



UNIVERSIDAD CATOLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

TESIS FINAL

Previa obtención del grado de

Magister en Telecomunicaciones

**“Implementación de un sistema de Tele gestión en la Empresa
Eléctrica pública de Guayaquil”**

ELABORADA POR:

ING. JUAN FERNANDO ARROYO PIZARRO

DIRECTOR DE TESIS

ING. MANUEL ROMERO PAZ

**AÑO
2015**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO
CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Ing. Juan Fernando Arroyo Pizarro como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones.

Guayaquil, Febrero de 2015

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Manuel Romero Paz, MSc.

REVISORES:

Ing. Luis Córdova Rivadeneira, MSc.

Ing. Fernando Palacios Melendez, MSc.

Ing. Nestor Zamora Cedeño, MSc.

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Ing. Manuel Romero Paz, MSc.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

YO, JUAN FERNANDO ARROYO PIZARRO

DECLARO QUE:

La tesis “Implementación de un sistema de Tele gestión en la Empresa Eléctrica pública de Guayaquil”, previa a la obtención del grado Académico de Magíster, ha sido desarrollada en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de la tesis del Grado Académico en mención.

Guayaquil, Febrero de 2015

EL AUTOR

ING. JUAN FERNANDO ARROYO PIZARRO



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO

AUTORIZACIÓN

YO, ING. JUAN FERNANDO ARROYO PIZARRO

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución de la Tesis de Maestría titulada: “Implementación de un sistema de Tele gestión en la Empresa Eléctrica pública de Guayaquil”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, Febrero de 2015

EL AUTOR

ING. JUAN FERNANDO ARROYO PIZARRO

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este trabajo a Dios que me ha dado la vida y fortaleza, por darme la vida a través de mis amados Padres quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de mí una persona con valores.

En especial a mi madre por su ayuda constante que ha estado a mi lado dándome cariño, confianza y apoyo incondicional para seguir adelante para cumplir otra etapa en mi vida.

A mis Hermanos, que son el motivo y la razón que me ha llevado a seguir superándome día a día, quiero también dejar a cada uno de ellos una enseñanza que cuando se quiere alcanzar algo en la vida, no hay tiempo ni obstáculo que lo impida para poderlo lograr.

AGRADECIMIENTO

Para el presente trabajo de graduación fue muy sacrificado de manera directa e indirecta en la que me supieron ayudar varias personas con su opinión, sugerencias, correcciones y lo más importante que me supieron dar la mano con paciencia en tiempos de crisis y otros de mucha felicidad.

Agradezco al Msc. Manuel Romero Paz por haber confiado, por la paciencia y por la dirección de este trabajo. A mis Profesores por todos los consejos, el apoyo y el ánimo.

Para mis queridas amigas, Marlene, Ligia y Vanessa, gracias, ya que supieron ayudar y apoyarme, y que también me han permitido entrar a sus vidas durante aproximadamente 10 años de convivir dentro y fuera de las aulas de clase.

Agradezco en especial a mi madre quién supo guiarme y aconsejarme durante mi formación de Magister de forma incondicional, supieron entender mis ausencias y mis malos ratos. A mi padre, que a pesar de la ausencia y distancia siempre estuvo atento para saber cómo iba mi proceso. A mi Abuelita Adela Castañeda, que siempre estaba pendiente de mis estudios de cuarto nivel y que hasta el día hoy me sigue animando.

Por último a mis compañeros de trabajo que me permitieron trabajar con los datos e información para poder desarrollar mi tesis y a mi director de tesis quién me ayudó en todo momento, Msc. Manuel Romero Paz, extraordinario profesional y ser humano.

Gracias a todos.

RESUMEN

El ser humano desde sus inicios prehistóricos adquirió la técnica de la comunicación, herramienta clave para su desarrollo y progreso, a lo largo de los siglos. La Tecnología de las Redes de Comunicaciones, han estado presente en los adelantos científicos en todos sus campos como por ejemplo la medicina, construcción, investigación espacial, y por supuesto los Servicios Públicos no ha sido la excepción, para optimizar sus recursos ofreciendo como resultado la mejora de la calidad a sus clientes y abonados.

Ecuador, da pasos firmes para este reto, cuyo aporte nace de una de sus importantes Empresas de Servicio Público como es la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil EP, la que está contribuyendo al desarrollo en su área de concesión como es la ciudad de Guayaquil, con la planificación de sus proyectos de inversiones desde el 2010 parte de estos son destinados para la implementación de Infraestructura de medición Avanzada (AMI) Proyectando hasta finales del 2015 el Control y Monitoreo del 80% del Total de Entrada de Energía a Sistema de Distribución, cuya demanda mensual representa cerca del 40% a nivel nacional.

Actualmente todos los clientes AMI de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil EP, acceden sin ningún costo \$ 0.00 a las Tecnologías de Información desarrolladas por la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil EP, cuyo acceso online está disponible desde su sitio web www.electricaguayaquil.gob.ec, donde el cliente podrá consultar de manera diaria sus consumos Kwh diarios vía web o vía teléfonos smart.

Esto es parte de todo contexto para aplicar a un concepto de "*Ciudad Inteligente*" y poner de relieve la creciente importancia de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

ABSTRACT

The human being from its prehistoric beginnings acquired the art of communication, a key tool for development and progress, over the centuries. Technology Communications Networks have been present in scientific advances in all fields such as medicine, construction, space research, and of course Public Services has been no exception, offering their resources to optimize results in improving quality to their customers and subscribers.

Ecuador gives firm steps to this challenge, whose contribution comes from one of its major companies such as Public Service Electric Company Public Guayaquil EP, which is contributing to development in its concession area is the city of Guayaquil, with planning their investment projects from 2010 of these are intended to implement Advanced metering Infrastructure (AMI) Projecting until late 2015 Monitoring and Control 80% of Total Input Energy Distribution System, which monthly demand accounts for about 40% nationwide.

Currently all clients AMI Public Utility Guayaquil EP, access at no cost to \$ 0.00 Information Technology developed by Empresa Electrica de Guayaquil Post EP, access to which is available on-line from their website www.electricaguayaquil.gob.ec, where customers can see how their daily consumption Kwh daily via web or via smart phones.

This is part of context to apply the concept of "Smart City" and highlight the growing importance of Information Technology and Communication (ICT)

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS.....	XII
INDICE DE TABLAS.....	XIV
CAPITULO 1 GENERALIDADES DEL TRABAJO DE INVESTIGACION	15
1.1 INTRODUCCIÓN	15
1.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA:.....	15
1.3 JUSTIFICACION DE LA NECESIDAD	16
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.4.1 PROBLEMA.....	16
1.4.2 OBJETO.....	17
1.4.3 HIPÓTESIS.....	17
1.4.4 OBJETIVO GENERAL.....	17
1.4.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.5 RESULTADO.....	18
CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA PROPUESTA	20
2.1 DEFINICIÓN DE SISTEMA DE TELEGESTION	20
2.2 UTILIZACION DE LOS SISTEMAS DE TECNOLOGIA PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL SERVICIO ELECTRICO.....	20
2.3 REDES INALÁMBRICAS DE TIPO MALLA	21
2.3.1. Movilidad	24
2.4 ESTANDARES	26
2.4.1 ESTÁNDAR IEEE 802.11.....	26
2.4.2 ESTÁNDAR IEEE 802.11a.....	26
2.4.3 ESTÁNDAR IEEE 802.11b.....	27
2.4.4 ESTÁNDAR IEEE 802.11g.....	27
2.4.5 ESTÁNDAR IEEE 802.11e.....	28
2.4.6 ESTÁNDAR IEEE 802.11i.....	29
2.4.7 ESTÁNDAR IEEE 802.11f	29
2.4.8 ESTÁNDAR IEEE 802.11h.....	30
2.4.9 ESTÁNDAR IEEE 802.11n.....	30
2.4.10 ESTÁNDAR IEEE 802.11s	31
2.5 WIRELESS MESH NETWORKS (WMN).....	32

