

**SISTEMA DE TELE-MEDIDA SPI IMPLEMENTADO POR LA EMPRESA  
ELECTRICARIBE EN EL CENTRO HISTORICO DE CARTAGENA**

**JOSÉ MANUEL MARRUGO REDONDO  
JAIRO ECHENIQUE MARTINEZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA  
CARTAGENA D.T. Y C.  
2008**

**SISTEMA DE TELE-MEDIDA SPI IMPLEMENTADO POR LA EMPRESA  
ELECTRICARIBE EN EL CENTRO HISTORICO DE CARTAGENA**

**JOSÉ MANUEL MARRUGO REDONDO  
JAIRO ECHENIQUE MARTINEZ**

**Monografía presentada como requisito para optar al título de Ingeniero  
Electricista**

**DIRECTOR  
EDUARDO GOMEZ VASQUEZ  
MAGISTER EN CIENCIAS COMPUTACIONALES**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA  
CARTAGENA D.T. Y C.  
2008**

Cartagena, Enero 22 de 2008

**Señores**

**Comité curricular de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.**

**Universidad Tecnológica de Bolívar**

**Ciudad**

Respetados Señores:

Por medio de la presente me permito informarles que la monografía titulada "SISTEMA DE TELE-MEDIDA SPI IMPLEMENTADO POR LA EMPRESA ELECTRICARIBE EN EL CENTRO HISTORICO DE CARTAGENA" ha sido desarrollada de acuerdo a los objetivos establecidos.

Como autores de la monografía consideramos que el trabajo es satisfactorio y amerita ser presentado para su evaluación.

Atentamente,

---

**JAIRO ECHENIQUE MARTINEZ.**

---

**JOSE MARRUGO REDONDO**

Cartagena, Enero 22 de 2008

**Señores**

**Comité curricular de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.  
Universidad Tecnológica de Bolívar**

Respetados Señores:

Cordialmente me permito informarles, que he llevado a cabo la dirección del trabajo de grado de los estudiantes Jairo Echenique Martínez y José Manuel Marrugo Redondo, titulado **SISTEMA DE TELE-MEDIDA SPI IMPLEMENTADO POR LA EMPRESA ELECTRICARIBE EN EL CENTRO HISTORICO DE CARTAGENA**

Atentamente,

---

**EDUARDO GOMEZ VASUUEZ**

**Ingeniero Electricista**

**Magíster en Ciencias Computacionales.**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

Cartagena de Indias D. T. y C. Enero 22 de 2008

## DEDICATORIA

*A Dios y a la Virgen por la fortaleza y la  
Voluntad que me dieron para alcanzar exitosamente  
Este nuevo logro de mi vida.*

*A mis padres por sus esfuerzos y sacrificios,  
Por brindarme siempre su apoyo y permitir  
Materializar mis sueños e ideales.*

*A mi Abuelo que desde el cielo siempre me guía en todo momento  
A mi abuela y mis tías por su apoyo  
Incondicional, sin ustedes fuese sido más  
Difícil alcanzar este objetivo.*

*A mis hermano Elkin y mis primos José Miguel, Migue  
Y Bertha por su respaldo en todo momento.*

*A mis amigos por su colaboración y compañía  
y por convertirse en los hermanos que escogí tener.*

***José Manuel Marrugo Redondo.***

## DEDICATORIA

*Primero que todo a Dios Por llenarme*

*De tantas bendiciones en mi vida y por guiarme siempre*

*Por el camino correcto.*

*A mi padre Jairo Echenique Orozco, a mi madre Rebeca Martínez Pereira*

*Por toda su confianza; por brindarme su apoyo incondicional en todo momento.*

*Gracias al sacrificio constante de ellos, hoy este sueño se ha vuelto una realidad*

*Convirtiéndose en el segundo gran logro de mi vida.*

*A mi hermana Dayana Echenique Martínez,*

*A todos mis familiares, amigos y compañeros*

*Quienes en algún momento aportaron su granito de arena*

*Durante este largo camino hacia mi formación profesional.*

*A todos mis docentes*

*Por sus enseñanzas.*

*A todos ellos.*

*GRACIAS.*

*Jairo Echenique Martínez.*

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
GLOSARIO.....	14
RESUMEN.....	16
<b>1. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL SISTEMA.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1. Medidor Electrónico de Energía Activa.....</b>	<b>19</b>
<b>1.2. Elemento de Corte .....</b>	<b>20</b>
<b>1.3. Visualizador en el sitio del cliente (Display) .....</b>	<b>21</b>
<b>1.4. Colector de Datos.....</b>	<b>22</b>
<b>1.4.1. Requerimientos y funciones básicas requeridas.....</b>	<b>22</b>
<b>1.4.2. Características Técnicas.....</b>	<b>22</b>
<b>1.5. Concentrador de Medida y Distribución (CMD).....</b>	<b>23</b>
<b>1.5.1. Requerimientos y funciones básicas requeridas.....</b>	<b>24</b>
<b>1.5.2. Características Técnicas del Concentrador de Medida y                 Distribución.....</b>	<b>25</b>
<b>1.6. Sistema de Comunicación.....</b>	<b>27</b>
<b>1.7. Software de Gestión del Sistema.....</b>	<b>27</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SPI.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1. Componentes Electrónicos del SPI.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1.1 Tarjeta de Control.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1.2. Tarjeta de Interconexión.....</b>	<b>30</b>
<b>2.1.3 Microcontrolador.....</b>	<b>31</b>
<b>2.1.4 UPC (Unidad Portátil de Comunicación).....</b>	<b>32</b>
<b>2.2. Tipos de Equipos de SPI.....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.1. Equipos Maestros.....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.2. Equipos de Macro-Medida.....</b>	<b>34</b>

2.2.3. Equipos Híbridos.....	34
2.2.4. Equipos Esclavos.....	34
2.3. Funcionamiento y Topología de la Red SPI.....	35
2.3.1. Redes Aéreas.....	36
2.3.2. Gabinete.....	37
2.3.3. Multifamiliares.....	38
3. TECNOLOGIAS DE COMUNICACION DEL SPI.....	41
3.1. Tecnología GSM.....	41
3.1.1. Historia de GSM .....	41
3.1.2. La Red GSM.....	42
3.1.3. Arquitectura de la Red GSM.....	43
3.1.4. Interfaces y Protocolos GSM.....	47
3.1.5. Canales Físicos y Lógicos.....	50
3. 2. Tecnología PLC (Power Line Communication).....	51
3.2.1. Tecnología PLC.....	52
3.2.2. Definición de PLC.....	52
3.2.3. Características de PLC.....	52
3.2.4. Modulación PLC.....	54
3. 3. Protocolo de Transmisión PLC.....	57
3.3.1. Aspectos Generales.....	57
3.3.2. Dispositivos X 10 .....	59
3.3.3. Limitaciones X10 .....	59
3.3.4. Velocidad de Transmisión.....	60
3.3.5. Identificación, Corrección y Recuperación ante Errores .....	60
4. CARACTERÍSTICAS DEL MONTAJE E INSTALACIÓN DEL SPI.....	62
4.1. Caja de Macro Medición (C.M).....	62
4.2. Caja Macro Maestra (C.M.M).....	65

4.3. Cajas Esclavas.....	69
4.4. Instalación de Puesta a Tierra .....	70
4.5. Construcción de la Red de Cable (RS 485) para el SPI.....	72
4.6. Reconexión de Acometida General (monofásica, bifásica o trifásica) de Red Secundaria a Caja Porta Bornera.....	72
<b>5. VENTAJAS OPERATIVAS Y FINANCIERAS DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA.....</b>	<b>74</b>
5.1. Antecedentes y Descripción de la Problemática.....	74
5.1.1. Sector Residencial: Devolución de Lecturas. ....	75
5.1.2. Sector Comercial e Industrial: Manipulación Medida Electrónica	76
5.1.3. Sector Residencial Estratos Bajos: Conexiones Ilegales/ Neutro Compartido.....	77
5.1.4. Dificultades Operativas.....	78
5.2. Impacto de la Solución en la Problemática.....	79
5.2.1. Impacto en el Control de Perdidas.....	79
5.2.2 Impacto en la Gestión Comercial.....	80
5.2.3 Impacto en la Adecuación de las Instalaciones Eléctricas de los Usuarios.....	81
5.3 Análisis de Rentabilidad.....	86
5.3.1. Relación Beneficio – Costo.....	86
5.3.2. Criterios de Evaluación Financiera.....	87
CONCLUSIÓN.....	89
BIBLIOGRAFIA.....	91

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Medidor Estático de Energía Activa.....	20
<b>Figura 2.</b> Elementos de Corte que Integran el Medidor Estático.....	21
<b>Figura 3.</b> Concentrador de Medida y Distribución.....	25
<b>Figura 4.</b> Esquema de Conexión de un CMD Trifásico.....	26
<b>Figura 5.</b> Esquema de Conexión de un CMD Monofásico.....	26
<b>Figura 6.</b> Imagen del Software de Gestión del Sistema.....	27
<b>Figura 7.</b> Tarjeta de Control Utilizada en Medida Centralizada.....	29
<b>Figura 8.</b> Tarjeta de Interconexión del Sistema SPI con sus Canales Señalados.....	29
<b>Figura 9.</b> Microcontrolador Utilizado en el Sistema SPI.....	31
<b>Figura 10.</b> UPC Utilizada Para la Configuración del SPI.....	32
<b>Figura 11.</b> Nodo Aéreo de Medida Centralizada.....	36
<b>Figura 12.</b> Equipos Esclavos Instalados en Gabinetes y Pertenecientes a la Subestación Badillo.....	38
<b>Figura 13.</b> Equipos Multifamiliares Ubicados en el Edificio de COOMIBOL ...	39
<b>Figura 14.</b> Equipos Multifamiliares Ubicados en el Edificio Banco Santander.	39
<b>Figura 15.</b> Topología General de la red del Sistema de Poder Integrado SPI.	40
<b>Figura 16.</b> Diagrama de Bloques del sistema de una Red Celular.....	48
<b>Figura 17.</b> Arquitectura del Sistema GSM.....	44
<b>Figura 18.</b> Protocolos sobre las Interfaces A, Abis y Um.....	47
<b>Figura 19.</b> Modelo de Capas en GSM.....	50
<b>Figura 20.</b> Sistema PLC, Plan de Bandas.....	55
<b>Figura 21.</b> Sistema DS2.....	55
<b>Figura 22.</b> Sistema OFDM con Filtros.....	56
<b>Figura 23.</b> Traslapamiento del Espectro.....	56

<b>Figura 24.</b> Señales X10 sobre la Corriente Eléctrica.....	58
<b>Figura 25.</b> Medidor Detectado con devolución de 562 kwh.....	75
<b>Figura 26.</b> Tarjetas Integradas para Manipular Medidores.....	76
<b>Figura 27.</b> Viviendas con Neutro Compartido.....	78
<b>Figura 28.</b> Instalaciones Eléctricas Edificio City Bank antes de Normalizar....	81
<b>Figura 29.</b> Cuarto de Contadores Edificio City Bank antes de Normalizar.....	82
<b>Figura 30.</b> Cuarto de Contadores Edificio City Bank Después de Normalizar	82
<b>Figura 31.</b> Cuarto de Contadores en Centro Comercial las Bóvedas antes de Normalizar.....	83
<b>Figura 32.</b> Cuarto de Contadores en Centro Comercial las Bóvedas después de Normalizar.....	84
<b>Figura 33.</b> Subestación Casa de la Moneda antes de Normalizar.....	84
<b>Figura 34.</b> Subestación Casa de la Moneda después de Normalizar.....	85

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Aviso de Instalación Puesta a Tierra.....	71
<b>Tabla 2.</b> Pérdidas de Energía e Importe por Irregularidades en 2004.....	74
<b>Tabla 3.</b> Tipos de Clientes Sancionados por Devolución de Lectura.....	75
<b>Tabla 4.</b> Clientes Detectados con Manipulación de Medida Electrónica.....	76
<b>Tabla 5.</b> Clientes Conectados Por Fuera del Medidor.....	77
<b>Tabla 6.</b> Cantidad de Visitas Fallida por Tipo de Cliente.....	78
<b>Tabla 7.</b> Evaluación por Suministro Instalado (Adecuación de red ya realizada)	87
<b>Tabla 8.</b> Incremento Anual por Recaudo por Suspensión.....	88

## ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Mapa del Circuito Migrado al SPI con la ubicación de los Gabinetes.	93
---	----

## GLOSARIO

- BSC:** Base Station Controller.
- BTS:** Base Transceiver Station.
- CEPT:** Conference of European Post and Telecommunications.
- CD:** Colector de Datos.
- CE:** Caja Esclava.
- CCH:** Control Channels
- CM:** Caja de Macro Medición.
- CM:** Connection Management.
- CMM:** Caja Macro Maestra.
- CMD:** Concentradores de Medida y Distribución.
- Display:** Visualizador Electrónico
- DSSSM:** Direct Sequence Spread Spectrum Modulation
- EIR:** Equipment Identity Register
- ETSI:** European Telecommunications Standards Institute
- GMSC:** Gateway Mobile Switching Center
- GMSK:** Gaussian Minimum Shift Keying
- GSM:** Global System for Mobile Communication.
- HLR:** Home Location Register
- IMEI:** International Mobile Equipment Identity
- IWMSC:** Short Message Service Inter-Working Mobile Switching Center
- Jumpers:** Puentes Eléctricos para Tarjetas Electrónicas
- MAP:** Mobile Application Part
- MM:** Mobility Management
- MODEM:** Modulador-Demodulador
- MS:** Mobile Station
- MSC:** Mobile Services Switching Center
- MTP:** Message Transfer Part
- OFDM:** Orthogonal Frequency Division Multiplex
- PLC:** Power Line Comunication.
- PSTN:** Public Switching Telephonic Network
- RF:** Radio Frecuencia
- RR:** Radio Resources
- RS-485:** Estándar de comunicación por cable telefonico
- SIM:** Subscriber Identity Module
- SMS:** Short Message Service
- SMS-G:** Short Message Services Gateways

**SMSS:** Switching and Management Subsystem

**SN:** Numero de Serial

**SPI:** Sistema de Poder Integrado.

**TCH:** Traffic Channels

**TRAU:** Transcoding Rate and Adaptation Unit

**UPC:** Unidad Portátil de Comunicación.

**VLR:** Visitor Location Register

## RESUMEN

La empresa ELECTRICARIBE en procura de la mejoría constante y optimizar la calidad en sus procesos internos y la prestación del servicio a los usuarios, ha decidido implementar el Sistema de Poder Integrado SPI.

El SPI permite la medición y el control individualizado de consumos y la generación de balance de energía en forma remota, posibilita gestionar, controlar y evaluar en forma integral factores y aspectos claves de resultados en las empresas del sector eléctrico. Este sistema se soporta en tecnologías avanzadas de gestión de información, para ejecutar las actividades de medición y control de los consumos de energía que transitan por el lado de baja tensión de un transformador de distribución y que atiende la demanda de los usuarios finales.

El SPI esta compuesto por un centro de gestión que se encarga de monitorear , recopilar y direccionar la toma de decisiones en gestión comercial, financiera y operativa; además nos permitirá realizar medición, corte y reconexión remota de usuarios, balances de energía por transformador y por usuario, medición de corriente en línea por usuario, direccionamiento automático y efectivo de las acciones que conducen a la eliminación de los fraudes e irregularidades, disminución de las inversiones requeridas en los proyectos de reducción de perdidas, implementación de un sistema de energía prepago a bajo costo garantizando de esta manera acabar con sus problemas y ofreciendo servicios de valor agregado a sus usuarios.

En este sistema, los equipos esclavos administrados directamente por un equipo maestro permiten el registro de consumos de energía y la realización de las actividades de suspensión y conexión de los suministros de los clientes.

El Sistema de Poder Integrado SPI, se ha desarrollado bajo la filosofía de maestro-esclavo, o sea, el control de los quipos porta borneras esclavos y de macro medición se hace desde los quipos maestros, de esta manera la medición de energía eléctrica se hace eficiente, minimizando las pérdidas comerciales y técnicas.

La instalación y montaje del Sistema de Poder Integrado es fácil y no implica mayor nivel de complejidad. Sin embargo para la implementación es necesario estructurar un proyecto que lidere el área de la empresa encargada de la gestión de perdidas de energía.

Los consumidores deberán ser medidos individualmente, por los medidores electrónicos que están acondicionados dentro de los concentradores de medidas y distribución (CMD) instalados estratégicamente en los postes o tableros de distribución. Los CMD acumularán las informaciones de hasta 12 consumidores monofasicos, que son posteriormente enviados al colector de datos CD vía PLC o radiofrecuencia RS- 485. En el colector de datos las informaciones son concentradas y podrán ser leídas locales o remotamente por la empresa y localmente por los propios consumidores. La comunicación entre el Colector de Datos (CD) y el Centro de Gestión de la empresa se realizara vía celular GPRS o línea telefónica.

