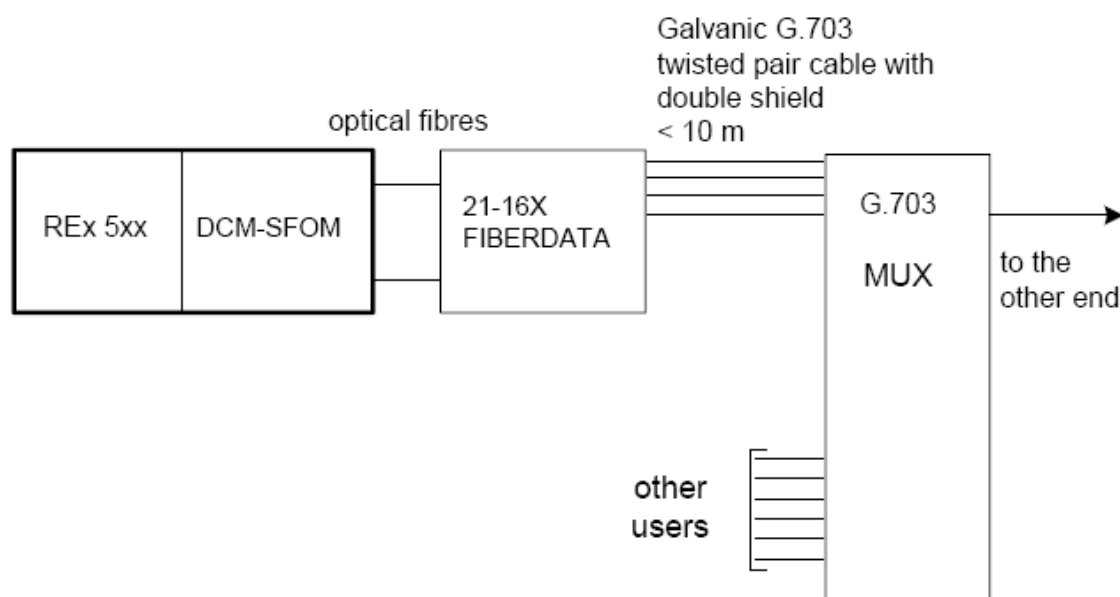


Figura. 2.14. Link multiplexado, fibra óptica – conexión galvánica G.703 con 21-16X

### 2.1.5 Interfaz galvánica co-direccional G. 703

El módulo de comunicación DCM-G.703 acorde al estándar G.703 no es recomendado para distancias mayores a 10 m. Se debe prestar especial atención a evitar los problemas debido a interferencia de ruido. Este módulo está diseñado solamente para operación a 64 kbit/s.

Este módulo ha sido previsto para conexión a equipos comercialmente disponibles o multiplexores con una interfaz G.703. Soporta únicamente la operación co-direccional, contra-direccional y reloj centralizado no es soportado.

El nivel de voltaje en las comunicaciones está alrededor de 1 V, lo que da un bajo margen de diferencia entre las señales y el ruido, por lo que si el equipo de comunicación y protección están en el mismo lugar, este puede ser conectado directamente al multiplexor como se mostró en la figura para V.36, mediante cable de par trenzado, con la debida protección y conexión a tierra para distancias mayores a 10 m.



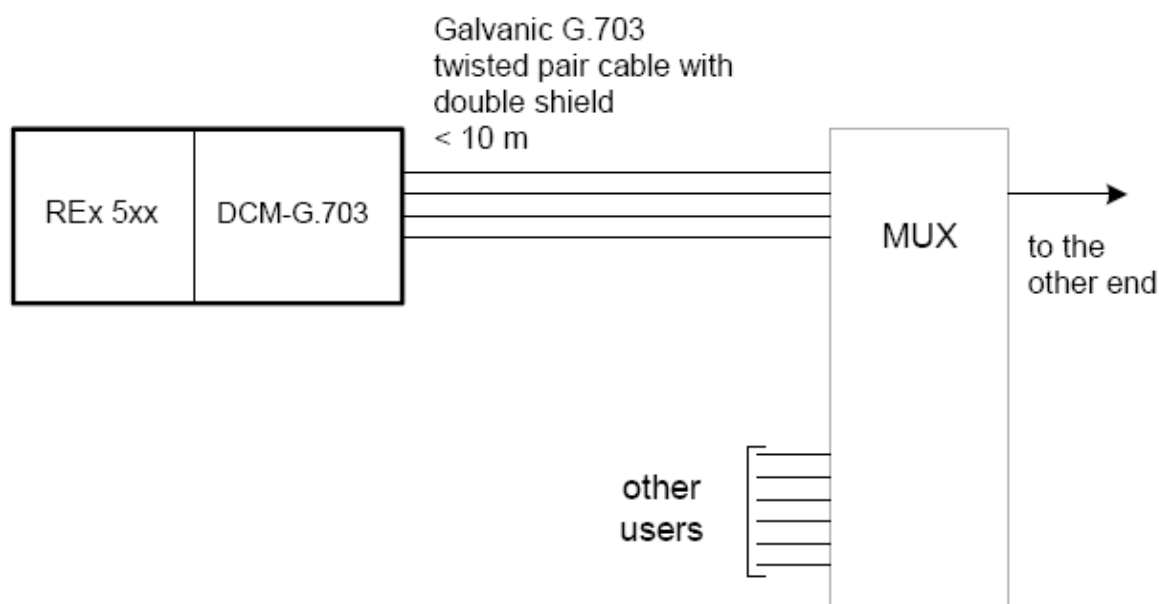


Figura. 2.15. Link multiplexado, fibra óptica – conexión galvánica, G.703

### 2.1.6 Comunicación óptica serial

En este equipo existen dos interfaces seriales, con tres protocolos que son: LON, SPA o IEC 60870-5-103, permite al equipo terminal ser parte de una SCS y/o de una SMS. Estas interfaces están ubicadas en la parte posterior del terminal y pueden ser configuradas de forma independiente, cada una con diferentes funcionalidades en relación con la supervisión y fijación de las funciones en el terminal. En la tabla 2.5 se muestran las combinaciones de interfaz y protocolos posibles.

Tabla. 2.5. Protocolos de comunicación serial – posibles combinaciones de interfaz y protocolos

	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
X13	SPA/IEC fibre optic	SPA/IEC RS485	SPA fibre optic
X15	LON fibre optic	LON fibre optic	IEC fibre optic

Una red óptica puede ser usada dentro de una SCS. Esto habilita la comunicación con el terminal a través de un bus con protocolo LON desde el lugar de trabajo del operador, desde el centro de control y también desde otros terminales.

El segundo bus es usado para SMS. Esto puede incluir diferentes terminales numéricamente configurados con posibilidades de comunicaciones remotas. La conexión a un PC puede realizarse directamente si este se encuentra en la subestación, o mediante un módem telefónico a través de una red telefónica.

El hardware necesitado para aplicar el protocolo LON depende de la aplicación, pero la unidad necesitada centralmente es el acoplador *LON Star Coupler* y fibras ópticas conectando dicho acoplador a los terminales. Para comunicarse a los terminales desde una PC, el software requerido es *SMS 510* y/o la librería de aplicación *LIB 520* junto con un sistema *MicroSCADA*.

Cuando se desea comunicar a una PC usando el puerto posterior SPA/IEC, el único hardware necesitado para SMS son fibras ópticas y un conversor óptico eléctrico para la PC o una red RS-485 según el estándar definido por la ITU. LA comunicación remota a través de una red telefónica también requiere un módem telefónico. El software necesitado en la PC cuando se usa SPA ya sea local o remotamente es el SMS 510 y/o CAP 540.

La comunicación SPA es aplicada cuando se usa el puerto de comunicación posterior, pero para este propósito no se requiere ninguna función especial en el terminal, solamente el software en la PC y un cable especial para la conexión.

El seteo de los parámetros del puerto posterior se encuentran en la HMI y se puede elegir según la tabla 2.6, accediendo de la siguiente manera al árbol: Configuration/TerminalCom/SPA-IEC-LON.

**Tabla. 2.6. Seteo de parámetros para selección de protocolos de comunicación para puerto posterior**

Parameter	Range	Default	Unit	Description
Port	SPA-LON, IEC-LON, SPA-IEC	SPA-LON	-	Communication protocol alternatives for the rear communication ports

Este tipo de comunicación puede ser usado para diferentes propósitos, los cuales habilitan un mejor acceso a la información almacenada en los terminales. La comunicación serial también es usada para comunicación directa entre terminales, esto se conoce como comunicación bahía a bahía.

Como se mencionó anteriormente este tipo de comunicación puede ser usado para SMS o SCS, según el protocolo. La comunicación SPA es normalmente usada para SMS o SCS. También es aplicada para el uso del puerto de comunicación posterior. La comunicación LON es usada para SCS, adicionalmente puede ser usada para SMS.

El protocolo IEC 608705-103 es principalmente usado cuando el terminal de protección se comunica con otro SMS o SCS.

El presupuesto de pérdidas ópticas debe ser considerado y se muestra en la tabla 2.7.

**Tabla. 2.7. Cálculo de presupuesto óptico para comunicación con SPA/IEC o LON**

<b>Distance</b>	<b>Glass</b>	<b>Plastic</b>
	<b>1 km</b>	<b>20 m</b>
<i>Maximum attenuation for REx 5xx</i>	-11 dB	-7 dB
4 dB/km multi mode: 820 nm - 62.5/125 um	4 dB	-
0.2 dB/m plastic: 620 nm - 1 mm	-	4 dB
Margins for installation, aging etc.	5 dB	1 dB
Losses in connection box, two contacts (0,7 dB/contact)	1.4 dB	-
Losses in connection box, two contacts (1 dB/contact)	-	2 dB
Margin for repair splices (0,5 dB/splice)	0.5 dB	-
<i>Maximum total attenuation</i>	<i>11 dB</i>	<i>7 dB</i>

## 2.2 PROTOCOLOS

Como se ha visto anteriormente existen varias posibilidades en cuanto a protocolos para realizar la comunicación entre los terminales o IEDs, a continuación se ahondará en cada uno para escoger la mejor posibilidad en el momento del diseño de la red.

### 2.2.1 Protocolo para comunicación serial SPA

Este protocolo es principalmente usado para SMS, puede incluir diferente número de IEDs con posibilidades de comunicaciones remotas. La conexión a un PC se puede realizar directamente si la PC está localizada en la misma subestación o por módem telefónico a través de una red telefónica según las características recomendadas por la ITU.

Cuando se desea comunicar a un PC usando el puerto posterior con protocolo SPA, el único hardware necesitado para el sistema de estación de monitoreo es:

- Fibra óptica
- Conversor opto-eléctrico para la PC
- Una PC

O también:

- Una red de instalación RS485 acorde a la ITU
- Una PC

De igual manera la comunicación remota requiere un módem telefónico, usando el software CAP540 en la PC sea local o remotamente.

Para el seteo de parámetros en este protocolo se debe acceder a la siguiente dirección en el IED: Configuration/TerminalCom/SPACom/Rear, y establecer los parámetros según se necesiten como se muestra en la tabla 2.8.

**Tabla. 2.8. Seteo de parámetros para comunicación SPA, puerto posterior**

Parameter	Range	Default	Unit	Description
SlaveNo	(1 - 899)	30	-	SPA-bus identification number
Parameter	Range	Default	Unit	Description
BaudRate	300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400	9600	Baud	Communication speed
ActGrpRestrict	Open, Block	Open	-	Open = Access right to change between active groups
SettingRestrict	Open, Block	Open	-	Open = Access right to change any parameter

Esto es válido para el puerto posterior de comunicaciones, para el puerto frontal tenemos que acceder de la siguiente manera: Configuration/TerminalCom/SPACom/Front, y establecer los parámetros que se muestran en la tabla 2.9.

**Tabla. 2.9. Seteo de parámetros para comunicación SPA, puerto frontal**

Parameter	Range	Default	Unit	Description
SlaveNo	(1 - 899)	30	-	SPA-bus identification number
BaudRate	300, 1200, 2400, 4800, 9600	9600	Baud	Communication speed

En cuanto a datos técnicos tenemos las tablas 2.10, 2.11, 2.12 como se muestra a continuación.

**Tabla. 2.10. Comunicación serial (SPA), puerto de comunicación posterior**

Function	Value
Protocol	SPA
Communication speed	300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 or 38400 Bd
Slave number	1 to 899
Remote change of active group allowed	yes/no
Remote change of settings allowed	yes/no

**Tabla. 2.11. Comunicación serial (RS485)**

Function	Value
Protocol	SPA/IEC 60870-5-103
Communication speed	9600 Bd

**Tabla. 2.12. Comunicación serial (SPA), puerto de comunicación frontal**

Function	Value
Protocol	SPA
Communication speed for the terminals	300, 1200, 2400, 4800, 9600 Bd
Slave number	1 to 899
Change of active group allowed	Yes
Change of settings allowed	Yes

El anillo de fibra óptica puede contener entre 20 y 30 terminales, dependiendo de los requerimientos de respuesta en el tiempo. Como se vio en la tabla 2.7 la distancia máxima entre nodos o terminales debe ser menor a 1 km si se usa fibra óptica con núcleo de vidrio o menor a 20 m si se usa fibra óptica con núcleo de plástico.

### 2.2.2 Protocolo para comunicación serial IEC 60870-5-103

Este protocolo es usado cuando un terminal de protección se comunica con un sistema de control. Este sistema puede tener un programa que interprete los mensajes de comunicaciones de IEC 60870-5-103.

Puede ser usado alternativamente en una red de fibra óptica o en una red RS-485. La red de fibra óptica es únicamente punto a punto, mientras que la red RS-485 puede ser usada por múltiples terminales en una configuración multipunto.

El protocolo IEC 60870-5-103 implementado en los IEDs modelos REx 5xx posee las siguientes funciones:

- Manejo de evento
- Informe de los valores análogos del servicio (medidas)
- Localización de fallas
- Direccionamiento de comandos
  - Autocierre ON/OFF
  - Teleprotección ON/OFF
  - Protección ON/OFF
  - Reset de LED
  - Características 1-4 (Establecimiento de grupos para diferentes condiciones)
- Transferencia de archivos
- Sincronización de tiempo

Los eventos creados en el terminal disponible para el protocolo IEC están basados en las funciones de bloques EV01-EV06, que básicamente es un bloque que genera y envía estas señales como acontecimientos al nivel de la estación del sistema de control; este protocolo también se basa en las funciones del bloque de disturbios DRP1-DRP3. Los comandos están representados en un bloque dedicado llamado ICOM. Este bloque tiene señales de salida acorde al protocolo IEC para todos los comandos.

El soporte de interoperabilidad se muestra en la tabla 2.13, esto es el equivalente a la capa física, según el modelo OSI.

Tabla. 2.13. Interoperabilidad, capa física

	<i>Supported</i>
Electrical Interface	
EIA RS485	NoYes
number of loads	No4
Optical Interface	
glass fibre	Yes
plastic	Yes
Transmission Speed	
9600 bit/s	Yes
19200 bit/s	Yes
Link Layer	
DFC-bit used	Yes
Connectors	
connector F-SMA	No
connector BFOC2, 5	Yes

Tabla. 2.14. Seteo de parámetros para comunicación IEC 60870-5-103

Parameter	Range	Default	Unit	Parameter description
SlaveNo	0-255	30	-	Slave number
BaudRate	9600, 19200	19200	Baud	Communication speed

Tabla. 2.15. Datos técnicos comunicación serial IEC 60870-5-103

Function	Value
Protocol	IEC 60870-5-103
Communication speed	9600, 19200 Bd



### 2.2.3 Protocolo para comunicación serial LON

Una red óptica puede ser usada junto con una subestación de automatización. Esto habilita la comunicación con el terminal a través del bus con protocolo LON desde el lugar de trabajo del operador hacia el centro de control y también desde otros terminales.

Una interfaz óptica serial con protocolo LON, permite al terminal ser parte de una SCS y/o SMS. Como se mencionó anteriormente esta interfaz está localizada en la parte posterior del terminal. El hardware necesitado para aplicar la comunicación con protocolo LON depende de la aplicación, pero la unidad básica necesaria es el LON Star Coupler y fibras ópticas conectando el star coupler a los terminales. Para comunicarse con los terminales desde una PC, el software requerido es el SMS 510 y/o la librería de aplicación LIB 520 en conjunto con MicroSCADA.

Para el seteo de parámetros en el terminal se debe acceder: Configuration/TerminalCom/LONCom/NodeInfo/AddressInfo.

Estos parámetros pueden ser seteados únicamente con LON Network Tool, que es un tipo de software que permite aplicarlo como un nodo en el bus LON y pueden ser vistos en el HMI del terminal. En la tabla 2.16 se muestran los parámetros.

**Tabla. 2.16. Seteo de parámetros para comunicación con protocolo LON**

Parameter	Range	Default	Unit	Parameter description
DomainID	0	0	-	Domain identification number
SubnetID	0 - 255 Step: 1	0	-	Subnet identification number
NodeID	0 - 127 Step: 1	0	-	Node identification number

En la tabla 2.17 se muestra la información de configuración en cada nodo. La dirección en el HMI local es: Configuration/TerminalCom/LONCom/NodeInfo.

De igual manera estos parámetros pueden ser realizados con LON Network Tool y pueden ser vistos en el HMI local.

**Tabla. 2.17. Parámetros de información de nodos LON**

Parameter	Range	Default	Unit	Parameter description
NeuronID	0 - 12	Not loaded	-	Neuron hardware identification number in hexadecimal code
Location	0 - 6	No value	-	Location of the node

La dirección en el HMI para la tabla 2.18 es: Configuration/TerminalCom/LONCom/SessionTimers

**Tabla. 2.18. Seteo de parámetros para timmers de sesión**

Parameter	Range	Default	Unit	Parameter description
SessionTmo	1-60	20	s	Session timeout. Only to be changed after recommendation from ABB.
RetryTmo	100-10000	2000	ms	Retransmission timeout. Only to be changed after recommendation from ABB.
IdleAckCycle	1-30	5	s	Keep active ack. Only to be changed after recommendation from ABB.
BusyAckTmo	100-5000	300	ms	Wait before sending ack. Only to be changed after recommendation from ABB.
ErrNackCycle	100-10000	500	ms	Cyclic sending of nack. Only to be changed after recommendation from ABB.

Para la configuración de comandos en el HMI se debe acceder de la siguiente manera: Configuration/TerminalCom/LONCom y configurar los comandos según la tabla 2.19. Los datos técnicos con una comunicación serial LON se muestran en la tabla 2.20.

**Tabla. 2.19. Seteo de parámetros para timmers de sesión**

Command	Command description
ServicePinMsg	Command with confirmation. Transfers the node adress to the LON network tool.
LONDefault	Command with confirmation. Resets the LON communication in the terminal.

**Tabla. 2.20. LON-Comunicación serial**

Function	Value
Protocol	LON
Communication speed	1.25 Mbit/s

## 2.3 COMUNICACIÓN DE DATOS ASOCIADO AL SOFTWARE

### 2.3.1 Interfaces de IEDs

Para las interfaces en cada IED, se debe realizar una clara diferenciación entre las interfaces de comunicaciones existentes de acuerdo a *los módulos de comunicaciones que se hayan adquirido* con el equipo y la interfaz de configuración para seteo de parámetros, es decir la interfaz hombre máquina.

En este caso se referirá a la interfaz hombre máquina; esta interfaz es usada para monitorear y configurar ciertos parámetros con los que el IED opera. Incluso se pueden configurar funciones de alerta en caso de que ocurran ciertos eventos importantes que necesiten especial atención del operador. La interfaz hombre-máquina se muestra en la figura 2.16 y consiste en:

- El módulo LCD-HMI, es decir una pantalla LCD para interacción con la máquina.
- El módulo LED-HMI, que es un módulo de LEDs para indicar algún tipo de eventos.

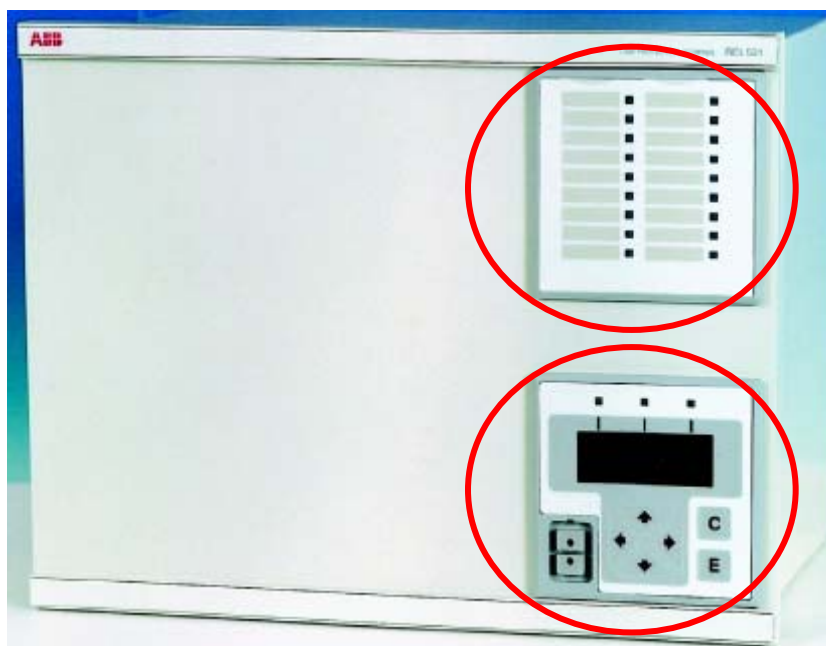


Figura. 2.16. Módulo LED-HMI (arriba) y LCD-HMI (abajo)

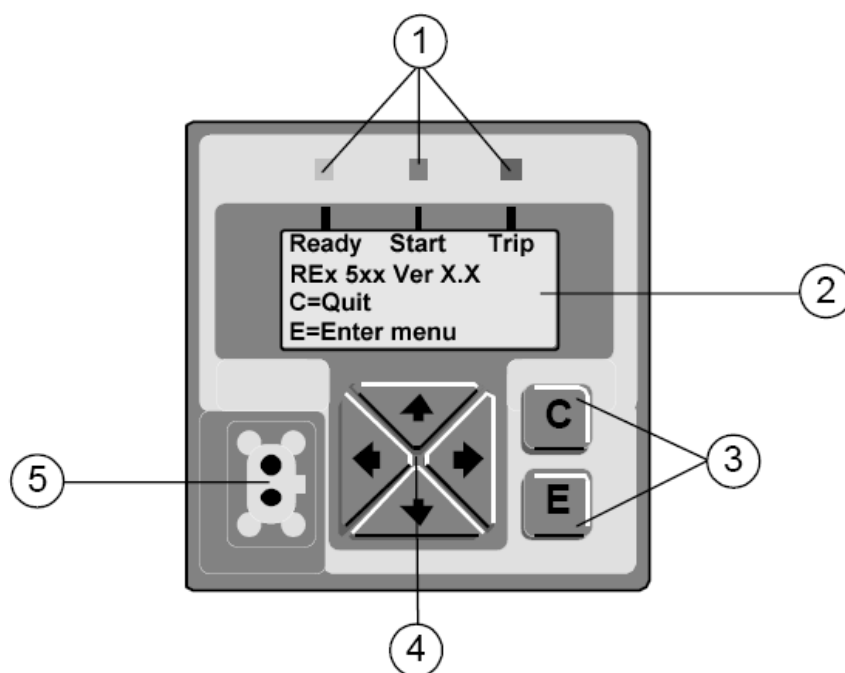
Para el caso de TRANSELECTRIC S.A., se adquirieron estos equipos únicamente con el módulo LCD-HMI, como se muestra en la figura 2.17, por lo que esta sección se centrará en estudiar únicamente este módulo.



Figura. 2.17. IED adquirido por TRANSELECTRIC S.A. Módulo LED-HMI únicamente

El módulo LCD-HMI es un medio bidireccional de comunicación. Esto significa que:

- Los eventos que pueden ocurrir activan un LED determinado, con el propósito de llamar la atención del operador y tomar alguna acción.
- El operador puede ver ciertos datos de interés.



1. Status indication LEDs
2. LCD unit, example of main menu
3. <b>C</b> ancel and <b>E</b> nter buttons
4. Navigation buttons
5. Optical connector

Figura. 2.18. Funciones de módulo LCD-HMI

Al presionar cualquier botón cuando el equipo está en modo de ahorro de energía, se activará el display. El menú del IED es tipo árbol, es decir por niveles, esto se verá más adelante de forma detallada.

El botón C tiene tres funciones principales:

- *Cancela* cualquier operación en la ventana de diálogo.
- *Sale* del nivel actual en el menú. Esto significa que cancela la presente función o la selección presente en el menú y mueve un nivel más arriba en el árbol.
- *Limpia* los LEDs cuando la ventana de inicio está siendo desplegada.