2.5.1 CARACTERÍSTICAS	33
2.5.2 CONSIDERACIONES EN LAS REDES MESH.....	34
2.5.2.1 PROGRAMACIÓN COORDINADA CENTRALIZADA.....	35
2.5.2.2 PROGRAMACIÓN COORDINADA DISTRIBUIDA.....	35
2.5.2.3 PROGRAMACIÓN NO COORDINADA DISTRIBUIDA	35
2.6 SEGURIDAD EN LAS REDES MESH.....	35
2.6.1 TECNOLOGÍA UTILIZADA PARA LA SEGURIDAD	35
CAPÍTULO 3 PLANIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	39
3.1 SISTEMA ENERGY- AXIS AMI (INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA).....	39
3.2 EQUIPOS DE MEDICIÓN Y COMUNICACIÓN:	39
3.2.1 MEDIDORES INTELIGENTES IMPLEMENTADOS:	40
3.2.1.1 MEDIDORES RESIDENCIALES:	40
3.2.1.2 MEDIDOR CONTROLADOS DE CIRCUITO:	41
3.2.1.3 MEDIDORES ESPECIALES:.....	43
3.2.1.4 MEDIDOR GATEWAY:	45
3.2.2 REPETIDOR:	46
3.2.3 MEDIDOR COLECTOR GATEWAY	47
3.3 PRESTANCIAS DEL SISTEMA	48
3.4 ARQUITECTURA DE RED AMI	50
3.5 PLANIFICACIÓN E INGENIERIA DE PROYECTOS DE MEDICIÓN AVANZADA.....	51
3.6 PLATAFORMAS INSTALADAS CON SU RESPECTIVO HARDWARE DE SERVIDORES - RECOLECTOR DE DATOS DE MEDIDORES AMI.-	54
3.6.1 PROYECTO AMI 2010 -2012 ELSTER.-.....	54
3.6.1.1 CAPACIDADES DE SUMINISTRO DE INFORMACIÓN DE SERVIDORES COLECTORES AMI ENERGY AXIS (ELSTER):	55
3.6.1.2 DESARROLLO E INTEGRACIÓN CON HERRAMIENTAS WEB SERVICE	56

3.6.1.3 PROYECTO 2011-2013 MDM (MANEJADOR DE DATOS MASIVO) ITRON IEEMDM.	57
3.6.6.1 CAPACIDADES DEL MEDIDORES ELÉCTRICO AVANZADO AMI.	58
3.7 EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	60
3.8 FUTURO “VEHÍCULOS ELÉCTRICOS”	61
3.8 FUNCIONES DEL SISTEMA:	64
3.8.1 GENERACIÓN DE REPORTE.....	64
3.8.2 FORMATOS DE EXPORTACIÓN	64
3.8.3 CUBOS DE DECISIÓN	65
3.8.4 ADMINISTRACIÓN DE USUARIOS.....	65
CAPITULO 4 RESULTADOS OBTENIDOS Y/O ESPERADOS:.....	67
4.1 PORTAFOLIO DE INFORMACIÓN	67
4.2 AFECTACIÓN A LA CALIDAD DE ENERGÍA SUMINISTRADA	68
4.3 COMPATIBILIDAD DE SOLUCIÓN CON OTROS PROYECTOS EEPG.	68
4.4 INERFAZ E INTEGRACIÒN DE INFORMACIÒN INTELIGENTE.....	69
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	72
Bibliografía	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 1:

Figura 1. 1: Gestionador de Cortes y reconexión, toma de lecturas, alarmas y eventos.....	18
---	----

Capítulo 2:

Figura 2. 1: Medidores Ami en área de concesión.....	20
Figura 2. 2: Arquitectura de Red Inalámbrica de Tipo Malla	21
Figura 2. 3: Proceso de Handoff en una red mesh inalámbrica.	25
Figura 2. 4: Cuadro comparativo de estándares IEE.....	31
Figura 2. 5: Ejemplo de medidores en una red Mesh	32
Figura 2. 6: Reconfiguración en la comunicación de los medidores en una red Mesh.....	34
Figura 2. 7: Acceso a WLAN basada en EAP	37

Capítulo 3:

Figura 3. 1: Arquitectura Sistema AMI EA.....	39
Figura 3. 2: Medidores REX2	40
Figura 3. 3: Controlador de Circuito AMI	41
Figura 3. 4: Medidores Especiales ALPHA 3	43
Figura 3. 5: Perfiles de demanda.....	44
Figura 3. 6: Perfiles de corriente	44
Figura 3. 7: Perfiles de voltaje	45
Figura 3. 8: Medidores Gateways o concentradores	45
Figura 3. 9: Repetidor	47
Figura 3. 10: Medidores AMI EA	47
Figura 3. 11: Sistema Energy Axis.....	48
Figura 3. 12: Red Inalámbrica AMI.....	50
Figura 3. 13: Distribución de los medidores con los equipos de comunicación...	52
Figura 3. 14: Distribución de los medidores con los equipos de comunicación...	52
Figura 3. 15: Distribución de Medidores AMI Project 2012-2012	53
Figura 3. 16: Control y Monitoreo KWH AMI.....	54
Figura 3. 17: Sistema Energy Axis.....	55

Figura 3. 18: Gestionador Web service	57
Figura 3. 19: MDM – ITRON	57
Figura 3. 20: Smart City	58
Figura 3. 21: Reemplazo de medidores tradicionales por medidores Smart.....	59
Figura 3. 22: Redes HAN – ZigBee	59
Figura 3. 23: Medidores Smart, contribuyen a la Eficiencia Energética.	60
Figura 3. 24: Redes HAN – ZigBee	61
Figura 3. 25: Perfil de Carga MDM Controladores de Circuitos.....	62
Figura 3. 26: Generación de reporte por alarma o evento.....	64
Figura 3. 27: Sistema de autenticación por usuario	66

Capítulo 4:

Figura 4. 1: Lecturas de <i>Billing</i> (Facturación)	67
Figura 4. 2: Gráfica de Lectura y demanda.....	68
Figura 4. 3: Integración de Sistemas Inteligentes con los existentes de la UEG ..	69
Figura 4. 4: Interacción con el sistema GIS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Datos de Perfiles de instrumentación de los medidores	62
---	----

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

1.1 INTRODUCCIÓN

La Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil es la encargada de la Generación, Distribución y Comercialización de energía eléctrica en Guayaquil, en estos últimos cinco años ha invertido importantes recursos para investigaciones tecnológicas, aprovechado principalmente el talento humano, el cual ha obtenido importantes resultados. Todo esto mediante la socialización de sus proyectos y consultas a empresas tecnológicas de primer nivel orientadas a proveer herramientas de sistemas de medición inteligentes, el cual nos han permitido actualmente disponer de información de sus equipos de medición de manera oportuna, todo esto integrado con el Sistema de gestión Comercial y principalmente contar con un respaldo y seguridad de la información en sus propios servidores con sus respectivos *Back-Up*.

A continuación se detallan la construcción e implementación de los siguientes sistemas Inteligentes:

- SITEG (Sistema Inteligente de Tele medición Eléctrica de Guayaquil)
- AMI (Infraestructura de Medición Avanzada)

1.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA:

- Los Técnicos de la empresa Eléctrica mensualmente recolectan información de perfiles de carga de medidores especiales G.E. ABB-AR1+, ABB-AR2+, siendo procesados manualmente.
- No existe seguridad de la Información
- No existe un software que permite realizar cortes y reconexión del servicio eléctrico de manera automática.

- No existe un sistema que permite realizar el grafico energético de los voltajes y corrientes.
- No existía un sistema que disponga y procese archivos de planos de los medidores de diferentes marcas.

1.3 JUSTIFICACION DE LA NECESIDAD

Técnicos de los Departamentos de Laboratorio de Medidores, Grandes Clientes y Pérdidas en conjunto con la sección de Proyectos de Telemetría de la Empresa Pública de Guayaquil han planificado y posteriormente implementado un Sistema Inteligente de Tele medición Eléctrica de Guayaquil (SITEG), que permite interpretar y procesar archivos planos de los medidores ELSTER-ABB AR1+, AR2+, G.E. KV y KV2c e ITRON Centrum instalados en los Grandes Consumidores.

La información de perfiles de carga es recolectada en campo con el software propietario del medidor y luego procesada por el SITEG para calculo y posterior generación de lecturas *Billing*, integrando esta información con el Sistema de Gestión Comercial para la inmediata facturación de los Grandes Consumidores, mejorando así la gestión administrativa y control de perdidas eléctricas del Departamento de Grandes Clientes el cual representa el 15% del total de entrada de energía al Sistema de Distribución, optimizando este proceso de diez días a un día, disponiendo principalmente de seguridad y disponibilidad de información para los técnicos de diferentes áreas técnicas y entes de control como el CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) y la CENACE (Corporación Nacional de Control de Energía).

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.4.1 PROBLEMA

Necesidad de reducir pérdidas Técnicas y no Técnicas Eléctricas reduciendo costos con una plataforma tecnológica estable.

1.4.2 OBJETO

La planificación e implementación de un sistema de telegestión y adquisición de tecnología de telecomunicaciones a nivel regional para abonados que cuenten con el servicio de energía eléctrica a fin de aplicar los sistemas de reducción de pérdidas técnicas y no técnicas en clientes con tarifa comercial e industrial y residencial, basados en desarrollos y plataformas informáticos y de Telecomunicaciones.

1.4.3 HIPÓTESIS

La implementación de un sistema de telegestión permitirá la reducción de pérdidas técnicas y no técnicas eléctricas, la seguridad de la información y la reducción de costos por mano de obra, lo cual beneficiara en una mejora de la administración de los recursos y confiabilidad de la información y la satisfacción de los clientes.

1.4.4 OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta para la implementación de un sistema de Telegestión y adquisición de tecnología de Telecomunicaciones a nivel regional para el control de energía eléctrica.

1.4.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las necesidades de ahorro de energía para los clientes masivos e industriales.