El Sistema de Comunicación que utiliza el SPI, es una interfase serial para interconexión local con equipos PC compatibles en modo diagnostico y captura, interfase para redes de comunicación PSTN en caja maestra (telefonía local), red celular en caja maestra para acceso al centro de gestión. Bus Cableado RS485, módems PLC o módems RF para interconectar cajas esclavas.

El Sistema de Poder Integrado es una solución desarrollada para proporcionar a la empresa ELECTRICARIBE y a las demás empresas comercializadora de energía eléctrica una alternativa a la medición convencional.

## **1. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL SISTEMA**

El sistema de medida debe ser de operación remota o local, en el cual se concentre en una unidad compacta, las funciones de medida, suspensión, reconexión, control y supervisión del suministro de energía de un cliente.

Deberá estar compuesto por módulos, en los cuales se integran elementos para realizar la medición, lectura y reconexión de los clientes.

Los módulos deberán estar aptos para instalarse en los postes o en tableros de distribución. También deben contar con un dispositivo común por gabinete de visualización de la información para que el cliente obtenga la lectura y/ o el consumo. En caso que se requiera, el sistema podría ser utilizado como medidor prepago.

En este trabajo se describen los componentes del sistema y se establecen los requisitos mínimos para el diseño, construcción e instalación de cajas, para colector de datos CD y Concentrador de medida y distribución CMD y equipos auxiliares utilizados en la medición de energía eléctrica.

El elemento de medida, el actuador (elemento de suspensión y reconexión) y el medio de comunicación (MODEM GPRS, línea telefónica u otro) entre el colector de datos y el servidor de la empresa, deben ser fabricados para ambiente tropical y ubicados en una caja similares características (resistente al clima costero)

Los componentes del sistema son:

## 1.1 MEDIDOR ELECTRÓNICO DE ENERGÍA ACTIVA

Debe ser individual, uno por consumidor por cada fase de alimentación del suministro de energía.

Los medidores deben cumplir con la norma NTC 4052 (requerimientos de exactitud, límites de error debido a variación de corriente, arranque inicial, funcionamiento sin carga, constante del medidor.)

- Clase de Exactitud: Medidor mejor o igual a clase 2: para medir energía activa de clientes correspondientes al nivel 1 con capacidades menores a 30 KVA, en medidores monofásicos y trifásicos.
- Voltaje Nominal 3 x 127/220 V1
- Voltaje máximo de servicio: 138 V
- Voltaje Mínimo de Servicio : 96 V
- Corriente Nominal 25 A
- Corriente Máxima hasta 100 A.
- Constante de calibración 1600 impulsos/Kwh.
- Dispositivo de calibración: LED emisor puerta o salida de pulsos.
- Medidor de la energía activa en KWh para cada consumidor
- Medición de consumidores monofásicos, bifásicos y trifásicos
- Aislamiento eléctrico: 2.5 Kv
- El dispositivo de medida tiene que estar alojado en un caja individual, de tal forma que se conforme un elemento compacto (envolvente).

En la Figura 1. se muestra la apariencia física de un medidor estático.



**Figura 1. Medidor Estático de Energía Activa**

## **1.2 ELEMENTO DE CORTE**

Elementos de corte para ejecutar acciones de desconexión y conexión con las siguientes características:

- Voltaje Nominal 220 V
- Corriente Nominal 100 A
- Corte en Vacío
- Corriente de Corto circuito: 10 KA
- Aislamiento Dieléctrico: 4 KV
- Operación local y remota

- Numero de operaciones del contactor:
  - 20.000 operaciones con switcheo mecánico
  - 10.000 operaciones con switcheo nominal y  $fp=0.9$
- Norma IEC EN60947 UL File E 178562.

La Figura 2. muestra los componentes electrónicos internos del medidor.

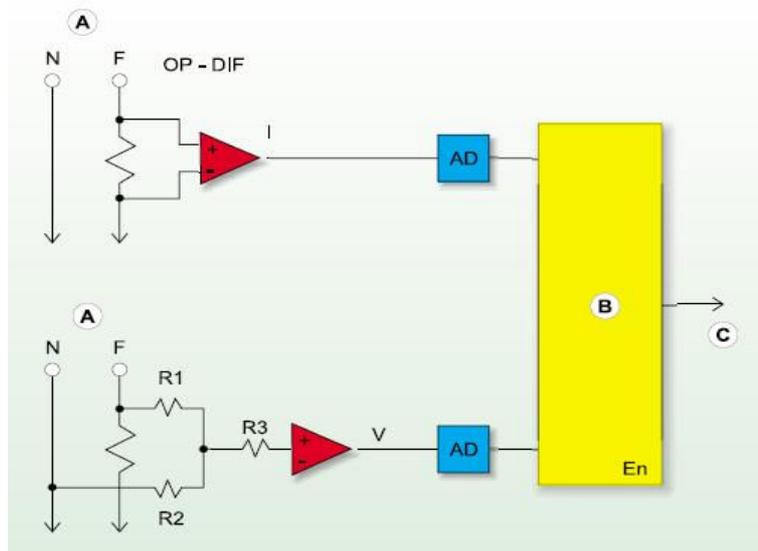


Figura 2. Elementos de Corte integran el Medidor Estático

### 1.3 VISUALIZADOR EN EL SITIO DEL CLIENTE (DISPLAY)

El sistema debe tener un display que se instalara al cliente, donde este pueda visualizar su consumo de energía. El Display será colectivo por cada concentrador de medida y distribución.

La comunicación entre el display y la caja del concentrador de medida distribución debe ser RS-485, PLC o tecnología similar complementaria.

## **1.4 COLECTOR DE DATOS**

Esta formado por el conjunto de equipos electrónicos que se utilizan en el Sistema de Medida Centralizada (Tarjeta de Control, Tarjeta de Interconexión y Microcontrolador). A través de este equipo se debe administrar cada uno de los módulos de medida (medidores) alojados en el concentrador de medida y distribución CMD. El colector deberá constar de dos nuevos puertos de comunicaciones, uno que se conecte al sistema remoto en la empresa vía celular, línea telefónica, GPRS y otro que se conecte con los módulos de medida vía radiofrecuencia o PLC.

### **1.4.1 Requerimientos y funciones básicas requeridas.**

- Lectura de medida en kWh para cada uno de los medidores asociados a su base de dato.
- Realizar masivamente las conexiones y desconexiones.
- Realizar la conexión de los concentradores de medida y distribución.
- Conexión y desconexión de suministros.
- Realizar interfase con el sistema comercial de la empresa
- Manejar 384 suministros por concentrador de medida y distribución.

### **1.4.2 Características Técnicas del Colector.**

Puede ser como elemento adicional al sistema o interno en los CMD, para elementos externos:

- Aislamiento Dieléctrico 2.5 kV, 60 Hz , 1 minuto.
- Prueba de Interferencia:
  1. Modo Común: 2.5 KV, 1 MHz, 2 seg.
  2. Modo Diferencial: 1 KV, 1MHz, 2 seg.
  3. Eje de Temperatura:
    - Características Garantizadas 0 °C a + 55°C
    - Almacenaje: -25°C +70°C.

Las dimensiones mecánicas recomendadas para el colector de datos son las siguientes: Altura: 488mm, Ancho: 388mm, Profundidad: 176mm; aunque el fabricante puede ofrecer aquellas dimensiones que operativamente y de acuerdo a su diseño tenga implementadas, siempre y cuando sean iguales o menores a las antes mencionadas.

### **1.5 CONCENTRADOR DE MEDIDA Y DISTRIBUCIÓN (CMD).**

Es el modulo que permite la conexión de la acometida y alojada de los medidores electrónicos para la medición de cada suministro. En este modulo se podrán conectar y desconectar remotamente de la red de baja tensión los consumidores asociados. De ese modulo también se derivan las acometidas de los suministros que distribuyen la energía. En la Figura 3 se puede ver la imagen de un Concentrador de Medida y Distribución de este tipo.

### **1.5.1 Requerimientos y funciones básicas requeridas del CMD.**

Una de las funciones de este modulo es permitir el alojamiento de los medidores de energía y elemento de corte.

- La tapa frontal debe tener un sensor para apertura y una cerradura con un microswitch que monitoree la apertura de la puerta del CMD, con tensión.
- Ante aperturas no autorizadas, la caja del CMD debe estar dotada de alarmas y actuaciones en caso de intervención.
- Apertura de la caja con tensión en la red, envío de alarma a la central y desconexión de todos los clientes.
- Corrientes superiores a las soportadas por las tarjetas electrónicas, debe enviar una alarma y el actuador desconectara al cliente.
- Temperatura al interior de la caja por encima de valores preestablecidos.
- El concentrador de medida debe estar compuesto por una fuente de alimentación y unos conectores para los medidores, los cuales estarán montados en placas de circuito impreso alojados de tal manera que puedan propiciar el fácil mantenimiento del equipo.
- Alimentación de clientes monofásicos, bifásicos y trifásicos.
- Administración de clientes a alimentar de 1 a 12.
- Fijación de la caja o módulos al poste (tipo transformador) o tablero de distribución.
- Barraje para conexión a la red de baja tensión de fases y neutro, el cual debe conectarse a sistemas monofásicos o trifásicos.

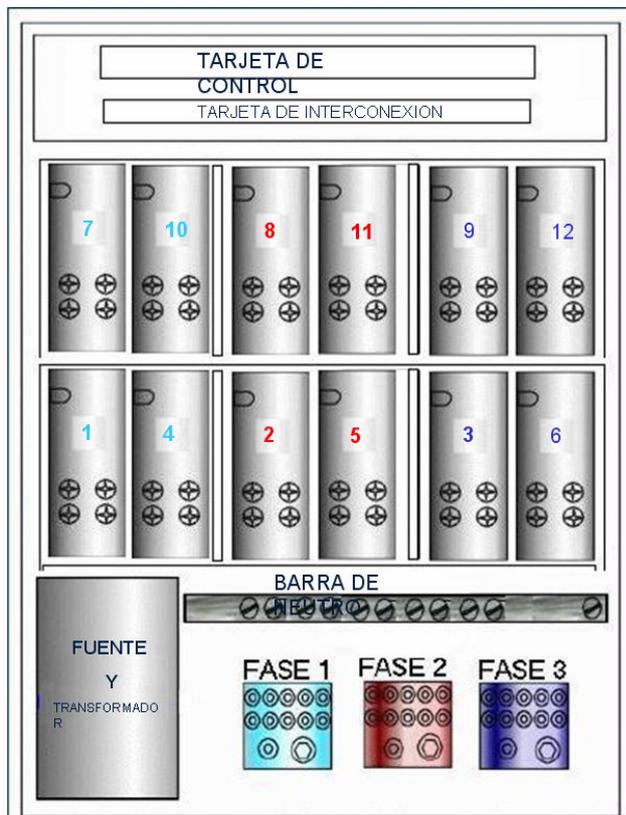


**Figura 3. Concentrador de Medida y Distribución**

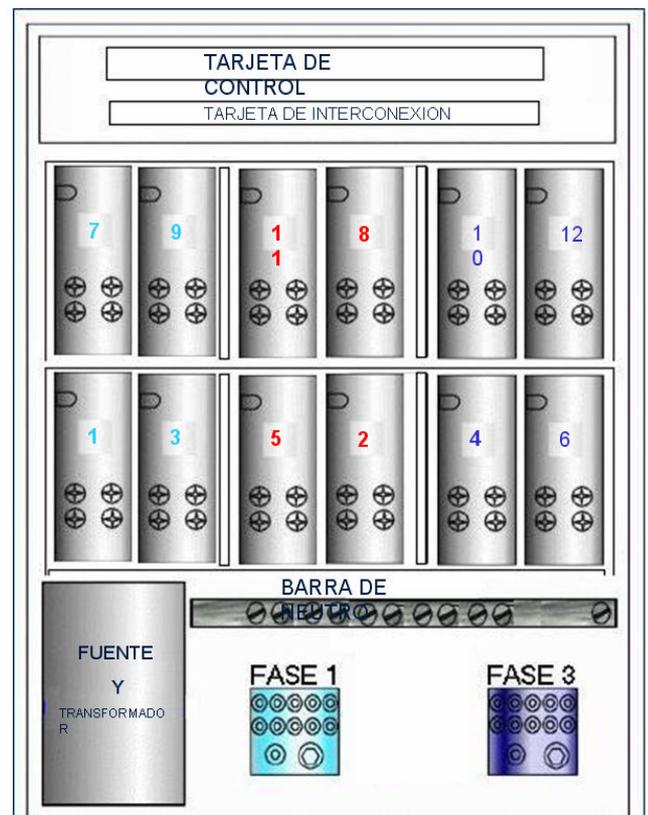
### **1.5.2 Características Técnicas del Concentrador de Medida y Distribución.**

- Capacidad para 1 a 12 medidores
- Alimentación trifásica o monofásica
- Voltaje nominal: 3x 127/220 V
- Orificios para cables de alimentación y acometidas en los calibres AWG N°2 – AWG N°8.
- Bornes para conexión de cables de alimentación, acometidas y tierra. Deseable tipo resorte. Otra opción debe ser aprobada por ELECTRICARIBE/ELECTRICARIBE.
- Corriente de cortocircuito de 20 KA

- Aislamiento Dieléctrico: 2.5 Kv,60Hz, 1 minuto.
- Eje de Temperatura  
 Características Garantizadas 0 °C a + 55°C  
 Almacenaje: -25°C +70°C.



**Figura 4. Esquema de Conexión de un CMD Trifásico.**



**Figura 5. Esquema de Conexión de un CMD Monofásico.**

## 1.6 SISTEMA DE COMUNICACIÓN

La comunicación entre el colector de datos y el concentrador de medidas y distribución debe ser PLC o Radio Frecuencia, RS-485. No se permite la conexión alámbrica entre CMD para instalaciones en red aérea, por lo vulnerable:

- Radiofrecuencia: banda de 900 MHz.
- Comunicación PLC (Power Line Communication)
- Norma IEC 60117

## 1.7 SOFTWARE DE GESTIÓN DEL SISTEMA.

El sistema se administrará con un software de gestión, en la estación central donde se podrá conectar remotamente a todos los colectores de datos CD y así poder almacenar toda la información y realizar las acciones de medición, suspensión y reconexión sobre los suministros por medio de un software.

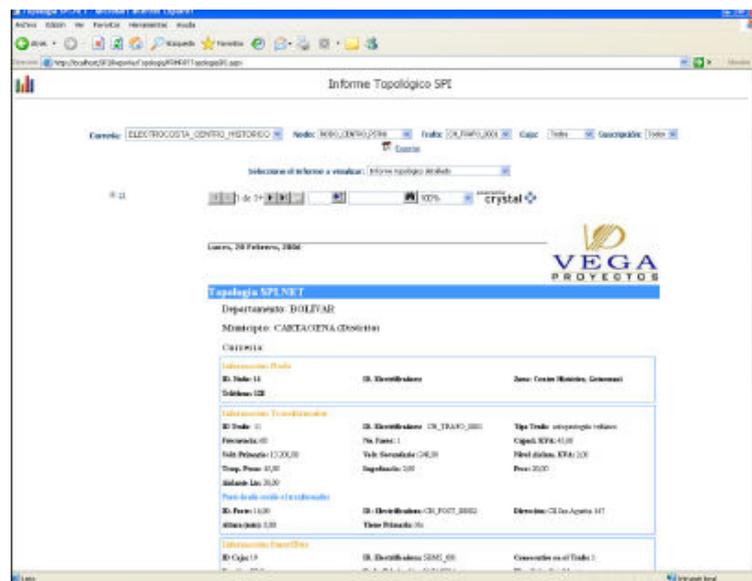


Figura 6. Imagen del Software de Gestión del Sistema.

Este software podrá estar en la oficina central de la empresa de energía o en cualquier otro lugar, de acuerdo a las necesidades. La comunicación del sistema de medición centralizada se dará vía MODEM discado o celular.

Las operaciones mínimas disponibles en el software son las siguientes:

- Utilización del software para exportación de archivos para integración con los sistemas de las empresas de energía. Debe permitir la importación y exportación de archivos planos.
- Permitir la programación para que los medidores trabajen como prepago.
- Permitir la programación de lecturas automáticas en Kwh, suspensiones y reconexiones masivas e individuales.
- Ajuste de fecha y hora
- Agenda y estado de los contadores
- Transmisión y recepción de archivos de configuración de la topología del sistema.
- Generación de archivos de configuración de la topología del sistema.
- Reconexión del concentrador de medidas y distribución (CMD) después de la apertura indebida de la puerta
- Prueba de comunicación entre CD y CMD
- Editar /alterar el archivo de configuración
- Reset de los contadores de punto de los CMD
- Monitoreo, en línea, de los valores de los pulsos en los CMD
- Análisis del sistema
- Programación de alarmas y eventos.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Vega Proyectos, Software de Gestión Sistema de Poder Integrado SPI.NET Pág. 6 -10. Agosto 17 de 2005

## 2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SPI.

Antes de entrar en detalle de la descripción del sistema en si, es necesario hablar de algunos elementos claves para el funcionamiento del sistema y que serán descritos a continuación:

### 2.1 COMPONENTES ELECTRONICOS DEL SPI.

#### 2.1.1 Tarjeta de Control.

Permite la configuración del sistema. A esta van conectados todos los dispositivos de comunicación (MODEM Celular, RF, PLC) y los displays. Además, en la tarjeta de control se encuentra alojado también el microcontrolador.