El botón E principalmente provee una función de Enter/Ejecutar. Esto activa por ejemplo el menú seleccionado. También es usado para confirmar un parámetro que se desea setear y para reconocer diferentes acciones.

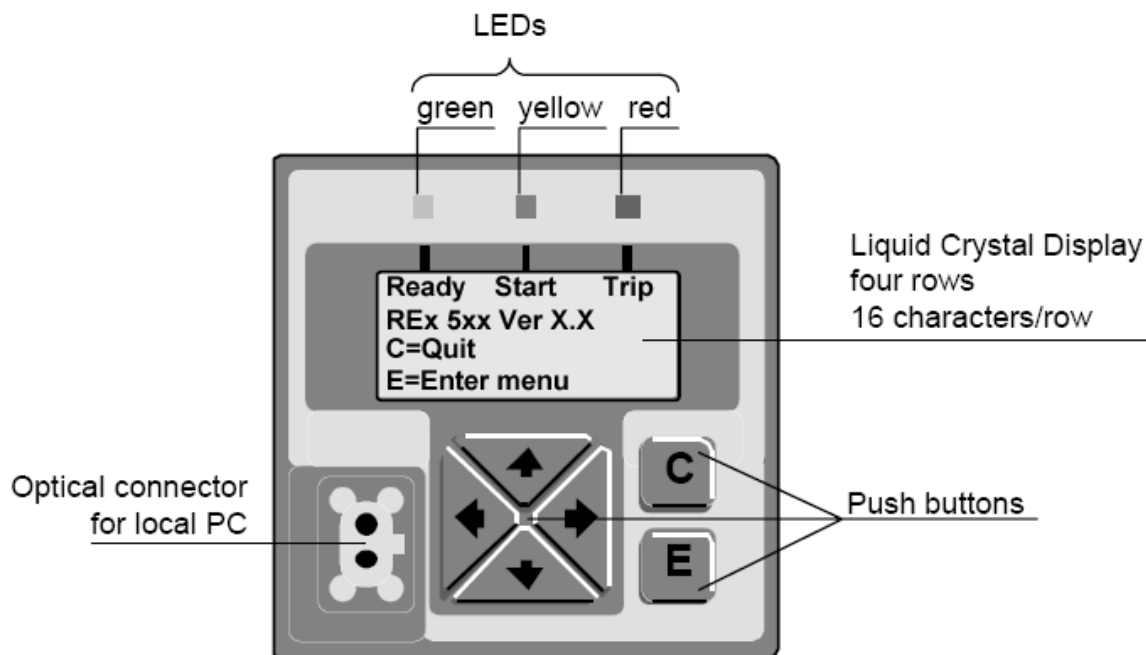
Los botones tipo flecha para izquierda y derecha tienen tres funciones:

- Posiciona el cursor en una dirección horizontal, según la instancia, para moverse entre dígitos en un número durante el seteo de parámetros.
- Mueve entre ramas del mismo nivel en el árbol.
- Mueve entre alternativas de confirmación (si, no y cancelar) en una ventana de comandos.

Los botones tipo flecha hacia arriba y hacia abajo tienen tres funciones:

- Mueve entre ramas del árbol de menú. Esta función también muestra el árbol de menú cuando contiene más ramas que las que se muestran en el display.
- Moverse entre las alternativas de confirmación en una ventana de comandos.
- Cambiar los valores de los parámetros en una ventana.

Como se ve en la figura 2.19 los LEDs de tres colores diferentes indican el estado del terminal.



Display	Means
Off (no LED is lit)	No power or defect terminal.
Steady green LED	The terminal is ready for operation.
Flashing green LED	Internal failure, startup is in progress
Flashing yellow LED	Terminal in test mode.
Steady yellow LED	Disturbance report triggered.
Steady red LED	A binary signal, normally a TRIP command, has been activated. Which binary signal(s) that are supposed to activate the red LED is defined in the disturbance report.
Flashing red LED	Terminal blocked or in configuration mode.

**Figura. 2.19. Diferentes posibles estados del terminal indicados a través de LEDs**

Finalmente el árbol con el que se realizan los despliegues en el menú de esta interfaz es la que se muestra en el diagrama de la figura 2.20.

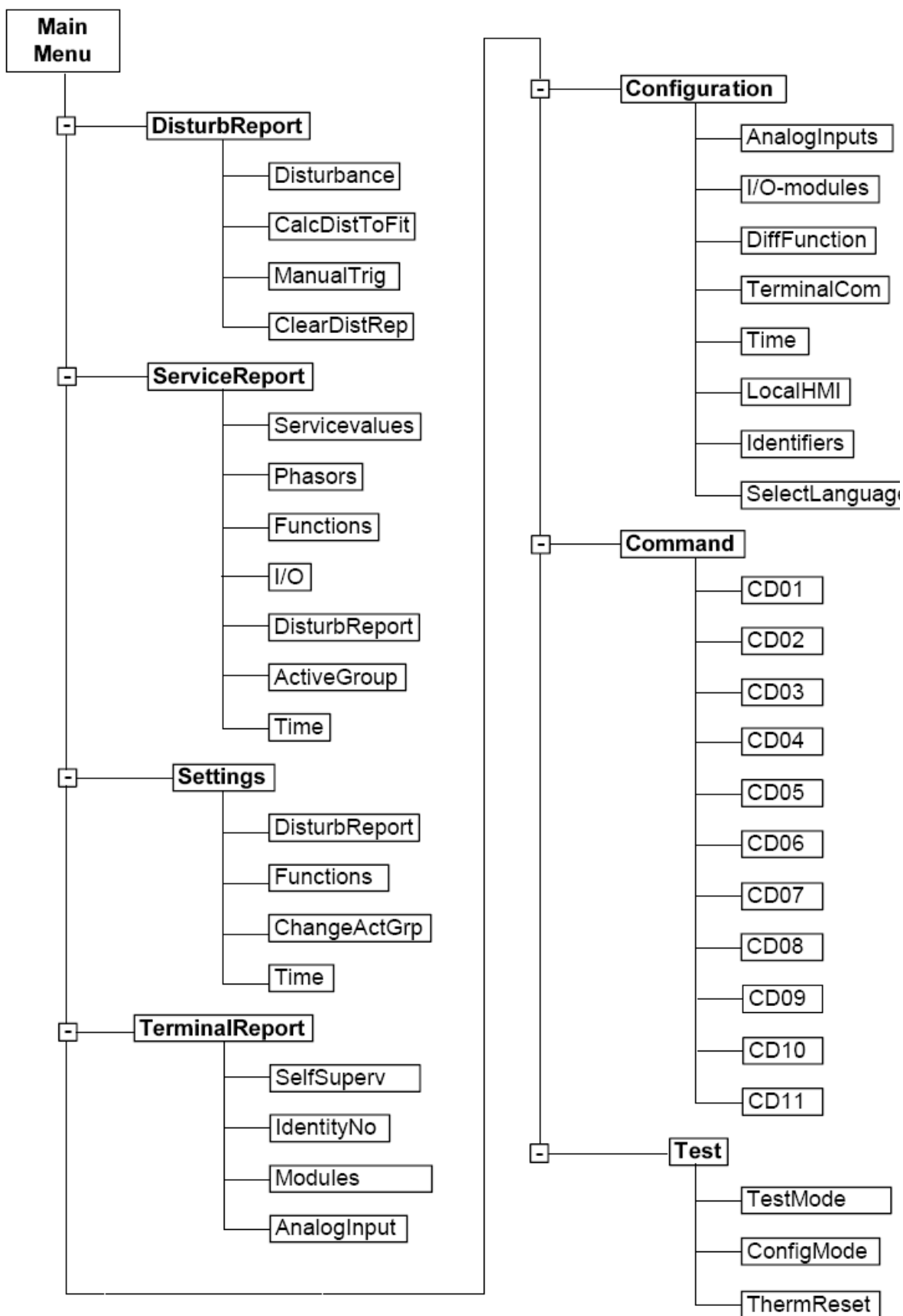


Figura. 2.20. Diagrama utilizado en el árbol creado en el menú de la interfaz en IEDs



Como se explicó en la sección 2.1 y 2.2, según los parámetros que se desean configurar se accede a este menú de forma local, es decir en el IED, de acuerdo en este caso a las especificaciones en las comunicaciones que se deseen realizar.

### **2.3.2 Software para comunicaciones con IEDs**

En cuanto al software para comunicaciones con cada IED, se puede decir que varía de acuerdo al protocolo y tipo de interfaz que se vaya a utilizar, pues como se vio en la sección 2.2 varía en cada caso, de tal manera que se tienen las siguientes alternativas:

- CAP 540
  
- Micro SCADA
  
- Librería LIB 520
  
- LON Network Tool (LNT)
  
- SMS 510

Cabe señalar que cada software es licenciado, por lo que TRANSELECTRIC S.A. ha adquirido la licencia del software CAP 540, que será entonces usado en el diseño, para lo cual se detallará su uso y configuración posteriormente en la sección 3.2.2.

# **CAPÍTULO III**

## **DISEÑO**

### **3.1 ADAPTACIÓN DE PROTOCOLOS (GATEWAY)**

#### **3.1.1 Requerimientos y antecedentes**

Los requerimientos del sistema que se desea implementar fueron analizados y determinados con el personal de TRANSELECTRIC S.A. y se llegó a definirlo de la siguiente manera:

- El alcance de este proyecto comprende diseñar una red tanto interna (LAN) entre los IEDs en la subestación Santo Domingo con el protocolo que estos dispositivos manejan, como una externa (WAN) para conseguir una comunicación entre la red conformada por estos dispositivos y el Centro de Operación y Transmisión; por medio de este enlace disponer de información mediante un sistema de acceso remoto para el área de operación en TRANSELECTRIC S.A. es decir para la supervisión y el monitoreo remoto por parte del personal del COT.

Para el diseño de la red interna de IEDs, se han tomado en cuenta los siguientes antecedentes:

- El módulo de comunicaciones que ha adquirido previamente TRANSELECTRIC S.A. junto con los IEDs, es el módulo de fibra óptica, debido a las mejores prestaciones que este provee en cuanto a velocidad e inmunidad a interferencias electromagnéticas, ya que estos se localizan en subestaciones donde existe mucha interferencia de este tipo.

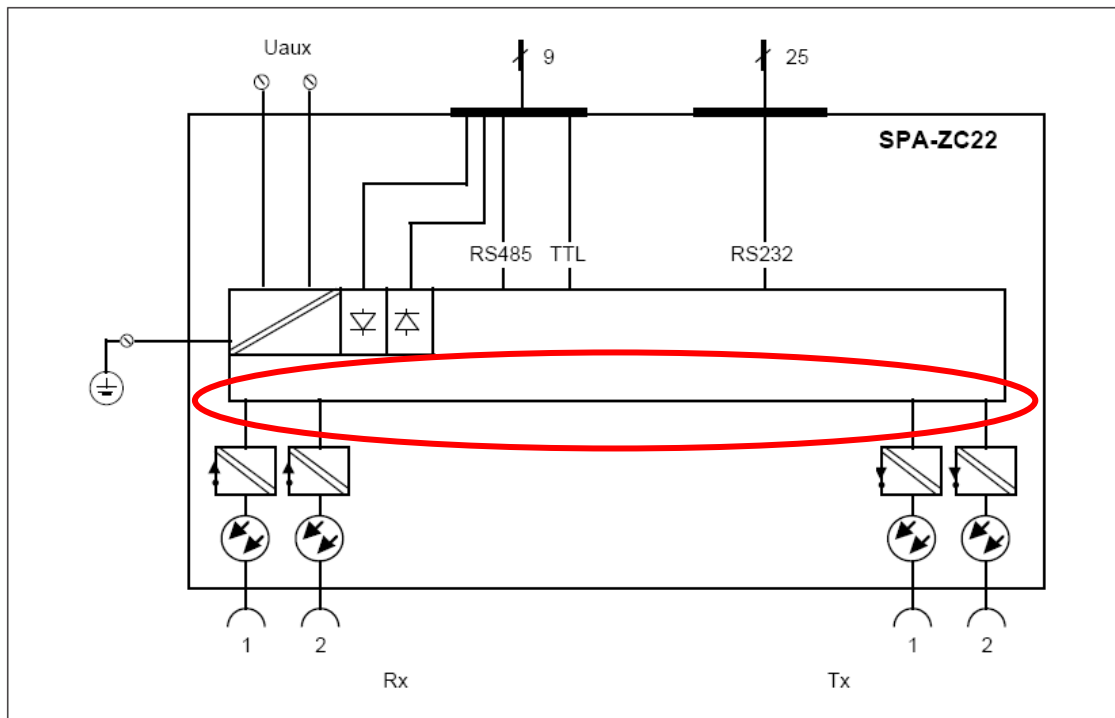
- El software licenciado adquirido para comunicaciones fue el CAP 540, junto con un emulador de protocolo SPA y el programa PST (Parameter Setting Tool) Network Tool.
- Se adquirieron los gateways modelo SPA-ZC 22 A 2B 0M que fueron provistos por la empresa ABB, los cuales se detallarán en características y funcionamiento posteriormente.

Para cumplir con los requerimientos, tomando en cuenta los antecedentes citados se usará el protocolo SPA, debido a que en términos del fabricante del equipo se desea realizar un SMS, que como se vio en la sección 2.2.1 es soportado por este protocolo, además del antecedente expuesto en que el software y el gateway adquiridos también soportan este protocolo de comunicaciones.

Para realizar la red interna entre los IEDs, se ha analizado la mejor manera de realizar la comunicación hacia la red corporativa con este gateway considerando no solo el aspecto económico, sino las prestaciones que puede brindar y se ha decidido realizar la conexión a un PC local que actúe en forma de servidor para almacenar los eventos de dichos dispositivos para posteriormente poder ser accedidos de forma remota por la red corporativa lo cual es otra prestación importante.

### **3.1.2 Características de fabricante**

Los dispositivos que poseen la capacidad de comunicarse mediante el protocolo SPA se conectan al bus de fibra óptica, mediante módulos cuya interfaz es tipo bus como se muestra en la gráfica 3.1. El módulo de interfaz tipo bus SPA-ZC22 convierte las señales ópticas del bus SPA en señales RS 485, SPA (+5 V) o RS 232 y viceversa.



**Figura. 3.1. Diagrama esquemático interno de SPA-ZC 22 A 2B 0M**

Como se muestra en la figura 3.2, el módulo de interfaz tipo bus está provisto de un conector subminiatura tipo D de 9 contactos para puertos RS 485 o SPA y un conector tipo D de 25 contactos para puerto RS 232, dos pares de opto conectores para cables de fibra óptica. Los enlaces de fibra óptica pueden estar basados en cables de fibra de vidrio, cables con núcleo de plástico o en cables mixtos es decir de ambos tipos.

Como se mencionó anteriormente el gateway con el que se cuenta es el SPA-ZC 22 A 2B 0M de donde se pueden sacar algunos parámetros con los que funciona dicho modelo, para lo cual se usará la tabla 3.1.



Los switches S1/1 al S1/6 son usados para determinar el modo de comunicación entre RS485 o SPA para el conector de 9 pines.

Switches S1/7, S1/8 y S2/1 al S2/3 son usados para seleccionar la función del módulo de conexión tipo bus, así:

- Función master: El *master device mode* es usado cuando el módulo es conectado a un dispositivo funcionando como master en el sistema, debido a que pueden haber más redes conectadas a esta, donde este podría ser esclavo.
- Función esclavo: El *slave device mode* es usado cuando el módulo se encuentra funcionando como esclavo en el sistema.
- Repetidor óptico: El modo *optical repeater* es un sistema donde un dispositivo maestro es conectado al sistema por medio de una conexión óptica. En este caso, el dispositivo maestro debe ser conectado a Tx1/Rx1. Los esclavos son conectados a Tx2/Rx2, etc.

El switch S2/4 es usado para seleccionar una función especial para la señal DTR en el puerto RS232. Normalmente el switch S2/4 está en posición 1. Cuando S2/4 está en la posición 1, la señal del DTR se encuentra permanentemente activa y la interfaz serial trabaja en la forma normal. Cuando está en la posición 0, un retardo en el tiempo (*delay*) es activado, el cual actúa si la comunicación a través del bus en el módulo es interrumpida, inhibiendo la señal DTR después de 15 minutos hasta que la comunicación empiece nuevamente, entonces la señal DTR se activa nuevamente.

Este modelo está provisto con LEDs de diagnóstico. El LED marcado con "POWER AUX" indica que la entrada de voltaje auxiliar está siendo provista por una fuente externa de energía y que dicha fuente está operando correctamente. El LED marcado con "POWER INT" se enciende cuando la fuente de voltaje auxiliar provista por el dispositivo anfitrión y la fuente de poder están operando correctamente. Finalmente el LED marcado con "SC" titila a la velocidad de

transmisión de datos, lo cual permite saber si se está transmitiendo información en cualquier dirección.

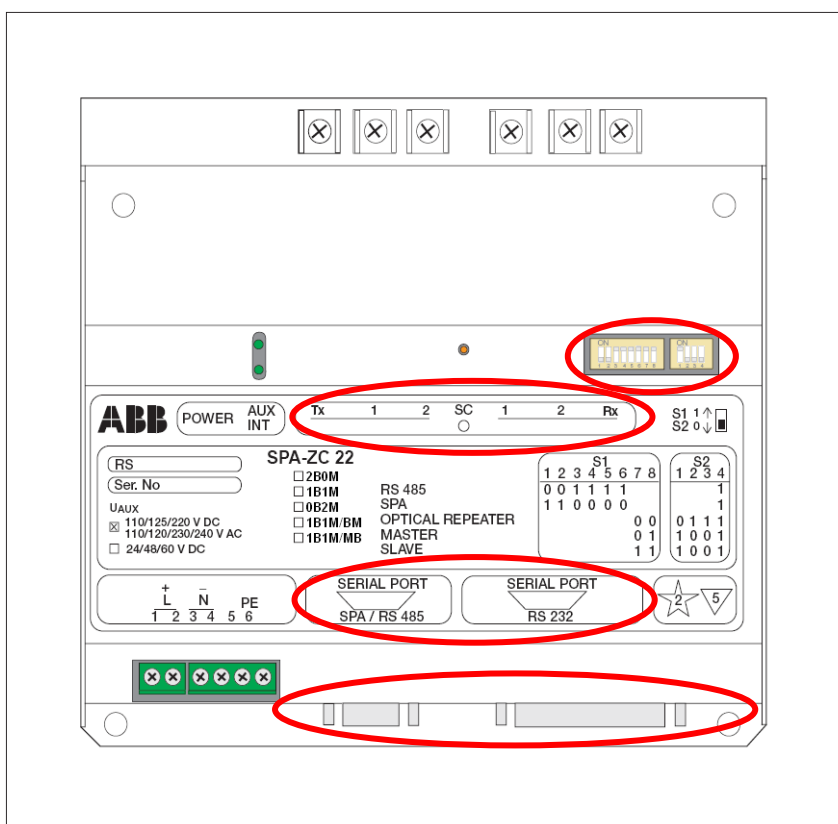


Figura. 3.2. Diagrama esquemático de estructura de hardware, vista posterior

### 3.1.3 Configuración

Para proceder a configurar este dispositivo, primero se estableció una correcta disposición de los *dip switch* para el diseño que se ha planteado, básicamente el parámetro que interesaría en este propósito es el de la interfaz RS-232C, que es el que existe presente en los ordenadores de escritorio actuales, aunque se dejará seteado este equipo para que en su salida SPA-RS485 esté configurado como RS485.

Para el correcto seteo del parámetro DTR en la comunicación RS-232C, debemos tomar en cuenta que el dispositivo que vamos a manejar posee en su conector las señales de Tx, Rx, GND y DTR en los pines que especifica el estándar como se muestra en la gráfica 3.3 sin olvidar que en este dispositivo el conector es macho.



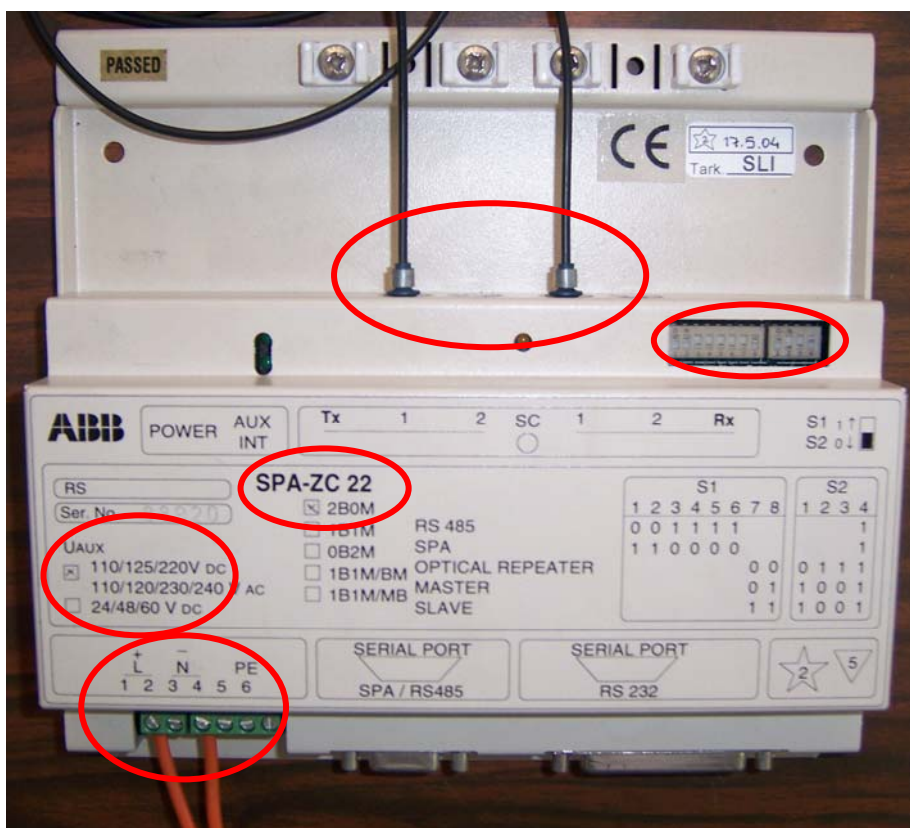


Entonces la configuración final de los dos pares de *dip switch* quedaría como se muestra en la tabla 3.4.

**Tabla. 3.4. Funcionalidades para grupos de dip switch**

Función	S1								S2			
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
Modo serial RS 485	0	0	1	1	1	1						
Modo master							0	1	1	0	0	
DTR activado sin delay												1

Finalmente se deberá conectar las fibras de núcleo plástico en las entradas ópticas de Tx1 y Rx1 en el gateway y conectar en los bornes L1(+) y N3(-) de polarización con el voltaje de 110 Vdc, prestando mucha atención en hacerlo correctamente conectando el positivo en L1(+) y negativo en N3(-) como se muestra en la figura 3.4 donde se han señalado los datos de configuración y modelo.



**Figura. 3.4. Conexión y configuración final SPA-ZC 22 A 2B 0M**

## 3.2 CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS PARA REDES

### 3.2.1 Red interna (LAN) de IEDs

En lo referente a comunicaciones con el módulo existente en el equipo, existen dos interfaces ópticas en la parte posterior, denotadas con la nomenclatura X13 y X15 como se aprecia en el diagrama esquemático de la figura 3.5 y figura 3.6, es decir, en el equipo ésta es la nomenclatura empleada en dicho módulo.

En cada interfaz óptica existe un puerto Tx para transmisión y Rx para recepción, recubiertos de un capuchón plástico de protección que es removido para conectar la fibra óptica, estos puertos se muestran en la figura 3.7.