- Analizar la infraestructura y tecnologías de medición avanzada actuales que se encuentren funcionando en las diferentes empresas eléctricas, a nivel mundial, para que sirvan como base del diseño que se desea implementar para prestar el servicio de tele gestión.

- Determinar los requerimientos técnicos necesario de frecuencia y potencia a ser utilizado en la propuesta de diseño.

- Realizar un diseño para la propuesta de integración de la nueva plataforma de tecnología necesaria a la red de comunicación.

- Optimizar el recurso humano con un software que permita la gestión de los cortes y las reconexiones.

- Mejorar la calidad del servicio Eléctrico y el tiempo de respuesta ante un siniestro.

En la Figura 1.1 se muestra una ventana del Gestionador de cortes y reconexión, toma de lecturas, alarmas y eventos.

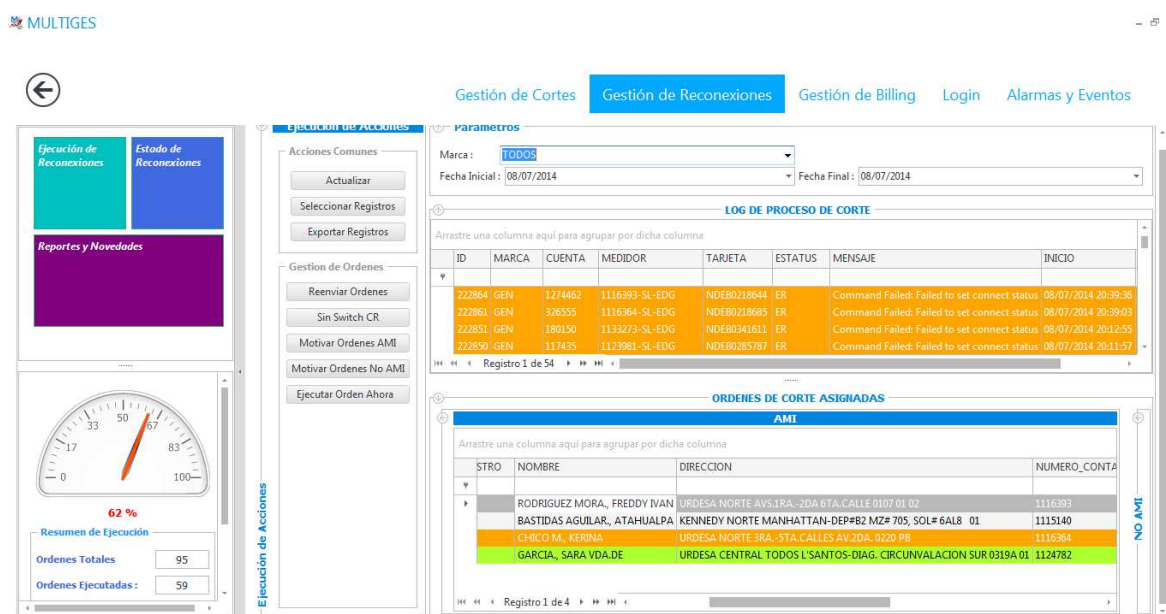


Figura 1. 1: Gestionador de Cortes y reconexión, toma de lecturas, alarmas y eventos

Fuente: Empresa Eléctrica pública de Guayaquil

1.5 RESULTADO

La propuesta de diseño permitirá realizar el control de energía eléctrica mediante un sistema de telegestión y plataforma tecnológica para el ahorro energético de los clientes, recuperar las pérdidas técnicas y no técnicas y mejorar

los tiempos en la recaudación de dinero por concepto de cortes, reconexión y facturación.

1.6 METODOLOGIA

En la presente investigación se han utilizado varios métodos de investigación:

El método de análisis y síntesis para analizar las diferentes tecnologías y la diferencia para determinar cuál es el mejor diseño para la instalación de equipos de comunicación por tecnología.

El método lógico para analizar las varias posibilidades de asignación de clientes con la tecnología AMI y el desarrollo de una vinculación de los varios sistemas.

El método estadístico para organizar y clasificar los indicadores de pérdidas técnicas y no técnicas que se obtuvo como resultados de la base de datos realizada para determinar el posible porcentaje de los diferentes recursos utilizados para la facturación.

CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA PROPUESTA

2.1 DEFINICIÓN DE SISTEMA DE TELEGESTION

El término Telegestión se refiere al conjunto de tecnologías informáticas, electrónicas y de telecomunicaciones, que puede permitir un control a largas y cortas distancias de los medidores eléctricos instalados y georreferenciados.

La telegestión fue creada por las necesidades de un sin números de ámbitos de aplicación, y puede ofrecer un sin número de herramientas para el monitoreo y control de todas las operaciones técnicas y administrativas.

2.2 UTILIZACION DE LOS SISTEMAS DE TECNOLOGIA PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL SERVICIO ELECTRICO.

Actualmente la Empresa eléctrica Pública de Guayaquil en su área de concesión tiene un aproximado de 550.000 usuarios (Figura 2.1), los cuales están divididos en un 45% de la facturación en clientes masivos o también llamados residenciales y el 55% en clientes industriales o de gran consumo.

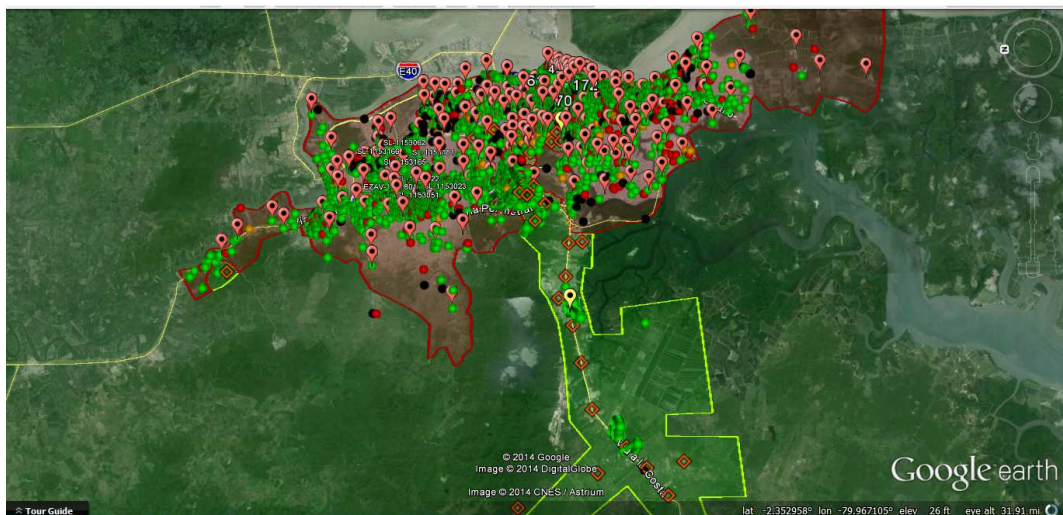


Figura 2. 1: Medidores Ami en área de concesión

Fuente: Datos de Autor. Empresa Eléctrica pública de Guayaquil

Mapa de Google earth

2.3 REDES INALÁMBRICAS DE TIPO MALLA

Las redes inalámbricas de tipo malla o WMN (*Wireless Mesh Networks*) son una extensión de las redes Ad-Hoc, se componen de nodos malla donde se encuentran los *routers mesh*, estaciones móviles o clientes *mesh*, y portales de acceso hacia la red cableada.

Las WMN se caracterizan por ser redes auto organizadas dinámicamente, auto-regenerables y auto configurables, permitiendo tener grandes ventajas como robustez, confiabilidad y un fácil mantenimiento.

Entre los principales objetivos de las redes inalámbricas de tipo malla, como la que puede observarse en la figura 2.2, se encuentra el extender el área de cobertura sin sacrificar la capacidad de canal, por esta razón los nodos malla están normalmente equipados con interfaces múltiples, las cuales pueden ser incluso de diferentes tecnologías de acceso inalámbrico.

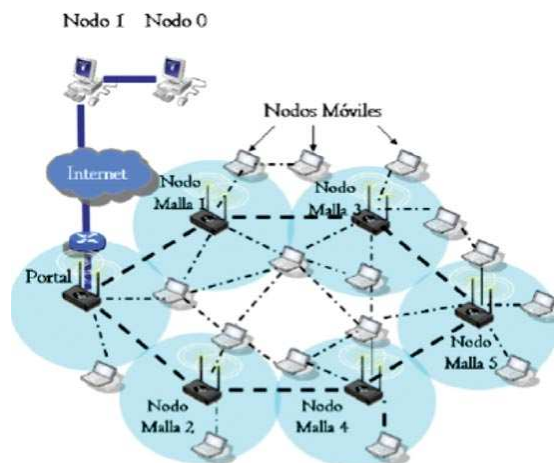


Figura 2. 2: Arquitectura de Red Inalámbrica de Tipo Malla

Fuente: (Alulema, 2010)

La WLAN's tipo malla (Mesh) en su arquitectura siempre dependen de las aplicaciones, estos tipos de elementos en la red son:

- a. **Punto de Acceso Mesh:** este tipo de elemento es un nodo que sirve de enrutamiento, es decir, que permite ofrecer servicios inalámbricos a las estaciones. Permite una constante comunicación con otros puntos de

acceso mesh de la red, tales como computadoras portátiles, teléfonos inteligentes, PDAs, etc., para así acceder al uso de aplicaciones como correo electrónico, VoIP, juegos, detección de localización, etc.