En el sistema solo se utiliza un solo prototipo de esta tarjeta para todos los tipos de tecnologías. Las variaciones necesarias que exige cada tecnología se hacen a la tarjeta cambiando la posición de algunos jumpers y en la programación que se le haga al microcontrolador. En la figura 7 se muestra la tarjeta de control típica utilizada en el sistema.

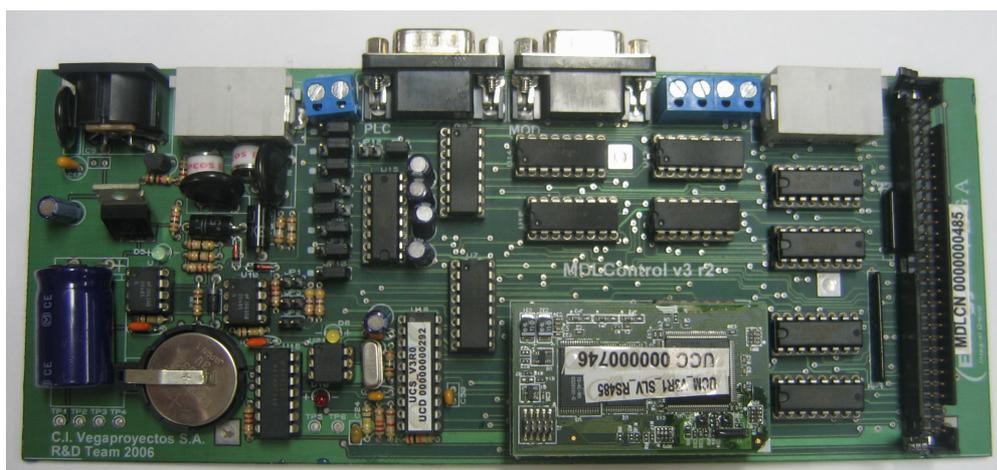
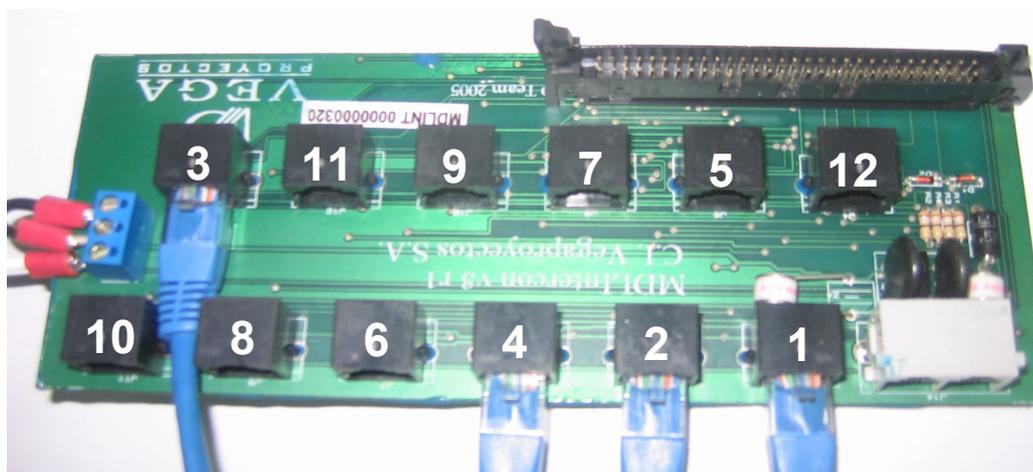


Figura 7. Tarjeta de Control utilizada en medida centralizad

### 2.1.2 Tarjeta de Interconexión.

Se encarga de interconectar la tarjeta de control con los módulos de lectura, corte y reconexión. A través de un bus de datos, la información del consumo que registra cada medidor pasa directamente al microcontrolador. Si la comunicación de los equipos se va a hacer en algún momento utilizando la tecnología RS-485, es a esta tarjeta donde van conectados los cables telefónicos para lograr dicha interconexión. Es de suma importancia que cada usuario puede tener uno o más canales asociados en el sistema (dependiendo del tipo de servicio); de tal manera que es obligatorio hacer la conexión de cada uno de los módulos correctamente en la tarjeta de interconexión, para evitar inconvenientes con los consumos de cada usuario asociados al mismo concentrador. En la Figura 8 se muestra la tarjeta y la forma en que el fabricante dispuso cada uno de los canales en la misma.<sup>2</sup>



**Figura 8. Tarjeta de Interconexión del Sistema SPI con sus Canales Señalados.**

<sup>2</sup> Echenique Martínez, Jairo. Experiencias en Campo Sistema de Poder Integrado SPI. Diciembre de 2007.

### 2.1.3 Microcontrolador.

Este dispositivo podríamos denominarlo el corazón del sistema SPI. Dentro de sus funciones se encuentran las siguientes:

- Almacenar el consumo, por canal, de cada uno de los usuarios asociados a un concentrador dado.
- Dar información de la corriente demandada por cada canal en un instante dado.
- Guardar la configuración del equipo: número de serial (SN) y número de identificación (ID) para ver claramente en el centro de gestión todos los concentradores que hacen parte del sistema y a que nodo pertenece. Los ID pueden repetirse en nodos diferentes, pero los SN de los equipos si es único para cada concentrador.
- Dar la orden de corte o reconexión a los actuadores de los módulos de lectura.
- Manejar cada uno de las tecnologías: RS-485, RF, PLC o Celular.

El microcontrolador que se utiliza, físicamente es el mismo. La diferencia radica en que dependiendo de la tecnología para la cual vaya a ser utilizado y la jerarquía que vaya a tener el equipo al que se asocie (Macro, Maestro, Híbrido o Esclavo), su programación es diferente. Esta programación la hace el fabricante directamente.

En la Figura 9 se muestra el microcontrolador típico utilizado en el sistema SPI.



**Figura 9. Microcontrolador Utilizado en el Sistema SPI.**

#### 2.1.4 UPC (Unidad Portátil de Comunicación).

Este equipo aunque es externo al sistema como tal, es de vital importancia porque permite realizar casi cualquier tarea sobre los concentradores directamente en campo. En la figura 10 se puede observar la UPC utilizada en medida centralizada.



Figura 10. UPC Utilizada Para la Configuración del SPI.

A continuación se listaran cada una de las tareas que se pueden llevar a cabo con la UPC:

- Desactivar el sistema de seguridad para intervenir los equipos.
- Dar orden al microcontrolador de desconectar o reconectar cualquiera de los módulos o todos en un concentrador.
- Programar el número de serial (SN) y el número de identificación (ID) a los equipos.

- Obtener la lectura en KWH de cada uno de los módulos de medida, así como la corriente que esté consumiendo un canal en el instante que se le solicite.
- Programar los canales y las potencias de los equipos PLC y RF.
- Verificar la comunicación entre equipos; desde los esclavos, pasando por los híbridos, hasta llegar al equipo Maestro.
- Guardar temporalmente la configuración completa de un equipo dado. Esto es por si se presenta algún daño y hay que reemplazar alguna de las partes, la información almacenada en el microcontrolador no se pierda.

Después de descritos los componentes electrónicos del SPI, ahora si podemos entrar a describir todo el sistema como tal.

## **2.2 TIPOS DE EQUIPOS DE SPI.**

Existen básicamente 4 tipos de equipos en el Sistema de Poder Integrado:

### **2.2.1 Equipos Maestros.**

Son aquellos que recogen toda la información del consumo de los usuarios asociados a equipos esclavos, y a través de un dispositivo de comunicación (MODEM Celular), manda toda la información directamente al centro de gestión (localizado en la ciudad de Barranquilla).

Estos equipos ocasionalmente pueden tener usuarios asociados directamente. También se puede presentar el caso de que se incluyan los módulos para la medición del transformador dentro de este equipo; y para diferenciarlos se le llama entonces **Macro-Maestro**.

Los Equipos Maestros siempre se instalan cerca al transformador de potencia.

### **2.2.2 Equipos de Macro-Medida.**

Estos equipos censan y registran la energía eléctrica que entrega el transformador al cual están asociados. También se denominan integradores o equipos de macrolectura.

Esta medición se hace en el lado de bajo de baja del transformador (se utilizan TC de 400/5) con el objetivo del control de pérdidas ya que permite al sistema realizar un balance de cargas, con respecto al lado de baja, cada vez que se le solicite.

### **2.2.3 Equipos Híbridos.**

Realizan la función de “macro-medida”, pero también tienen usuarios a los que pueden efectuarles lecturas, cortes y reconexiones. Generalmente se utilizan como puente para la intercomunicación de una cantidad considerable de equipos esclavos con el equipo maestro.

Los equipos híbridos se caracterizan por ser capaces de manejar dos tipos de tecnologías a la vez, ya sea RS-485 y PLC o RF y PLC.

### **2.2.4 Equipos Esclavos.**

Son administrados por los equipos maestros y se utilizan para concentrar y registrar directamente el consumo de los clientes. Aunque no cuentan con un dispositivo de comunicación remoto, pueden comunicarse entre ellos, con un equipo híbrido o con uno maestro a través de las tecnologías RS-485, PLC o RF. Estos equipos son capaces de realizar también actividades de suspensión y reconexión de los suministros de los clientes.

### 2.3 FUNCIONAMIENTO Y TOPOLOGIA DE LA RED SPI.

La empresa ELECTRICARIBE en el centro histórico de Cartagena, ha hecho una diferenciación de todos los clientes en su red de distribución para el sistema de medida centralizada. Una parte de los clientes están asociados a lo que en la empresa llaman “**Redes Aéreas**” que simplemente son clientes alimentados por transformadores ubicados en postes (pero los transformadores son propiedad de la compañía). Otro tipo de clientes están asociados a unos “**Gabinetes**” que han sido dispuestos en sitios estratégicos en todo el centro y los cuales se alimentan directamente de las subestaciones. Finalmente, existe otro tipo de clientes llamados “**Multifamiliares**” que son aquellos alimentados por un transformador particular debido a que el consumo del cliente lo justifica (este tipo de clientes son comúnmente hoteles, conjuntos residenciales, o locales comerciales que exceden el consumo máximo estipulado por la empresa para estar conectados directamente a su red de distribución).

Es muy importante esta división que se ha hecho dentro de la red de distribución porque así aparecen los equipos reflejados en el centro de gestión, lo cual además de dar una muy buena organización en la forma como están distribuidos todos los clientes, de una correcta asociación de los clientes a cada nodo depende el éxito de los balances de carga para el control de pérdidas. Hay que aclarar que después de terminado un montaje específico, la información de los clientes migrados se envía a Barranquilla para que se actualicen de forma manual en el Centro de Gestión.<sup>3</sup>

A continuación se muestra el funcionamiento del SPI para cada una de las divisiones señaladas al comienzo de este numeral.

---

<sup>3</sup> Echenique Martínez, Jairo. Experiencias en Campo Sistema de Poder Integrado SPI. Diciembre de 2007.

### **2.3.1 Redes Aéreas.**

Como se nombró anteriormente, en esta parte de la red de distribución, los concentradores de los usuarios, al igual que el transformador que los alimenta, se encuentran ubicados en postes. Para los nodos que hacen parte de este tipo de ramificaciones se está utilizando la tecnología RF para la comunicación entre las cajas inteligentes, porque al estar estas en la parte alta de los apoyos se tiene la línea de vista necesaria para lograr una buena comunicación entre los equipos; además la distancia entre apoyos está dentro de los límites que especifica el fabricante para la potencia de los MODEM RF. Por lo tanto es la más apropiada.

En el Sistema de Medida Centralizada se tienen en total quince transformadores aéreos. Hay que aclarar que cada transformador, significa un nodo diferente en el sistema, por lo tanto cada uno tiene su propio Equipo Maestro. En la Figura 11. tenemos una de las ramificaciones que hace parte de la red aérea del SPI.



**Figura 11. Transformador T12 - Nodo Aéreo de Medida Centralizada.**

### **2.3.2 Gabinetes.**

Esta parte de la red esta conformada por transformadores de potencial ubicados en subestaciones, y que a través de líneas subterráneas, alimentan unos barrajes ubicados dentro de unos gabinetes distribuidos en todo el Centro Histórico de Cartagena, de donde se alimentan directamente los equipos de SPI y de donde salen las acometidas, también subterráneas, para dar servicio a cada uno de los clientes.

Si se tiene mas de un Equipo Esclavo dentro del mismo gabinete, la interconexión entre estos se hace por medio de cable telefónico utilizando la tecnología RS-485. Si los equipos están en gabinetes diferentes, la tecnología mas apropiada para comunicarlos es la RF.

Puede presentarse el caso que existan equipos pertenecientes al mismo nodo, pero que no tengan línea de vista con ningún otro (por estar ubicados en otra calle o porque están a una distancia que excede la potencia máxima de los MODEM RF). Es en este tipo de situaciones donde se hace necesario el uso de los Equipos Híbridos. Utilizando un MODEM PLC en uno de los concentradores, se asocian a este todos los equipos, ya sea por RS-485 o por RF, que de momento estén por fuera de comunicación con el nodo por las razones anteriormente descritas y a través de este Equipo Híbrido se envía la información del consumo de todos sus esclavos asociados a otro híbrido ubicado dentro de la subestación; y este a su vez lleva esa información al Equipo Maestro. Puede darse el caso que en la subestación el Equipo Híbrido sea el mismo Maestro.

Los nodos pertenecientes a este tipo de ramales son los más complejos de todo el sistema, porque son los que tienen el mayor número de equipos asociados y porque no siempre las condiciones son las más adecuadas para que la comunicación sea perfecta.

En la Figura 12 podemos ver vemos algunos equipos de SPI instalados en gabinetes.



Figura 12. Equipos Esclavos Instalados en Gabinetes y Pertenecientes a la Subestación Badillo.

### 2.3.3 Multifamiliares.

Los multifamiliares son clientes especiales que cuentan con un transformador de potencial propio para su servicio de energía eléctrica. Este tipo de instalaciones son las menos complejas de todas porque el usuario cuenta con una pequeña subestación dentro de su predio donde se hace la instalación de todos los equipos SPI, por lo que todos los concentradores están muy cerca y se pueden comunicar utilizando la tecnología RS-485; lo que hace muy sencilla la interconexión de estos con el Equipo Maestro y además le da mucha confiabilidad al sistema.

Aunque los multifamiliares tienen su propio transformador, estos están asociados a un nodo (que corresponde a la subestación de la cual se estén alimentando) desde donde se hace la Macro-medición.

A continuación en las Figuras 13 y 14 veremos algunos ejemplos de multifamiliares.<sup>4</sup>



**Figura 13. Equipos de un Multifamiliar Ubicado en el Edificio de COOMIBOL.**



**Figura 14. Equipos de un Multifamiliar Ubicado en el Edificio Banco Santander.**

<sup>4</sup> Echenique Martínez, Jairo. Experiencias en Campo Sistema de Poder Integrado SPI. Diciembre de 2007.

La Figura 15 muestra cómo es la topología general del sistema y como es la interacción entre todos los componentes del mismo.