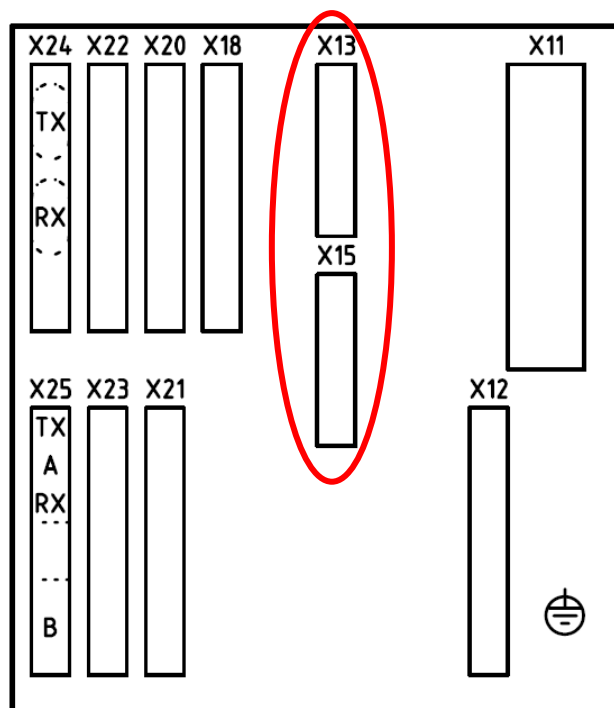


Figura. 3.5. Diagrama esquemático de estructura de hardware, vista posterior

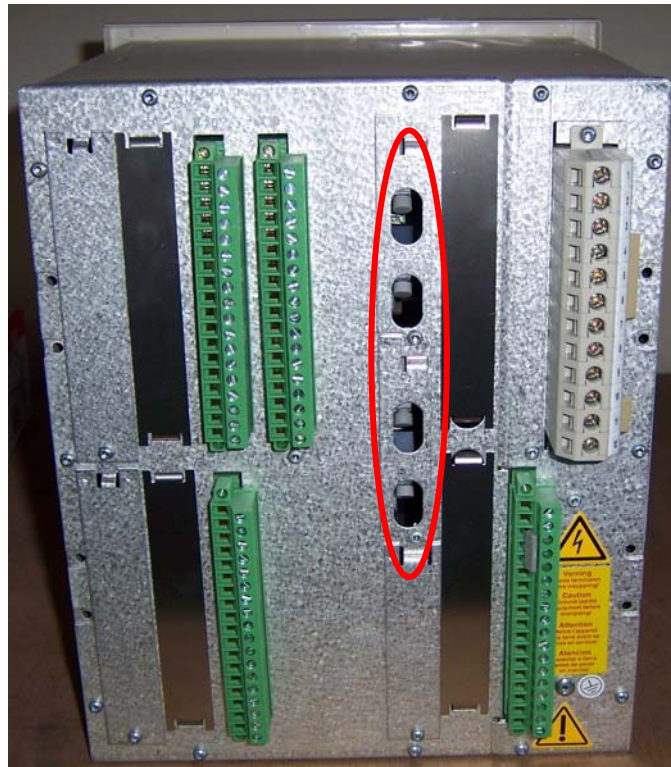


Figura. 3.6. Fotografía posterior IED, interfaces ópticas



Figura. 3.7. Fotografía de interfaces y puertos de Tx y Rx

Como ya se vio en la sección 2.3.1, existe una interfaz delantera, a la cual se puede comunicar una PC mediante el puerto óptico existente, pero este puerto tiene el objetivo de poder acceder localmente al equipo y no de establecer una comunicación en red de IEDs.

Cada puerto posee sus propios protocolos y se distribuyen de acuerdo al diagrama mostrado en la figura 3.8 donde:

- 1 es el puerto de comunicaciones óptico posterior X13, con protocolo SPA ó IEC 870-5-103.
- 2 es el puerto de comunicaciones óptico frontal de la interfaz local HMI.
- 3 es el puerto de comunicaciones óptico posterior X15, con protocolo LON ó IEC 870-5-103.

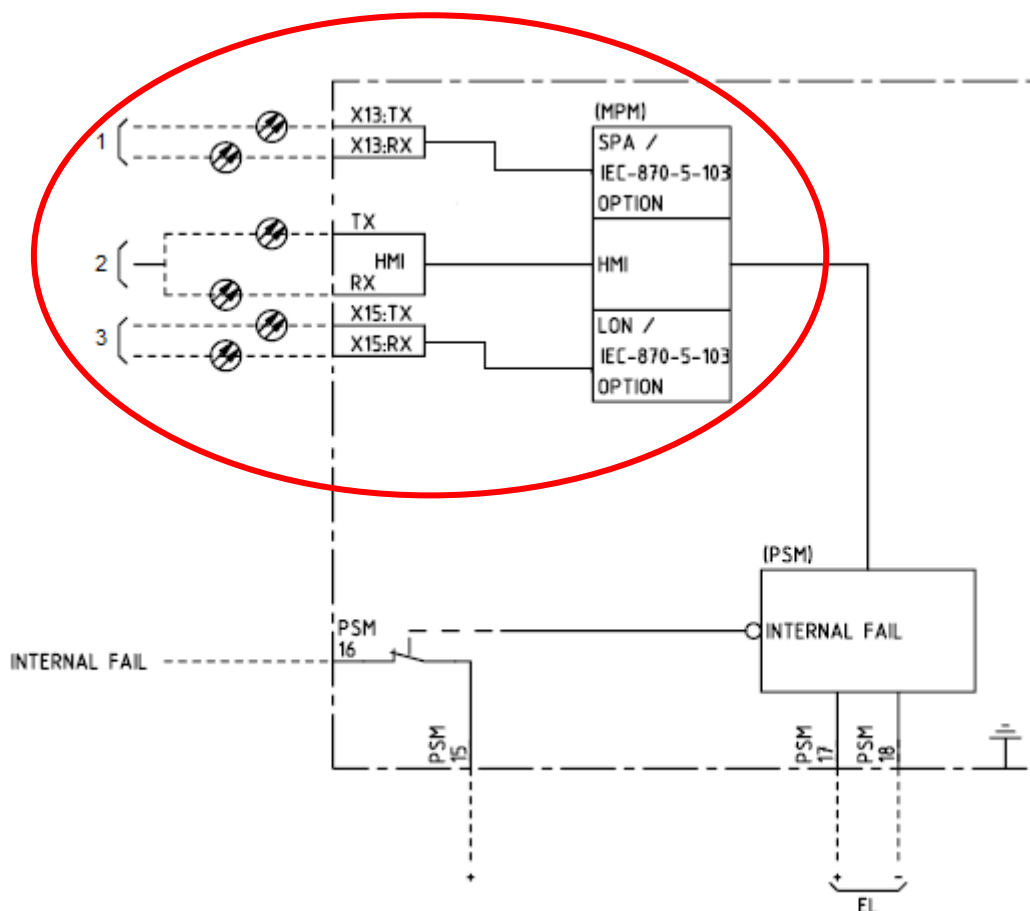


Figura. 3.8. Diagrama de protocolos soportados en cada puerto

El presente diseño será aplicable para todos los IEDs marca ABB en los modelos REx 5xx, es decir todos los adquiridos actualmente por TRANSELECTRC S.A.

De las interfaces mostradas anteriormente, se ha elegido el puerto X13, puesto que el mismo soporta el protocolo SPA, que se deberá configurar en cuanto a todos sus parámetros, lo cual se hará después de establecer la identificación que se dará a cada equipo.

En la subestación Santo Domingo actualmente se tienen 10 IEDs operando, por lo que se necesitaría hacer una sola red interna con todos estos dispositivos, pues cumplimos el requerimiento óptimo que especifica el fabricante en cuanto a que el número máximo de terminales en el lazo de fibra óptica debe contener un número menor entre 20 y 30 dependiendo de los requerimientos de respuesta en el tiempo.

Se procedió entonces a asignar un número de esclavo a cada IED, por defecto en cada equipo viene configurado con el número 30, es decir también se debe configurar este parámetro. En la tabla 3.5 se muestra de que manera se identificará cada equipo por número de esclavo.

**Tabla. 3.5. Identificación de IEDs para red interna (LAN) – protocolo SPA**

<b>Esclavo Nº</b>	<b>Modelo</b>	<b>Número Serie</b>	<b>Bahía</b>
1	REL531 V2.5	T0347200	230kV ROSA1
2	REL531 V2.5	T0347195	230kV ROSA1
3	REL531 V2.5	T0347208	230kV ROSA2
4	REL531 V2.5	T0347209	230kV ROSA2
5	REL531 V2.5	T0347205	230kV QVD1
6	REL531 V2.5	T0347107	230kV QVD1
7	REL531 V2.5	T0347214	230kV QVD2
8	REL531 V2.5	T0344256	230kV QVD2
9	REL531 V2.5	T0347198	138kV ESM1
10	REL531 V2.5	T0347192	138kV ESM2

Ahora se procederá a configurar los parámetros en el IED:

- Para seleccionar que el puerto X13 esté configurado con el protocolo SPA, a pesar que por defecto está configurado de esta manera por seguridad se debe acceder mediante HMI en la dirección: Configuration/TerminalCom/SPA-IEC-LON/Port y seleccionamos SPA-LON ó SPA-IEC con los botones tipo flecha hacia arriba o abajo, finalmente presionamos el botón E (enter).
- Para el seteo del número de esclavo en cada IED, se debe acceder a cada uno, puesto que por defecto este parámetro está seteado en 30, para cambiarlo en cada caso, se lo realiza mediante HMI en la dirección: Configuration/TerminalCom/SPACom/Rear/SlaveNo y seleccionamos con los botones tipo flecha hacia arriba o abajo hasta establecer el número deseado, finalmente presionamos el botón E (enter).
- Para el seteo de la velocidad, debe ser configurada en todos los equipos a 38400 baudios, se debe configurar en cada uno, puesto que por defecto este parámetro está seteado en 9600; para cambiarlo en cada caso, se lo realiza mediante HMI en la dirección: Configuration/TerminalCom/SPACom/Rear/BaudRate y seleccionamos con los botones tipo flecha hacia arriba o abajo hasta establecer el número 38400, finalmente presionamos el botón E (enter).

La topología que se manejará en la red interna con este protocolo será tipo anillo como se muestra en la figura 3.9; se debe tomar en cuenta que la distancia máxima entre nodos o bahías será menor a 20 m para seguir la recomendación del fabricante. El master será un PC ubicado en la subestación, desde la cual se podrá acceder a la información de los IEDs.

Como se analizó en la sección 3.1, las salidas TX y RX del anillo de IEDs deben conectarse a los puertos Rx1 y Tx1 del gateway respectivamente, previamente en esta misma sección se mostró la manera en que se va a configurar el gateway SPA-ZC 22 A 2B 0M, por lo que en la figura 3.9 se muestra la red LAN de IEDs.

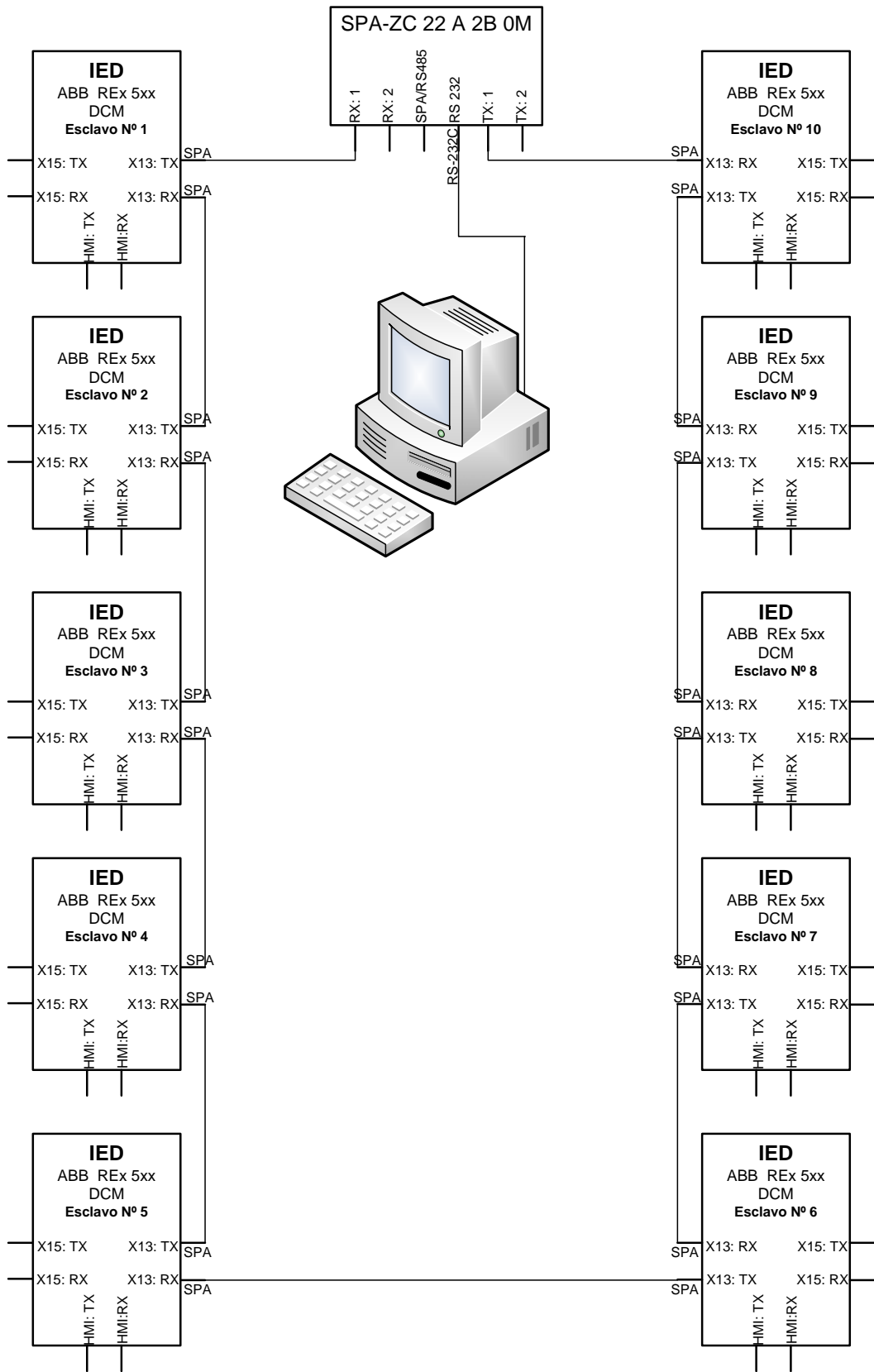


Figura. 3.9. Diagrama de red LAN

Finalmente se debe recordar que el SPA-ZC 22 A 2B 0M, en su interfaz RS232 tiene 25 pines tipo D macho, entonces se necesitará un pequeño adaptador para llegar al PC. Si se desea llegar al PC a través de un puerto RS232 se debe notar que los PCs generalmente poseen una interfaz RS232 de 9 pines tipo D hembra, por lo cual se deberá conectar a un cable adaptador de 25 pines hembra a 9 pines tipo D macho. Si se desea llegar a través del puerto USB se deberá conectar a un conversor RS232 a USB, lo cual no representa un problema si se desea adquirir en el mercado.

### 3.2.2 Red externa (WAN) al COT

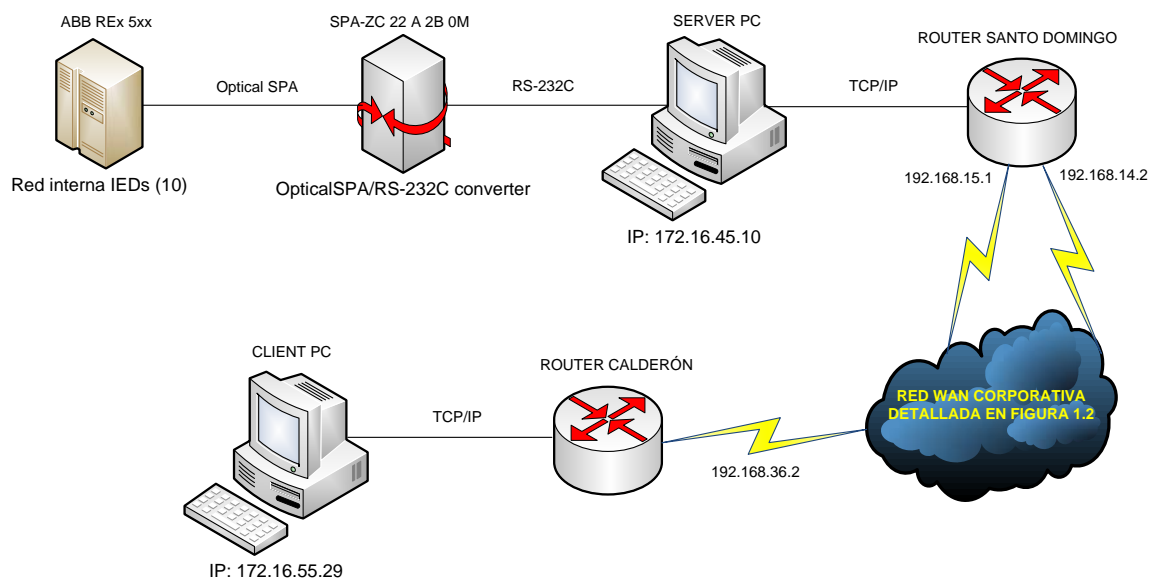
Para la red externa que provenga de Santo Domingo a Quito (COT) se usarán las direcciones IP mostradas en la tabla 3.6, considerando que el PC servidor se ubicará en la subestación Santo Domingo y el PC cliente en el COT.

**Tabla. 3.6. Identificación de PCs para red externa (WAN) – protocolo TCP/IP**

Identificador	IP	Lugar
Server PC	172.16.45.10	Subestación Santo Domingo
Client PC	172.16.55.29	COT Quito

Cabe señalar que en lo referente al estado actual de las comunicaciones se han tomado estas IPs disponibles en ambos lugares las cuales forman parte de la red corporativa de TRANSELECTRIC S.A. con el medio de transmisión de fibra óptica como se mostró en la figura 1.2. Este diseño entonces será aplicable a todas las subestaciones que sean parte de la red de fibra óptica de TRANSELECTRIC S.A para IEDs ABB REx 5xx. El esquema final de esta red será el mostrado en la figura 3.10, la manera en que se accederá a los datos arrojados por los IEDs se mostrará en la sección 3.3 pues es aquí donde entra la parte de diseño de configuración en cuanto al software del fabricante de acuerdo a las prestaciones del mismo.





**Figura. 3.10. Diagrama de red WAN**

### 3.3 DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE SOFTWARE CAP-540

Este software permitirá realizar una parte importante de la interconexión entre el PC servidor y el PC cliente a través de la red corporativa de TRANSELECTRIC S.A., además de permitir realizar pruebas mediante un emulador como se verá en esta misma sección. Se buscará además dar un valor agregado a este proyecto, puesto que en el alcance inicial se estableció que únicamente se iba a realizar la interconexión de los IEDs con el COT con todas las implicaciones que esto tiene como se ha visto en las secciones anteriores, pero se ha visto la necesidad de realizar un sistema que envíe automáticamente los eventos y oscilografías ante una falla, debido a que de otra manera hubiera sido necesario acceder al IED mediante la red para realizar una descarga manual lo cual abría la posibilidad de acceder a la parte de configuración y parametrización eléctrica referente a las protecciones del equipo.

En primer lugar se debe proceder a instalar el software completo que incluye el CD de instalación, para realizar una correcta instalación de este producto y ver los requerimientos del PC véase el anexo 1.

### 3.3.1 Diseño y creación del proyecto

Una vez instalada la aplicación, se debe crear un nuevo proyecto en la ficha: File, New Project. A este proyecto lo hemos nombrado “TRANS” y por defecto el programa lo guardará en la dirección C:\CAP540\Project, aparecerá entonces la ventana que se muestra en la figura 3.11. Como se puede observar el proyecto muestra la ubicación donde fue guardado, y el nombre que se le dio como raíz del árbol, se procederá entonces a renombrar los demás parámetros de dicho árbol haciendo clic derecho, “Rename” y a añadir más ramas en el árbol haciendo clic derecho en un nivel superior al que se desea añadir y seleccionando “Add”.

Es importante tomar en cuenta que para este esquema, el árbol quedará determinado de la siguiente manera: la raíz será el nombre del proyecto, luego se nombrará la subestación donde están los IEDs, luego “AnilloFibra” pues en este nivel se configuran las comunicaciones para el anillo, después “bahía\_linea de carga” y finalmente tipo de IED con su respectivo *serial number*, se debe seleccionar correctamente el modelo y el número de esclavo en la ventana que se muestra en la figura 3.12.

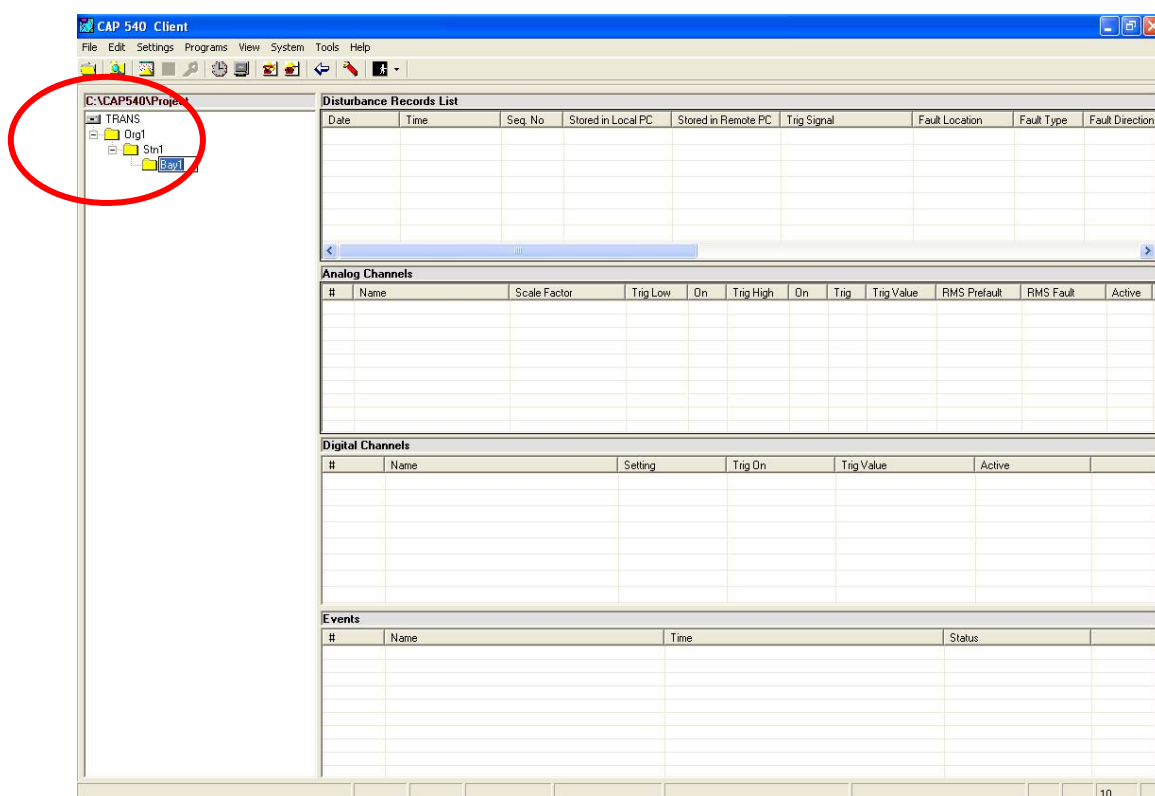


Figura. 3.11. Ventana de nuevo proyecto

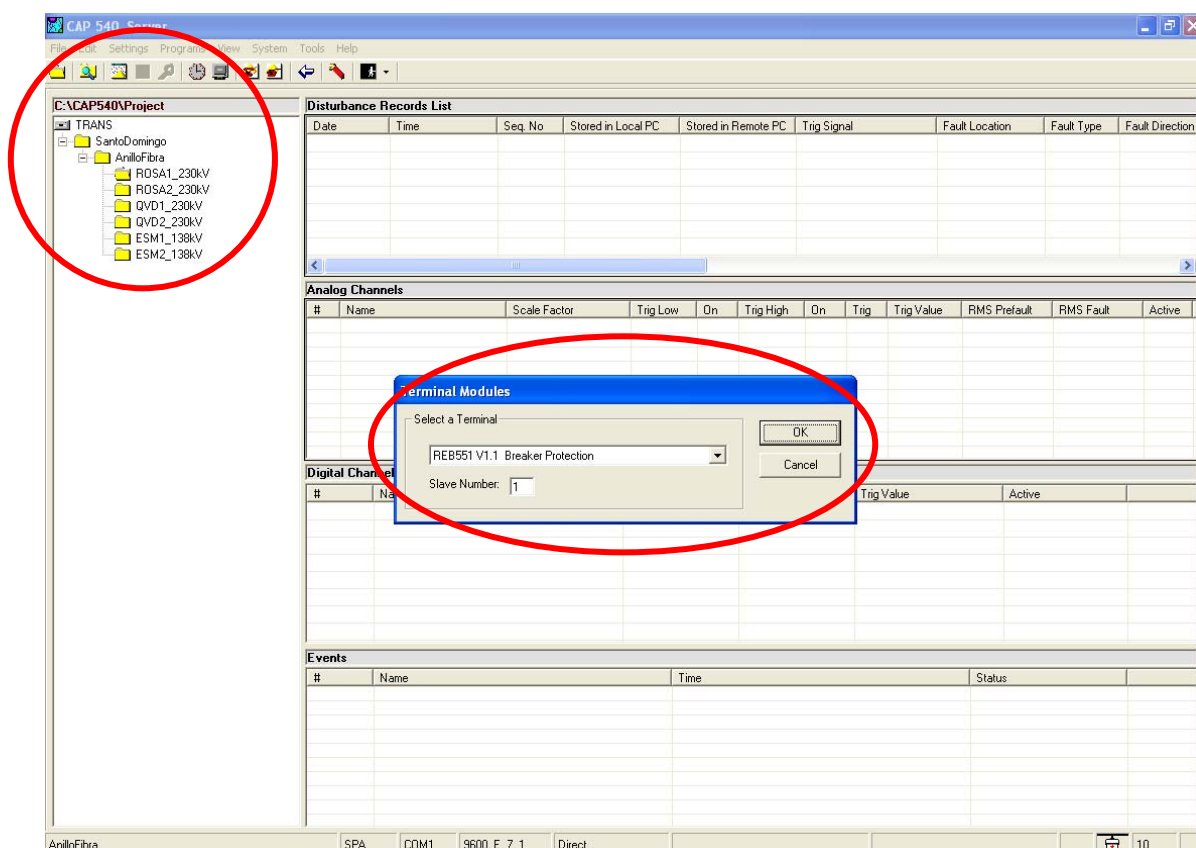


Figura. 3.12. Ventana de creación de árbol y selección de IED

Para nuestro caso se configurarán en el árbol los IEDs como se mostró en la tabla 3.5, pues cabe recordar que en la HMI también se configuró localmente el parámetro del número de esclavo. Una vez seleccionado el modelo se debe hacer clic derecho sobre el IED en el que se desea agregar el *serial number*, luego seleccionar “Properties” como lo muestra la figura 3.13, entonces se desplegará la ventana 3.14 donde en la parte de “Additional Text” se escribirá el *serial number* del equipo para tener una plena identificación de cada equipo.