- b. Punto Mesh:** estos elementos están en la red para enrutar el tráfico de red. No pueden terminar ni originar el tráfico. Tienen limitaciones en cuanto a la movilidad y tienen características fiables. El consumo de potencia de transmisión en los routers de malla es baja, por estrategia de comunicaciones multi-salto. Además, el protocolo de Medium Access Control (MAC) en un router de malla que soporta múltiples canales y múltiples interfaces para permitir la escalabilidad en un entorno de malla multi-salto.

- c. Puerta de Enlace Mesh:** este elemento es en sí router con acceso directo a la infraestructura de Internet por cable. Tienen múltiples interfaces para conectarse a redes tanto cableadas e inalámbricas, aunque su costo es alto. Por lo tanto, hay un escaso número de puertas de enlace en la red. Además, su colocación tiene un impacto significativo en el rendimiento de la red.

Las redes inalámbricas pueden ser clasificadas en base a los tipos de conectividad de los distintos elementos de la red, que pueden ser redes punto a punto (PTP), punto a multipunto (PTM) o multi-punto a multi-punto (MPM). La taxonomía completa de esta clasificación, son Redes PTP fiables. Sin embargo, no son escalables y su nivel de adaptabilidad es bajo.

Las Redes PTM son moderadamente escalables, pero tienen baja capacidad de adaptación y la fiabilidad. Para superar estas limitaciones, multi-punto a multi-punto (MTM), las redes están ofreciendo características que proporcionan una alta fiabilidad, adaptabilidad y escalabilidad para dar cabida a un gran número de usuarios. Por ejemplo, si se incrementa el número de nodos en la red, entonces la potencia de transmisión necesaria para cada nodo disminuirá. Pero, las redes inalámbricas MTM utilizan múltiples saltos para aumentar la cobertura sin la necesidad de aumentar la potencia de transmisión.

A continuación se presentan algunas de las ventajas de WMN:

a. Auto Organizador y Auto Configuración:

Las WMN son flexibles en la arquitectura de la red y no dependen de la aplicación y los protocolos. Estas dos son características propias de las WMN's. Esto, reduce el tiempo de instalación y los costes de mantenimiento. Aparte de esto, se mejora el rendimiento de la red. Debido a estas características, los proveedores de servicios de red son capaces de cambiar, ampliar y adaptar la red según sea necesario para satisfacer las demandas de los usuarios finales.

b. Bajo costo de implementación:

Los routers de malla son inalámbricos y tienen la capacidad de servicio en entornos multi-hop. Por lo tanto, utilizando routers inalámbricos en áreas grandes son más baratos en comparación con los puntos routers hop/acceso únicos que utilizan conexiones cableadas. Por lo general, debido a las conexiones por cable que son más caras de instalar y mantener, el despliegue WMN es más fácil, más rápido de instalar y de dar mantenimiento, conducen a costos de operación más bajo.

c. Mayor fiabilidad:

En una WMN hay varias rutas de la fuente a nodos de destino. Esto proporciona rutas alternativas en caso de fallo. Caminos alternativos pueden elegir, con el fin de minimizar los cuellos de botella en áreas congestionadas de la red también. Esto también permite que los cargas de tráfico a ser equilibrados en la red. Equilibrio de carga y minimizar el cuello de botella a través de enrutamiento alternativo puede aumentar significativamente la fiabilidad de la red en WMN.

d. Escalabilidad:

En las redes inalámbricas tradicionales, cuando el número de nodos aumenta, el rendimiento de la red se verá afectado hacia abajo. Pero, en WMN, aumentando el número de nodos aumentará la capacidad de transmisión para un mejor equilibrio de carga y rutas alternativas. Por lo general, los paquetes locales (que se generan en los clientes de enrutador de malla) se ejecutan más rápido en comparación con los paquetes (generados en dos o más saltos de distancia) de los vecinos. Esto se debe principalmente alcanzable utilizando algunas WMNS configuraciones y protocolos que manejan el medio de comunicación.

e. Interoperabilidad:

WMN tiene un multipunto híbrida a la arquitectura multi-punto de que es compatible con los estándares existentes, tales como: WiMAX, celular, Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth, Sensor, etc. Por lo tanto, es atractivo para la implementación incremental y reutilizar las infraestructuras existentes. Todas las tecnologías mencionadas anteriormente, pueden o podrán pronto configurado una WMN y comunicarse con los demás. La mayor parte de las mejoras necesarias en cualquier tipo de redes para que puedan comunicarse con los demás, puede aumentar los estándares actuales para mantener la interoperabilidad

2.3.1. Movilidad

Con la convergencia de Internet y las comunicaciones móviles inalámbricas y con el rápido crecimiento en el número de suscriptores móviles, la gestión de la movilidad se perfila como uno de los problemas más importantes y difíciles para la comunicación inalámbrica móvil a través de Internet. La gestión de la movilidad permite a las redes que sirven localizar el punto de unión de un abonado móvil para la entrega de paquetes de datos (es decir, gestión de ubicación), y mantener la conexión de un abonado móvil, ya que sigue cambiando su punto de conexión (es decir, la gestión de traspaso).

La gestión de ubicación, permite que las redes realice el seguimiento de las ubicaciones de nodos móviles. La gestión de ubicación tiene dos grandes sub-tareas: (i) el registro de localización, y (ii) la entrega de llamadas o buscapersonas. En el procedimiento de registro de localización, el nodo móvil envía periódicamente señales específicas para informar a la red de su ubicación actual, de modo que la base de datos de ubicación se mantiene actualizada. El procedimiento de entrega de la llamada se invoca después de la finalización del registro de ubicación. Basándose en la información que ha sido registrada en la red durante el registro de la ubicación, el procedimiento de entrega de la llamada consultada a la red acerca de la ubicación exacta del dispositivo móvil de manera que una llamada puede ser entregado con éxito.

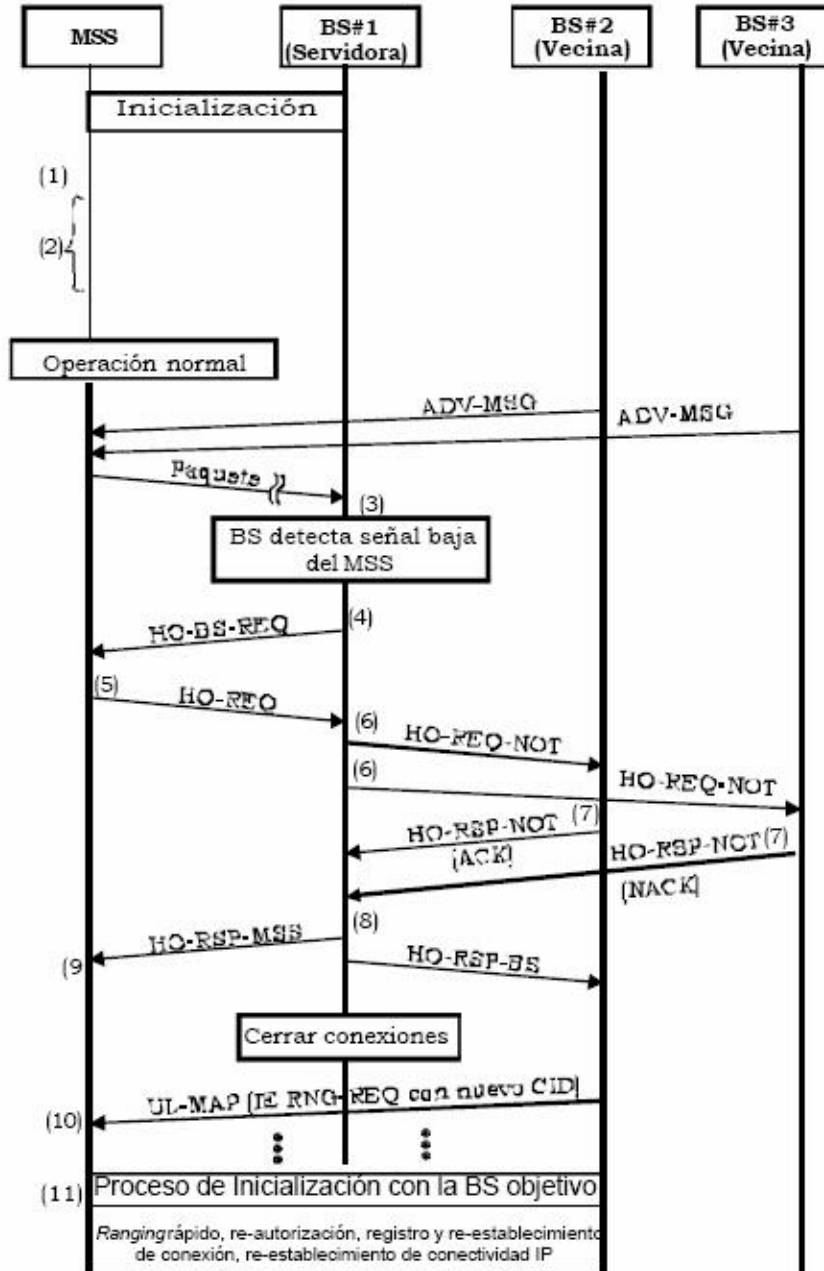


Figura 2. 3: Proceso de Handoff en una red mesh inalámbrica.