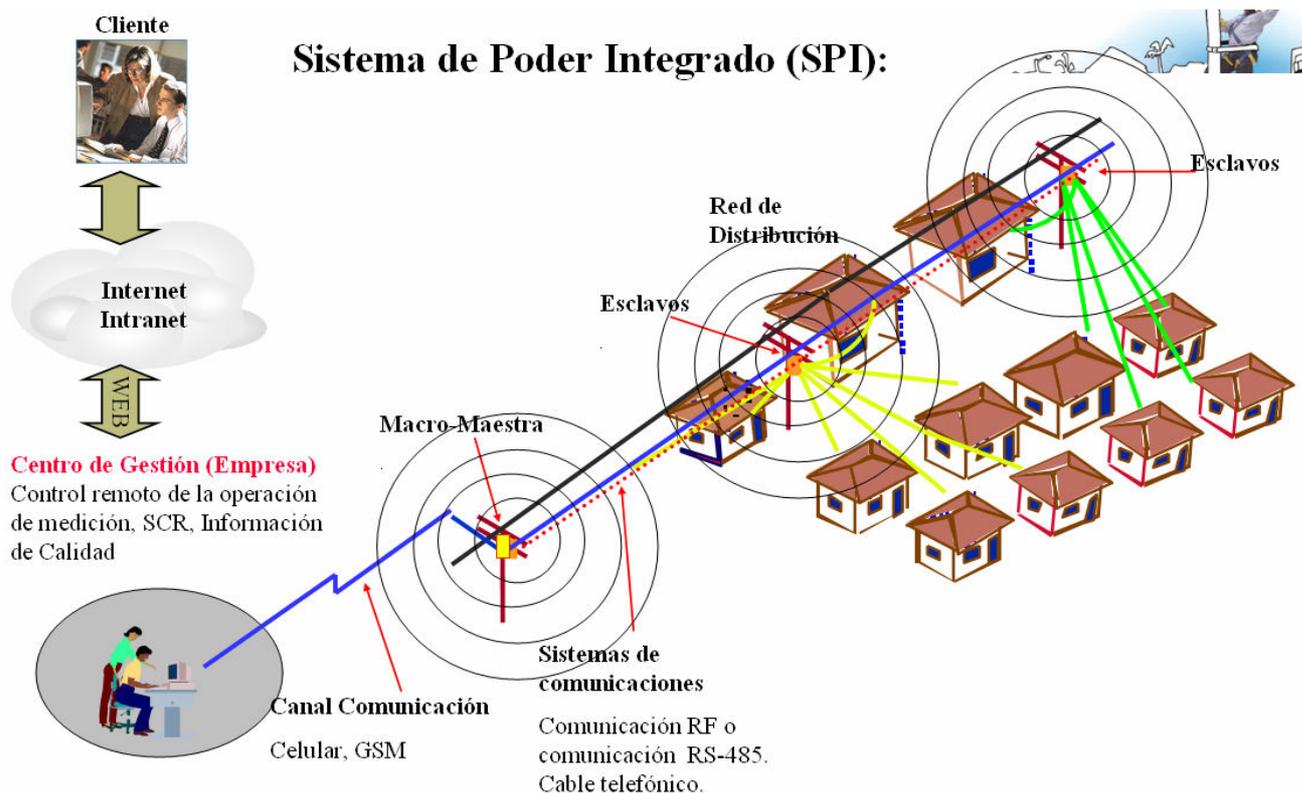


Figura 15. Topología General de la red del Sistema de Poder Integrado (SPI).

### **3. TECNOLOGIAS DE COMUNICACION DEL SPI**

El sistema SPI utiliza cuatro tipos de tecnologías, para realizar los enlaces de comunicación entre los equipos que lo conforman; y entre estos y el centro gestion. Estas tecnologías son: GSM, PLC, RS-485 y RF.

Esta publicación solo referencia las tecnologías GSM y PLC debido a que el fabricante aun mantiene como información confidencial la documentación de los equipos RF Y RS-485; y la información disponible en Internet y en la bibliografía sobre estas tecnologías no describe el funcionamiento de los mismos en el SPI.

#### **3.1 TECNOLOGIA GSM**

Como se menciona en el Capitulo 2, esta es la tecnología que utiliza el SPI para la interacción entre el Centro de Gestion y todos los equipos en campo. Es importante tener claro que los únicos equipos que tienen comunicación directa con el Centro de Gestion son los equipos maestros y los equipos de macro medida. A continuación se describe las generalidades de esta tecnología.

##### **3.1.1 Historia de GSM (Global System for Mobile Communication)**

En los comienzos de los años ochenta, muchos países en Europa habían desarrollado su propio sistema de telefonía celular análoga que impedía la interoperabilidad más allá de las fronteras de cada país.

En 1982, el **CEPT, Conference of European Post and Telecommunications** estableció un grupo de trabajo para desarrollar un sistema paneuropeo al que se denominó **GSM, Groupe Speciale Mobile**.

El grupo propuso desarrollar un nuevo sistema inalámbrico móvil con las siguientes premisas: itinerancia (roaming) internacional, soporte para la introducción de nuevos servicios, eficiencia espectral y compatibilidad con la RDSI. En 1989, la responsabilidad por el desarrollo de GSM fue transferida al **ETSI, *European Telecommunications Standards Institute*** que denominó al proyecto como ***Global System for Mobile Communications (GSM)***. La evolución de GSM ha estado marcada por tres fases de evolución, la fase 1, en la que se produjeron sus especificaciones; la fase 2, en la que se propuso la inclusión de servicios de datos y de fax; y finalmente, la Fase2+, en la que se realizan mejoras sobre la codificación de voz y se implementan servicios de transmisión de datos avanzados, entre ellos GPRS y EDGE.

GSM es un sistema de conmutación de circuitos, diseñado originalmente para voz, al que posteriormente se le adicionaron algunos servicios de datos: servicio de mensajes cortos, un servicio de entrega de mensajes de texto de hasta 160 caracteres y un servicio de datos GSM, que permite una tasa de transferencia de 9.6 kbps.

### **3.1.2 La Red GSM**

La tecnología de sistemas móviles de segunda generación GSM, constituye la base de lo que hoy se conoce como sistema celular digital 1800 (DCS1800, *Digital Cellular System*). En general, el sistema consta de cuatro componentes fundamentales (ver Figura 16): *El equipo de usuario*, que corresponde al dispositivo terminal mediante el cual se conecta a la red; la *Red de Acceso*, que permite al usuario dentro de las celda que indican el área física de cobertura de la red; el *Núcleo de la Red*, el cual está constituido por el subsistema de conmutación de red que hacen posible el intercambio de información entre usuarios; Por último, se encuentra el bloque de *Otras Redes*, las cuales pueden ser de voz o datos (RTPC, RDSI, WAN, etc.).

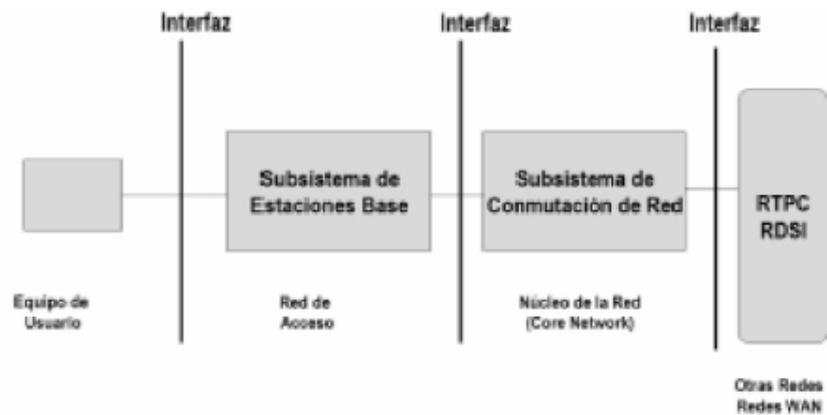


Figura 16. Diagrama de Bloques del sistema de una Red Celular <sup>5</sup>

Cada bloque o subsistema debe estar conectado mediante una interfaz que permita el intercambio de información.

### 3.1.3 Arquitectura de la Red GSM.

Las redes celulares están compuestas básicamente por los componentes ilustrados en la Figura 16. En el caso particular para GSM, cada bloque funcional se divide en componentes que realizan funciones particulares dentro de cada subsistema.

En la Figura 17 se muestra la arquitectura del sistema GSM. Sus componentes pueden ser agrupados en tres subsistemas: El subsistema de estaciones base (BSS: Base Station Subsystem), el subsistema de conmutación y gestión (SMSS: Switching and Management Subsystem) y el subsistema de operación y mantenimiento (OMSS: Operation and Maintenance Subsystem).

<sup>5</sup> PACHON de la CRUZ, Álvaro. Evolución de los Sistemas Móviles GSM, Sistemas & Telemática, Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad ICESI. 29 de Nov del 2004. Pág. 14

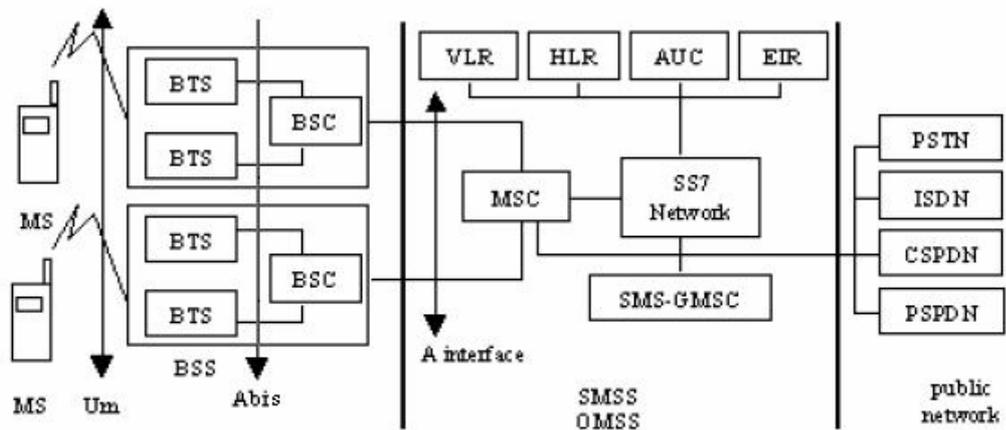


Figura 17. Arquitectura del Sistema GSM <sup>6</sup>

Los elementos que corresponden al equipo de usuario son:

- La Estación Móvil (**MS, Mobile Station**). Corresponde a el equipo físico mediante el cual el usuario puede acceder a los servicios de la red móvil inalámbrica GSM.

El módulo de identidad del abonado (**SIM, Subscriber Identity Module**). El SIM es el chip que el usuario inserta en el terminal GSM y que distingue entre la identidad del abonado y la del equipo móvil. Los elementos que constituyen el *Subsistema de Estaciones Base, BSS* (segundo bloque funcional) son:

- La Estación Transmisora-Receptora de base o estación transceptora de base (**BTS, Base Transceiver Station**). Se encarga de proporcionar, vía radio, la conectividad entre la red y las estaciones móviles.

<sup>6</sup> PACHON de la CRUZ, Álvaro. Evolución de los Sistemas Móviles GSM, Sistemas & Telemática, Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad ICESI. 29 de Nov del 2004. Pág. 17

Las BTS están bajo el control del Controlador de Estaciones Base (BSC, Base Station Controller).

- El Controlador de Estaciones Base (**BSC, Base Station Controller**). Se encarga de todas las operaciones de transferencia de control de las llamadas y también de controlar las señales de potencia entre las BTS's y las MS's, con lo cual releva al centro de conmutación de varias tareas.
- La Unidad de Transcodificación (**TRAU-Transcoding Rate and Adaptation Unit**). Se encarga de comprimir la información en el interfaz aéreo cuando se hace necesario. La TRAU forma parte del subsistema BSS. Permite que tasas de datos GSM (8,16, 32 Kbps) puedan ser enviadas hacia la interfaz RDSI del MSC que sólo acepta tasas de 64 Kbps. Los elementos que constituyen el *Subsistema de Conmutación de Red*, (tercer bloque funcional) son:
  - El Centro de Conmutación de Servicios Móviles o Centro de Conmutación de Móviles (**MSC, Mobile Services Switching Center**). Es considerado el corazón GSM y se encarga de establecer, gestionar y despejar conexiones, así como de enrutar el tráfico de llamadas entrantes y salientes, y de la asignación de canales de usuario en la interfaz entre el MSC y las BSC. El MSC proporciona la interfaz con el sistema telefónico (**PSTN, Public Switching Telephonic Network**) y presta servicios de determinación de cargos y contabilidad.
  - El Registro General de Abonados (**HLR, Home Location Register**). Es una base de datos que contiene y administra la información de los abonados, mantiene y actualiza la posición del móvil y la información de su perfil de servicio.

- El Registro de Abonados Itinerantes (**VLR, Visitor Location Register**). Diseñado para no sobrecargar el HLR. Guarda localmente la misma información que el HLR, cuando el abonado se encuentra en modo de itinerancia (roaming).
- El Centro de Autenticación (**AuC, Authentication Center**). Genera y almacena información relativa a la seguridad, genera las claves usadas para autenticación y encriptación. • Registro de Identidad de Equipos (**EIR, Equipment Identity Register**). Los terminales móviles tienen un identificador único, el IMEI (**International Mobile Equipment Identity**). El EIR se utiliza para mantener una relación de las identidades de los equipos abonados; a través de él resulta posible identificar aquellos usuarios autorizados.
- El **GMSC, Gateway Mobile Switching Center**, es el punto hacia el cual es encaminada una terminación de llamada cuando no se tiene conocimiento de la ubicación de la estación móvil. Este componente tiene la responsabilidad por el encaminamiento de la llamada al MSC correcto. Las conexiones originadas o dirigidas hacia otras redes son manejadas por este gateway dedicado.
- **SMS-G, Short Message Services Gateways**. Este término es usado para describir colectivamente a dos Gateways que soportan el servicio de mensajería corta (Short Message Services Gateways) descritos en las recomendaciones GSM.

- El **SMS-GMSC, Short Message Service Gateway Mobile Switching Service** encargado de la terminación de los mensajes cortos y el **IWMSC, Short Message Service Inter-Working Mobile Switching Center** encargado de originar los mensajes cortos.

### 3.1.4 Interfaces y Protocolos GSM.

Cada elemento en una red GSM está interconectado a otro mediante interfaces que permiten el intercambio de información entre estas (ver Figura 18); cada interfaz a su vez, requiere su conjunto básico de protocolos. Se definen cuatro interfaces en la estructura GSM, estas son: Um, A, Abis y MAP, explicadas a continuación.

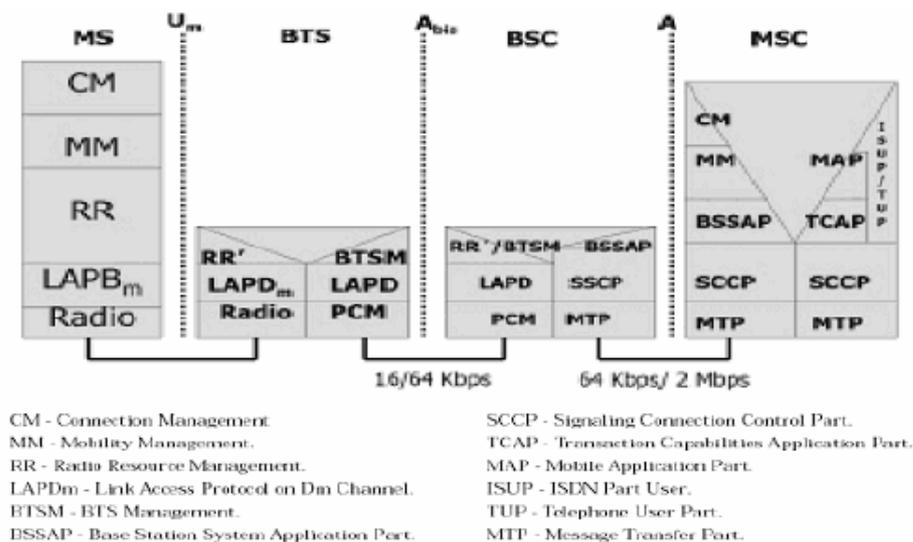


Figura 18. Protocolos sobre las Interfaces A, Abis y Um<sup>7</sup>

<sup>7</sup> PACHON de la CRUZ, Álvaro. Evolución de los Sistemas Móviles GSM, Sistemas & Telemática, Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad ICESI. 29 de Nov del 2004. Pág. 19

- **Abis:** Esta interfaz define las operaciones entre el BSC y la BTS, o sea permite el control del equipo de radio. Se basa en un enlace de transmisión PCM-30 de 2Mbps y en LAPD (Link Access Protocol on Dm).
- **A:** Permite el intercambio de información entre el centro de conmutación de servicios móviles (MSC) y el sistema de estación base (BSS); además, opera haciendo la gestión del subsistema BSS, de las llamadas y de la movilidad. Se basa en un Q.931 modificado que se ejecuta encima de PCM-30, la parte de transferencia de mensaje (**MTP, Message Transfer Part**) de SS7 (**Signaling System 7**) y la parte de control de conexiones de señalización (**SCCP, Signaling Connection Control Part**).
- **MAP (Mobile Application Part):** Define las operaciones entre el MSC y la red telefónica, así como el MSC, el HLR, el VLR y el EIR. MAP se implementa encima de SS7. Entre las interfaces que utilizan este protocolo de señalización se encuentran (ver Figura 16.)
  - Interfaz B: Esta es utilizada entre el VLR y los MSC asociados que se encuentren en el área de influencia.
  - Interfaz C: Es utilizada por los gateways GMCS para enrutar la llamada al MSC destino a través del HLR.
  - Interfaz D: Es el que permite el intercambio de información entre diferentes HLR o entre un HLR y un VLR.
  - Interfaz E: Es utilizado para intercambiar información entre MSC's de diferentes áreas de influencia.
  - Interfaz F: Permite el suministro de información de un EIR a un MSC (proceso de comprobación del IMEI).
  - Interfaz G: Permite la conexión entre VLR's de diferentes MSC's.
  - Interfaz H: Permite la conexión entre el centro AuC y el HLR.