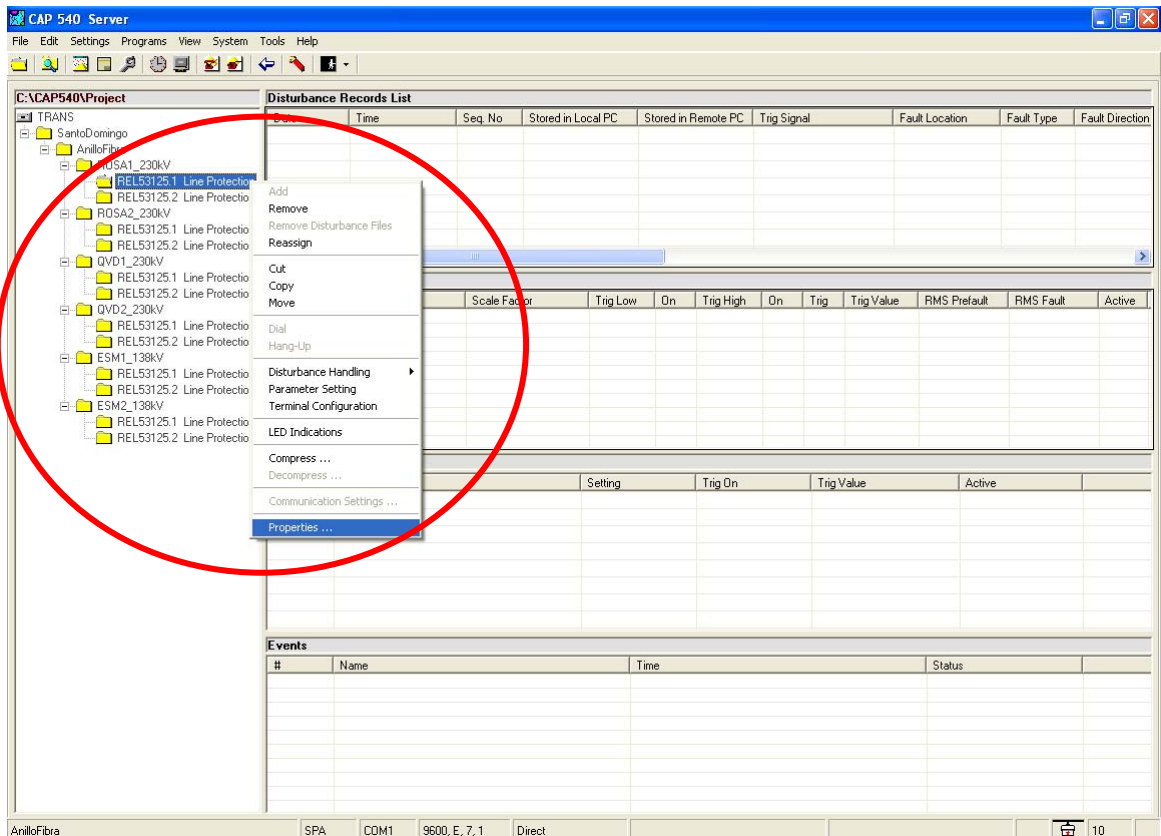


Figura. 3.13. Despliegue para elección de propiedades en IED

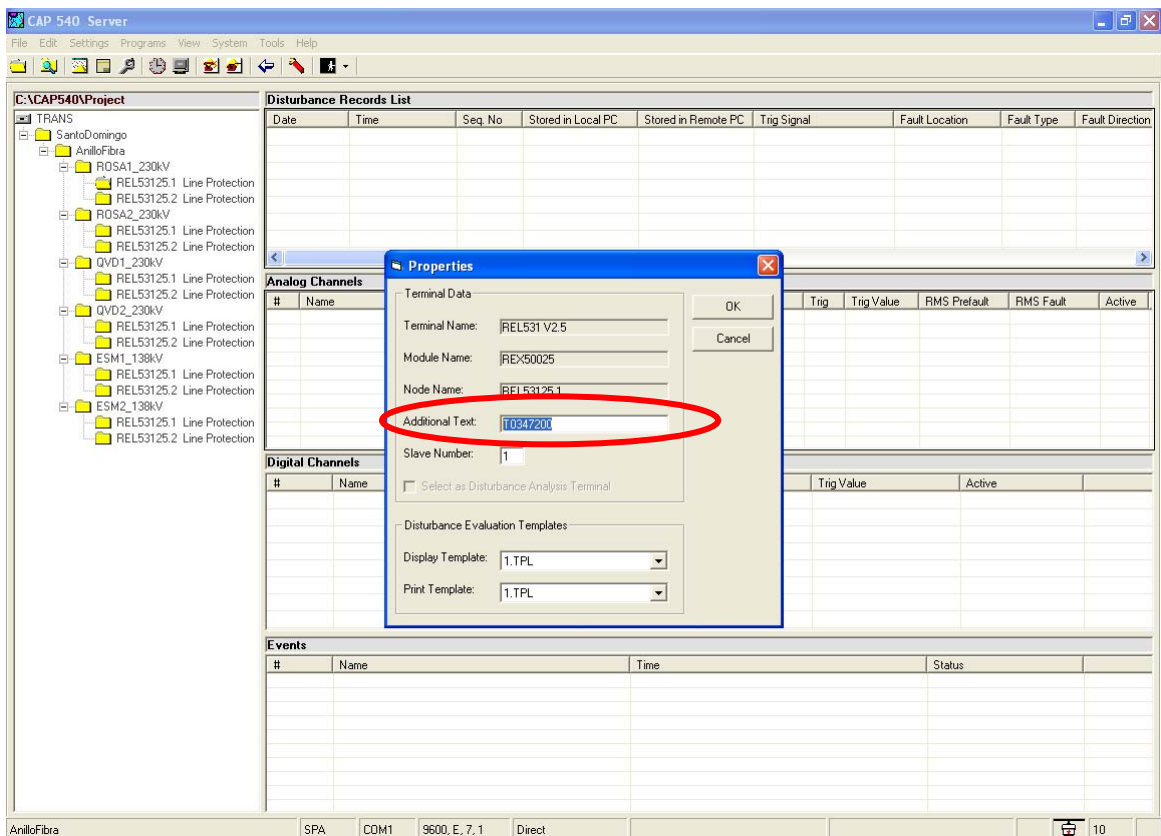


Figura. 3.14. Ventana para ingreso de serial number identificador de IED

Finalmente se tendrá configurado el árbol como se muestra en la figura 3.15 recalcando que se debe poner atención en el parámetro “Slave Number” pues debe ir de acuerdo al diseño.

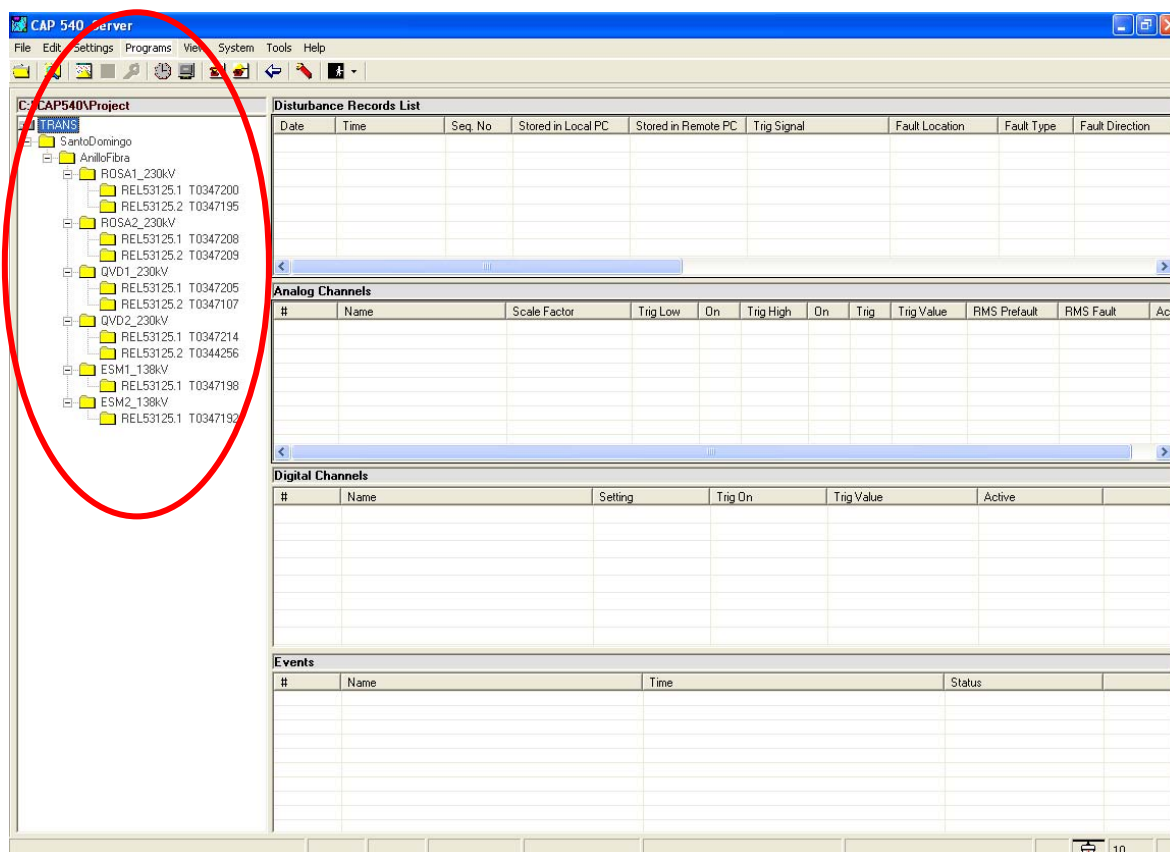


Figura. 3.15. Despliegue de árbol final para subestación Santo Domingo

### 3.3.2 Diseño y configuración de parámetros de comunicaciones

Ahora se procederá a configurar los parámetros de comunicaciones con este software, para ello se hará clic derecho en la parte del árbol donde dice “AnilloFibra”, luego seleccionamos “Communication Settings” como se muestra en la figura 3.16 luego en la ventana que se abre mostrada en la figura 3.17 se configurarán los parámetros necesarios.

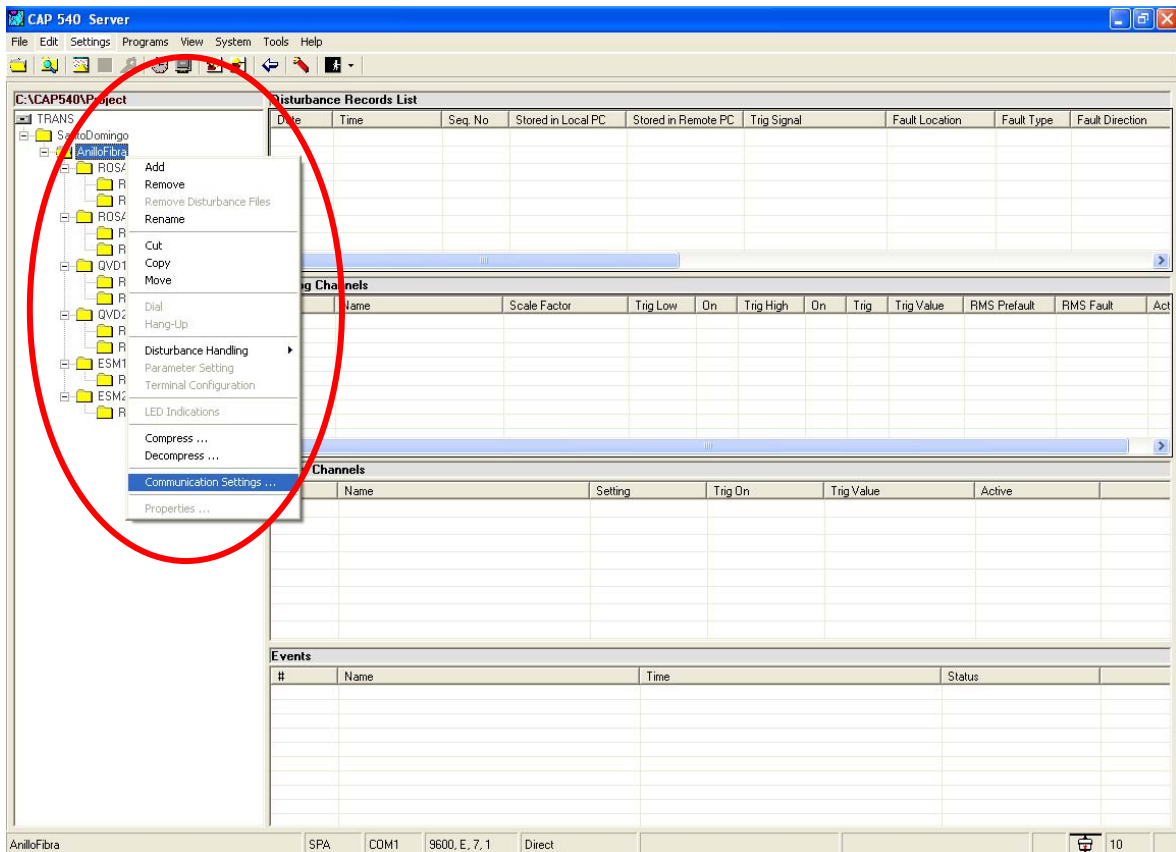


Figura. 3.16. Despliegue para entrada a configuración de comunicaciones

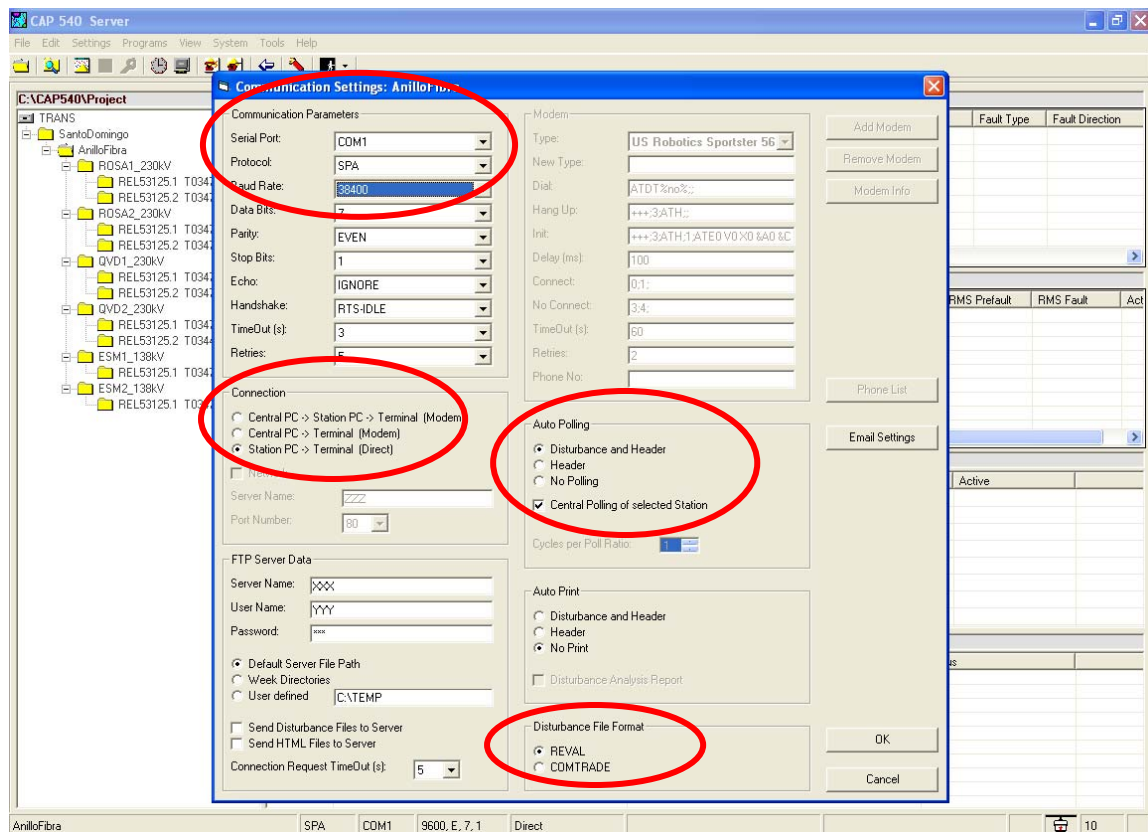
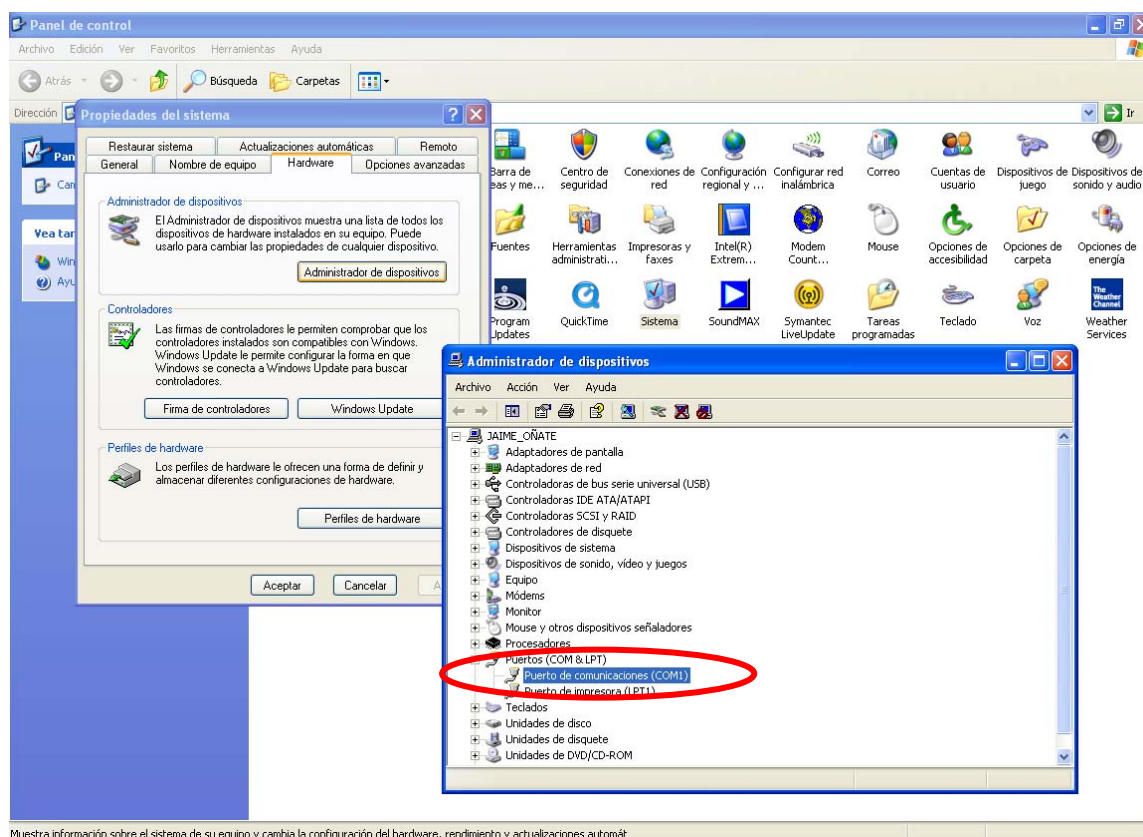


Figura. 3.17. Despliegue para entrada a configuración de comunicaciones



En la ficha “*Communication Parameters*” se deberá cambiar el puerto de comunicaciones serial de la PC, esto se debe verificar en el administrador de dispositivos de Windows de la siguiente forma: se irá a Inicio/Panel de control/Sistema/Hardware/Administrador de dispositivos/Puertos(COM&LPT) y ver el número asignado al puerto de comunicación serial como se muestra en la figura 3.18, de ser necesario, aunque para nuestro diseño se usará el COM1, y el “Baud Rate” que en nuestro diseño fue de 38400 baudios, lo cual también ya fue establecido en la sección anterior.



**Figura. 3.18.** Despliegue para entrada a configuración de comunicaciones

El resto de opciones que se muestran en la figura 3.16 son explicadas en el anexo 2. Como se muestra en este mismo anexo en lo referente a la ficha “*Communication Parameters*” el resto de estas opciones no se deben cambiar pues serán cambiadas automáticamente según el tipo de conexión.

Para la ficha correspondiente a “*Connection*” se debe seleccionar “Station PC->Terminal”.

### 3.3.3 Activación y configuración de “Auto Polling”

En la ficha “Auto Polling” se deberá seleccionar “Disturbance and Header” y deseleccionar “Central Polling of selected Station” debido a que esto permite realizar un salto en el polling de esta subestación.

Para seleccionar el formato en el que se guardarán los archivos se debe seleccionar en la ficha “Disturbance File Format” el formato deseado “Reval” o “Comtrade”, tomando en cuenta que si se selecciona “Comtrade” se guardará en ambos formatos pues el software realiza una conversión de archivos.

Finalmente se podrá enviar por correo electrónico el archivo de eventos y oscilografías ocurridas, se deberán ingresar los datos como se muestran en la figura 3.19, si solo se desea cierto tipo de eventos se deberá activar la casilla “Email Filter” lo cual hará que se envíen correos electrónicos de los eventos únicamente si la señal de disparo “Trig Signal” es una de las seleccionadas en la lista del “Terminal Digital Channels List”.