.Fuente: <http://www.scielo.org.mx/>

La gestión de Handoff (traspaso), es el proceso por el cual un nodo móvil mantiene su conexión activa cuando se mueve de un punto de acceso a otro. Hay tres etapas en un proceso de traspaso. En primer lugar, el inicio de la transferencia se activa ya sea por el dispositivo móvil, o un agente de red o las condiciones cambiantes de la red. La segunda etapa es para una nueva generación de conexión, donde la red debe encontrar nuevos recursos para la conexión de transferencia y

realizar cualquier operación de enrutamiento adicionales. Por último, el control de flujo de datos debe mantener la entrega de los datos de la ruta de conexión antigua a la nueva ruta de conexión de acuerdo con las garantías de QoS. La figura 2.3 resume el proceso de Handoff en una red Mesh.

2.4 ESTANDARES

2.4.1 ESTÁNDAR IEEE 802.11

El estándar 802.11 de mayor despliegue tiene mucha ampliación y muchos más están actualmente en desarrollo. Presentado por primera vez en 1999, los estándares IEEE 802.11 fue desarrollada principalmente teniendo en cuenta el hogar y el ambiente de la oficina para la conectividad inalámbrica de área local. Los estándares iniciales dieron una velocidad máxima de datos de 2 Mbps por AP (Access Point) que aumentó a 11 Mbps por AP con el despliegue del estándar IEEE 802.11b.

El estándar IEEE 802.11 emplea gran variedad de las capas físicas (PHY) con la finalidad de incrementar el rendimiento total de la red. El estándar IEEE 802.11 incluye tres capas PHY a saber:

- a. Espectro ensanchado por salto de frecuencial (*FHSS, Frequency Hopped Spread Spectrum*).
- b. Espectro ensanchado por secuencia directa (*DSSS, Direct Sequence Spread Spectrum*).
- c. Infrarrojo (*IR, Infrared*).

2.4.2 ESTÁNDAR IEEE 802.11a

El estándar IEEE 802.11 especifica una frecuencia de funcionamiento de 2,4 GHz con velocidades de datos de 1 y 2 Mbps usando ya sea DSSS o FHSS. El estándar IEEE 802.11a especifica la capa física (PHY) OFDM que divide la señal de información a través de 52 subportadoras separadas para ofrecer transmisión de datos a velocidades de 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, o 54 Mbps.

En el estándar IEEE 802.11a las velocidades de datos de 6, 12, y 24 Mbps son obligatorios. Cuatro de las subportadoras son subportadoras piloto que el

sistema utiliza como una frecuencia de referencia o hacen caso omiso de desplazamientos de fase de la señal durante la transmisión.

En el estándar 802.11a, una pseudo secuencia binaria se envía a través de los canales secundarios experimentales para prevenir la generación de líneas espectrales. En el 802.11a, las 48 subportadoras restantes proporcionan vías inalámbricas independientes para el envío de información de una manera paralela. La separación de frecuencias de la subportadora da como resultado el estándar IEEE 802.11a con 0.3125 MHz.

2.4.3 ESTÁNDAR IEEE 802.11b

En septiembre de 1999 ratificaron la enmienda "High Rate" al estándar 802.11b, lo que permitieron añadir dos velocidades superiores (más altas) que son 5.5 Mbps y 11 Mbps. La tecnología basada en estándares permite a los administradores crear redes que combinan a la perfección más de una tecnología LAN para adaptarse mejor a sus necesidades de negocio y de los usuarios.

Como todos los estándares IEEE 802, las normas 802.11 se centran en la parte inferior de dos niveles del modelo ISO, la capa de enlace de datos y la capa física. Cualquier aplicación de LAN, el sistema operativo de red o protocolo, incluyendo TCP/IP y Novell NetWare funcionarán en una WLAN 802.11 con la misma facilidad, ya que funcionan a través de Ethernet.

La contribución fundamental de la incorporación de 802.11b al estándar de redes LAN inalámbricas, fue estandarizar los soportes de la capa física de dos nuevas velocidades ya mencionadas con anterioridad (5.5 Mbps y 11 Mbps). Para lograr esto, DSSS tuvo que ser seleccionada como la única técnica de capa física para dicho estándar, ya que, como se señaló anteriormente, el salto de frecuencia no pueden apoyar a las velocidades más altas sin violar las normas vigentes de la FCC.

2.4.4 ESTÁNDAR IEEE 802.11g

Mientras que IEEE de 802.11b utilizaba solamente la tecnología DSSS, IEEE 802.11g utiliza DSSS, OFDM, o ambos en la banda ISM de 2,4 GHz para ofrecer altas velocidades de datos de hasta 54 Mbps. El uso combinado de ambos

DSSS y OFDM se logra a través de la provisión de cuatro capas físicas diferentes. Estas capas, que se define en la norma como la tasa física extendidas (ERPs) coexisten durante un intercambio de tramas, por lo que el emisor y el receptor tienen la opción de seleccionar y utilizar una de las cuatro capas, siempre y cuando ambos sean compatibles con él. Las cuatro capas físicas diferentes definidos en la norma IEEE 82.11g son los siguientes:

1. ERP-DSSS/CCK:

Esta es la capa física antigua utilizado por el estándar IEEE 802.11b. La tecnología DSSS se utiliza con la modulación CCK. Las velocidades de datos proporcionadas es similar al estándar IEEE de 802.11b.

2. ERP-OFDM:

Se trata de una nueva capa física, introducido por IEEE 802.11g. OFDM es utilizado para proporcionar velocidades de datos del estándar IEEE 802.11a en la banda de 2,4 GHz.

3. ERP-DSSS/PBCC:

Esta capa física se introdujo en IEEE de 802.11b y proporciona las mismas velocidades de datos como la capa física DSSS/CCK. Utiliza la tecnología DSSS con el algoritmo de codificación PBCC. IEEE 802.11g amplió el conjunto de velocidades de datos mediante la adición de los de 22 y 33 Mbps.

4. DSSS-OFDM:

Esta es una nueva capa física que utiliza una combinación híbrida de DSSS y OFDM. En la cabecera física se transmiten paquetes utilizando DSSS, mientras que la carga útil del paquete se transmite utilizando OFDM. El alcance de este híbrido

2.4.5 ESTÁNDAR IEEE 802.11e

IEEE 802.11e es una versión mejorada del legado 802.11 MAC con el fin de apoyar la calidad de servicio (QoS). IEEE 802.11e admite calidad de servicio mediante la introducción de mecanismos de prioridad. Todos los tipos de tráfico de datos no son tratados por igual como se hace en la norma original, en cambio,

802.11e apoya la diferenciación de servicios mediante la asignación de tráfico de datos con diferentes prioridades en función de sus requisitos de QoS.

Por otra parte, cuatro diferentes categorías de acceso (Access Categories, AC) se han definido cada uno para el tráfico de datos de una prioridad diferente. Se concede entonces el acceso al medio, basado en las prioridades del tráfico de datos, de modo que cada cuadro con una especial prioridad se asigna a una categoría de acceso, y la diferenciación del servicio se realiza mediante el uso de un conjunto diferente de parámetros de confrontación para contender por el medio, por cada AC.

2.4.6 ESTÁNDAR IEEE 802.11i

El grupo de trabajo IEEE 802.11 ha estado trabajando en la mejora de MAC durante varios años. En mayo de 2001, las mejoras de MAC se dividieron en diferentes grupos de trabajo. El Grupo de Trabajo E (Task Group E, TGe) es responsable de la calidad de servicio (QoS). El Grupo de Trabajo I (Task Group I, TGi) está trabajando en la seguridad. Una de las principales misiones del TGi IEEE 802.11, es definir una red de seguridad robusta (RSN).

La definición de la RSN de acuerdo con el proyecto IEEE 802.11i, es una red de seguridad que sólo permite la creación de asociaciones sólidas de seguridad de red (RSNA). Es decir, en un RSN las asociaciones entre todas las emisoras, incluyendo puntos de acceso (APs) se basan en una fuerte asociación/autenticación llamado RSNA, que también se define por la TGi IEEE 802.11 como: una RSNA que depende de IEEE 802.1X para transportar su autenticación de servicios y para ofrecer servicios de gestión de claves.