Los protocolos de señalización en GSM están basados en un modelo de tres capas. En la capa 1 (Layer 1 de la Figura 18), como en el modelo de referencia OSI, se fundamenta en la interfaz de radio física como tal. La capa 2 (Layer 2 de la Figura 18) de este modelo es la capa de enlace de datos, la cual maneja un protocolo que es una variante de *LAPD (Link Access Protocol on Dm)* de ISDN, y que en GSM recibe el nombre de *LAPDm* (asociado a la interfaz Um) y también, mediante la interfaz A al *MTP (Message Transfer Part)* de capa 2 de SS7.

En la capa 3 (Layer 3 de la Figura 18) del modelo, se hace una subdivisión según su función en tres subcapas que son:

- **Administración de los Recursos de Radio (RR, Radio Resources):** Controla el ajuste, mantenimiento y terminación de los canales de radio y fijos incluyendo Handovers.
- **Administración de Movilidad (MM, Mobility Management):** Dirige la actualización de localización y los procedimientos de registro, tanto como la seguridad y autenticación.
- **Administración de Conexión (CM, Connection Management):** Es el que controla en general la llamada, similar a la recomendación CCITT Q.931, maneja además los servicios suplementarios y el SMS (**Short Message Service**). En el siguiente gráfico, Figura 18, se ve como este modelo de tres capas actúa según el modelo de referencia OSI.

En el siguiente gráfico, Figura 19, se ve como este modelo de tres capas actúa según el modelo de referencia OSI.

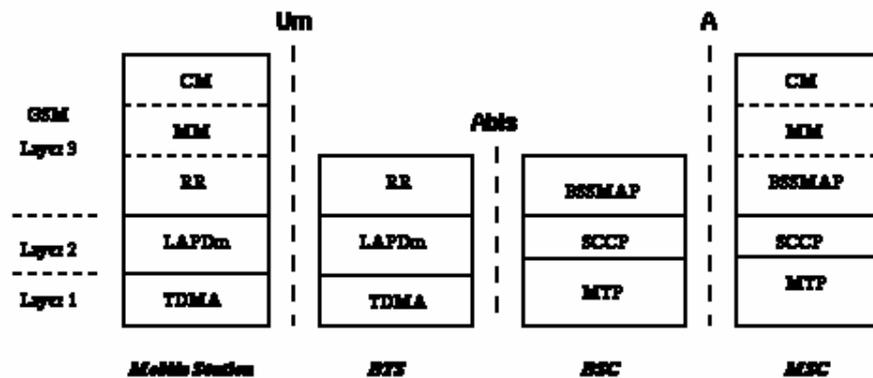


Figura 19. Modelo de Capas en GSM.<sup>8</sup>

### 3.1.5 Canales Físicos y Lógicos.

En GSM se pueden distinguir dos tipos de canales, canales físicos y canales lógicos. Los canales físicos se presentan en formas de intervalos de tiempo o Timeslots, y los canales lógicos se representan mediante toda aquella información contenida en los canales físicos. Los canales lógicos a su vez, son dividido en dos tipos:

Canales de Tráfico (**TCH, Traffic Channels**) que transportan canales de voz/dato y Canales de Control (**CCH, Control Channels**), que transportan señalización y sincronización entre la estación base y la estación móvil.

<sup>8</sup> INVERSO, Jorge y DEL CAMPO, Fabián. General packet radio service in GSM. Pág. 6

### **3.2 TECNOLOGIA PLC (Power Line Communication)**

Hablar de Power Line Communication (PLC) sin referirnos a su historia es una labor complicada. PLC es una realidad desde medianos del siglo XX, donde la tecnología comenzó a aplicarse a los entornos de las comunicaciones de las empresas eléctricas sobre las líneas de alta y muy alta tensión, como medio de transportar muy bajas velocidades (bps).

La evolución de la tecnología hacia entornos más próximos al usuario final tiene su expresión en las comunicaciones PLC de banda estrecha en los entornos industriales, donde se ofrecen capacidades de establecimiento de trayectos de comunicación de baja velocidad sobre líneas eléctricas para el control de elementos que precisan comunicarse entre si a baja velocidad (Kbps).

El PLC tal y como lo entendemos hoy y en este trabajo, abarca las comunicaciones a alta velocidad (Mbps) en los entornos fundamentalmente domésticos. La realidad tecnológica detrás de PLC ha sufrido claras evoluciones a lo largo de su historia. El estado actual es que esta tecnología cuenta con modulaciones de robustez variable como es la OFDM para adaptarse a las condiciones cambiantes del cable eléctrico, velocidades de decenas de Mbps y esquemas de compartición de recursos y organización de red cada vez más próximos a los mecanismos flexibles del entorno de Internet.

### **3.2.1 Tecnología PLC**

PLC (Power Line Communication) es una tecnología que ha creado una gran expectativa últimamente. Esto es debido a que mucha gente tiene puesta la mirada en ella como contrapunto a ADSL o cable para la recepción de datos en cualquier punto ya que la electricidad llega a casi todos los lugares. Aunque mucho se habla sobre ella existe un gran desconocimiento y también muchas ideas erróneas, esto es debido a que la tecnología es relativamente nueva y poca gente a tenido acceso a la misma.

### **3.2.2 Definición de PLC**

La abreviatura PLC deriva de las palabras **P**ower **L**ine **C**arrier. En los años recientes se empezó a hablar de **P**ower **L**ine **C**ommunication. La tecnología PLC es un método de transmisión de datos, videos y voz que toma como base el cableado eléctrico, transformando cualquiera de los toma corrientes de los que disponen empresas y hogares en proveedores de servicios de telefonía y puntos de conexión a Internet, al tiempo que permite formar una intranet doméstica. De este modo, la tecnología PLC elimina la necesidad de la existencia de líneas telefónicas para disfrutar de estos servicios, abriendo un mercado de grandes dimensiones.

### **3.2.3 Características de PLC.**

- Esta tecnología presenta características muy ventajosas, entre las cuales
- deben ser destacadas:
- Utilización de una infraestructura ya desplegada.
- Acceso a cualquier punto geográfico, gracias a que la red eléctrica ya está implantada.

- Instalación sencilla para el proveedor y para el usuario.
- Posibilidad de conexión permanente (24 horas al día).
- Utilización de frecuencias situadas en la banda 2-30 MHz, muy superior a las de uso industrial (50-60 Hz) de tal modo que no interfiera con el suministro eléctrico.

Además de estas características ciertamente positivas, las ventajas que ofrece frente al cable o ADSL consisten en la baja inversión por individuo (que supone un tercio de la necesaria en el caso de la tecnología HFC – cable-, sin incluir el costo del equipo) así como el hecho de que ante una gran carga de usuarios permita conseguir velocidades de más de 500 Kbps por usuario frente al 10% del caudal contratado que garantiza la ADSL.

Por otro lado, el uso de este tipo de tecnología implica ciertos inconvenientes, ya que la red eléctrica no fue concebida para transmitir datos, únicamente energía. Es por ello por lo que se han registrado interferencias y perturbaciones en otros servicios que ya existían. En este sentido es muy llamativo el caso de Gran Bretaña, donde la forma de los toma corrientes les convertía en antenas que enviaban señales de radio aéreas con los datos de PLC, poniendo en peligro la privacidad de los individuos. Estos problemas, debidos al uso de prototipos de primera generación que empleaban mucha potencia de transmisión, están siendo investigados para lograr su solución.

Los requisitos para que un hogar o empresa pueda hacer uso de esta tecnología son varios, entre estos esta el que debe tener a su disposición un módem PLC (permite tanto la transmisión de datos así como el servicio telefónico) que es conectado al equipo cabecera situado en el CT (Centro de Transformación) de la empresa eléctrica, y en caso necesario se utilizaría un repetidor (normalmente instalado en el cuarto de contadores del edificio en cuestión. Pueden tenerse conectados hasta 256 módems a este equipo cabecera.

#### **3.2.4 Modulación PLC.**

La señal PLC va modulada entre 1,6 y 40 MHz dependiendo del sistema, actualmente no hay un estándar si no un grupo de sistemas diferentes e incompatibles entre si, básicamente se usan 3 tipos de modulación:

- **DSSSM** (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation). Puede operar con baja densidad de potencia espectral (PSD).
- **OFDM** (Orthogonal Frequency Division Multiplex). Que usa un gran número de portadoras con anchos de banda muy estrechos.
- **GMSK** (Gaussian Minimum Shift Keying). Es una forma especial de modulación en banda estrecha.

Todos estos sistemas ocupan el espectro de HF (onda corta). En la Figura 20 se muestra el espectro empleado por ASCOM que utiliza tres grupos de portadoras en cada sentido con una capacidad entre 0,75 Mbps y 1,5 Mbps cada una.

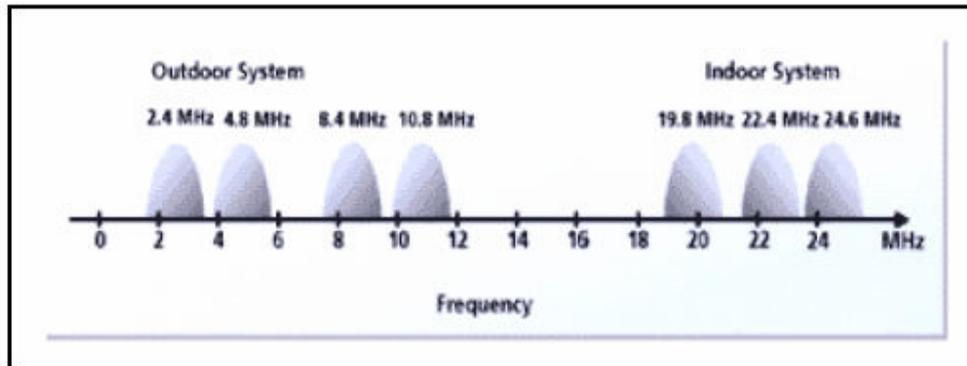


Figura 20. Sistema PLC, Plan de Bandas.

La Figura 21. muestra el sistema con OFDM que también utiliza tres enlaces en cada sentido pero al hacerlo mediante un sistema multiportadora es más eficiente y flexible. Los fabricantes se diferencian según el número de portadoras empleado tenemos:

- Sistema de Codengy: 84 Portadoras, de 4,5 MHz a 21 MHz. Capacidad total máxima 14 Mbps.
- Sistema de DS2: 1280 portadoras hasta 30 MHz. Flujo de datos de 45 Mbps; 27 Mbps en bajada y 18 Mbps en subida.

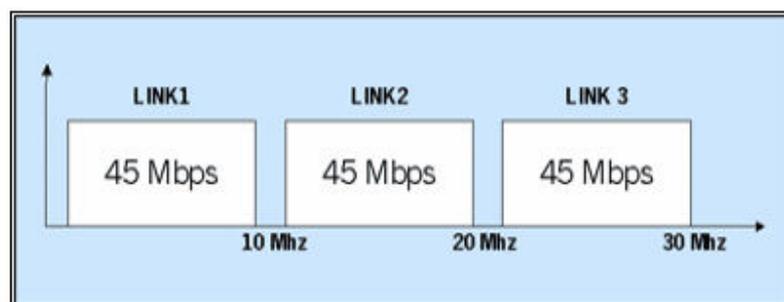


Figura 21. Sistema DS2.

La principal ventaja de este sistema es que se puede adaptar fácilmente a los cambios en las condiciones de transmisión de la línea eléctrica y que se pueden utilizar filtros (Figura 22.) para proteger los servicios que puedan resultar interferidos.

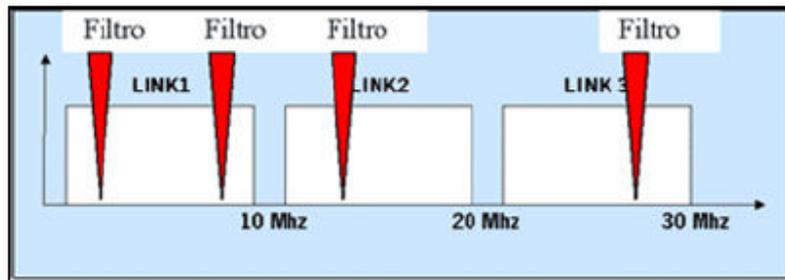


Figura 22. Sistema OFDM con Filtros.

La forma de implementar estos filtros es variada y en general los fabricantes hablan de un sistema de control de espectro (Spectral Density Control) diferente según el fabricante. La penalización por colocar filtros consiste en una disminución del ancho de banda máximo y velocidad binaria alcanzable por el sistema. La técnica de espectro disperso de OFDM distribuye los datos en un gran número de carriers que están espaciados entre sí en distintas frecuencias precisas (Figura 23.).

Ese espaciado evita que los demoduladores vean frecuencias distintas a las suyas propias.

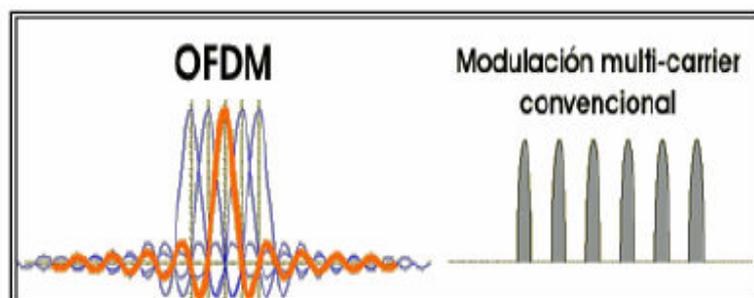


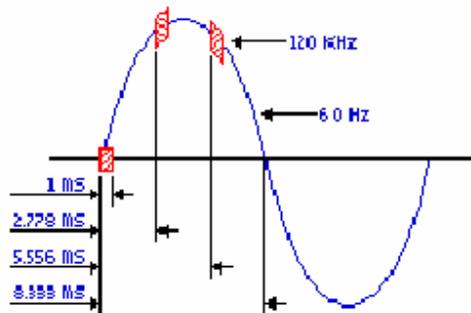
Figura 23. Traslamiento del Espectro.

### **3.3 Protocolo de transmisión PLC (X10)**

El protocolo X10, basado en la transmisión de información a través de la red eléctrica, aporta indudables ventajas. Estas son, por ejemplo, la no necesidad de tender nuevo cableado en una vivienda, así como de disponer de gran variedad de dispositivos a un costo bajo. Sin embargo, tiene una serie de puntos oscuros que lo hacen poco eficaz. La falta de confirmación de que una operación se ha llevado a cabo es una de ellas. A esto se suma la baja velocidad de transmisión y el que no exista una protección de la información. Así, en este artículo se realizará un análisis de estos problemas y se proponen soluciones que se han probado con éxito sobre prototipos. Se pretende que con estas mejoras el protocolo X10 consiga mantenerse en la carrera por imponerse dentro del mercado actual de la domótica siendo buena solución para los hogares ya construídos.

#### **3.3.1 Aspectos Generales**

La tecnología X10 basada en corrientes portadoras, fue desarrollada entre 1.976 y 1.978 por los ingenieros de Pico Electronics Ltd, en Glenrothes, Escocia. X10 surgió de una familia de chips denominada los proyectos X (o series X). Esta empresa comenzó a desarrollar este proyecto con la idea de obtener un circuito que pudiera ser insertado en un sistema mayor y controlado remotamente. En colaboración con BSR, una empresa dedicada a los sistemas de audio, comenzaron a construir los dispositivos X10.



**Figura 24. Señales X10 sobre la Corriente Eléctrica.**

El primer módulo podía controlar cualquier dispositivo a través de la red eléctrica doméstica (120 o 220 V y 60 o 50 Hz) modulando pulsos de 120 KHz (0 = sin pulso, 1 = pulso) como se aprecia en la figura 17. Con un simple protocolo de direccionamiento, podían ser localizados un total de 256 dispositivos en la red. El protocolo soporta 16 grupos de direcciones denominados códigos de casa (desde la 'A' a la 'P'), y otras 16 direcciones para cada código de casa, denominadas códigos de unidad. La comunicación se realizaba por cadenas de control que son sucesiones de unos y ceros que completaban los comandos. En su primera versión tan sólo existían seis operaciones: encender, apagar, aumentar, disminuir, todo apagado y todo encendido. Estas señales son recibidas en todos los módulos pero sólo el módulo con la misma dirección que la indicada en el mensaje de control realizará alguna operación. El mensaje completo tiene 48 bits. Posteriormente, los códigos de operación fueron extendidos a 256 con una cabecera especial, e incluso, la cantidad de información que porta un mensaje puede ser mayor de 48 bits, hasta dos bytes más, si es usado el código de datos extendidos en la cabecera de control del mensaje. La transmisión X10 está sincronizada con los pasos por cero de la corriente. Un uno binario está representado como un pulso de 120 KHz durante un milisegundo, y un cero como la ausencia de ese pulso. La transmisión completa de un código X10 necesita 11 ciclos de corriente.

Los dos primeros ciclos son para el código de inicio de mensaje, 1110. Los cuatro siguientes son el código de casa y los cinco siguientes son el código de unidad o de función. Este bloque completo es transmitido dos veces, separadas cada una por tres ciclos de corriente.