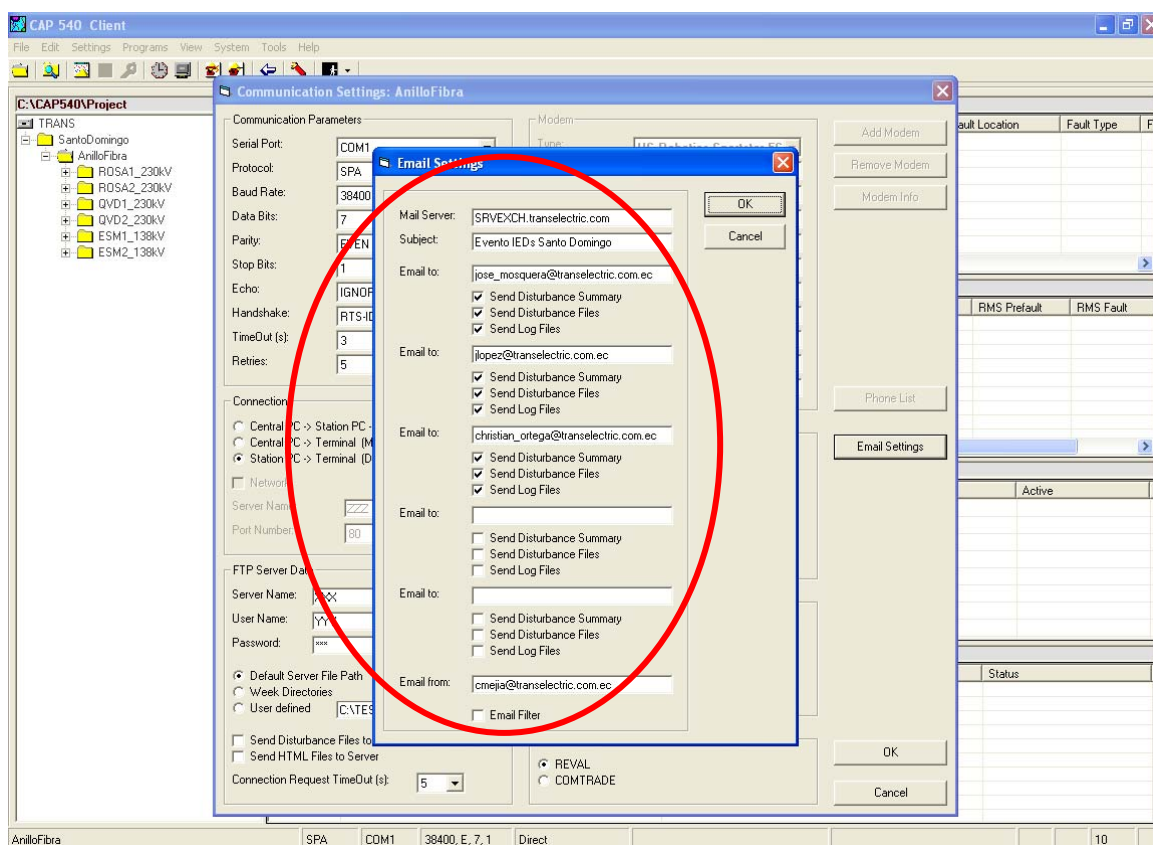
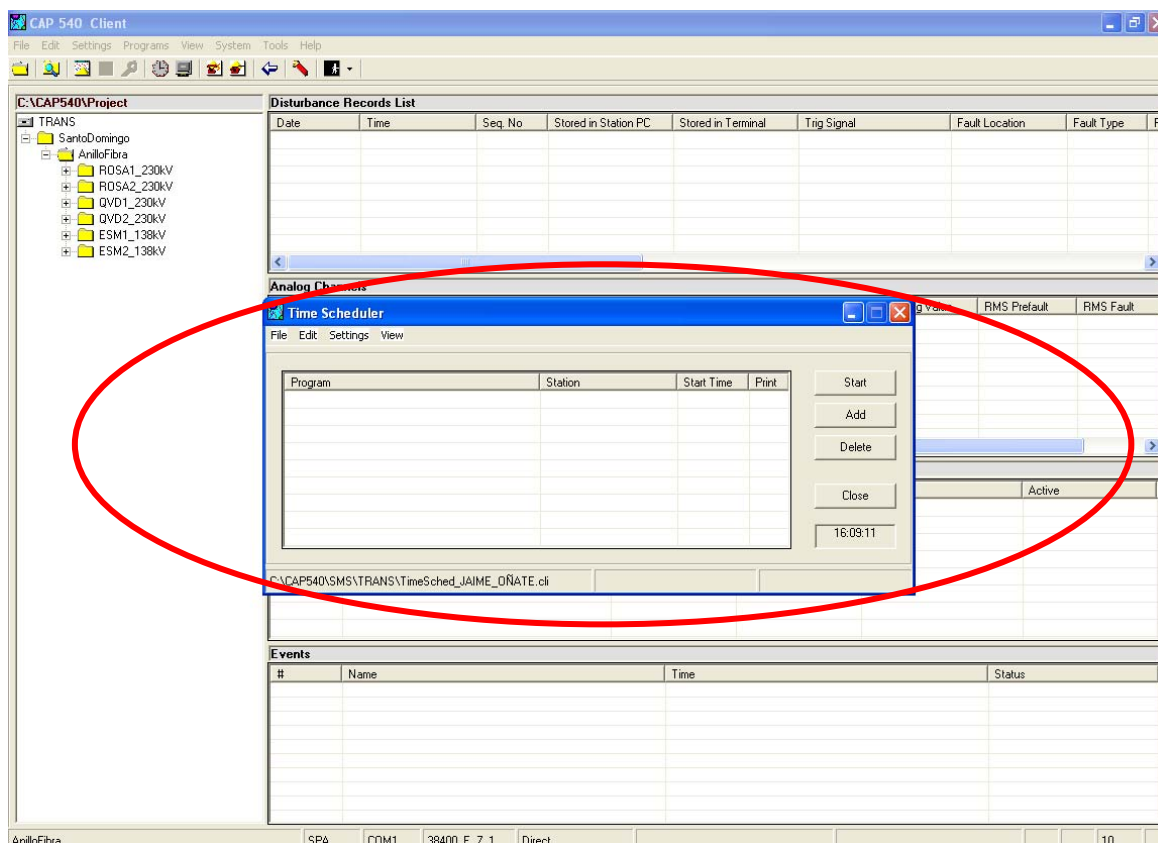


Figura. 3.19. Despliegue de entrada de datos para envío automático de correos



Para que se realice el “Polling” se deberá configurar el parámetro llamado “Time Scheduler” accediendo mediante: Programs/Time Scheduler, donde se desplegará la ventana mostrada en la figura 3.20.



**Figura. 3.20. Despliegue de entrada de datos para “Time Scheduler”**

Al hacer clic en el botón “Add” se mostrarán las bahías existentes, para nuestro caso la llamada “AnilloFibra”, la seleccionamos y presionamos el botón “OK” como se muestra en la figura 3.21.

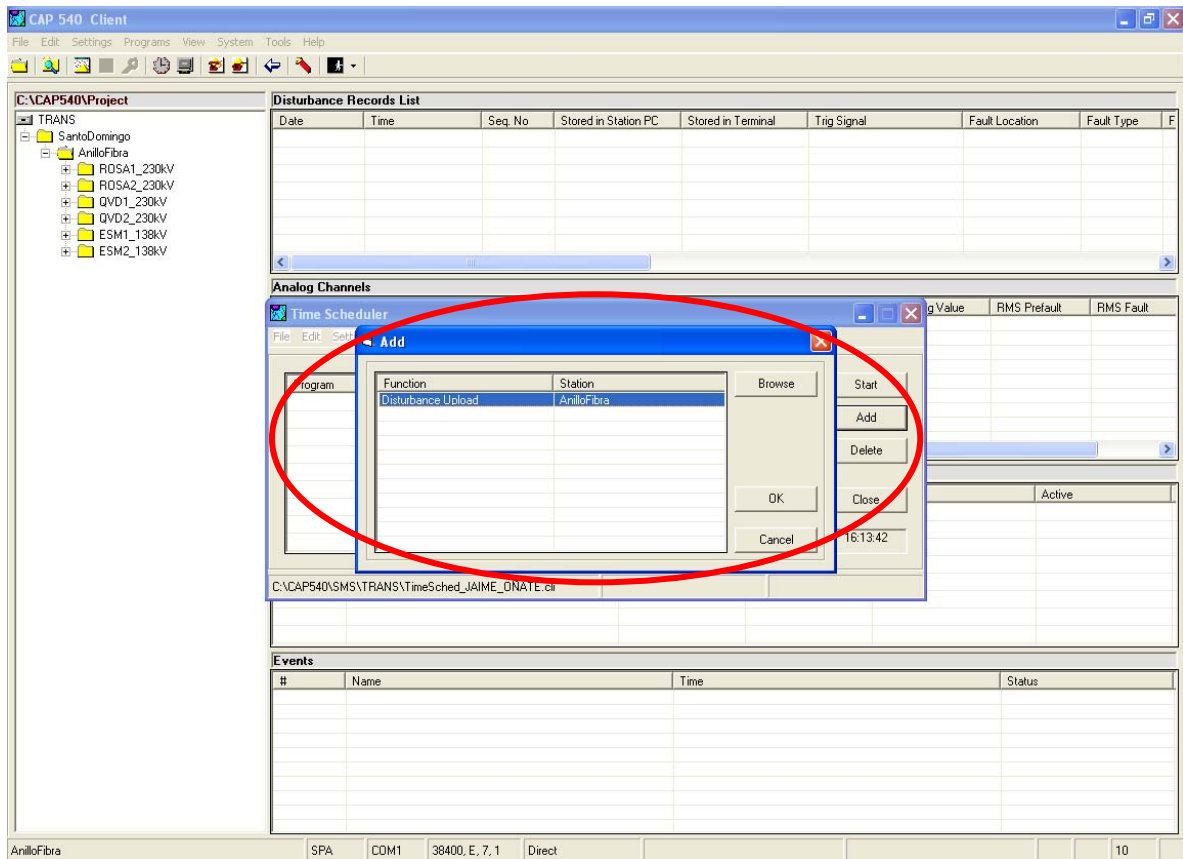


Figura. 3.21. Despliegue para añadir bahías en “Time Scheduler”

Luego de presionar “OK” la ventana mostrada en la figura 3.22 aparecerá, donde se encuentra la bahía que habíamos seleccionado.

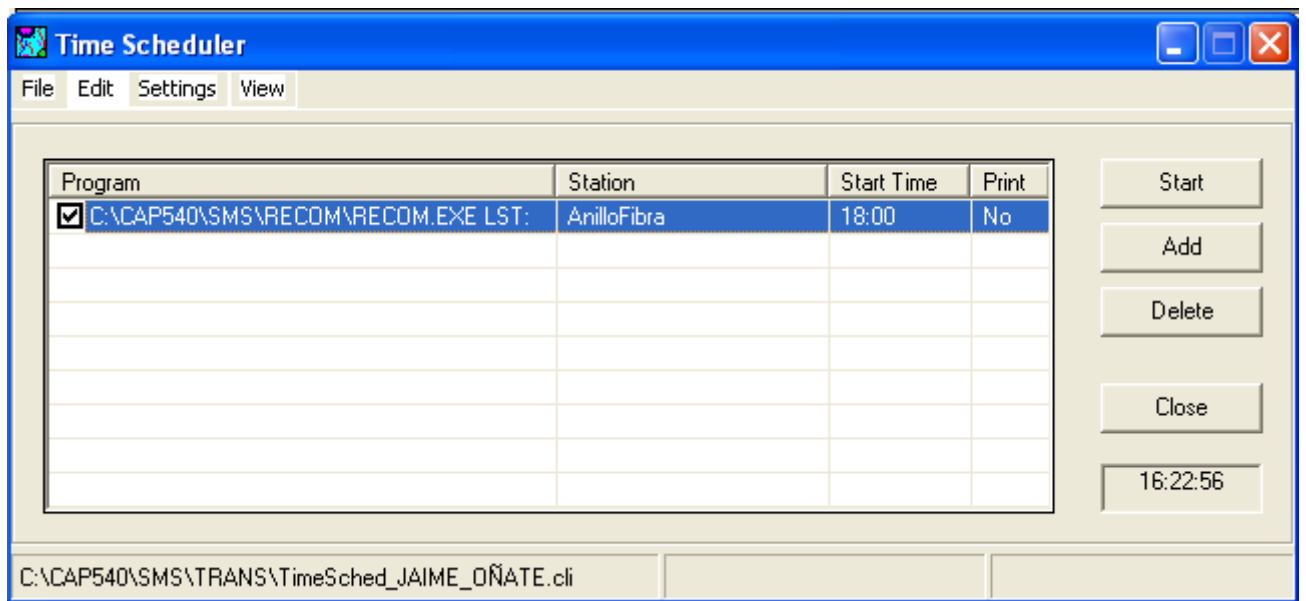
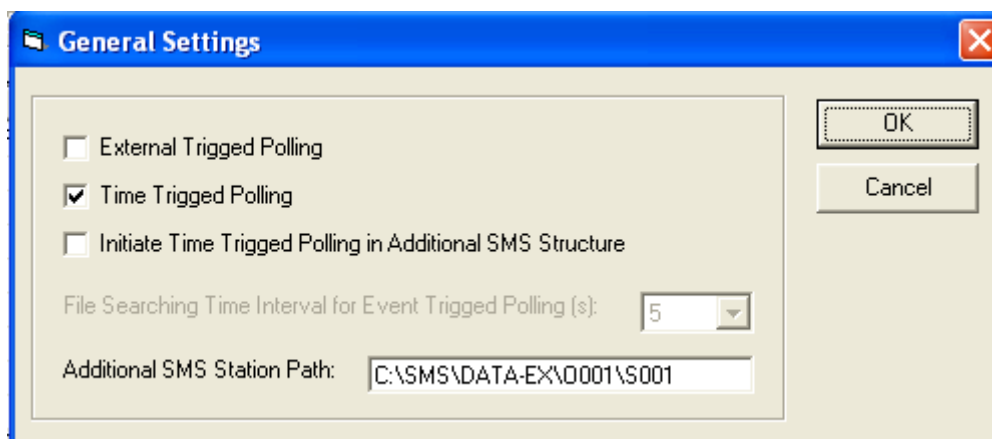


Figura. 3.22. Despliegue para seteo en bahías de “Time Scheduler”

Se procederá entonces en primer lugar a ir a Settings/General, en donde aparecerá la ventana mostrada en la figura 3.23, seleccionamos la opción “Time Triggred Polling”, que permitirá que el reloj dispare el polling, finalmente hacemos clic en el botón “OK”; el resto de funciones de dicha ventana se detallan en el anexo 3.



**Figura. 3.23. Despliegue para seteo de tipo de polling**

Se vuelve a visualizar entonces la ventana 3.22 en donde ahora se procederá a ir a Edit/Propiedades donde se seleccionará periodicidad que se requiera en el polling, para nuestro caso será cada minuto en todas las horas del día por lo que la selección en Periodicity (hours) y Periodicity (minutes) será de 01 respectivamente, como se muestra en la figura 3.24.

Presionamos “OK”, entonces se volverá a una ventana similar a la 3.22; la diferencia única será lo que se muestra en la columna de “Start Time” pues se desplegará la hora de inicio del polling según el reloj de la PC del computador donde se esté trabajando, finalmente se presionará “Start” para iniciar el proceso de polling, esta ventana no deberá ser cerrada pero si podrá ser minimizada permitiendo ejecutar otras aplicaciones.

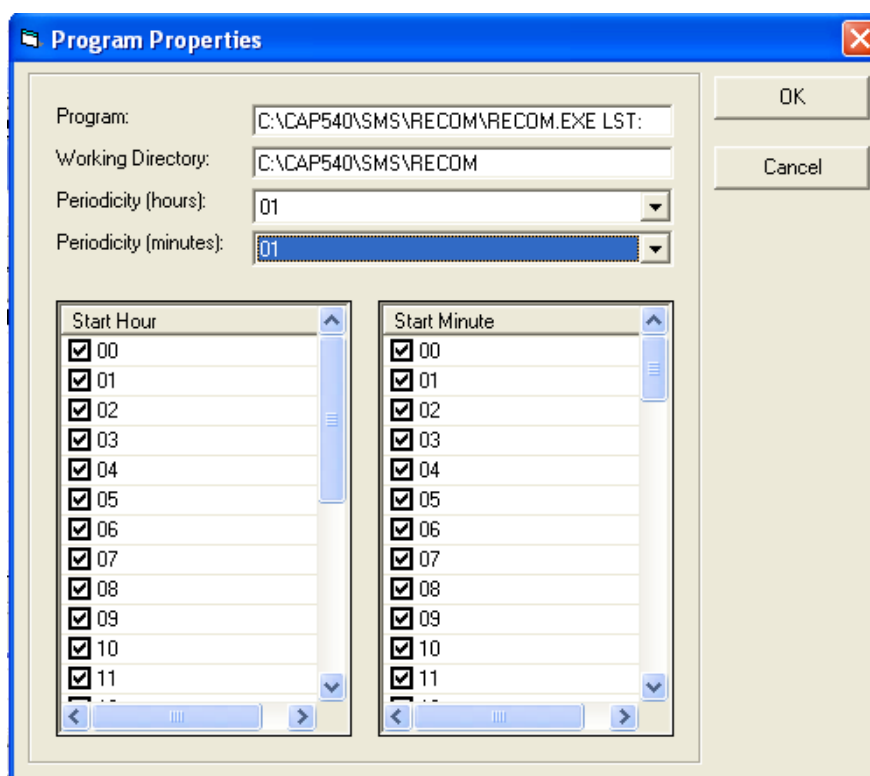


Figura. 3.24. Despliegue para seteo de tiempos de polling

En lo referente a sincronización de la red se tiene en este software la posibilidad de hacerlo mediante la herramienta llamada “Time Synchronization” la cual hará que la red interna de IEDs se sincronicen al reloj del PC y que este proceso se pueda realizar automáticamente cada cierto tiempo. El proceso se lo realizará de la siguiente manera: se debe ir a Programs/Time Synchronization, donde se desplegará la ventana mostrada en la figura 3.25. Se deberá igualar la fecha y la hora en la ficha “Time Settings”, una vez realizado esto se presionará el botón “Set PC Clock” lo cual hará que se iguale la fecha y hora seteada al reloj del PC y de esta manera se sincronice con el programa.

En la ficha “Time Cyclicity” se seleccionará la periodicidad con la que se desearán sincronizar los IEDs, para nuestro caso será cada 30 minutos. Para sincronizar instantáneamente presionamos el botón “Sync Now”, luego presionamos “Start Cycling” para que el sistema empiece a sincronizar automáticamente la red dentro del intervalo seleccionado. Esta ventana tampoco se deberá cerrar, solo se podrá minimizar para ejecutar otras acciones.

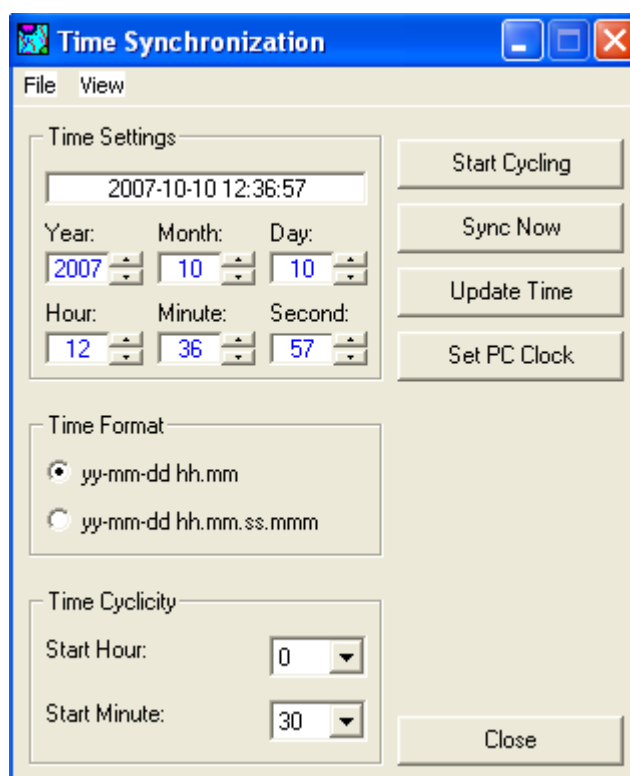


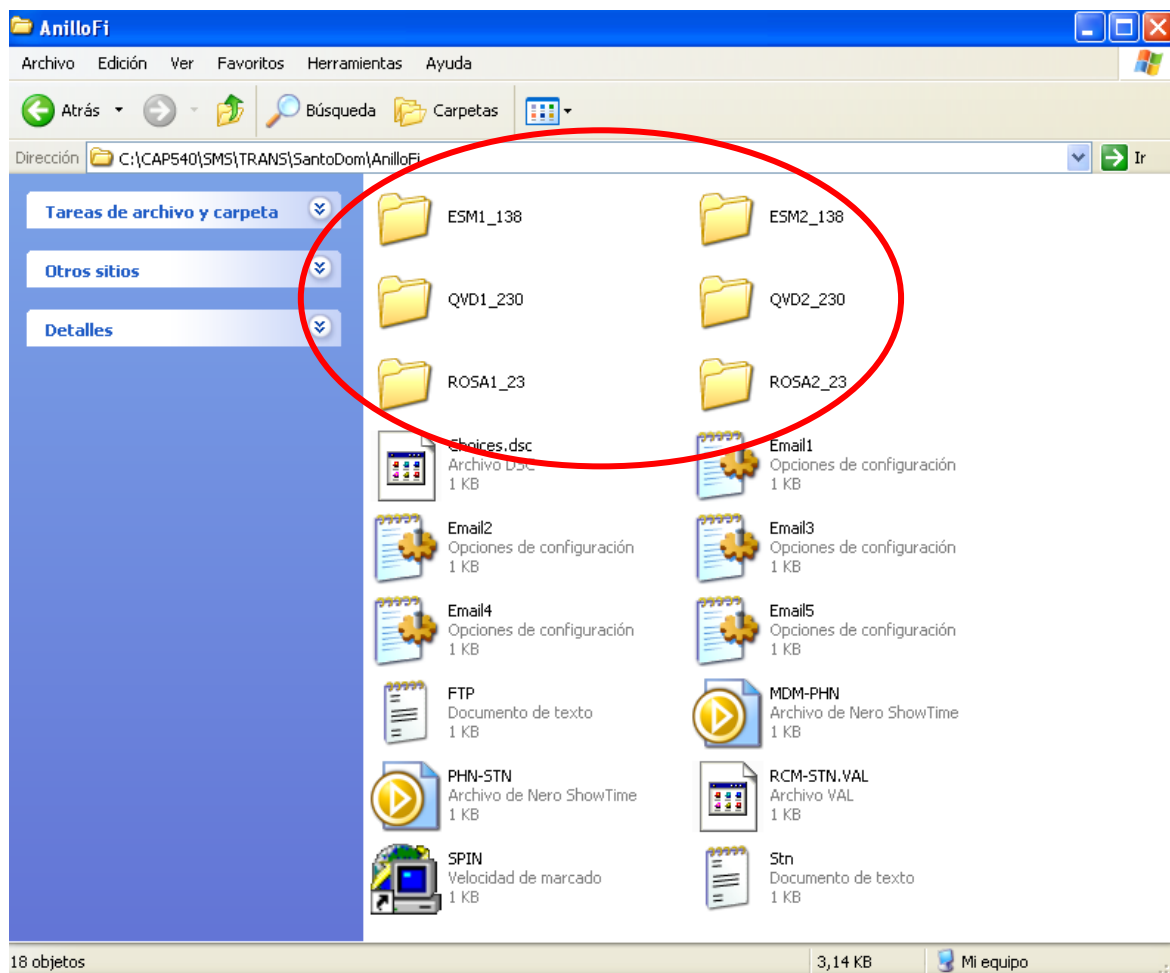
Figura. 3.25. Despliegue de herramienta de sincronización “Time Synchronization”

### 3.3.4 Configuración de compartición y descarga remota de eventos

En primer lugar para la compartición de eventos en el PC servidor, este proceso se deberá realizar por una sola vez al momento de implementar la red, debido a que se almacenarán automáticamente los eventos (oscilografías y registros) en una ubicación, la dirección en la que se almacenarán será igual a la dirección del árbol de IEDs, por ejemplo si deseáramos observar algún evento de la línea “138kV ESM1” se deberá acceder de la siguiente manera: C:\CAP540\SMS\TRANS\SantoDom\AnilloFi\ESM1\_138\REL53125.1.

En esta ubicación se observará el nombre del o los eventos, seguido de la extensión dependiendo del formato en el que se haya elegido guardar como se vio en la sección 3.3.2, es decir \*.REH para formato REVAL y \*.CFG para formato COMTRADE. Si se eligió guardar en formato COMTRADE se observará un evento en las dos extensiones, debido a que el programa al elegir este formato únicamente convierte el archivo de formato REVAL a COMTRADE.

Podemos observar entonces que todos los eventos se almacenarán automáticamente en la ubicación: C:\CAP540\SMS\TRANS\SantoDom\AnilloFi donde se tendrá la figura 3.26 y luego se accederá a la línea de la cual se desea descargar la oscilografía y finalmente al IED que corresponda.



**Figura. 3.26. Carpeta “AnilloFi” donde se almacenan eventos**

Entonces se procederá a compartir en la red esta carpeta “AnilloFi” configurando la compartición de tal manera que se de acceso a los usuarios que se desee y las restricciones que cada uno de ellos debe tener, se sugiere que todos los usuarios tengan solo la posibilidad de copiar esta información; en este diseño se consideró un PC cliente al cual se deberá necesariamente compartir la información pues estará ubicado en el COT, el cual era objetivo de este proyecto.

En cuanto a la descarga como se mencionó anteriormente se deberá acceder a la bahía e IED del cual se desean descargar eventos y copiarlos a la

PC, lo importante es que siempre se tendrá la información compartida en la red, por lo que casi en tiempo real al obtener el evento el PC servidor, tendrá la información el PC remoto.

### 3.4 COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO PARA COMUNICACIONES

El software CAP 540 permite realizar la comprobación del estado de las comunicaciones de cada dispositivo del anillo de IEDs, el procedimiento a seguir para realizarlo deberá ser el siguiente: Se debe seleccionar el IED que se desea verificar en el árbol de IEDs, luego ir a Tools/Terminal Emulator, al acceder se desplegará la figura 3.27.

Las funcionalidades generales de esta ventana se muestran en el anexo 4, el mensaje que se enviará por defecto será “RF” lo cual según este protocolo significa Read (R) Slave identification data (F)<sup>9</sup> es decir el IED devolverá su número de esclavo escrita en su protocolo en la columna “Receive”.