2.4.7 ESTÁNDAR IEEE 802.11f

También conocido como IEEE 802.11f IAPP, en la cual dos nuevos procedimientos de traspaso se añaden a la operación existente protocolo IAPP, que maneja los movimientos IP de los clientes y ofrecen las funciones de roaming L3. Para que los puntos de acceso para participar en el protocolo de roaming L3 propuesta, deben apoyar el mecanismo de núcleo IP-IAPP.

Este mecanismo actúa sobre los traspasos de capa de enlace, y realiza un procedimiento de configuración de IP específica para apoyar el traspaso de la red de un cliente. Los puntos de acceso (APs) sirven como agentes de movilidad; los puntos de acceso son los responsables de la gestión y la prestación de apoyo a la movilidad IP a sus clientes asociados. El MNS preserva su dirección IP inicial al hogar en todas partes, con independencia de su ubicación física.

2.4.8 ESTÁNDAR IEEE 802.11h

El estándar 802.11h se desarrolló originalmente para extender la operación 802.11 en la banda de 5 GHz en Europa, con el fin de coexistir con usuarios primarios en la banda de 5 GHz (sistemas de radar y satélite), se requiere dispositivos WLAN de 5 GHz para apoyar DFS (Dynamic Frequency Selection) y TPC (Transmit Power Control).

Por otro lado, cuando se detecta una señal de satélite, los dispositivos WLAN están autorizados a utilizar la potencia de transmisión hasta -3 dB, mientras que normalmente se pueden transmitir en hasta el nivel máximo de regulación. El 802.11h define los mecanismos DFS y TPC en la parte superior de la 802.11 MAC y 802.11a PHY para estos fines.

Hay que tener en cuenta que, a pesar de que los 802.11h se ha desarrollado para satisfacer los requisitos normativos europeos, puede ser utilizado en otros países para múltiples propósitos, tales como la planificación automática de frecuencia, la reducción del consumo de energía, control de la gama, la reducción de la interferencia, y mejorar la QoS (Calidad de Servicio).

2.4.9 ESTÁNDAR IEEE 802.11n

La especificación emergente 802.11n difiere de los anteriores en que proporciona una variedad de modos y configuraciones opcionales que dictan diferentes velocidades máximas de datos. Esto permite que el estándar proporcione parámetros de rendimiento de referencia para todos los dispositivos 802.11n. Con todas las opciones posibles habilitado, 802.11n podría ofrecer velocidades de datos en bruto de hasta 600 Mbps.

Pero en el hardware de redes inalámbricas (WLAN) no tiene que apoyar todas las opciones para cumplir con la norma, se espera que n-WLAN estén disponibles para apoyar tasas de datos en bruto de hasta 300 Mbps. En comparación de todos los productos cumplen la norma 802.11b debe ser compatible con velocidades de datos de hasta 11 Mbps, y todo el hardware 802.11a y 802.11g debe ser compatible con velocidades de datos de hasta 54 Mbps.

2.4.10 ESTÁNDAR IEEE 802.11s

El estándar IEEE 802.11s prevé una red de malla a medio WLAN pequeña escala configurado con un máximo de 32 dispositivos (mapas incluidos). Prácticamente, cada mapa se puede conectar a muchos STA que permiten toda la red para dar cabida a varios cientos de terminales. Múltiples redes de malla WLAN también pueden interconectarse para ampliar aún más la escala de la red.

Esperamos que la tecnología de red de malla de WLAN sea aplicable a una amplia variedad de entornos de uso. Estas podrían ser las redes domésticas que conectan los aparatos digitales, computadoras personales y otros dispositivos; redes de oficinas que componen LAN corporativas; redes de campus universitarios y las redes de acceso público para los distritos comerciales; y redes ad hoc para interconectar los terminales móviles. Finalmente, se observa en la figura 2.4 el cuadro comparativo de cada uno de los estándares IEEE 802.11x tratados en esta sección.

Normas (capa física y de acceso al medio)	Velocidad transmisión máxima (Mbps)	Throughput máximo típico (Mbps)	Numero máximo de redes colocalizadas	Banda de frecuencia	Radio de cobertura típico (interior)	Radio de cobertura típico (exterior)
IEEE 802.11a/h	54 Mbps	22 Mbps	14 (5.7 GHz)	5 GHz	85 m	185 m
IEEE 802.11b	11 Mbps	6 Mbps	3	2.4 GHz	50 m	140 m
IEEE 802.11g	54 Mbps	22 Mbps	3	2.4 GHz	65 m	150 m
IEEE 802.11n (40 MHz)*	>300 Mbps	>100 Mbps	1 (2.4 GHz) 7 (5.7 GHz)	5 GHz	120 m	300 m
IEEE 802.11n (20 MHz)*	144 Mbps	74 Mbps	3 (2.4 GHz) 14 (5.7 GHz)	2.4 GHz y 5 GHz	120 m	300 m

Figura 2. 4: Cuadro comparativo de estándares IEEE

Fuente: <http://dispositivosmobilesits.blogspot.com>

2.5 WIRELESS MESH NETWORKS (WMN)

Las denominadas *Wireless Mesh Networks* son redes en las que la comunicación se puede hacer entre diferentes nodos y no sólo entre nodo y estación base. Por esta razón son redes descentralizadas, cada nodo es auto dirigido y capaz de conectarse a otros nodos como sea necesario. Estas redes son una combinación de dos topologías inalámbricas, por ello se dice que son una variante del WiFi tradicional (topología infraestructura) y una extensión de las redes Ad-Hoc (topología *peer-to-peer*).

Las WMN se caracterizan por ser redes auto organizadas dinámicamente, autor generables y auto configurables, ya que ellas detectan automáticamente los problemas de ruteo y los solucionan. Además, si se desea extender la cobertura sólo basta con agregar más nodos. Por las características mencionadas anteriormente las redes *mesh* permiten tener grandes ventajas como robustez, confiabilidad y un fácil mantenimiento.

En la figura 2.5 se muestra un ejemplo de medidores en una red Mesh.

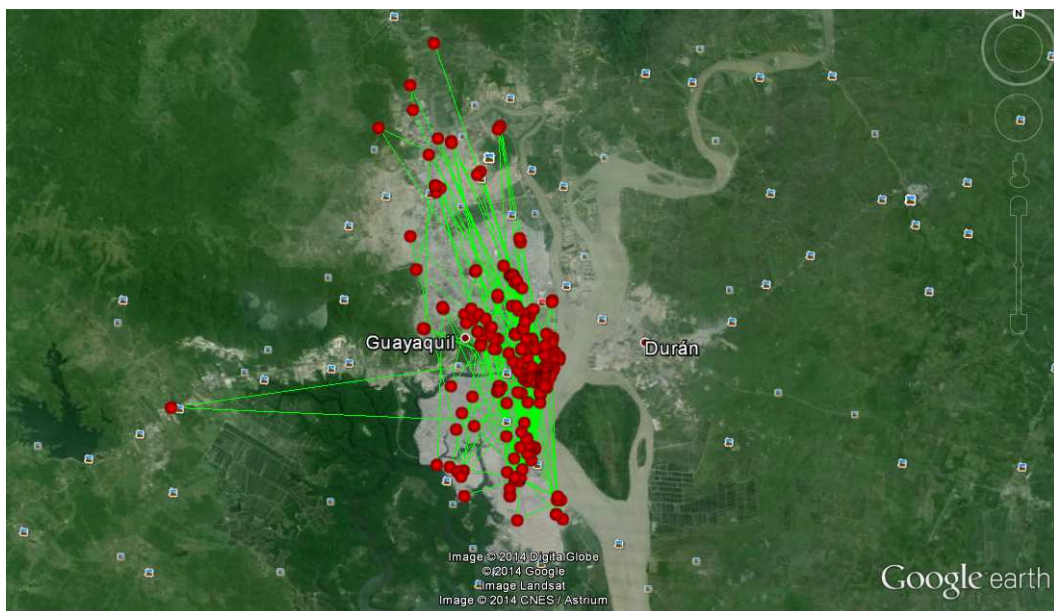


Figura 2. 5: Ejemplo de medidores en una red Mesh

Fuente: Datos de Autor, Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil

Mapa de Google Earth

2.5.1 CARACTERÍSTICAS

Las redes malladas tienen características que las diferencian de otras topologías, a continuación nombraremos las principales:

- Las WMN son redundantes, los nodos que conforman la red están conectados unos con otros por varios caminos, mediante ésta configuración obtenemos rutas redundantes por todo la red, lo cual permite que si una ruta falla otra se encargará del tráfico de datos.
- Fácil despliegue, por ser redes con capacidad de autoconfiguración (*routing* y selección dinámica de canal), permiten dar soluciones de conectividad en situaciones de emergencia o catástrofes naturales.
- Son auto-regenerables, auto-configurables, permiten la auto-reparación de rutas, por trabajar con protocolos de última generación *mesh*, permiten descubrir nuevos nodos admitiéndolos en la comunidad ya existente y regenerando nuevas tablas de encaminamiento.
- Son robustas, por el tipo de enrutamiento que se aplica se obtiene una gran estabilidad en cuanto a condiciones variables o en alguna falla de un nodo en particular.
- Ahorran energía, para energizar cada nodo de la red mallada no solo se puede usar energía eléctrica sino también energía solar, eólica, hidráulica, celdas de combustible entre otras.
- Su topología permite que sean útiles en entornos urbanos y rurales, en los Estados Unidos y en parte de Europa las WMN has sido propuestas para soluciones en entornos urbanos y municipales. Sin embargo, estas redes también son una buena solución para problemas de conectividad en entornos rurales o lejanos.
- Mayor capacidad a bajo costo, hay estudios que han demostrado que la capacidad de una red inalámbrica puede ser mejorada mediante la utilización de repetidores, existiendo un compromiso entre distancia e interferencia entre nodos.