Con todas estas características, lo primero que resalta es la baja tasa de transferencia, reducida a un bit por ciclo de corriente, es decir, a 50 o 60 bps. Sin embargo, la funcionalidad que aporta este protocolo así como la facilidad de su uso e instalación lo han mantenido vivo hasta hoy en día.

### **3.3.2 Dispositivos X10.**

Existe una amplia gama de equipos que implementan el protocolo X10, desde interruptores para iluminación a completos paneles de control, emisores y receptores de radiofrecuencias, sensores de movimiento e incluso cámaras. La instalación de casi todos esos dispositivos se reduce a enchufarlos a una toma de corriente convencional de la casa, y para el caso de los dispositivos inalámbricos, su colocación se reduce a fijarlos a una superficie. En este proyecto en concreto, el dispositivo más importante es el interfaz entre el computador y la red eléctrica. La conexión al computador se realiza a través del estándar RS-232, ampliamente difundido y con gran abundancia de soporte hardware y software.

### **3.3.3 Limitaciones de X10.**

A pesar de las indudables ventajas de este protocolo en la actualidad las limitaciones impuestas o no desarrolladas en su diseño limitan su capacidad de expansión dentro del nuevo auge de la domótica.

### **3.3.4 Velocidad de transmisión**

La velocidad de transmisión es, sin duda, uno de los mayores impedimentos actuales para las aplicaciones que intercambian información. La baja tasa de bit no suponía ningún problema en su nacimiento, ya que, aunque la transferencia por módem vía telefónica podía llegar a los 14,4 Kbps por líneas de cuatro hilos, no estaba apenas extendida.

En la actualidad, tecnologías tales como V.34 y V.90, RDSI, ADSL, DSL, Ethernet, etc., han superado con creces tanto la velocidad de transmisión como su expansión e implantación a pesar de no ser usados en domótica. Sí lo son, sin embargo, sus dos más serios competidores en este campo: la tecnología Bluetooth y el bus EIB (European Installation Bus). Frente a la tecnología inalámbrica Bluetooth, X10 pierde la ventaja de no necesitar cableado. La estandarización del bus EIB supondrá la adopción masiva por parte de la industria de esta tecnología en detrimento de las aplicaciones X10. En cualquier caso, el protocolo X10 pierde con ambos en cuanto a velocidad de transmisión.

### **3.3.5 Identificación, corrección y recuperación ante errores**

El protocolo X10 incorpora una protección ante errores basada en la duplicidad de la información no en códigos de redundancia. Los bits se envían en un semiciclo con la presencia o ausencia de pulso de 120 KHz y en el siguiente semiciclo se envía el complementario. Además la información se envía dos veces.

Esta forma de protección, como puede observarse, es realmente ineficiente y si bien en un principio era una solución que permitía una construcción más simple de los equipos, en la actualidad no es apropiada ya que la red eléctrica de las viviendas cada vez es de mayor calidad.

Otro problema importante es la ausencia de confirmación de que un dispositivo ha aceptado y procesado realmente una orden de control. Debido a este desconocimiento, se hace muy compleja la programación de aplicaciones de control en las que el usuario tenga certeza de la efectividad de su actuación.

## **4. CARACTERÍSTICAS DEL MONTAJE E INSTALACIÓN DEL SPI**

### **4.1. CAJA DE MACRO MEDICIÓN (C.M)**

Se monta en el poste del transformador de distribución o subestación y a esta caja no se conectan acometidas de usuarios.

Desde el sitio de ensamblaje se envía la caja con un rotulo indicando en que proyecto, localidad, sector y poste o subestación se debe montar la caja, evitando cualquier posibilidad de confusión por parte del equipo responsable del montaje.

El grupo de montaje debe aplicar las normas técnicas nacionales o internacionales o propias de cada electrificadora, para seleccionar el calibre de los cables (puntadas de cable de cobre aislado) de la Caja de Macro medición, por medio de las cuales se hará la conexión eléctrica a un transformador de distribución de determinada capacidad (kVA) y tipo (monofásico, bifásico o trifásico).

La fijación física al poste o gabinete se hace con dos (2) zunchos de cinta de acero inoxidable de 5/8", (de 1 m cada uno) o tornillos pasantes.

Es indispensable que se identifiquen adecuadamente las fases del transformador (ABC o RST), de forma que se garantice la funcionalidad adecuada del sistema SPI.

Las cajas para el montaje en transformadores trifásicos, tienen tres (3) puntos de alimentación de "entrada" a la Macro (3 fases) que se conectan a las borneras de fases y neutro; y tres (3) puntos de "salida" (las mismas tres (3) fases) que se conectan a la red secundaria.

Las cajas para montaje en transformadores bifásicos o monofásicos, deben tener dos (2) puntos de alimentación "entrada" (dos fases) y dos (2) puntos de "salida"

En caso de utilizar una “caja trifásica” en un sistema monofásico o bifásico, no se debe dejar la fase “que sobra” suelta (encintada), sino que se debe unir a una de las dos fases del sistema.

La instalación eléctrica de la caja se hace utilizando conectores de comprensión universal para unión aluminio-sobre o bimetálicas o conectores de tornillo (según normas técnicas de las empresas) o empalme directo sin conector para unión cobre-cobre o conector de cobre. Las características específicas de los conectores dependen del calibre de los cables a unir. Lo ideal es usar conectores de comprensión y la herramienta adecuada (empalmadora y dados). Se debe consultar previamente las normas técnicas de la electrificadora o concertar Constitución Nacional los Ingenieros de la misma, sobre la forma en que se instalara la caja (tipo empalme).

Se debe tener especial cuidado durante el empaque y embalaje de las cajas, lo mismo durante la manipulación en el sitio del montaje, para que no se desprendan o se borren los rótulos de las cajas, lo cual puede afectar el montaje correcto.

Las entradas (alimentación) se conectan desde las salidas de los barrajes del transformador, y las salidas (carga) a la red secundaria. Se utiliza código de colores. La bornera blanca es la utilizada para conectar el neutro y el cable verde es la tierra. Esta caja tiene otra bornera que se utiliza para alimentar la caja misma. Se debe hacer un empalme desde el cable de la primera fase hasta esta bornera.

Esta caja se une a la tierra instalada exclusivamente para las cajas del SPI, mediante la punta verde que se empalma al bajante construido en calibre 4” cobre desnudo, por tubería o por dentro del poste, usando conector cobre-cobre.

La caja de macro medición, en general, se puede instalar sin necesidad de suspender el transformador, porque equivale a realizar un puente entre el barraje del transformador y la red secundaria, por lo cual no hay ningún riesgo eléctrico en “abrir” o “partir” después la unión directa existente entre el barraje y la red secundaria, sin necesidad de interrumpir el servicio (no abrir cañuelas del transformador). Se debe analizar la seguridad que ofrece cada circuito donde se va a montar el sistema, para determinar si se suspende o no el servicio, porque hay casos específicos donde hay alto riesgo de siniestro por las características de las redes.

Las normas de seguridad que se deben aplicar en el montaje de esta caja son:

- Planear el montaje puntual por parte del oficial responsable: Analizar e interpretar clara y correctamente el trabajo a realizar. Reconocer el área de trabajo y la configuración del sistema eléctrico en ese sitio.
- Usar equipo de protección personal: casco protector, pretales, cinturón de seguridad, escaleras, guantes dieléctricos, botas dieléctricas y gafas.
- Usar las herramientas adecuadas y necesarias: alicata aislada, cizalla aislada, empalmadora aislada (prensa o “ponchadora”), navaja aislada, manila, zunchadora y linterna.

**Material utilizado:** Conectores de comprensión u otro admitido por las normas técnicas, cinta aislante (dieléctrica) y autofundente, cinta y hebillas de acero inoxidable de 5/8”.

**Imprevistos:** Por la saturación de herrajes en los postes (infraestructura de teléfonos, parabólicas, redes de energía eléctrica), la ubicación de la caja se analiza minuciosamente en el momento de los trabajos, no siendo posible ubicarla siempre de la manera ideal por la existencia de templetes, otras cajas de energía y teléfonos, maraña de cables, etc.<sup>9</sup>

#### **4.2. CAJA MACRO MAESTRA (C.M.M)**

Por lo general, la Caja Macro Maestra se monta en un poste con transformador, en subestación o gabinete. Sin embargo, esta caja también se puede montar en cualquier poste o punto de concentración de instalaciones. Puede administrar aproximadamente treinta dos (32) cajas S.P.I. esclavas hasta 1.200 metros de longitud de red de comunicaciones, con variación de estas cifras dependiendo de la tecnología que se utilice. Normalmente se ubica por debajo de la red secundaria.

Al ser una caja Maestra, se le conecta un módem celular o módem PSTN (para línea telefónica convencional) con el fin de permitir la comunicación con el Sistema de Información. Esta caja se conecta a su vez con otras cajas esclavas (C.E.) o cajas Macros (C.M.) mediante protocolo RS-485 (cable), módem PLC o módem RF (radiofrecuencia).

Desde el sitio de ensamble se envía la caja con un rotulo indicando en que proyecto, localidad, sector, poste, subestación o gabinete, el tipo de transformador y la tecnología de comunicación. Lo anterior evita cualquier posibilidad de confusión en el punto de montaje de la caja por parte del grupo de trabajo responsable.

La fijación física al poste se hace con dos (2) zunchos de cinta de acero inoxidable de 5/8", (de 1 m cada uno), en gabinete se hace con tornillos pasantes.

---

<sup>9</sup> Vega Proyectos, Instructivo de Montaje e Instalación de Equipo SPI. Pág. 13. Agosto 17 de 2005.

La caja tiene puntas de cobre aislado XLPE u otro aislamiento adecuado técnicamente, de calibre según la potencia (kVA) de las acometidas conectadas (sumatoria) y tipo red secundaria (monofásica, bifásica o trifásica) donde se va a instalar.

Es indispensable que se identifiquen adecuadamente las fases del transformador (ABC o RST), de forma que se garantice la funcionalidad adecuada del sistema SPI. En redes trifásicas, la caja debe ser “trifásica”, o sea tener cuatro (4) puntas para conectar la alimentación (tres (3) fases + neutro) a la red secundaria, para balancear cargas por las tres fases.

Las cajas para montaje en transformadores bifásicos o monofásicos, deben tener tres (3) puntas de alimentación (neutro y dos (2) fases) y como salida las seis (6) o siete (7) acometidas, directamente de la bornera utilizada para tal fin.

En caso de utilizar una “caja trifásica” en un sistema monofásico o bifásico, no se debe dejar la fase “que sobra” suelta (encintada), sino que se debe unir de las dos fases del sistema.

La instalación eléctrica de la caja se hace utilizando conectores de comprensión universal para unión aluminio-cobre o bimetálico o conectores de tornillo (según normas técnicas de las empresas) empalme directo sin conector para unión sobre cobre o conector de cobre. Las características específicas de los conectores dependen del calibre de los cables y alambre de acometida a unir lo ideal es usar conectores de comprensión y la herramienta adecuada (empalmadora y dados). Se debe consultar previamente las normas técnicas de la electrificadora o concertar con los Ingenieros de la misma, sobre la forma en que se instalara la caja (tipo de empalme de la alimentación a la red secundaria y de las puntas de salida a las acometidas).

Se debe tener especial cuidado durante el empaque y embalaje de las cajas, lo mismo durante la manipulación en el sitio de montaje, para que no se desprendan o se borren las marquillas o rótulos.

Las puntas de alimentación de la caja deben tener longitud suficiente para evitar empalmes adicionales (complementos) durante el montaje, aumentando la duración de los trabajos y los costos. La longitud exacta la determinan los técnicos durante el montaje e instalación.

Se utiliza código de colores. La bornera blanco siempre es la usada para conectar el neutro. Esta caja trae un Terminal de color verde para conectarse a la tierra exclusiva instalada para aterrizar las cajas del SPI.

Esta caja se une a la tierra instalada exclusivamente para las cajas del SPI, mediante la punta verde que se empalma al bajante construido en calibre 4" cobre desnudo, por tubería o por dentro del poste, usando conector cobre-cobre.

La caja se puede alimentar sin necesidad de suspender el transformador, pero por parte de personal experto y cuidadoso, que conozca y aplique las normas de seguridad, y teniendo en cuenta que las puntas para empalmar las acometidas quedan energizadas desde el momento en que se conecta la alimentación de la caja a la red secundaria.

Se sugiere utilizar percha (tensor) de 1 puesto para organizar las acometidas en el poste. Fijar la percha con cinta de acero inoxidable.

Los aspectos a considerar y aplicar en el montaje de esta caja son:

- Planear el montaje puntual por parte del oficial responsable: Analizar e interpretar calara y correctamente el trabajo a realizar. Reconocer el área de trabajo y la configuración del sistema eléctrico del sitio.
- Usar equipo de protección personal: casco protector, pretales, cinturón de seguridad, escaleras, guantes dieléctricos, botas dieléctricas y gafas.
- Usar las herramientas adecuadas y necesarias: alicata aislada, cizalla aislada, empalmadora aislada (prensa o “ponchadora”), navaja aislada, manila, zunchadora y linterna.
- Material utilizado: Conectores de comprensión, cinta aislante (dieléctrica), cable de cobre aislado, cinta de acero inoxidable de 5/8”, percha de 1 puesto.
- Por el movimiento del técnico en el poste y por usar pretales la mayoría de las veces (no escaleras), es común que se aislen acometidas de teléfonos y parabólicas. Se debe disponer de tiempo para su solución al final. Instruir previamente al personal técnico para prevenir al máximo esta situación.
- Esporádicamente, también pueden quedar aisladas acometidas desde el interior de las cajas, por eso debe haber personal que pueda abrirlas y solucionar estos inconvenientes.
- Un previsto puede ser que al utilizar una caja maestra bifásica en un sistema trifásico, no se miren bien las fases a utilizar a la salida de las acometidas y por omisión se alimente apenas a 110 voltios (hacer chequeos antes de terminar los montajes y advertirles permanentemente a los oficiales que hacen las conexiones aéreas).<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Vega Proyectos, Instructivo de Montaje e Instalación de Equipo SPI. Pág. Agosto 17 de 2005.

### **4.3. CAJAS ESCLAVAS**

Esta caja se puede montar en cualquier poste, subestación o gabinete de la red eléctrica, incluyendo el del transformador de distribución. Se coloca normalmente por debajo de la red secundaria.

Si la caja se comunicara con otras a través del cable (RS485), se deben construir los cables y conectarlos entre los puertos RJ11 de las tarjetas de interconexión de las respectivas cajas.

Se debe instruir al grupo de montaje e instalación del S.P.I. sobre la forma de hacer los empalmes de conectores para los cables e inclusive destinar, según las circunstancias, una persona del mismo a realizar esta actividad en el campo.

La instalación eléctrica de la caja se hace utilizando conectores de comprensión universal para unión aluminio-cobre o bimetálicos o conectores de tornillo (según normas técnicas de las empresas) o empalme sin conector para unión cobre-cobre o conector de cobre. Las características específicas de los conectores dependen del calibre de los cables y alambre de acometida a unir. Lo ideal es usar conectores de comprensión y la herramienta adecuada (empalmadora y dados).

Se debe consultar previamente las normas técnicas de la electrificadora o concertar con los Ingenieros de la misma, sobre la forma en que se instalara la caja (tipo de empalme de la alimentación a la red secundaria).

Es indispensable que se identifiquen adecuadamente las fases del transformador (ABC o RST), de forma que se garantice la funcionalidad adecuada del sistema S.P.I. Se utiliza el código de colores para la correcta conexión de las fases.

La bornera de neutro es de color blanco.

La primera fase usa la bornera de color amarillo, la segunda fase usa la bornera de color azul, la tercera fase usa la bornera de color rojo.

Esta caja trae un cable de color verde para conectarse a la tierra exclusiva (independiente) que se construye para aterrizar las cajas del SPI., en determinados postes, subestaciones o gabinetes.

La caja se puede alimentar sin necesidad de suspender el transformador, pero por parte de personal experto y cuidadoso, teniendo en cuenta que las borneras quedan energizadas desde el momento que se alimenta la caja.

Para conectar las acometidas, se suspende el suministro de energía de cada usuario, para desconectarlo de la red secundaria y conectarlo a la Caja Esclava.

Se ejecuta la apertura de breakers por parte del cliente y desconexión de electrodomésticos, corte de la acometida de la red secundaria, empalme a la caja principal, chequeo de energización (foco) y cierre de breakers. En este tiempo el responsable del amarre hace la asociación del usuario, utilizando la planilla para diligencias esta información.

Utilizar percha (tensor) de 1 puesto para organizar las acometidas en el poste. Fijar la percha con cinta de acero inoxidable.<sup>11</sup>

#### **4.4. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA**

Cuando en un mismo poste, subestación o gabinete hay varias cajas del S.P.I., todas se pueden conectar a la misma tierra instalada en este poste para el S.P.I. El Terminal de tierra de las cajas es de color verde y sale directamente de la tarjeta de interconexión.