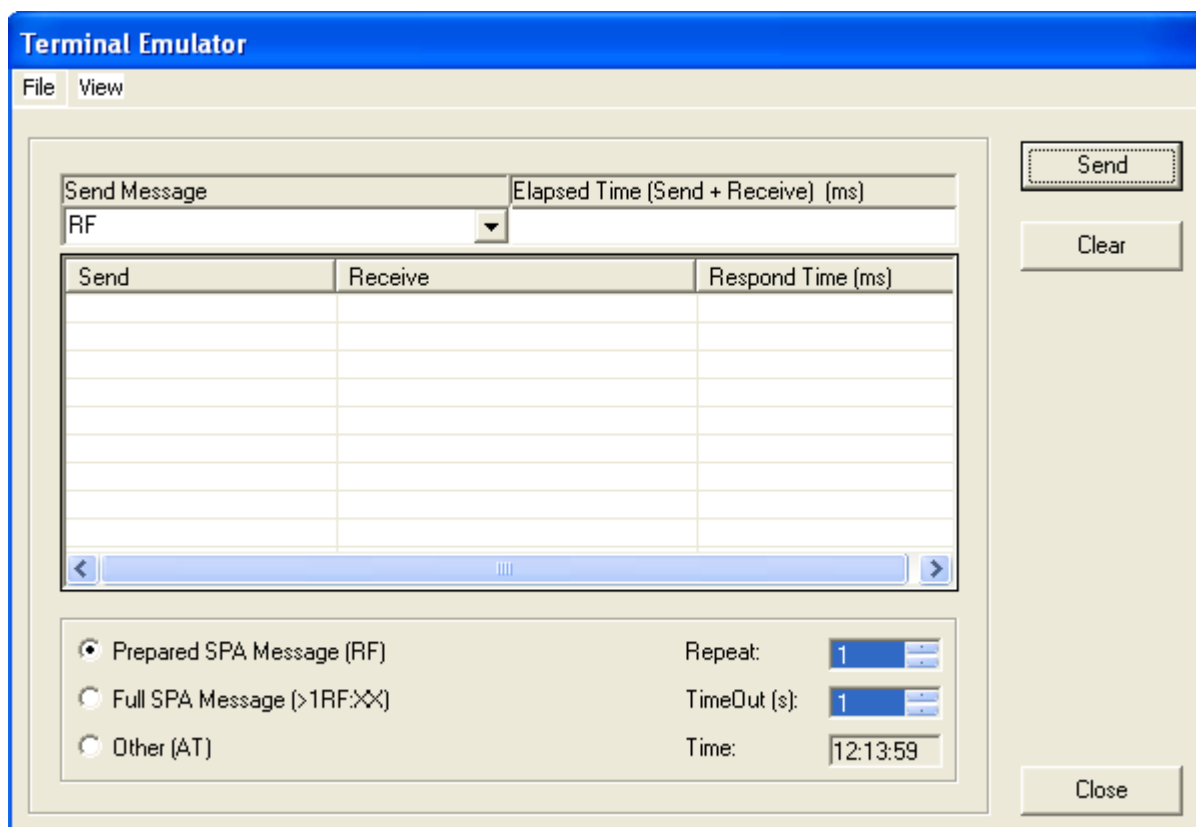
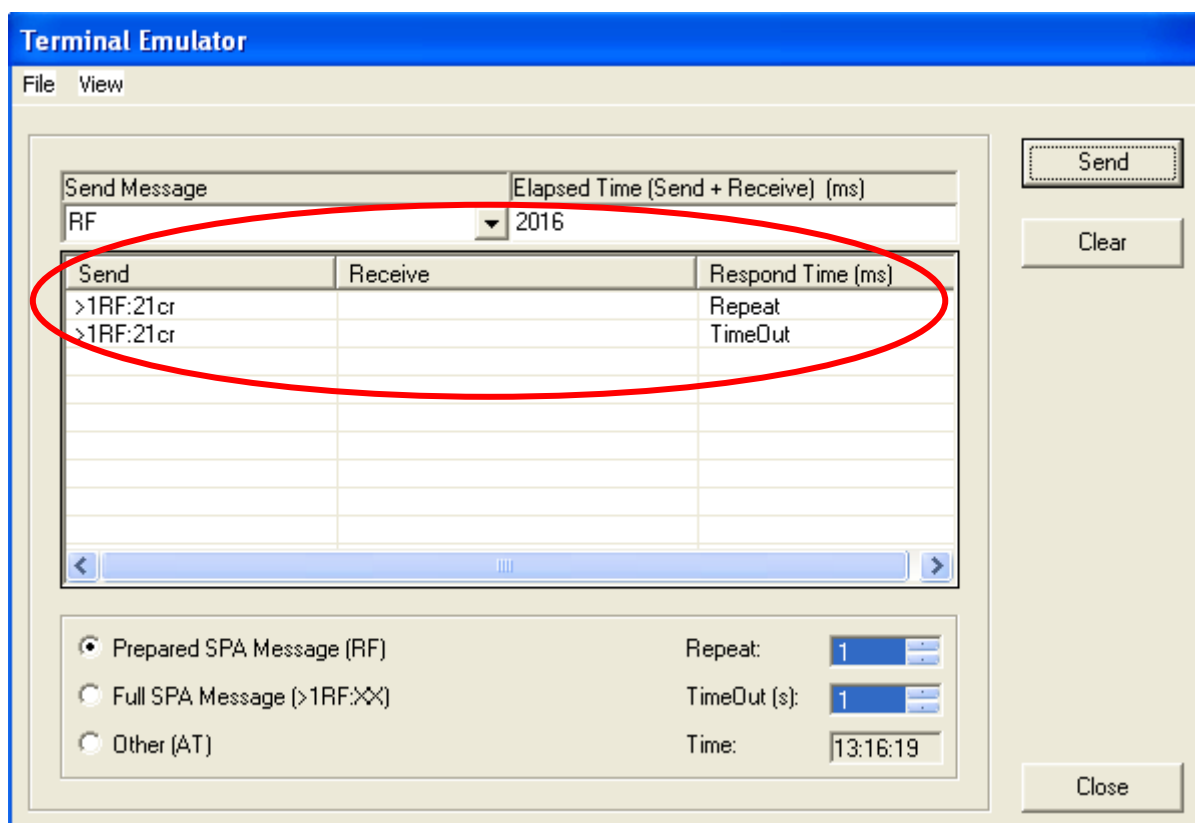


Figura. 3.27. Despliegue de herramienta de emulación SPA

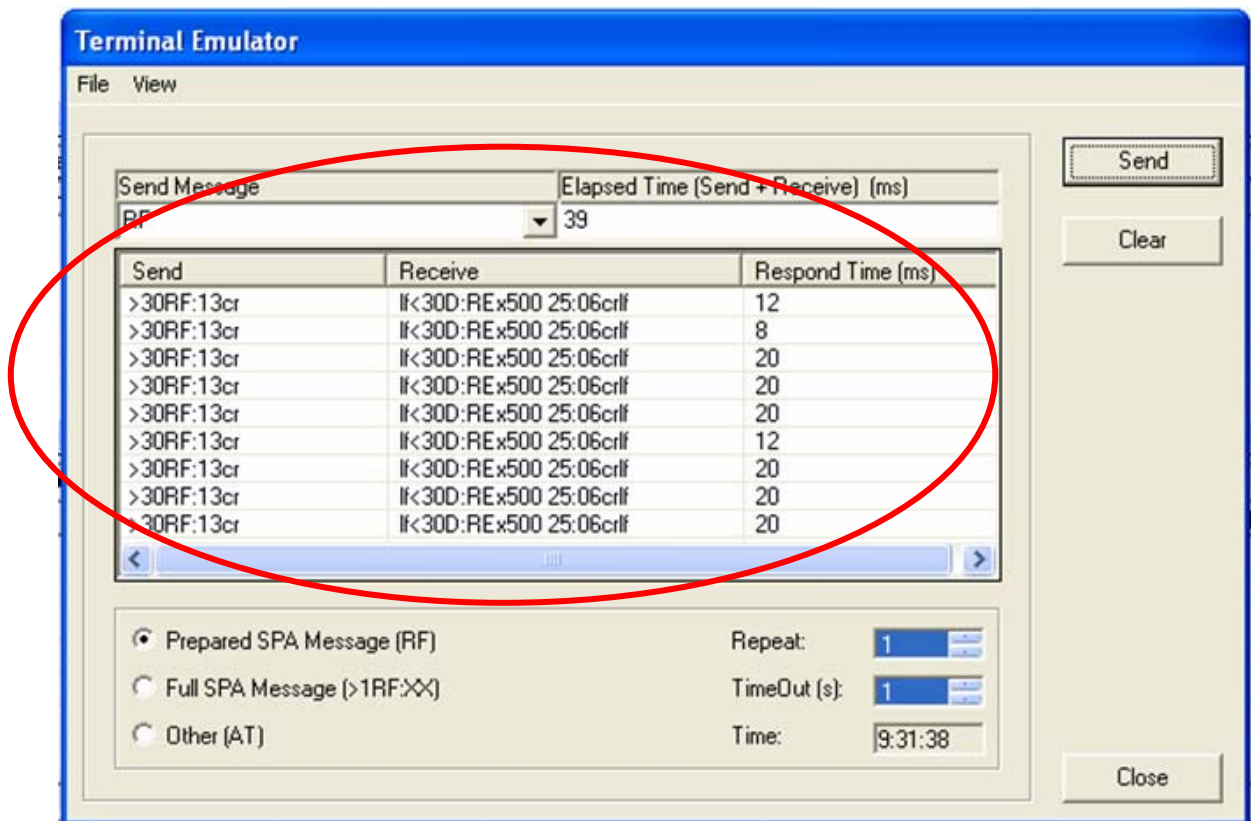
El enviar el mensaje por defecto presionando el botón “Send” se desplegará la figura 3.28 en el caso de que no se ha logrado establecer una comunicación, entonces se deberá revisar primero la parte lógica, es decir si el número de esclavo de IED coincide con el número asignado en el árbol del software como se mostró en la sección 3.3, si esto es correcto se revisará la parte de conexiones físicas.



**Figura. 3.28. Despliegue de falla en la conexión a IED**

Si la conexión lógica y física es correcta entonces se recibirá un despliegue como el mostrado en la figura 3.29, en esta se ha ejecutado varias veces este comando por medio del botón “Send” para notar que el tiempo de respuesta puede variar, lo cual no implica una falla en la conexión.





**Figura. 3.29. Despliegue cuando es exitosa la conexión a IED**

En la figura 3.29 se aprecia que si se elige un IED cuyo número de esclavo es 30, el mensaje se iniciará con 30 como se ve en la columna de “Send” y en la de “Receive” luego de “If<” también aparece el mismo número de esclavo. Esto quiere decir que se ha realizado una correcta conexión<sup>10</sup> con el IED que tiene por número de esclavo 30 que fue seleccionado previo a entrar a esta herramienta.

# CAPÍTULO IV

## ANÁLISIS ECONÓMICO

### 4.1 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

#### 4.1.1 Definición

Es la tasa que reduce a cero las equivalencias del valor presente neto, valor futuro o valor anual en una serie de ingresos y egresos. Es un índice de rentabilidad ampliamente aceptado, el cual va a mostrar si conviene invertir en un determinado proyecto.<sup>11</sup>

#### 4.1.2 Fórmula

$$TIR = \sum_1^j \frac{I}{(1+i)^j} - \sum_1^j \frac{E}{(1+i)^j}$$

Donde:

I=Ingreso del periodo

E=Egreso en el periodo

i=Tasa de interés o de descuento

j=Periodo

#### 4.1.3 Interpretación

La interpretación de este indicador se da por la comparación entre el valor de “i” con el TIR, así:

- *Rentable*: Conviene invertir en el proyecto  $\Leftrightarrow TIR > i$
- *No Rentable*: No conviene invertir en el proyecto  $\Leftrightarrow TIR < i$
- *Poco Rentable*: El inversionista evalúa si conviene o no  $\Leftrightarrow TIR = i$

## 4.2 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

### 4.2.1 Definición

Permite encontrar la equivalencia de los flujos de efectivo futuros de un proyecto, para después compararlos con la inversión inicial. Se utiliza para evaluar si conviene invertir ahora en un proyecto, y si en el futuro convendrá recibir ese rendimiento.<sup>12</sup>

### 4.2.2 Fórmula

$$VAN = \sum_1^j \frac{I}{(1+i)^j} - \text{Inversión Inicial}$$

Donde:

I=Suma del período (flujos de efectivo)

i=Tasa de interés o de descuento

j=Periodo

### 4.2.3 Interpretación

Cuando el valor actual neto es positivo, el proyecto es viable ya que cubre la inversión y genera beneficios adicionales. Cuando el valor actual neto es negativo, el proyecto debe rechazarse ya que los beneficios esperados no cubren la inversión inicial, si es cero no aumentará ni disminuirá el capital de la empresa, por lo tanto el proyecto es indiferente, por tanto si el proyecto se lleva a cabo, es porque se han priorizado otros aspectos; entonces resumiendo, el criterio de decisión es el siguiente:

- *Conviene invertir*: Proyecto se acepta  $\Leftrightarrow VAN > 0$
- *No conviene invertir*: Proyecto no se acepta  $\Leftrightarrow VAN < 0$
- *Evaluar*: El inversionista decide en base a otros aspectos  $\Leftrightarrow VAN = 0$

### 4.3 APLICACIÓN A PROYECTO

Una vez fundamentado lo que es el TIR y VAN, se procederá a realizar el respectivo análisis económico. Para esto cabe analizar las implicaciones que tendrán lo que se considerará como ingresos y egresos.

Para los egresos se tomarán en cuenta los gastos que implica el realizar la red de IEDs y los costos referentes a equipos, tanto en la subestación como en el COT.

Para los ingresos se debe tomar en cuenta que en sí son intangibles, entonces se considerarán ingresos a todos los gastos que TRANSELECTRIC S.A. *deje de efectuar y a la energía que pudo haber despachado si se hubiese obtenido la información oportunamente* con la red de IEDs.

Al referirse a los ingresos se analizará entonces las siguientes 3 fuentes principales:

1. El costo día hombre que cubriría el traslado, sueldo, etc., de una persona empleada por TRANSELECTRIC S.A para ir a la subestación a realizar las descargas de forma manual en cada equipo por cada falla ocurrida en las líneas que estos equipos protegen, para lo cual se necesitará determinar el número de fallas ocurridas en un período determinado, el costo día hombre promedio y los días que tomaría el descargar dichas fallas tomando en cuenta que el presente proyecto se centra en la subestación Santo Domingo.
2. El costo de no tener la información oportunamente; esto es muy difícil de establecer con exactitud, pero puede traducirse a toda la energía que se dejó de despachar (no servida) debido a las fallas ocasionadas por no tener esta información oportunamente, puesto que el traslado de aquella persona tratado en el punto uno, implicaría tener la información con varias horas de retraso para luego realizar el análisis y tomar correctivos. Un número determinado de fallas podrían ser evitadas al obtener la información oportunamente pero indudablemente no todas las fallas

pueden ser atribuidas a este factor (no tener información oportunamente), por lo que para determinar la diferencia real se debería tener funcionando esta red durante un tiempo determinado para evaluar la diferencia de fallas que se obtuvieron antes de la red de IEDs y después de la red de IEDs para posteriormente analizar cuanta energía se dejó de entregar en cada una de esas fallas por ende se podrá obtener el costo de la energía en dichas fallas, lo cual sumado dará el costo total de la energía no servida en la subestación debido a esta causa.

3. Finalmente la tercera fuente son los costos políticos, pues cuando existen este tipo de fallas los clientes a quienes se provee la energía buscan tener reuniones para analizar el porqué de las mismas, incluso la falta de energía en ciertas zonas involucra reuniones con comités de paro, autoridades locales, etc., lo cual involucra un gasto adicional para TRANSELECTRIC S.A., lo cual también se podría determinar mediante los lineamientos del punto dos, pero esta vez estableciendo cuales tuvieron consecuencias políticas y los costos de dichas reuniones.

Debido a que el sistema no se encuentra implementado aún, se procederá a incluir en nuestro análisis económico únicamente el punto uno y parcialmente el punto 2 pues como ya se dijo para los demás puntos el sistema debería estar funcionando durante un tiempo determinado.

Para realizar este análisis económico se ha procedido a buscar el total de fallas en la base de datos de eventos de TRANSELECTRIC S.A. lo cual se ha resumido en la tabla 4.1 desde el año 2004 hasta septiembre 2007.

**Tabla. 4.1. Tabla de fallas en líneas de protección de IEDs- subestación Santo Domingo**

LÍNEA	AÑO			
	2004	2005	2006	2007
Santo Domingo-Santa Rosa	1	1	1	3
Santo Domingo-Quevedo	0	0	0	0
Santo Domingo-Esmeraldas	2	7	3	5
<b>Total anual</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
<b>Total a la fecha</b>	<b>23</b>			

Entonces el total de veces que ha debido acudir personal de TRASNELECTRIC S.A a descargar los reportes de fallas de los IEDs ha sido veinte y tres durante los últimos casi 4 años.

Lo siguiente que se determinará es el costo día-hombre y hora-hombre, tomando en cuenta que actualmente estas actividades entre otras las realizan los ingenieros del departamento de gestión de protecciones, para posteriormente entregar al departamento de operación. Se tomarán meses de 22 días y días de 8 horas laborables. Esto se sintetiza y calcula en la tabla 4.2.

**Tabla. 4.2. Tabla de fallas en líneas de protección de IEDs- subestación Santo Domingo**

Parámetro	Costo Promedio
Mes-Hombre	1000,00
Día-Hombre	45,45
Hora-Hombre	5,68

Finalmente en la tabla 4.3 se sintetizará esta información y se procederá a hacer el cálculo de los ingresos y egresos tomando como parte de los ingresos una estimación mínima aproximada de la energía que se pudo haber despachado si se hubiere tenido la información oportunamente. Finalmente se realizará la determinación del TIR y VAN dentro de la misma tabla.

Tabla. 4.3. Análisis económico para red de IEDs subestación Santo Domingo a COT Quito

RED DE IEDs SUBESTACIÓN SANTO DOMINGO-TRANSELECTRIC S.A.	ESTIMACIÓN FLUJO DE CAJA ANUAL			
	0 2004	1 2005	2 2006	3 2007
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>\$3.315,91</b>	<b>\$90,91</b>	<b>\$90,91</b>	<b>\$90,91</b>
<b>1. COSTO TOTAL DE EQUIPOS Y MANTENIMIENTO</b>	<b>\$3.315,91</b>	<b>\$90,91</b>	<b>\$90,91</b>	<b>\$90,91</b>
1 Gateway SPA-ZC 22 A 2B 0M	\$1.500,00			
12 Cables ópticos plásticos longitud 20m.	\$120,00			
2 PCs (cumple con requerimientos anexo 5)	\$1.600,00			
Disco duro 20GB				
Memoria RAM 512MB				
Tarjeta de red ethernet				
Puerto USB ó RS-232				
Licencia Windows XP SP2				
Mouse				
Teclado				
Monitor				
1 Cable RS232 DB25 a DB9	\$5,00			
Mantenimiento de red (2 días-hombre)	\$90,91	\$90,91	\$90,91	\$90,91
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>\$1.246,77</b>	<b>\$768,67</b>	<b>\$1.422,52</b>	<b>\$1.348,87</b>
<b>FALLAS EN LÍNEAS DE PROTECCIÓN DE IEDs SANTO DOMINGO</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
Santo Domingo-Santa Rosa	1	1	1	3
Santo Domingo-Quevedo	0	0	0	0
Santo Domingo-Esmeraldas	2	7	3	5
<b>DÍAS PARA ADQUISICIÓN Y ENTREGA EVENTOS</b>	<b>6</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>16</b>
<b>2 días laborables para cada falla</b>				
Santo Domingo-Santa Rosa	2	2	2	6
Santo Domingo-Quevedo	0	0	0	0
Santo Domingo-Esmeraldas	4	14	6	10
<b>2. COSTO TOTAL POR FALLAS DIAS-HOMBRE</b>	<b>\$272,73</b>	<b>\$727,27</b>	<b>\$363,64</b>	<b>\$727,27</b>
Santo Domingo-Santa Rosa	\$90,91	\$90,91	\$90,91	\$272,73
Santo Domingo-Quevedo	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Santo Domingo-Esmeraldas	\$181,82	\$636,36	\$272,73	\$454,55
<b>3. COSTO TOTAL ENERGÍA NO SERVIDA POR FALTA DE INFORMACIÓN</b>	<b>\$974,04</b>	<b>\$41,40</b>	<b>\$1.058,88</b>	<b>\$621,60</b>
Total de energía no servida (MWh)	81,170	3,450	88,240	51,800
4% energía no servida (MWh)	3,247	0,138	3,530	2,072
\$0,30 dólares cada KWh energía servida	\$300,00	\$300,00	\$300,00	\$300,00
<b>TOTAL (USD)</b>	<b>-\$2.069,14</b>	<b>\$677,76</b>	<b>\$1.331,61</b>	<b>\$1.257,96</b>
Tasa de descuento por intereses en adquisiciones: 12%				
<b>Tasa Interna De Retorno (TIR):</b>		<b>24,09%</b>		
<b>Valor Actual Neto (VAN):</b>		<b>\$440,13</b>		

## CONCLUSIONES

- Se consiguió realizar un diseño que optimice los recursos que TRANSELECTRIC S.A. obtuvo previamente para la red LAN como se vio en los antecedentes y tome en cuenta la situación actual de las comunicaciones en la red WAN, para de esta manera cubrir totalmente el requerimiento planteado.
- Se pudo dar un valor agregado a este diseño, debido que a más de cumplir con el requerimiento inicial se ha logrado establecer un sistema de interrogación o *polling* para cada IED, lo cual permite al usuario tener la información de forma automática al ocurrir un evento, evitando que deba acceder al IED ante cada evento, eliminando el riesgo de que la parametrización del equipo pueda ser alterada y afectada al realizar este proceso.
- Se logró nuevamente ir más allá del requerimiento inicial ya que se consiguió automatizar el sistema para que envíe correos electrónicos a determinados usuarios al ocurrir un evento, los datos que llegan son el encabezado y contenido básico del evento para que pueda ser ubicado fácilmente en el servidor y de esta manera acceder y descargarlo rápidamente.
- Inicialmente se requería que se pueda acceder a la información entregada por un IED ante un evento desde un PC cliente ubicado en el COT, pero con este diseño se logró que pueda ser accedida la información desde cualquier PC dentro de la red corporativa de TRANSELECTRIC S.A., con la única condición que tenga el permiso del administrador del sistema.
- El PC servidor almacenará de forma segura la información provista por los IEDs en este diseño, debido a que en el sistema solo se permite la descarga de la información de parte de los clientes, eliminando el hecho de que pueda ser borrada o cambiada remotamente.



- Al realizar el diseño se ha logrado obtener los datos con una frecuencia menor a un minuto, debido a que el software utilizado permite realizar una adquisición mediante el *polling* de cada IED a una frecuencia de cada minuto, el retraso que se obtendrá entonces en el peor de los casos será menor a un minuto debido a que si el evento ocurre en el momento en que se pasó la interrogación, la siguiente se realizará durante el minuto posterior, por lo que será reportado.
- Se ha analizado el costo que tendría la implementación y mantenimiento de esta red. El análisis económico arroja que el proyecto es rentable puesto que el TIR obtenido fue del 24,09% lo cual es mayor al 12% que se tiene por concepto de tasa de descuento por intereses en adquisiciones y que es muy conveniente invertir en el mismo puesto que el VAN obtenido fue de \$440,13 lo cual es mucho mayor que cero; esto puede ser evidenciado también al tomar en cuenta que el costo real de tener la información a tiempo en el lugar necesario es intangible e invaluable.
- Mediante el presente proyecto se ha logrado documentar de forma clara y precisa el procedimiento de implementación de esta red, llevarla hasta la red corporativa de TRANSELECTRIC S.A., acceder desde varios PC clientes, configurar el envío automático de correos electrónicos, configurar el proceso de *polling*, utilizar el software para la sincronización de la red y realizar pruebas de comunicación en la red de IEDs.

## RECOMENDACIONES

- Para futuras adquisiciones de IEDs, se recomienda tomar en cuenta que el fabricante provea la posibilidad de realizar *polling* para eventos y oscilografías, con el fin de poder obtener los reportes de forma automática y sin tener que acceder al área de parametrización del IED.

- Se recomienda implementar este diseño en todas las subestaciones que se encuentren los equipos que cubre este proyecto es decir los IEDs marca ABB series REx 5xx, pues se ha propuesto un diseño económico, rápido y fiable con grandes prestaciones para la empresa, específicamente para el área de operación.

## ANEXOS

### Anexo 1: Instalación CAP 540<sup>13</sup>

## Installation Manual

This section describes how to install and commission CAP 540, PST, CAP 540 SVT.