En la figura 2.6 se observa la reconfiguración en la comunicación de los medidores en una red Mesh

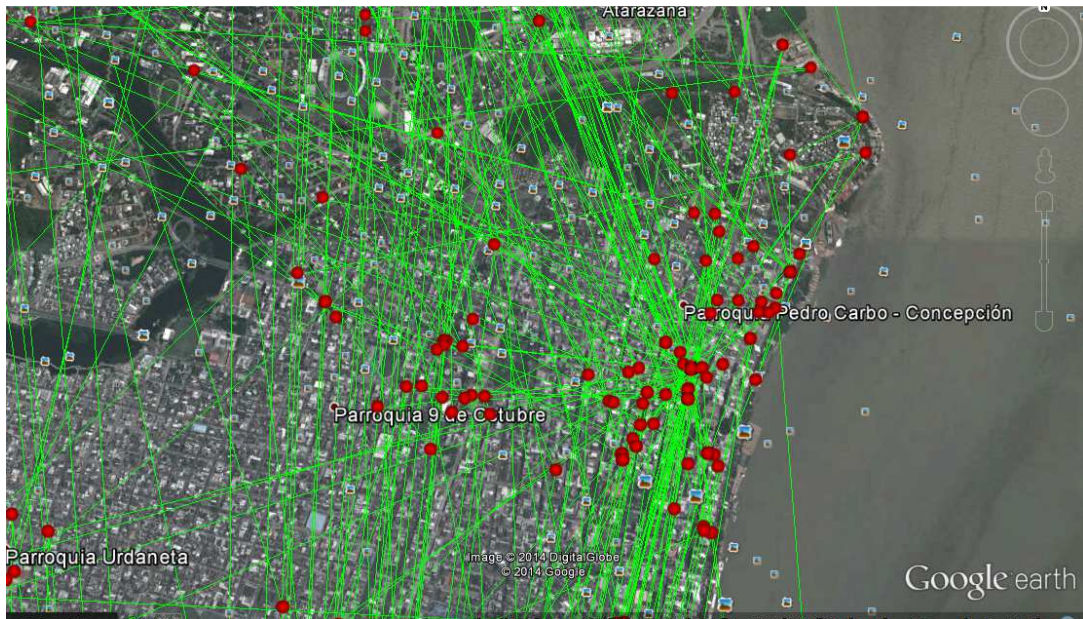


Figura 2. 6: Reconfiguración en la comunicación de los medidores en una red Mesh

Fuente: Datos de Autor, Empresa Eléctrica pública de Guayaquil
Mapa de Google earth

2.5.2 CONSIDERACIONES EN LAS REDES MESH

La QoS en el estándar IEEE 802.16 se basa en el principio de comunicación de paquete-por-paquete utilizando partes del identificador de conexión en malla *Mesh CID (Connection ID)* presente en el Protocolo de Unidad de Datos PDU (*Protocol Data Unit*) de la capa MAC para decidir la manipulación por salto del paquete. Además, el identificador Mesh CID se utiliza para especificar si un paquete necesita ser transmitido en caso de que se haya perdido.

El mecanismo mencionado es válido siempre y cuando se considere tener un ancho de banda suficiente para los distintos enlaces de la red Mesh, para ello se utiliza las tecnologías TDMA /TDD (*Time Division Multiple Access /Time Division Duplex*) con la reutilización espacial para asignar ancho de banda a los distintos enlaces y compartir el ancho de banda disponible entre los diferentes nodos.

Cabe mencionar que el estándar 802.16 es compatible con los siguientes mecanismos de asignación de ancho de banda en el modo *Mesh*:

1. Programación Coordinada Centralizada
2. Programación Coordinada Distribuida
3. Programación No Coordinada Distribuida

2.5.2.1 PROGRAMACIÓN COORDINADA CENTRALIZADA

Las asignaciones de ancho de banda se gestionan de forma centralizada por la estación base BS (*Base Station*) Mesh. La estación base específica una programación en diagrama de árbol que toma como inicio o raíz del árbol a la estación base.

2.5.2.2 PROGRAMACIÓN COORDINADA DISTRIBUIDA

Los nodos programan sus transmisiones hasta sus vecinos de dos saltos de tal manera que las transmisiones no tengan conflictos. Los nodos utilizan un protocolo *handshake* de tres vías (solicitud, confirmación, reconfirmación) para reservar de ancho de banda para un enlace.

2.5.2.3 PROGRAMACIÓN NO COORDINADA DISTRIBUIDA

Los nodos usan los mismos mecanismos que en la Programación Coordinada Distribuida con excepción del algoritmo de elección Mesh. Los mensajes *handshake* no se transmiten en la subtrama de control pero si en la subtrama de datos. La transmisión de mensajes se lleva a cabo en *minislots* ya reservados para los enlaces en cuestión (por ejemplo, el enlace de un nodo de transmisión de datos hacia el nodo de recepción de datos y viceversa). Además provee características de descubrimiento extendido de mallas con autoconfiguración automática y seguridad (802.11i).

2.6 SEGURIDAD EN LAS REDES MESH

2.6.1 TECNOLOGÍA UTILIZADA PARA LA SEGURIDAD

Las redes inalámbricas *Mesh* se exponen a las mismas amenazas a las que están sometidos las redes cableadas y otras tecnologías inalámbricas, como mensajes interceptados, modificados, retrasados, reenviados o insertados. Lo que se busca es que el usuario tenga la mayor privacidad posible, en la que incluye

anonimato, seudonimidad y confidencialidad de tráfico. Los servicios de seguridad que se tratan de asegurar y proteger son:

Confidencialidad: permite que los datos sean vistos por los usuarios o entidades interesadas.

Autenticación: permite que las entidades de acuerdo a la demanda pueden utilizar el reconocimiento de los usuarios propietarios del servicio.

Control de acceso: esta parte se encarga de garantizar la ejecución de acciones autorizadas.

No rechazo: se encarga de preservar las entidades participantes de intercambiar datos o información.

Disponibilidad: permiten certificar cada una de las acciones que han sido autorizadas.

Para proteger el tráfico de redes inalámbricas MESH se deben realizar en diversas capas, tales como:

- a. de enlace,
- b. de red,
- c. de transporte, y
- d. de aplicación,

Adicionalmente, se debe considerar ciertos dispositivos que incluyen protección en los enlaces inalámbricos, y también emplean diferentes esquemas para poder encapsular tramas, así como reglas de autenticación y de algoritmos criptográficos. Por lo general, las WLAN's disponen de dos tipos de seguridad, tales como: (a) WPA (*Wi-Fi Protected Access*), y (b) la versión actualizada WPA2. Generalmente, los usuarios son autenticados a través de un servidor conocido como AAA, el mismo incluye cifrado compartido cuya configuración es para dispositivos de cifrado pre-compartido PSK (*Phase Shift Keying*).

En la figura 2.7 se muestra el proceso de autenticación entre la estación móvil MS (*Mobile Station*) y el servidor AAA a través del EAP. Posteriormente, el EAP se comunica entre la estación móvil (MS) y el punto de acceso (AP), y finalmente el AP envía información al servidor AAA mientras es autorizado y autenticado por RADIUS. Por ejemplo, si pasa la autenticación el nodo se

habilita mediante una sesión de cifrado maestra (MSK, *Master Session Key*), el mismo es enviado al AP desde el servidor de autenticación.