---

<sup>11</sup> Vega Proyectos, Instructivo de Montaje e Instalación de Equipo SPI. Pág. 17. Agosto 17 de 2005.



En el sistema S.P.I., se debe tener especial atención con el uso de la tierra, debido a que las comunicaciones por cable, pueden atravesar grandes distancias, provocando que existan diferencias de potencial entre dos puntos lejanos. La tierra en el sistema S.P.I. es usada como una referencia para las protecciones electrónicas; debido a esto, utilizar un punto de conexión a tierra física y llevar luego extensiones de esta tierra a puntos lejanos podría generar inducción de señales de radiofrecuencia que alteran al correcto funcionamiento de las tarjetas electrónicas.

**Tabla 1. Aviso Puesta de Tierra.**

Es posible bajar el cable por dentro del poste, se utiliza tubería metálica galvanizada. La tierra debe dar un valor menor de 25 ohmios, siendo ideal entre 8 y 10 ohmios. Se debe utilizar telurómetro, con calibración vigente, para medir la resistencia u otro equipo adecuado para medir la tierra.

En general, se utilizara varilla de cobre con una longitud de 2,4 m. Cuando se utilice tubería metálica, ésta será de 3 m de largo y se harán tres zunchos equidistantes para fijarlo al poste, con cinta de acero inoxidable. La longitud promedio del bajante de cobre No 4 es de 6 cm.

Se recomienda planear el trabajo por parte del oficial responsable: Analizar alternativas para bajar el cable (por tubo, por dentro del poste). Definir por cual lado del poste instala el alambre y el tubo. Definir donde va a perforar el piso para clavar la varilla, tratando de obtener información previa sobre existencia de acometidas de agua y tuberías madres de acueducto y alcantarillado.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> Vega Proyectos, Instructivo de Montaje e Instalación de Equipo SPI. Pág. 18. Versión 0. Agosto 17 de 2005.

#### **4.5. CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE CABLE (RS 485) PARA EL SPI.**

Se debe especificar las formas como deben hacérselos empalmes de los cables y definir el tipo de conexión a instalar. Cuando las cajas Maestras y esclavas queden por debajo de la red secundaria, la red de cable se construirá por debajo de la caja. Cuando las cajas Maestras esclavas queden por encima de la red secundaria, la red de cable se construirá por encima de la caja. Se debe construir la red de cable usando el mismo de cable.

Se requiere tener activado el módem celular para la caja maestra para que se puedan hacer de inmediato las pruebas y chequeos necesarios. El responsable de esta actividad en la Electrificadora debe solicitar a la empresa de la telefonía celular la activación de la línea para que la misma se haga antes del montaje del sistema.

#### **4.6. RECONEXIÓN DE ACOMETIDA GENERAL (MONOFÁSICA, BIFÁSICA O TRIFÁSICA) DE RED SECUNDARIA A CAJA PORTA BORNERA.**

El grupo de trabajo de montaje e instalación del S.P.I. debe tener claro las cantidades de acometidas que se van a conectar a cada caja esclava o maestra.

Durante el levantamiento se debe identificar el tipo de acometidas que corresponden cada caja: cuantas monofásicas, cuantas bifásicas y cuantas trifásicas, para que se haga el trabajo correctamente.

Se debe planear el trabajo y tener cuidado de no confundir la conexión de fase con neutro. No utilizar alambre con el aislamiento en mal estado.

Alimentar correctamente los medidores, según observaciones de los responsables de los levantamientos y los análisis técnicos en el momento del montaje.

Usar equipo de protección personal: casco protector, guantes, botas dieléctricas y gafas.

Usar las herramientas adecuadas y necesarias: almádana, alicata, empalmadora aislada (prensa o “ponchadora”), navaja aislada, manila y zunchadora.

Material utilizado: Conector de cobre, alambre de cobre desnudo, cinta de acero inoxidable de 5/8”, hebillas, tubo metálico galvanizado de 3 m, varilla de cobre de 2,4 m, grapa de cobre.

## 5. VENTAJAS OPERATIVAS Y FINANCIERAS DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA.

### 5.1 ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.

Las empresa ELECTRICARIBE presentan actualmente pérdidas energéticas del 18,9% lo que genera desequilibrios financieros al negocio, ya que la regulación Colombiana reconoce vía tarifa solo el 14,75%

En el año 2004 se detectaron irregularidades en 108.190 clientes producto de 376.686 acciones de campo (Efectividad 28,7%). La energía recuperada fue de 224,9 GWh y se distribuye así:

TIPO CLIENTE	# Actas	Energía (kWh)	Importe (\$)
Otro Comercializador	80	17.685.353	2.945.196.395
No Regulado	43	2.984.191	499.308.791
Totalizador	297	15.348.051	3.616.145.793
R1R2	79.415	111.609.436	25.378.957.095
R3R6	20.583	29.634.942	6.437.139.873
Comercial	6.743	28.426.252	6.242.181.666
Industrial	289	8.200.340	1.736.854.766
Oficial	740	11.079.891	2.354.909.148
<b>Total general</b>	<b>108.190</b>	<b>224.968.456</b>	<b>49.210.693.527</b>

Tabla 2. Pérdidas de Energía e Importe por Irregularidades en 2004.<sup>13</sup>

El alto nivel de dificultad en la detección de los fraudes se debe a su constante sofisticación y a la dedicación de grupos de delincuentes a vender el fraude: “Negocio” lucrativo.

Los tipos de fraude más generalizados en el mercado según el sector son:

---

<sup>13</sup> ELECTRICARIBE. Nuevas Oportunidades para el Control de Pérdidas y Gestión Comercial. Febrero de 2006.

### 5.1.1 Sector Residencial: Devolución de Lecturas

Fraude creciente en los estratos altos y principalmente en edificios multifamiliares. Consiste en la manipulación del medidor devolviendo el registro de energía cada mes. Esta actividad ilícita es desarrollada por personas que conocen los ciclos de lectura y hacen un recorrido similar al del lector. En 2004 se detectaron y sancionaron 5.410 clientes por devolución de lecturas, así:

TIPO CLIENTE	# CLIENTES	ENERGIA (kWh)	%
R1R2	1.298	778.968	24%
R3R6	2.975	5.355.405	55%
Comercial	811	2.434.275	15%
Industrial	270	1.947.420	5%
Oficial	54	389.484	1%
<b>Total general</b>	<b>5.410</b>	<b>10.905.552</b>	<b>100%</b>

Tabla 3. Tipos de Clientes Sancionados por Devolución de Lectura<sup>14</sup>

Este tipo de fraude se puede apreciar en la Figura 25 captada en la ciudad de Barranquilla.

13 de Octubre- Lectura 78660

17 de Octubre-Lectura 78098



Figura 25. Medidor Detectado con devolución de 562 kWh.

<sup>14</sup> ELECTRICARIBE. Nuevas Oportunidades para el Control de Pérdidas y Gestión Comercial. Febrero de 2006.

### 5.1.2 Sector Comercial e Industrial: Manipulación Medida Electrónica

Se encuentra principalmente en medianos consumidor, especialmente comercial e industrial. Muestra alto grado de avance tecnológico pues consiste en el desarrollo de tarjetas integradas que permiten encender y apagar el medidor a voluntad del cliente mediante diferentes técnicas: Señal de radiofrecuencia, Luz infrarrojo, Fococeldas. En la Tabla 4. se aprecia el total de clientes detectados con fraude y las perdidas en kwh que estas representan.

TIPO CLIENTE	Total	Energía (kWh)	Importe (\$)
Comercial	41	246.000	52.890.000
Industriales	8	72.000	15.768.000
R3R6	3	10.800	2.343.600
<b>Total general</b>	<b>52</b>	<b>328.800</b>	<b>70.692.000</b>

Tabla 4. Clientes Detectados con Manipulación de Medida Electrónica<sup>15</sup>

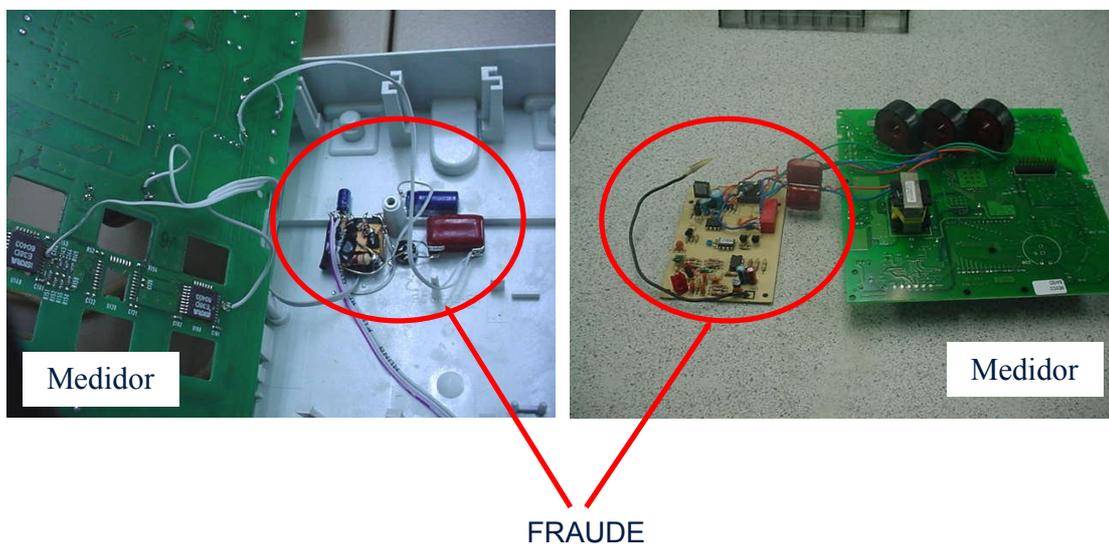


Figura 26. Tarjetas Integradas para Manipular Medidores.

<sup>15</sup> ELECTRICARIBE. Nuevas Oportunidades para el Control de Pérdidas y Gestión Comercial.

Medidores Electrónicos manipulados en el primer trimestre de 2005 (Figura 26). Estos se encuentran en clientes representativos de la industria y el comercio. Fraude en incremento pues el año anterior solo se encontraron 36. Inversión realizada en el trimestre: \$ 7 millones.

### 5.1.3 Sector Residencial Estratos Bajos: Conexiones Ilegales / Neutro Compartido:

La vulnerabilidad de la red abierta facilita la conexión ilegal de usuarios. En el caso de clientes medidos se ha generalizado el uso de un neutro compartido entre varios suministros a través de un cable conectado entre ellos interrumpiendo el neutro de la red y causando que los medidores que intervienen paren por completo. La dificultad de su identificación radica en que el mecanismo se abre y cierra con un interruptor a voluntad del defraudador. En Tabla 5. se puede ver la cantidad de clientes, según su tipo, detectados con conexiones ilegales.

TIPO CLIENTE	#Suministros
Comercial	829
Industrial	38
Oficial I	287
R1R2	29.132
R3R6	5.124
Totalizador	114
<b>Total general</b>	<b>35.524</b>

Tabla 5. Clientes Conectador Por Fuera del Medidor <sup>16</sup>

<sup>16</sup> ELECTRICARIBE. Nuevas Oportunidades para el Control de Pérdidas y Gestión Comercial. Año 2006.

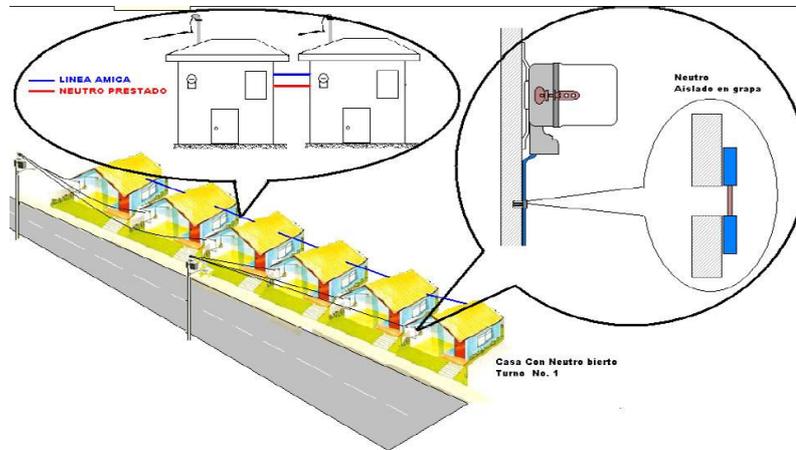


Figura 27. Viviendas con Neutro Compartido.

#### 5.1.4 Dificultades Operativas

Es constante en edificios de múltiples apartamentos/oficinas y en conjuntos cerrados de casas que se restrinja el acceso al personal operativo de la compañía a ejecutar labores de revisión, normalización y suspensión de suministros.

En la Tabla 6. se puede ver cifras de la problemática que generó sobre costos a la compañía durante el año 2004:

TIPO CLIENTE	FALLIDAS	COSTO (\$)
Comercial	5.368	42.944.000
R1R2	7.899	63.192.000
R5R6	11.965	95.720.000
<b>Total general</b>	<b>25.232</b>	<b>201.856.000</b>

Tabla 6. Cantidad de Visitas Fallida por Tipo de Cliente.

Adicionalmente ante la presión por el acceso, los clientes en este segmento ejercen presión argumentando el cambio de comercializador, lo cual complica aún más la gestión comercial y genera malestar en el conjunto de habitantes de la unidad

## **5.2 IMPACTO DE LA SOLUCIÓN EN LA PROBLEMÁTICA.**

La implementación del SPI impacta positivamente en el Control de pérdidas y en la gestión comercial de la siguiente manera:

### **5.2.1 Impacto en el Control de Pérdidas:**

a) Control de fraudes originados por manipulación de la medida:

- Devolución de lecturas
- Línea Amiga (Neutro Compartido)
- Manipulación de medidores:
  - Tarjetas electrónicas
  - Piñonearía limada
  - Cambio de piñones/ Integrador
  - Freno del disco
  - Desca libración de equipos
  - Puentes internos - Desconexión de bobinas
  - Puentes externos en la bornera
  - Alteración de posición del medidor
- Manipulación de acometidas

b) Procesamiento sistémico de los datos:

- Seguimiento permanente al consumo de los clientes, detección de comportamientos sospechosos, tipificación de consumos, etc.
- Balance energético en línea.

c) Perdidas Administrativas

Disminución de errores de facturación por anomalías inherentes al medidor (Medidor tapado o pintado, mal ubicado, casa cerrada, difícil acceso, etc)

### **5.2.2 Impacto en la Gestión Comercial.**

- Eliminación de Accesos Impedidos
- Lectura y Reparto: Disminución de las anomalías de lecturas
- Facturación: Reducción de anomalías de facturación generadas por falencias operativas. Posibilidad de facturación en esquema prepago
- Suspensión: Aseguramiento del corte
- Reconexión: Optimización de tiempos de respuesta
- Atención al cliente: Mejora de respuesta en la resolución de algunos reclamos gracias a la disponibilidad de información confiable y permanente del cliente (Consumos, Calidad del servicio)
- Marketing: Comunicación permanente con el cliente. Envío de mensajes, promociones, etc
- Imagen: Consolidación de compañía de alto desarrollo tecnológico

### 5.2.3 Impacto en la Adecuación de las Instalaciones Eléctricas de los Usuarios

La implementación del Sistema de Medida Centralizada SPI ha contribuido a implementar el RETIE entre los usuarios del sector, ya que se han adecuando sus instalaciones internas de acuerdo a lo establecido en la normativa colombiana.

En las figuras presentaremos imágenes de las instalaciones eléctricas de clientes antes y después de ser normalizados.