### Note!

*When installing in Windows NT, Windows 2000 and Windows XP, you need to be an administrator*

### Note!

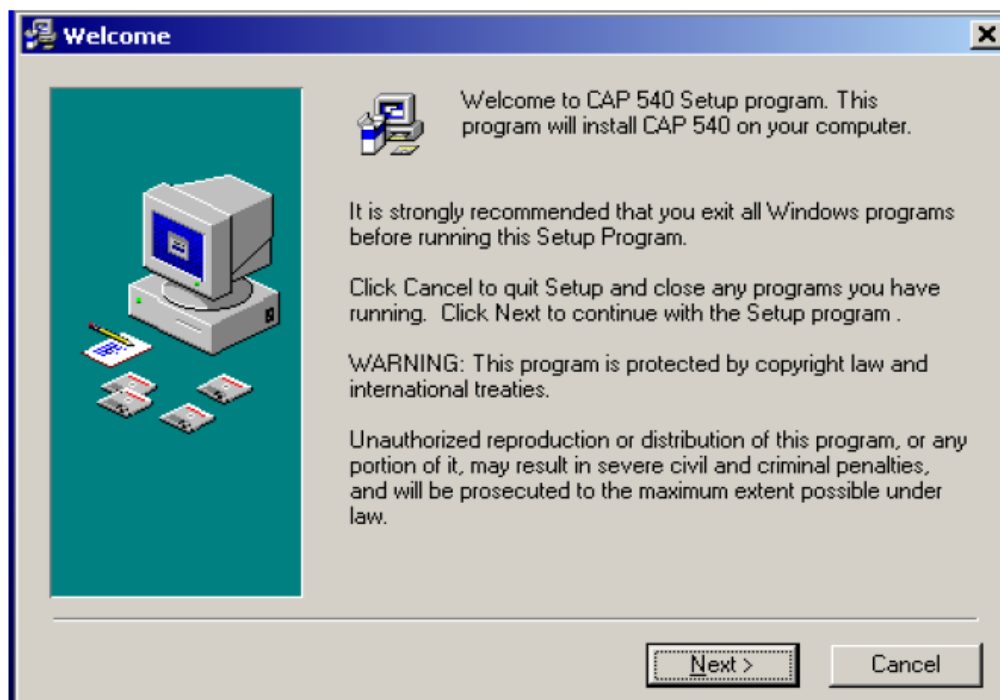
*When starting CAP 540 the first time after installation a message with User ID and Password for a System administrator will appear on screen. This Password must be changed by the System administrator to prevent unauthorized using of the program*

## Installing the CAP 540 Navigator

This section describes how to install the CAP 540 Navigator.

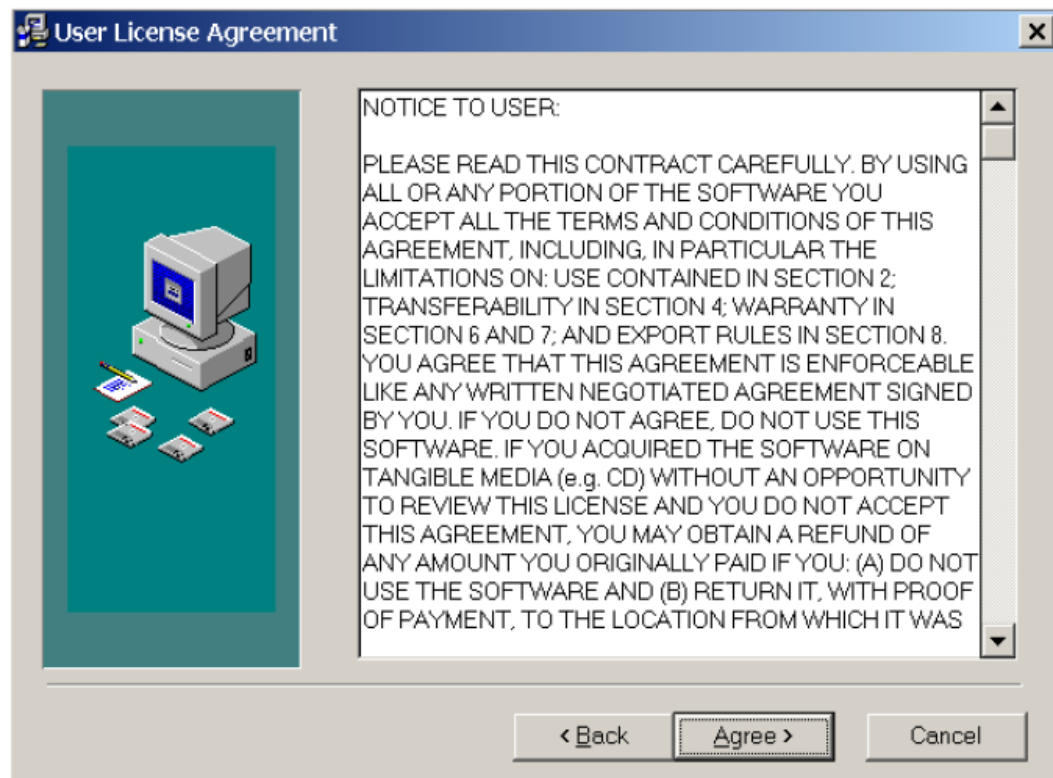
- 1 Insert the CAP 540 installation CD in the CD-ROM drive of your PC.**
- 2 Double-click CAP540setup1.exe using Windows Explorer.**

Enter your name in the first dialog. This name will appear under “License Agreement”. The following dialog appears:

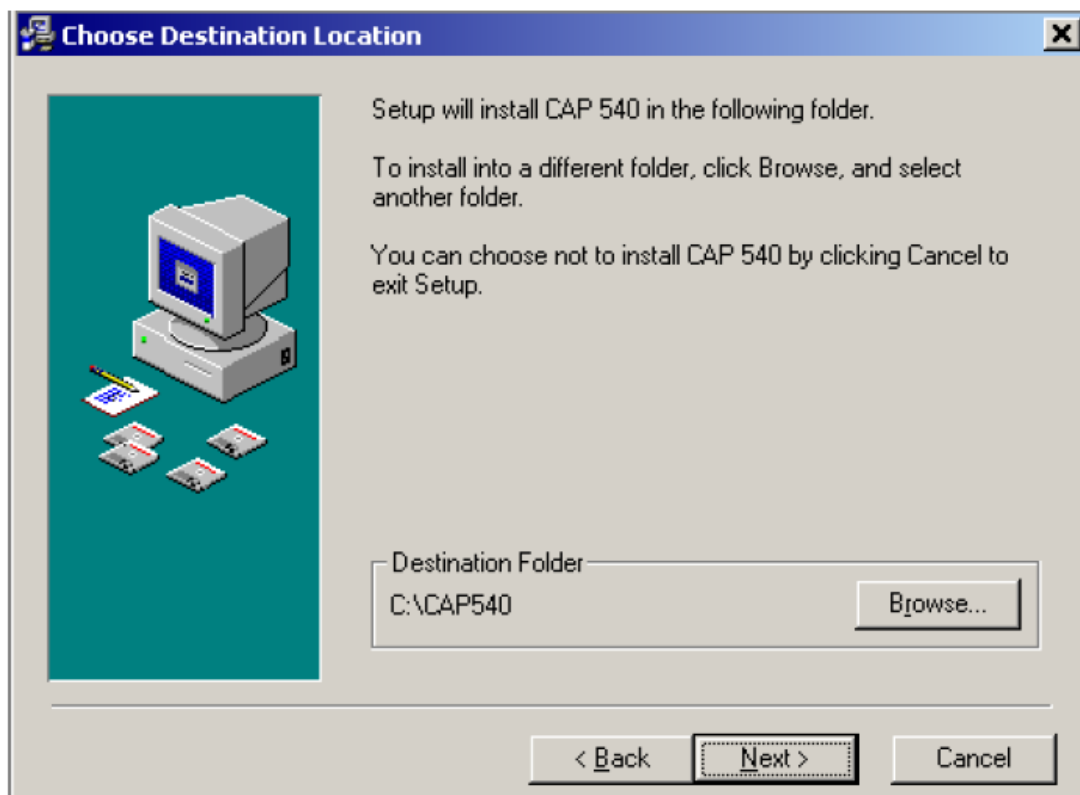


### 3 Read the message and click Next if you want to continue with the installatio

The License Agreement dialog appears.

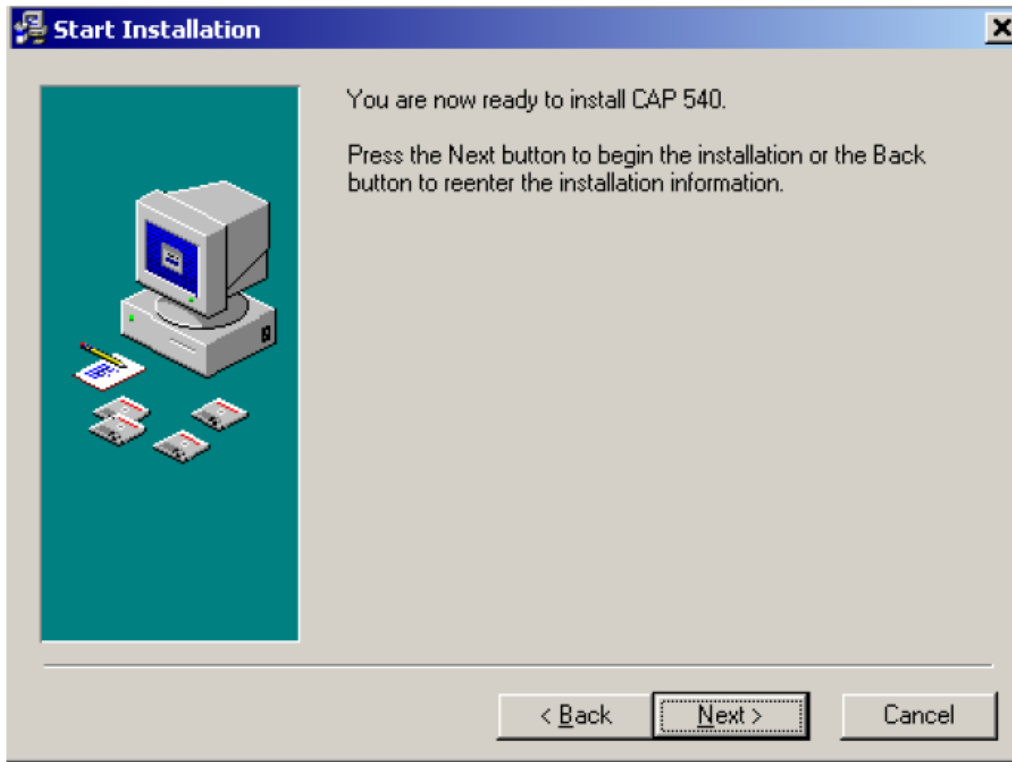


### 4 Click Next and the Destination Location dialog appears:



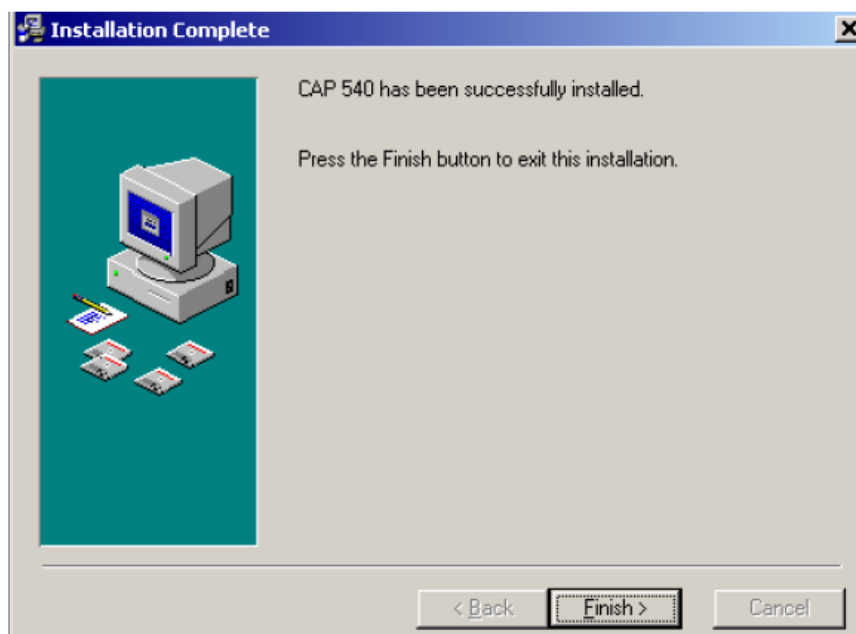
- 5 Select the drive and the folder where the CAP 540 software shall be installed, and then click Next.

The Start Installation dialog appears:



- 6 Click Next to continue

The CAP 540 software Navigator is now being installed in your computer, showing you a installation progress bar. Then the following dialog appears:



- 7 Click the Finish button, and the installation is completed.**
- 8 Next step is to install other Terminal Tool Box applications.**

Follow the instructions on the screen until the installation is finished.  
You may then have to restart the computer.

## Installing PST

This section describes how to install PST in the basic version of CAP 540 environment. The full version of CAP 540 includes configuration and is installed together with PST. When the installation starts, the following dialog appears:



*Figure 1: Welcome dialog*

- 1 Read the message and click OK if you want to continue with the installation.**  
The following dialog appears:

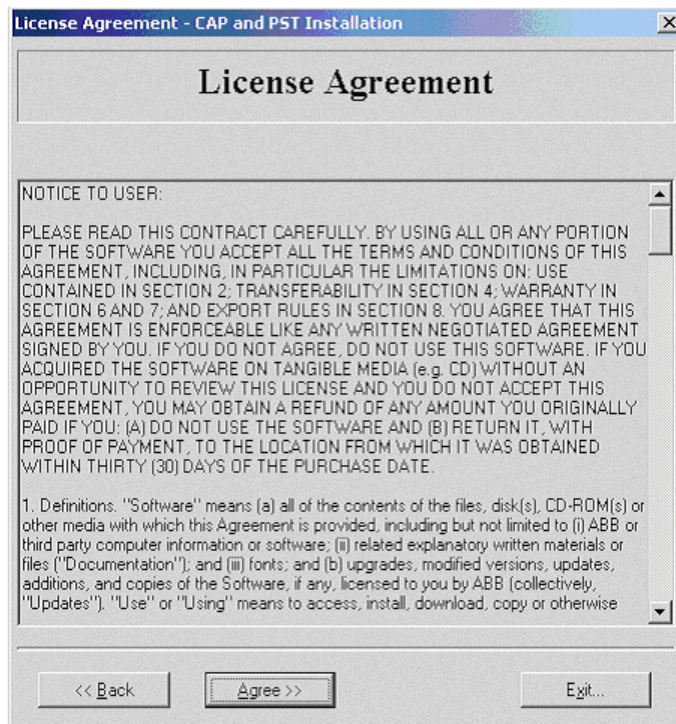


Figure 2: License Agreement

## 2 Read the License Agreement and click Agree to continue the installati

The following dialog appears:

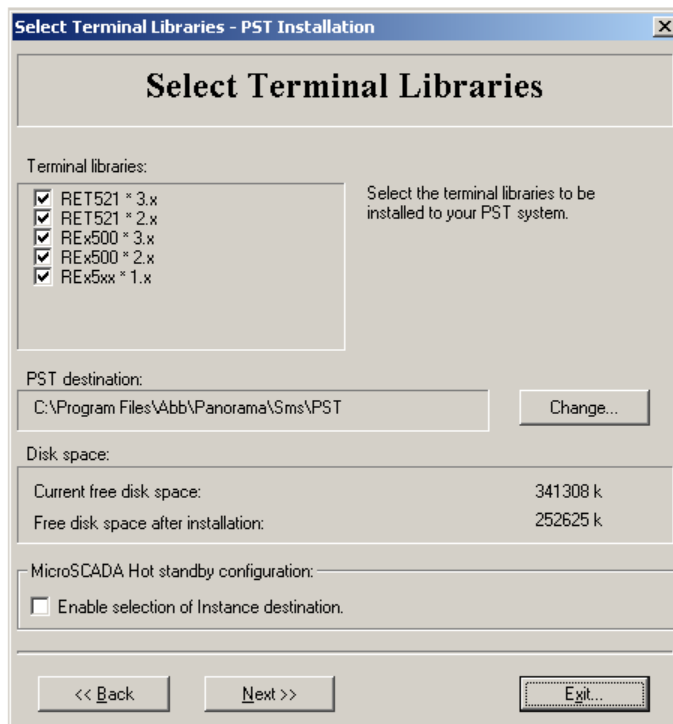


Figure 3: Select Terminal Libraries dialog

## Note!

*If the MicroSCADA system is run as a Hot standby system it is necessary to enable selection of instance destination.*

*When this function in the installation script is selected it enables selection of the path to the MicroSCADA application where PST instances shall be located.*

- 3 Select the check boxes for all terminal libraries you want to install**
- 4 If you want to change the destination for the CAP 531 installation, click the Change button to the right of the CAP 531 destination box.**
- 5 If you want to change the destination for the PST installation, click the Change button to the right of the PST destination box.**
- 6 Click Next.**

The following dialog appears:

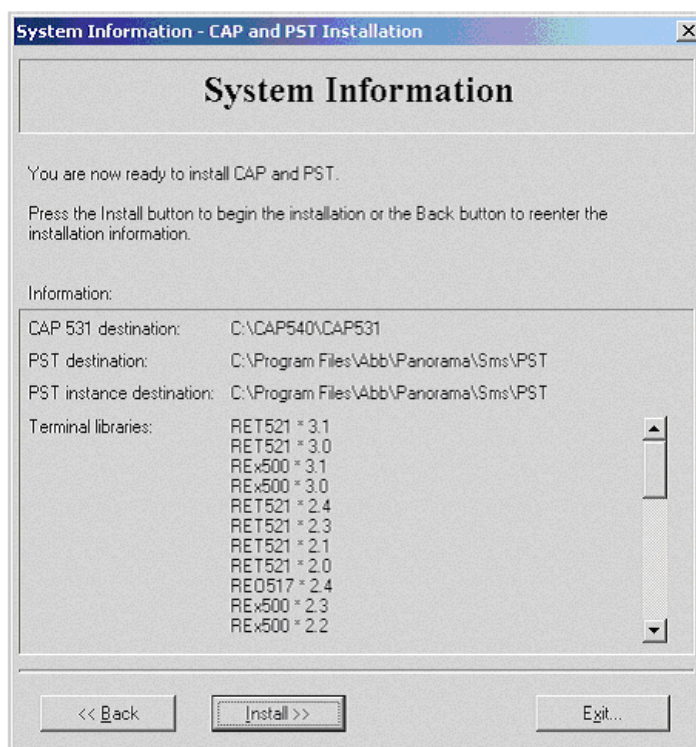


Figure 4: System Information dialog

## 7 Check the information and choose one of the following two steps:

- **To reenter any information, click Back.**
- **To start the installation, click Install.**

The PST software is now installed in your computer, showing you a installation progress bar.



## 8 When the installation is complete, click OK to restart your computer.

After restarting your computer, you can begin using the tools and the terminal libraries in the PST software package.

The installation sets up the following program entries in the start menu under Programs\PST.

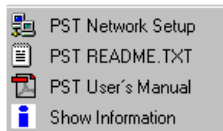


Figure 5: PST start menu

### Note!

*The help function in Parameter Setting Tool needs Internet Explorer installed. If you do not have it on your computer, the help function will be unavailable.*

*The PST cannot be started from the program start menu. It is always started from its navigation environment CAP 540.*

## Installing CAP 531 (Option)

When CAP 531 is included in the product it is part of the PST installation.

## Installing SVT (Option)

The installation starts, when you run “SVTSetup.exe”. The following dialog appears



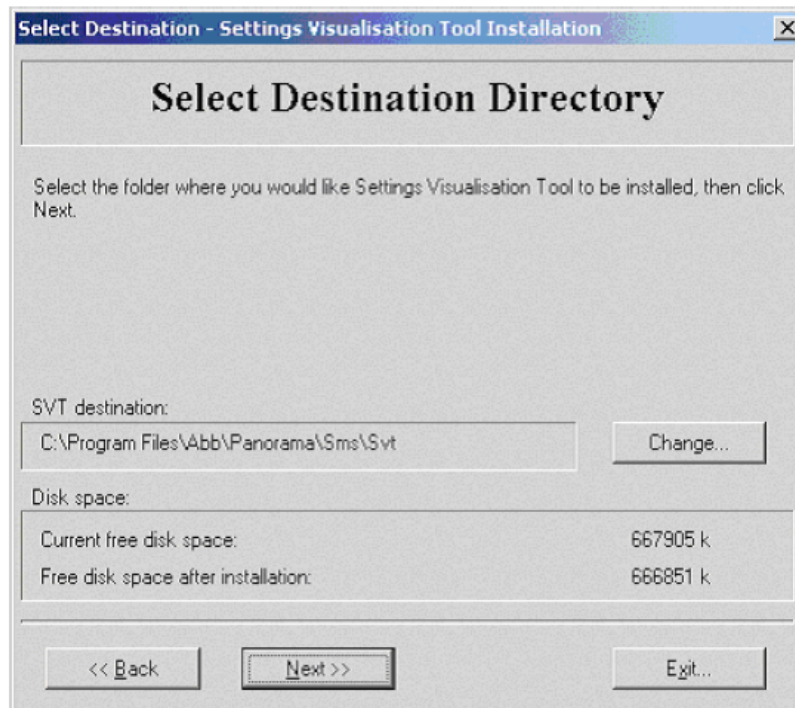
- 1 Read the message and click Ok if you want to continue with the installation.

The following dialog appears:



- 2 Read the License Agreement and click Agree to continue the installation.

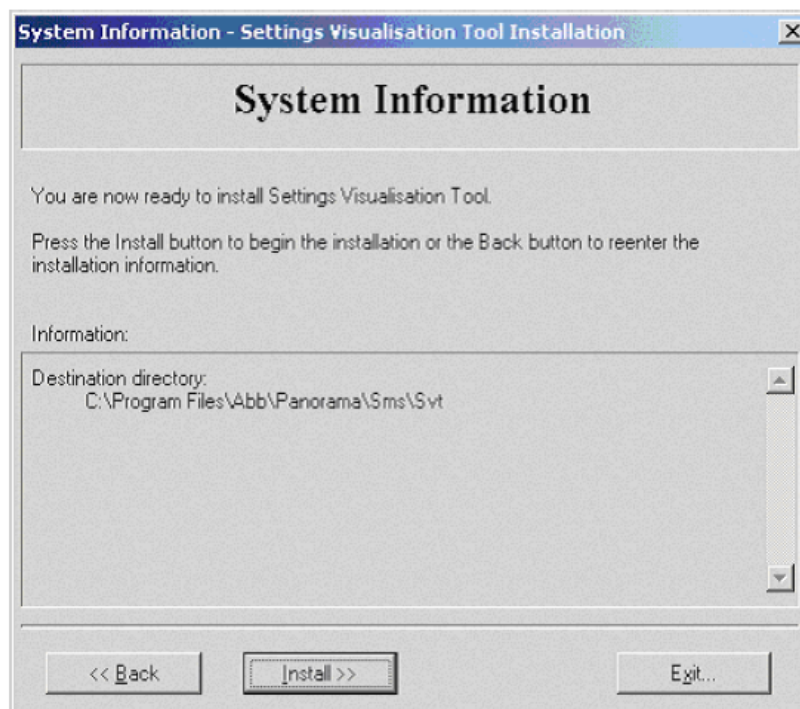
The following dialog appears:



**3 If you want to change the destination for the SVT installation, click Change button to the right of the SVT destination box.**

**4 Click Next.**

The following dialog appears:

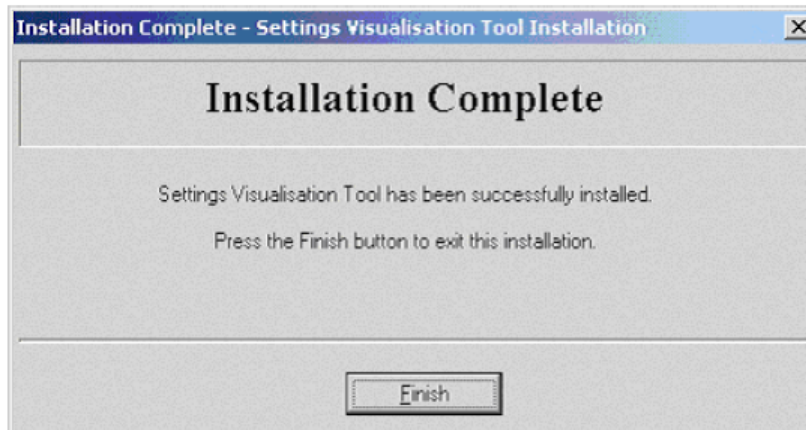


**5 Check the information and choose one of the following two steps:**

- **To reenter any information, click Back.**
- **To start the installation, click Install.**

The SVT software is now installed in your computer, showing you an installation progress bar.

The following dialog appears:



**6 When the installation is complete, click Finish to exit the installation.**

Settings Visualisation Tool, SVT, can be started from Parameter Setting Tool, PST, from Edit menu or by clicking the SVT icon in the toolbox.

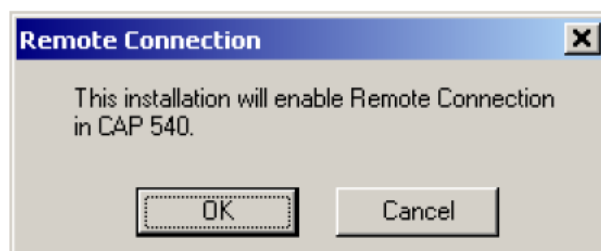
**Note!**

*The help function in SVT needs Internet Explorer installed. If you do not have it on your computer, the help function will be unavailable.*

## Installing the Remote Connection (Option)

This section describes how to install the Remote Connection option.

- 1 Insert the CAP 540 installation CD in the CD-ROM drive of your PC.**
- 2 Double-click RemConSetup.exe using Windows Explorer.**



- 3 Click OK button to start installation.**

## Anexo 2: Explicación parámetros “Communication Settings” en CAP 540<sup>14</sup>

### • Communication Parameters

Serial Port	COM 1 - COM 250
Protocol	SPA, SR10, RAW (only for SMS 010 compability)
Baud Rate	300 - 115200 Baud
Data Bits	7 - 8 (Depending on Connection type)
Parity	ODD, EVEN, NONE (Depending on Connection type)
Echo	IGNORE, NONE, CHECK (only for SMS 010 compability)
Handshake	NONE, RTS-IDLE, RTS/CTS, XON/XOFF (For front-communication RTS-IDLE must be used, otherwise NONE)
TimeOut	Number of seconds before timeout when trying to establish a connection with the terminal and there is no reply.
Retries	Number of attempts to connect in case the terminal is busy.

Most of the serial communication settings do not have to be changed. Data Bits and Parity will be automatically changed depending on Connection type.

- **Connection**

Central PC-> Station PC ->Terminal (Modem)	You work on a Central PC which dials up a Station PC, which in turn is connected to a terminal.
Central PC-> Terminal (Modem)	The Central PC is connected to a terminal via modem.
Station PC-> Terminal (Direct)	There is a direct connection between the Station PC and the terminal.
Network	Network Connection between a Client PC and a Server PC. To be able to select Network Connection three conditions must be fulfilled: The project must be located on a shared network disk, the PC type must be Client and the Remote Connection option must be installed.
Server Name	Server PC name or IP address
Port Number	The Port number must be equal in Client PC and TCP Server in Server PC. To view Disturbance Upload Information in web browser the Port number must be 80.

- **FTP Server Data**

Server Name	FTP Server PC name
User Name	FTP User Id
Password	FTP Password
Default Server File Path	Disturbance files are stored in an identical file structure on the FTP Server.
Week Directories	The disturbance files are stored on the same path as below in User Defined, but there is also a directory for each week of the year. Example: C:\TEMP\W1...W52 The disturbance files are sorted in the week directories according to disturbance date.
User Defined	Any given path can be entered for the server (independent of the terminal path).
Send Disturbance Files to Server	Disturbance files are sent to FTP server after disturbance polling.
Send HTML Files to Server	HTML files are sent to FTP Server after disturbance polling. HTML files of the disturbance are always created on the station PC for viewing Disturbance information in a web browser. The file is overwritten each time by the disturbance polling.
Connection Request Time Out (s)	FTP connection time out in seconds.

- **Modem**

If you use a modem which is predefined in the **Type** drop down list you do not have to change the settings. If you have a modem not included in the list, enter the name of the modem in the **New type** field. In this case you need to make sure that the settings in the **Init**, **Connect** and **No Connect** fields are correct according to the modem manual.

Init	Read the modem manual and enter correct AT commands to establish contact with the modem.
Connect	Read the modem manual and enter correct connect result codes from the modem.
No Connect	Read the modem manual and enter correct error result codes from the modem.
Delay (ms)	The time delay between the different AT commands.
Timeout	Indicates number of seconds granted to connect before there is a connection timeout.
Dial retries	Number of connection retries after timeout.
Phone No	The phone No. to the dial-up station. (Use phone list button for convenience)

- **Auto Polling (Time Scheduler)**

Disturbance and Header	Upload of full disturbance.
Header	Upload of only header.
No Polling	No upload.
Central Polling of selected station	Possibility to skip polling of this station.

- **Auto Print (Time Scheduler)**

Disturbance and Header	Print of full disturbance.
Header	Print of header.
No Print	No print.

- **Disturbance File Format**

Select the file format REVAL or COMTRADE. The disturbance files are always stored in REVAL format. If COMTRADE format is selected the REVAL file will be converted to COMTRADE format and both REVAL and COMTRADE disturbance files will be stored on the PC disk.



Click on **Email Settings** button to open the Email Settings dialog box, see below.

**Email Settings** [X]

Mail Server:

Subject:

Email to:

Send Disturbance Summary

Send Disturbance Files

Send Log Files

Email to:

Send Disturbance Summary

Send Disturbance Files

Send Log Files

Email to:

Send Disturbance Summary

Send Disturbance Files

Send Log Files

Email to:

Send Disturbance Summary

Send Disturbance Files

Send Log Files

Email from:

Email Filter

OK

Cancel



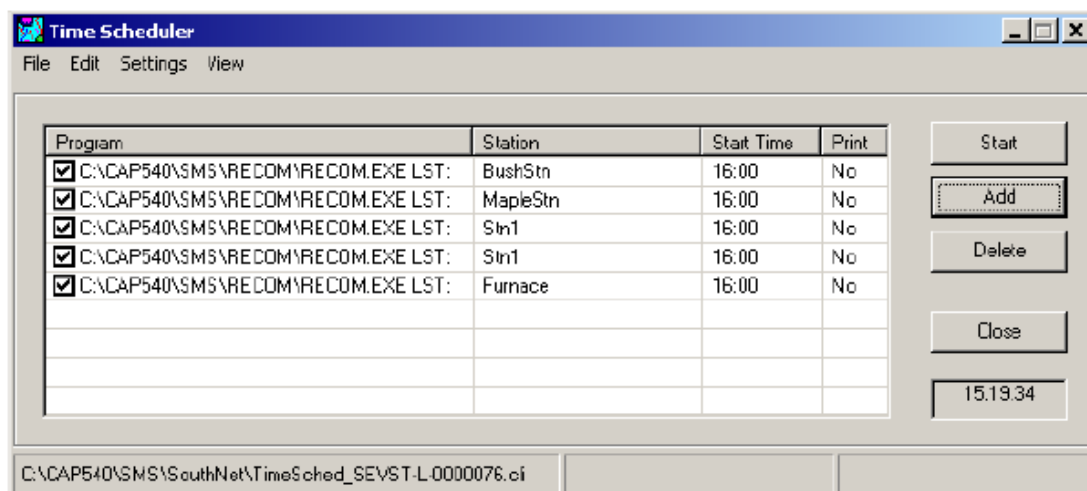
---

Mail Server	Type the server name to mail to.
Subject	Type a subject which characterizes the disturbance.
Email to	Type in the receiver's Email address.
Email from	Type in your own Email address
Send Disturbance Summary	Send disturbance summary from latest polling as attachment, see example below.
Send Disturbance Files	Send disturbance files from latest polling as attachments.
Send Log Files	Send log files from latest polling as attachments.
Email Filter	When this box is checked Email will only be sent if the Trig Signal is identical to one of the checked signals in the Terminal Digital Channels List.

## Anexo 3: “Time Scheduler, Time Synchronization” en CAP 540<sup>15</sup>

### Time Scheduler

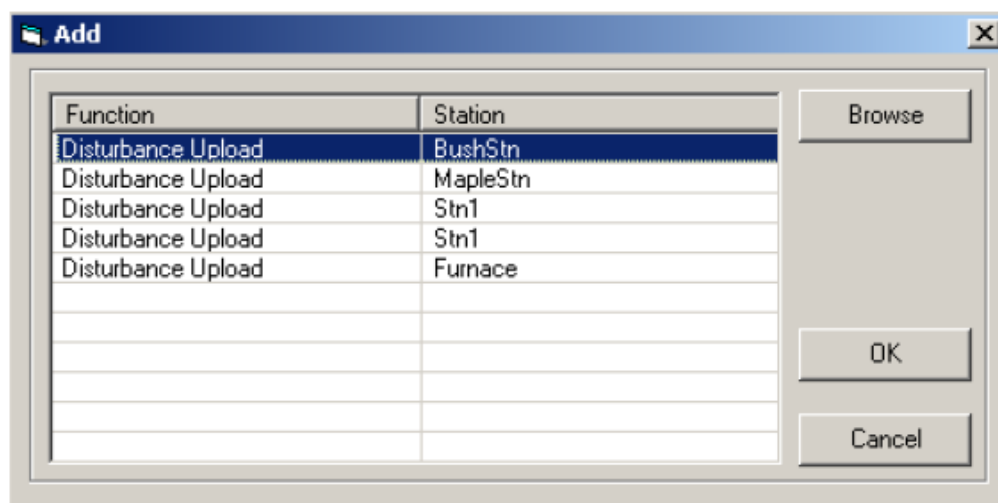
Is used for Auto Polling i.e. to start Disturbance Handling at predefined times. You can also decide whether to print the Disturbance by selecting the print-out type in the **Auto Print** box in the **Communication Settings** dialog box, see page 49.



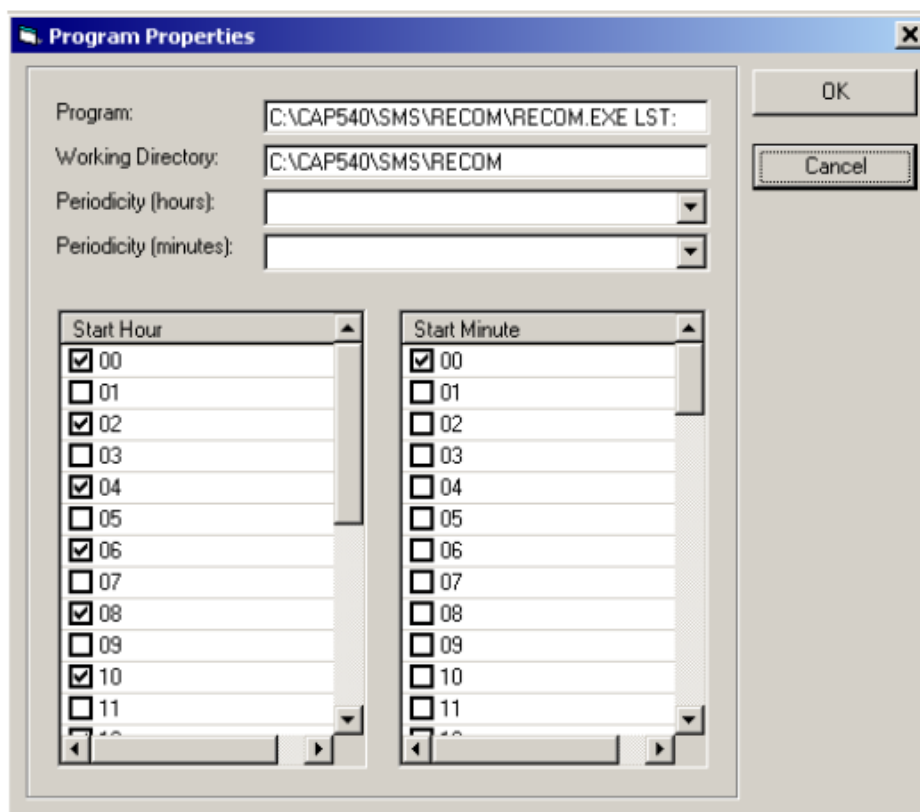
Explanation of letters in Print column.

R	Disturbance file REVAL format (.REV)
H	Header file REVAL format (.REH)
D	Disturbance report file (.RSD)
T	Disturbance file COMTRADE format (.DAT)
G	Header file COMTRADE format (.CFG)
No	No Print

Click on Add button to add stations to Program list, see dialog below.



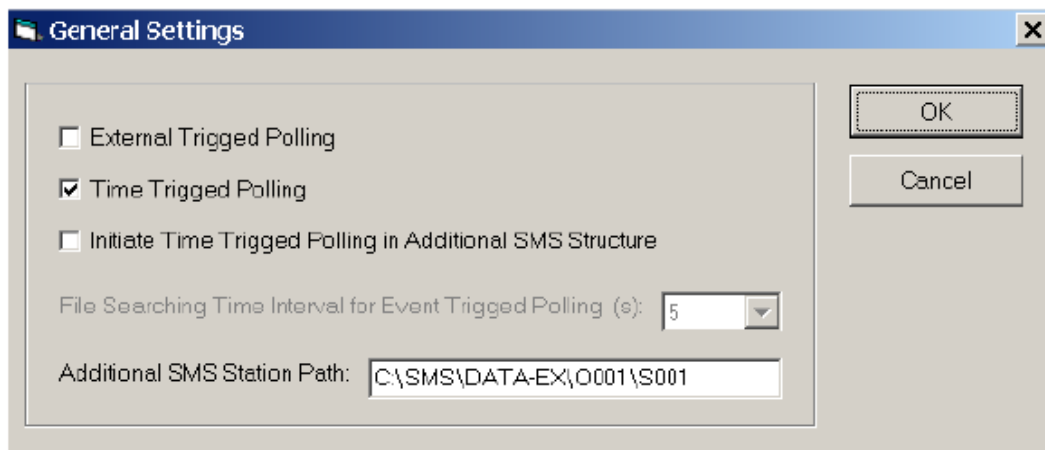
Select all stations to be time scheduled and click OK. In the Program list double click on one station at a time or select **Edit/Properties** to open the Properties dialog, see below.



Set the start time by selecting the **Start Hour** and **Start Minute** check boxes.

A quicker way to set the start time is to use the predefined times in the **Periodicity** drop down lists. The hours, for example 03, means that the polling is carried out every third hour, starting at 00:00.

Click on menu **Settings/General** to open the General Settings dialog, see below.



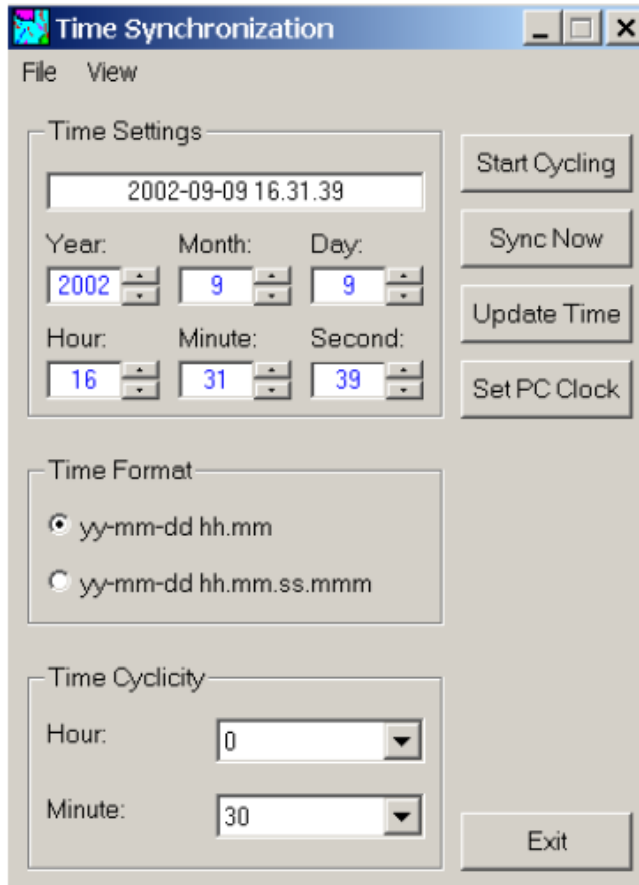
The options in the **General Settings** dialog are described below:

External Triggered Polling	An external event /file triggers the polling.
Time Triggered Polling	The clock triggers the polling (normal function)
Initiate Time Triggered Polling in additional SMS structure	Runs an additional polling in an old SMS010 structure after normal polling.
File SearchingTime Interval	The time interval for searching the file when External Triggered Polling was selected.
Additional SMS Station Path	The SMS010 path for "Initiate Time Triggered Polling in an additional SMS structure".

Click on Start button to start the timer. At the start time the Disturbance Handling Program will start polling all terminals in the station (Station Disturbance Upload).

## Time Synchronization

Is used when setting up the time synchronization of all terminals in the station connected to the same loop. The time message is sent to all COM ports used by the different stations in the project.



The buttons in the **Time Synchronization** menu are described below:

Start Cycling	Manual start of time synchronization cycling (follows the time cyclicity)
Sync Now	Immediate time synchronization (disregards time cyclicity).
Update Time	The time settings are updated from the PC clock.
Set PC Clock	The PC clock is updated from the time settings.
Exit	Exit from Time Synchronization.

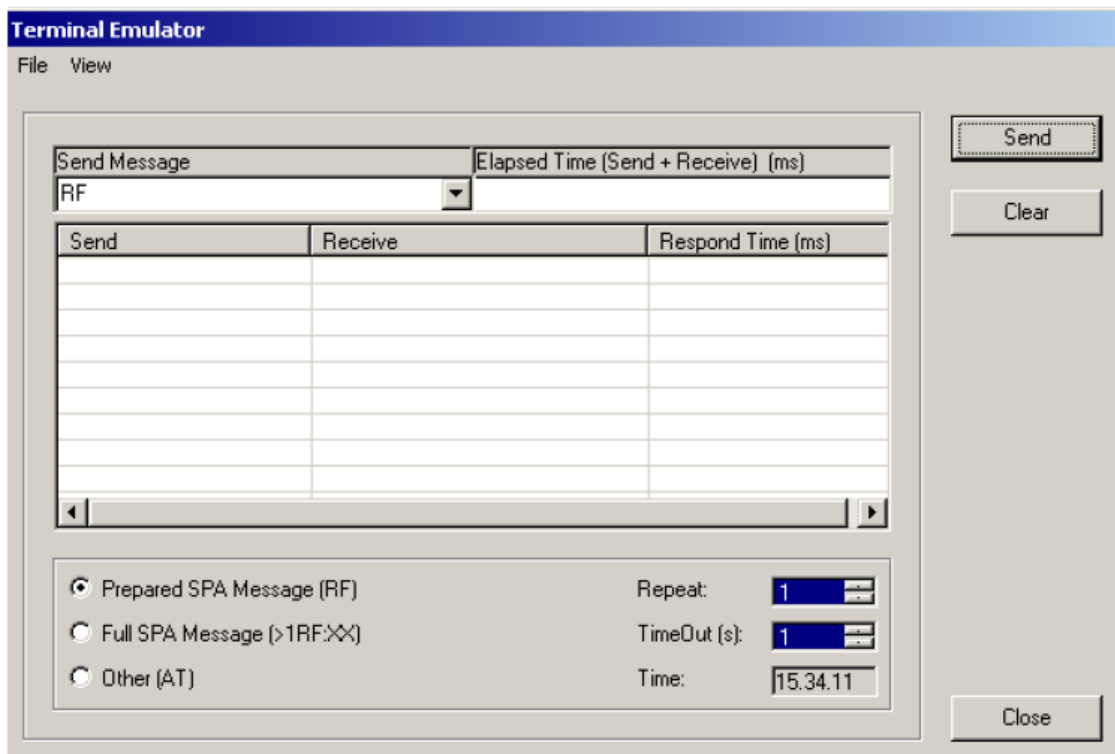
In the **Time Format** box there are two alternatives, the second option gives more detailed time information.

In the **Time Cyclicity** box you set the time interval for the time synchronization. Ex. 1 Hour and 30 minutes means that time synchronization is performed every 90 minutes.

## Anexo 4: “Terminal Emulator” para protocolo SPA en CAP 540

### Terminal Emulator

Terminal Emulator is used for fault tracing when setting up the communication. Start the Terminal Emulator by selecting a terminal in the project structure and then select Terminal Emulator in the Tools menu.



**Terminal Emulator** settings:

Send Message	Send a message by typing a SPA code, or use the default “RF” to check the communication.
Elapsed time	Total time. (Send+Receive)
Send	The program displays the full message that was sent.
Receive	The program displays the full message received.
Respond Time (ms)	Respond time in milliseconds.
Prepared SPA Message	Configures to send short SPA messages.
Full SPA Message	Configures to send full SPA messages.
Other (AT)	Configures to send other commands, normally AT commands to the modem.
Repeat	Number of times the message is sent.
TimeOut	Time out after number of seconds

There are also two menus in the Terminal Emulator dialog box:

**File** where you can delete the log file.

**View** where you can watch the log file.

The log file is resaved for each sent message and overwrites the old file.

## Anexo 5: Requerimientos de PC para CAP 540<sup>16</sup>

### Requirements

**Table 1: Requirements on PC**

Item	Minimum required
Processor / Frequency	Pentium / 233MHz
RAM	128 MByte
Disk space	500 MByte
Monitor / Resolution	VGA compatible / 1024 x 768
CD-ROM drive	Needed to install the terminal tool box

**Table 2: Requirements on operative system and help viewer**

Operative System	ADD-ONS	Help viewer
Windows 95	DCOM 95	Internet Explorer 4 or later
Windows 98	DCOM 98 second edition	Internet Explorer 4 or later
Windows NT 4.0	Service Pack 4 or higher	Internet Explorer 4 or later
Windows 2000	–	Internet Explorer 4 or later
Windows XP Professional	Service Pack 1	Internet Explorer 4 or later



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- <sup>1</sup> ¿Quiénes somos?,  
[http://www.transelectric.com.ec/transelectric\\_portal/portal/main.do?sectionCode=78](http://www.transelectric.com.ec/transelectric_portal/portal/main.do?sectionCode=78), 2007-07-04.
- <sup>2</sup> Misión, visión, valores corporativos y fortalezas,  
[http://www.transelectric.com.ec/transelectric\\_portal/portal/main.do?sectionCode=2](http://www.transelectric.com.ec/transelectric_portal/portal/main.do?sectionCode=2), 2007-07-04.
- <sup>3</sup> ¿Quiénes somos?,  
[http://www.transelectric.com.ec/transelectric\\_portal/portal/main.do?sectionCode=78](http://www.transelectric.com.ec/transelectric_portal/portal/main.do?sectionCode=78), 2007-07-04.
- <sup>4</sup> Portafolio de Telecomunicaciones,  
[http://www.transelectric.com.ec/transelectric\\_portal/portal/main.do?sectionCode=29](http://www.transelectric.com.ec/transelectric_portal/portal/main.do?sectionCode=29), 2007-07-04.
- <sup>5</sup> Servicios,  
[http://www.transelectric.com.ec/transelectric\\_portal/portal/main.do?sectionCode=97](http://www.transelectric.com.ec/transelectric_portal/portal/main.do?sectionCode=97), 2007-07-17.
- <sup>6</sup> TRANSELECTRIC S.A., Ing. Ana Zurita, 2007-07-19.
- <sup>7</sup> ABB Automation Technology Products AB, "Data communication", *Technical Reference manual REx 5xx\*2.5*, páginas 410-433, Noviembre 2003.
- <sup>8</sup> ABB Automation Technology Products AB, "Data communication", *Application manual REx 5xx\*2.5*, páginas 652-683, Noviembre 2003.
- <sup>9</sup> ABB Automation Technology Products AB, "SPA-Bus Communication Protocol V2.5", *Technical Description*, páginas 12 y17, 2001-07-31.
- <sup>10</sup> ABB Automation Technology Products AB, "Establishing connection and verifying the SPA/IEC-communication", *Installation and Commissioning manual REx 5xx\*2.5*, páginas 91-96, 2001-07-31.
- <sup>11</sup> Alcaraz, Rafael, *El Emprendedor De Éxito (Guía de planes de negocios)*, Segunda Edición, Alfaomega, México, 2000.
- <sup>12</sup> Alcaraz, Rafael, *El Emprendedor De Éxito (Guía de planes de negocios)*, Segunda Edición, Alfaomega, México, 2000.
- <sup>13</sup> ABB Automation Technology Products AB, "Installing the CAP 540 Navigator", *Installation and Commissioning Manual CAP 540*, páginas 7-17, Febrero 2004.
- <sup>14</sup> ABB Automation Technology Products AB, "Communication Settings", *User's manual CAP 540*, páginas 49-54, Junio 2004.
- <sup>15</sup> ABB Automation Technology Products AB, "Other programs", *User's manual CAP 540*, páginas 38-41, Junio 2004.

---

<sup>16</sup> ABB Automation Technology Products AB, "User's manual", *User's manual CAP 540*, página 9, Junio 2004.