#### a) Edificio City Bank:

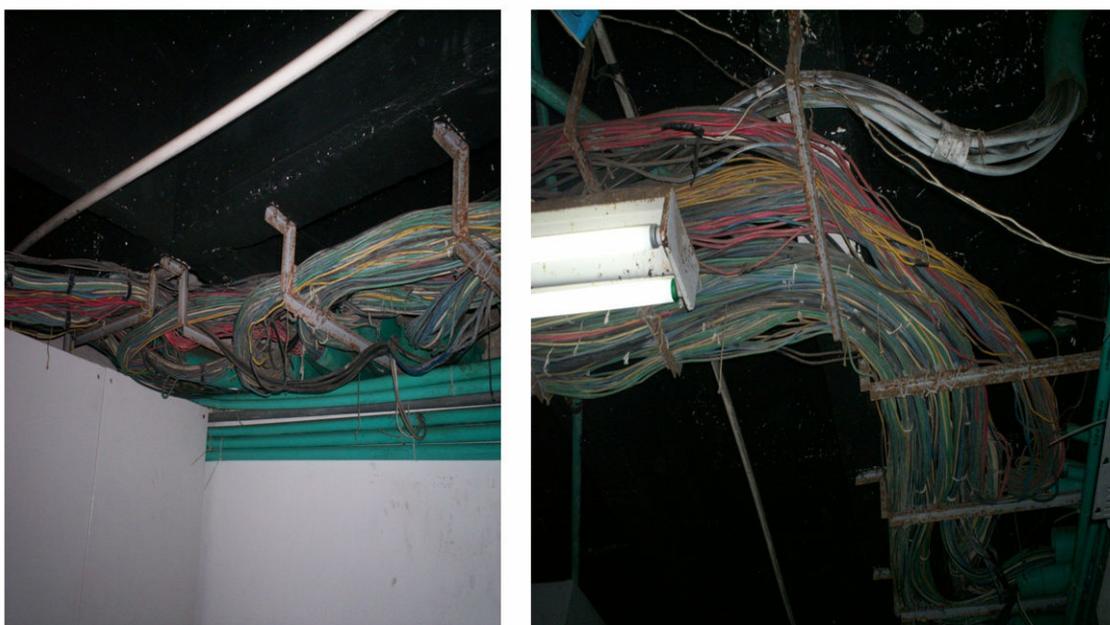


Figura 28. Instalaciones Eléctricas Edificio City Bank antes de Normalizar.<sup>17</sup>

<sup>17</sup> ELECTRICARIBE. Servicio Técnico Medida Centralizada Fotos Multifamiliares Antes y Después. Febrero de 2007.

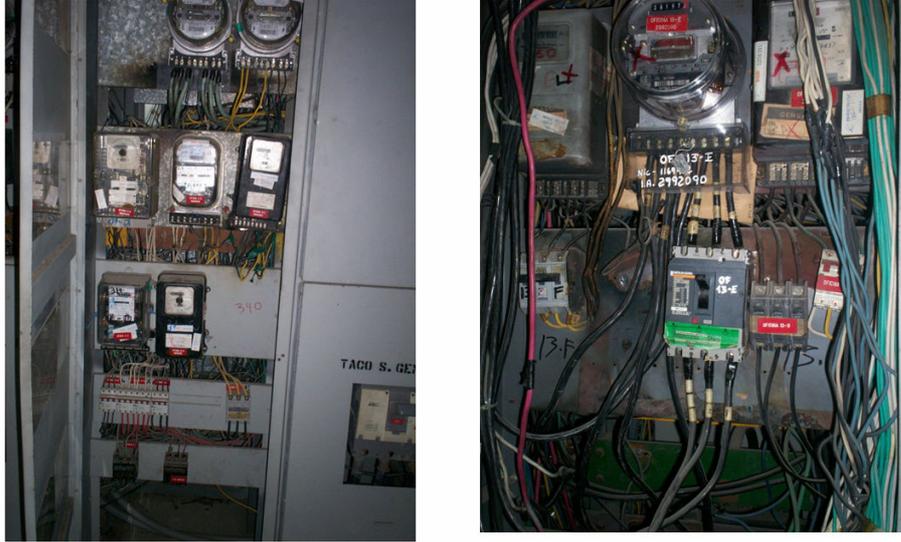


Figura 29. Cuarto de Contadores Edificio City Bank antes de Normalizar.<sup>18</sup>



Figura 30. Cuarto de Contadores Edificio City Bank Después de Normalizar.<sup>19</sup>

<sup>18</sup> ELECTRICARIBE. Servicio Técnico Medida Centralizada Fotos Multifamiliares Antes y Después. Febrero de 2007.

<sup>19</sup> ELECTRICARIBE. Servicio Técnico Medida Centralizada Fotos Multifamiliares Antes y Después. Febrero de 2007.

## b) Centro Comercial Las Bóvedas

La mayoría de los usuarios del sector por ser casa y edificaciones tan antiguas, poseían instalaciones sin las protecciones adecuadas y fuera de la normativa actual.

En la Figuras 31 y 33. se puede observar la problemática que se presentaba entre los usuarios del sector.

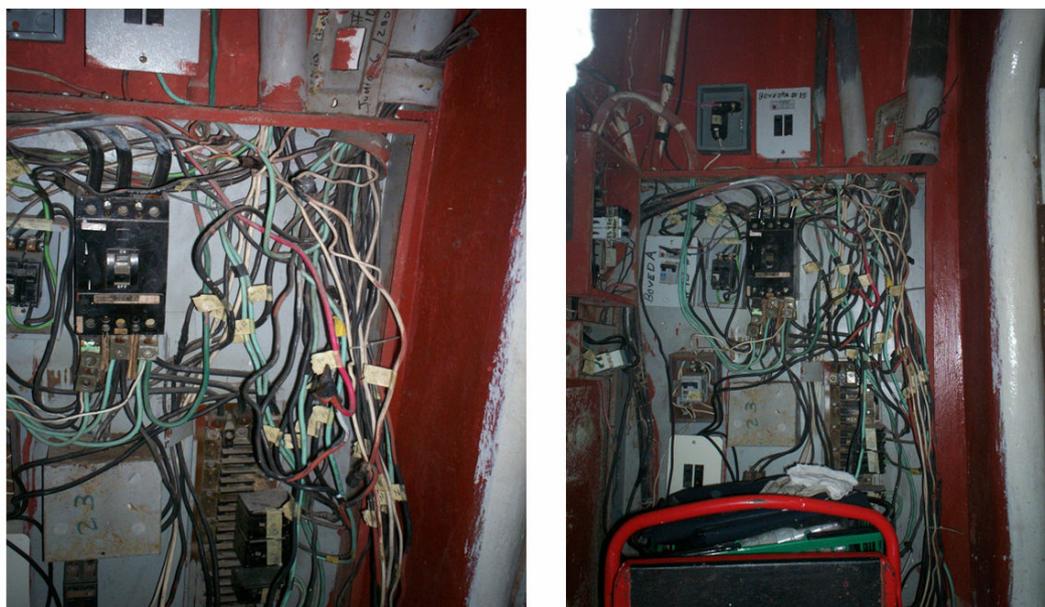


Figura 31. Cuarto de Contadores en Centro Comercial las Bovedas antes de Normalizar.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> ELECTRICARIBE. Servicio Técnico Medida Centralizada Fotos Multifamiliares Antes y Después. Febrero de 2007.



Figura 32. Cuarto de Contadores en Centro Comercial las Bóvedas después de Normalizar.<sup>21</sup>

c) Casa de la Moneda

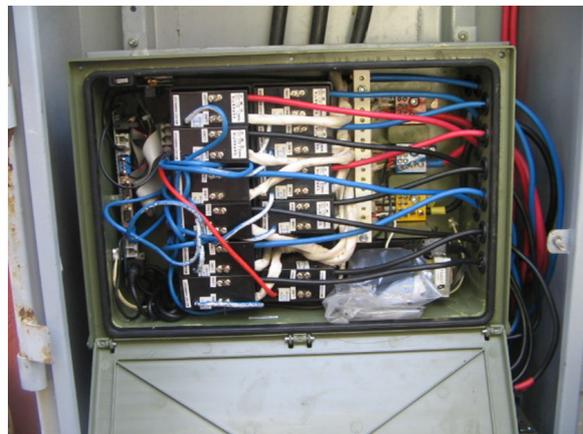


Figura 33. Subestación Casa de la Moneda antes de Normalizar.<sup>22</sup>

<sup>21</sup> ELECTRICARIBE. Servicio Técnico Medida Centralizada Fotos Multifamiliares Antes y Después. Febrero de 2007.

<sup>22</sup> ELECTRICARIBE. Servicio Técnico Medida Centralizada Fotos Multifamiliares Antes y después. Febrero de 2007.



**Figura 34. Subestación Casa de la Moneda después de Normalizar.**<sup>23</sup>

En las Figuras 32 y 34 se puede observar la readequaciones que los funcionarios y contratistas del proyecto realizaban en las instalaciones de los usuarios (soportes para tarjeta de Control y tarjeta de conexión, base y acrílico, neutro pequeño y reubicado, modulo vació, para completar los espacios), cumpliendo así, con lo establecido en el artículo 1 del RETIE Colombiano: *“El objeto fundamental de este Reglamento es establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y de la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Estas prescripciones parten de que se cumplan los requisitos civiles, mecánicos y de fabricación de equipos”*.<sup>24</sup>

---

<sup>23</sup> ELECTRICARIBE. Servicio Técnico Medida Centralizada Fotos Multifamiliares Antes y después.

<sup>24</sup> Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA RESOLUCIÓN NÚMERO 18 0466 de (2-ABRIL-2007) Art 1.

## **5.3 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD**

### **5.3.1 Relación Beneficio - Costo**

#### **Beneficios:**

- Incremento en las ventas por Disminución de Pérdidas de energía (Afloramiento).
- Disminución de actividades requeridas para el control de las pérdidas.
- Mejora del recaudo por incremento en la efectividad de la suspensión.
- Ahorro en sobre costos por Acceso Impedido.
- Ahorro del costo de la lectura.
- Disminución de costos causados por el tratamiento de las anomalías de lectura.
- Ahorro del costo de los avisos de suspensión.
- Ahorro del costo de la suspensión.
- Ahorro del costo de la revisión de la suspensión.
- Ahorro del costo de la reconexión.
- Disminución de anomalías de facturación (Menos recursos).

#### **Costos:**

- Inversión en Equipos de medición y control centralizado.
- Inversión en mano de obra de instalación.
- Costos de mantenimiento/comunicaciones.
- Inversión en protección de red (Especialmente en estratos medio/bajos).

<b>Análisis de Rentabilidad</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>	<b>Año 6</b>	<b>Año 7</b>
<b>Inversion</b>							
Equipos SMC	176,16	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27
Proteccion de redes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total Inversiones</b>	<b>176,16</b>	<b>5,27</b>	<b>5,27</b>	<b>5,27</b>	<b>5,27</b>	<b>5,27</b>	<b>5,27</b>
<b>Comunicaciones</b>							
Cargo Modems Terreno	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cargo Modems Central de Gestion	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Total Costos de Comunicaciones</b>	<b>0,21</b>	<b>0,21</b>	<b>0,21</b>	<b>0,21</b>	<b>0,21</b>	<b>0,21</b>	<b>0,21</b>
<b>Beneficios</b>							
Operativos (L/R, SCR)	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
Cobro de Medidor	4,00	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cobro de reconexiones	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Reducción en planes estratégicos	11,53	11,53	11,53	11,53	11,53	11,53	11,53
Disminución de pérdidas	10,35	9,57	9,93	10,20	10,30	10,30	10,30
Incremento del cobro	14,21	21,32	28,43	35,53	35,53	35,53	35,53
Disminución Inversion Anomalías Lectura	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
Disminución Costos Acceso Impedido	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
Disminución de Personal	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
<b>Total Beneficios</b>	<b>51,59</b>	<b>57,92</b>	<b>65,39</b>	<b>68,76</b>	<b>68,86</b>	<b>68,86</b>	<b>68,86</b>
<b>Flujo Neto</b>	<b>-124,77</b>	<b>47,16</b>	<b>54,63</b>	<b>58,01</b>	<b>58,11</b>	<b>58,11</b>	<b>58,11</b>

Tabla 7. Evaluación por Suministro Instalado (Adecuación de red ya realizada)<sup>25</sup>

### 5.3.2 Criterios de Evaluación Financiera

#### Parámetros:

- Vida Financiera del proyecto: 7 años
- Tasa de descuento anual: 10%

#### Costos Unitarios:

- Inversión en equipos SMC: U\$ 172
- Mantenimiento del sistema: U\$ 3%
- Mano de obra instalación equipos: U\$ 3,75
- Infraestructura y comunicaciones: U\$0,61
- Protección de red: U\$ 93,75

<sup>25</sup> ELECTRICARIBE. Nuevas Oportunidades para el Control de Pérdidas y Gestión Comercial. Febrero de 2006.

### Beneficios Año:

- Ahorro costo anual lectura (\$197-mes): U\$ 0,985
- Ahorro aviso suspensión (16,25% de \$750-mes): U\$ 0,61
- Ahorro acción de suspensión (8,75% de \$7362-mes): U\$ 3,22
- Ahorro acción de revisión de la suspensión (5,38% de \$5981-mes): U\$ 1,61
- Ahorro costo reconexión (5,7% de \$8052-mes): U\$ 2,27
- Ingresos por cobro parcial del sistema al cliente (25% de U\$ 160 y 30%- Medidores malos a cobrar): U\$ 12 (Dividido en 3 años: U\$4 por año)
- Disminución del 70% en la inversión media por c/cliente intervenido en campañas para control de pérdidas (37,67% de \$104.966-mes y ahorro del 70%): U\$ 11,53
- Incremento en ventas por reducción de pérdidas (15% de 60 kWh aflor-mes E.Altos / 40% de 20 kWh aflor-mes): U\$ 10,3 E.Altos, U\$ 9,2 E.Bajos
- Disminución acciones para tratamiento de anomalías de lectura (Costo medio de tratamiento c/anomalía, una anomalía al año por cada cliente): U\$1,2
- Disminución costos de análisis de anomalías facturación (5% de \$425-mes): U\$ 0,11
- Disminución de accesos impedidos (42% probabilidad de un acceso impedido de anual de \$8000): U\$ 1,4
- Incremento recaudo por aseguramiento de la suspensión (Senda Recaudo por 400 kWh prom-mes E.Altos / 240 kWh-mes E.Bajos)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Sin req. Red	91,4%	94,7%	96,3%	97,9%	99,5%	99,5%	99,5%	99,5%
Con req. Red	81,4%	88,7%	92,3%	95,9%	99,5%	99,5%	99,5%	99,5%

**Tabla 8. Incremento Anual por Recaudo por Suspensión.**

## **6. CONCLUSIONES**

Con la implementación del SPI, ELECTRICARIBE logro optimizar la prestación del servicio eléctrico y mejorar la medición de la energía entre los usuarios inicialmente del sector histórico de Cartagena de Indias, utilizando elementos como medidores electrónicos, colectores de datos, Concentradores de Medidas y Distribución, que por sus características técnicas permiten realizar mayores actividades que las que se realizaban los medidores convencionales.

Como fue descrito en este documento, a través de la interacción de los medidores ubicados en los CMD los cuales se comunican con las Cajas Maestras a través de las diferentes tecnologías de comunicación(RS-485, RF y PLC), podemos tener acceso remoto a toda la información asociada al consumo de cualquiera de los clientes migrados; además es posible realizar tareas adicionales como cortes y reconexiones; ver históricos mediante la obtención de curvas de carga, obtener valores instantáneos de corriente, niveles de tensión, potencia consumida; por lo que se puede tener un control absoluto sobre las perdidas, esto gracias a la capacidad del software de gestión de calcular y entregar balances de carga.

Podemos afirmar que el sistema de tele medida SPI, proporciona beneficios técnicos a la empresa ELECTRICARIBE, ya que su ejecución, obliga a optimizar las instalaciones eléctricas de los usuarios de acuerdo a lo establecido por el RETIE Colombiano, tal como lo pudimos observar en las imágenes presentadas en este documento, donde saltan a la vista las diferencias las mejoras en las instalaciones al momento de realizar el montaje del sistema.

Así mismo le trae beneficios económicos y comerciales, porque le permite realizar reducción de costos y gastos en la operación del servicio eléctrico, disminuir el tiempo en la recuperación de la inversión para el control de pérdidas y mejorar el recaudo por incremento en la efectividad de la suspensión

## BIBLIOGRAFIA

- Vega Proyectos S.A. Software de Gestion Sistema de Poder Integrado (SPI. Net). Versión 0. Agosto de 2005.
- .Vega Proyectos S.A. Instructivo de Montaje e Instalación de Equipos SPI. Agosto de 2005. Versión 0. Agosto de 2005.
- .Vega Proyectos S.A. Sistema de Poder Integrado. Energy Group. Versión 0. Agosto de 2005.
- ELECTRICARIBE. Nuevas Oportunidades para el Control de Pérdidas y Gestión Comercial. Febrero de 2006.
- ELECTRICARIBE. Servicio Técnico Medida Centralizada Fotos Multifamiliares Antes y Después. Febrero de 2006.
- ELECTRICARIBE .Proyecto Medida Centralizada. Febrero de 2006.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE. Resolución 18 0466 de (2-ABRIL-2007) Art 1.
- L. Blunk, J. Vollbrecht, “PPP Extensible Authentication Protocol (EAP)”, RFC 2284, marzo de 1998.
- PACHON de la CRUZ, Álvaro. Evolución de los Sistemas Móviles GSM, Sistemas & Telemática, Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad ICESI. 29 de Nov del 2004.

- Castillo Sierra, Rosana, Meza Jiménez, Víctor. Descripción y Evolución de Tecnologías Para Redes de Datos en Ambiente GSM. Noviembre de 2005. Pág. 15.
- Peñaloza Julio, Carlos, Domínguez Crismatt, Arnold. Tecnología de Banda Ancha: Comunicación a Través de la red de Distribución Eléctrica. Diciembre 3 de 2004. Pág. 12.

# ANEXO 1