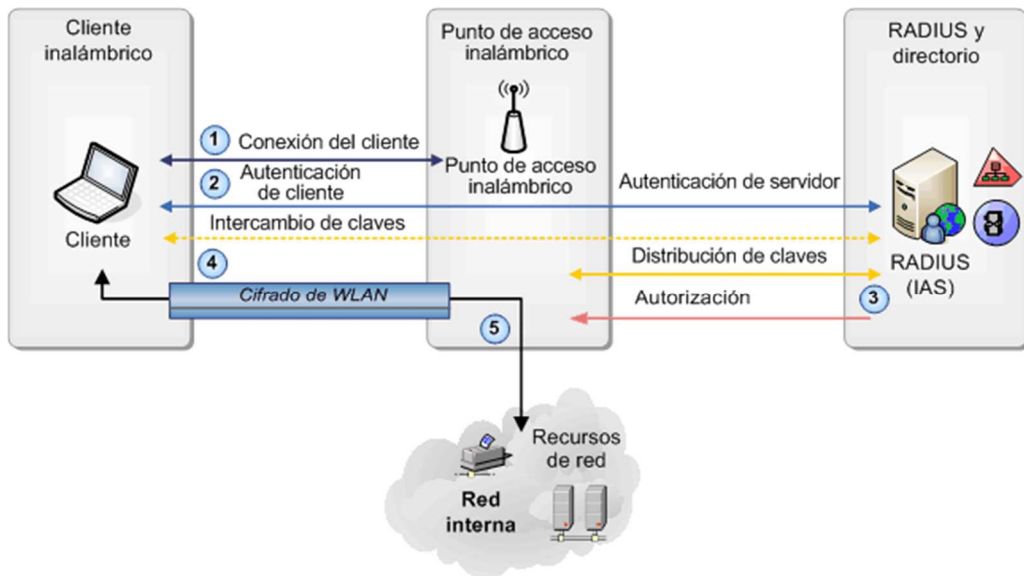


Figura 2. 7: Acceso a WLAN basada en EAP

Fuente: technet.microsoft.com

Hay cuatro maneras para establecer sesiones de cifrado temporal que permiten salvaguardar los enlaces WLAN's. Es decir, que para salvaguardar el tráfico del usuario se requiere de algún protocolo como WPA o AES también denominado WPA2. Para poder autenticar existen diferentes métodos de EAP que son basados en certificados digitales, contraseñas, y protocolos móviles tales como EAP-SIM y EAP-AKA.

El tráfico de la comunicación se puede también proteger en la capa de enlace. Un aspecto fundamental en la seguridad es el protocolo IPsec que se encarga de proteger el tráfico IP en la capa de la red. Para apoyar estas actividades, una serie de diferentes componentes conforman el paquete total conocida como IPsec. Las dos piezas principales son un par de tecnologías a veces llamado protocolos básicos de IPsec, tales como:

- a. Cabecera de Autenticación (AH, Authentication Header), este protocolo proporciona servicios de autenticación de IPsec. Se permite que el destinatario de un mensaje para verificar que la supuesta originador de un mensaje era en realidad el hecho de que lo envió.

También permite al destinatario comprobar que los dispositivos intermedios en el camino no han cambiado alguno de los datos en el datagrama. También ofrece protección contra los llamados ataques de repetición, donde por un mensaje es capturado por un usuario no autorizado y resentimiento.

- b. Carga de seguridad encapsuladora (ESP, Encapsulating Security Payload). AH asegura la integridad de los datos en datagramas, pero no su privacidad. Cuando la información en un datagrama es "sólo para sus ojos", que se puede proteger aún más el uso de ESP, que cifra la carga del datagrama IP.

El protocolo IPsec es usado regularmente en redes privadas virtuales VPN (*Virtual Private Network*) para tener acceso con seguridad a la Intranet de una compañía. El tráfico de la comunicación se puede proteger en la capa de transporte usando el protocolo de seguridad TLS (*Transport Layer Security*). Su uso principal está para proteger el protocolo Http sobre TLS/SSL (https), pero esta puede también ser utilizada como protocolo independiente.

AH y ESP son comúnmente llamados protocolos, aunque este es otro caso en el que el uso de este término es discutible. En realidad no son protocolos distintos pero se implementan como cabeceras que se insertan en datagramas IP.

CAPÍTULO 3 PLANIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

3.1 SISTEMA ENERGY- AXIS AMI (INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA).

Desde inicios de Octubre del 2010, se está ejecutando la implementación y construcción del Sistema de Telegestión AMI, orientada a clientes ubicados en el sector vía a la costa, Ceibos, Miraflores, Lago Capeira, Fuerte 5to Guayas, Ciudadelas de la Av. Carlo Julio Arosemena distribuidos en 1005 Clientes con tarifa Industrial y Comercial, 35000 Clientes con tarifa residencial o masiva y 842 controladores de circuitos, obteniendo el control y monitoreo del 16% del total de la entrada de energía al sistema de distribución de la UEG. En la figura 3.1 se muestra cómo funciona la red de comunicación *MESH* en el sistema de *EnergyAxis*

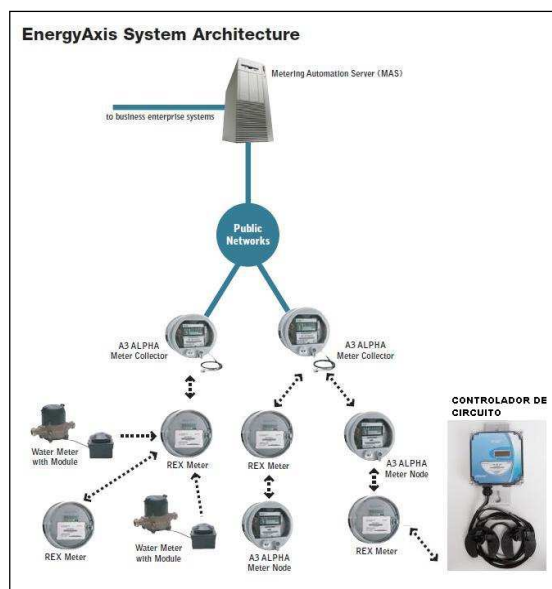


Figura 3. 1: Arquitectura Sistema AMI EA

Fuente: <http://www.elster.com/>

3.2 EQUIPOS DE MEDICIÓN Y COMUNICACIÓN:

Los equipos a utilizarse son una diversa gama de medidores inteligentes que según su funcionalidad son instalados en los diferentes sectores. Las características de cada uno lo orientan a un determinado consumidor, sea de grandes clientes o residencial, ubicado en determinada zona, la cual se somete a

análisis e estudios de los requerimientos, deficiencias, consumo y pérdidas técnicas acerca de la entrega del servicio eléctrico.

3.2.1 MEDIDORES INTELIGENTES IMPLEMENTADOS:

Los medidores inteligentes son equipos de medición eléctrica que permiten controlar los servicios, adquirir los perfiles de tensión, consumo, daños y alteraciones producidos a la red eléctrica: tanto en la red de distribución como la red del cliente. Las características de los medidores que se instalan al cliente dependerán del análisis del mismo, el tipo de sector, consumo y problemas presentados anteriormente, mas tomando en cuenta el factor de perdidas técnica de distribución eléctrica.

3.2.1.1 MEDIDORES RESIDENCIALES:

En la Figura 3.2 de muestra la densidad de instalación de los medidores marca Elster



Figura 3. 2: Medidores REX2

Fotografía tomada por el autor

A continuación se describen las características (elster, 2012):

- Incluyen corte y reconexión de línea, control de demanda remoto.
- Medición exacta y bidireccional real y reactiva para control y facturación.
- Cuatro canales de recolección de datos
- Status, alarmas y condiciones erróneas comunicadas a través de la red.
- Todos los datos medidos son almacenados en el medidor para futuras auditorias.

- Actualización independiente del firmware del medidor y del radio del mismo.
- Capacidad para compartir recursos de comunicación con medidores de agua y gas.
- Memoria no volátil para un millón de ciclos de escritura (alta integridad en los datos durante la vida del medidor)
- Representa baja carga al sistema de distribución.
- Flexibilidad en soporte a los perfiles de tensión.

3.2.1.2 MEDIDOR CONTROLADOS DE CIRCUITO:

El Medidor electrónico Controlador de Circuito está equipado con tarjeta de comunicación radio frecuencia (RF) FORMA 2 1f 3h 240 voltios; Hasta 1,000 Amperios con sensores de corrientes externos, para uso en instalaciones de baja tensión asociados a los transformadores monofásicos de 50 - 100 KVA. En la Figura 3.3 Controlador de Circuito AMI se muestra el kit de instalación de un equipo controladores de circuito



Figura 3. 3: Controlador de Circuito AMI

Fuente: (*Elster, 2013*)

Con las características descritas este medidor híbrido AMI, reemplaza los medidores mecánicos con sus equipos de mediciones monofásicas indirectas instalados en nuestros Transformadores de Baja Tensión, adicionalmente cuenta con las siguientes bondades:

- La comunicación de la tarjeta de transmisión RF de telemetría utiliza frecuencias 900 MHZ de uso libre siendo su transmisión de datos full

dúplex en todo momento y se apega a los reglamentos de la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador.

- La tarjeta de transmisión RF de telemetría esta enclosed (instalados dentro del medidor controlador de circuito), y no necesita de ningún equipo, adaptador.
- La tarjeta de comunicación de telemetría instalada en el medidor controlador de circuito posee la capacidad de codificar y reportar hasta seis dígitos de lectura.
- La tarjeta de transmisión RF de telemetría está en capacidad de extraer como mínimo la siguiente información desde los medidores eléctricos:
 - a) Energía activa, reactiva, demanda
 - b) Interrupción del servicio y su restauración
 - c) Sincronización del reloj
 - d) Reporte 96 registros diarios del perfil de carga hacia el concentrador o *Gateways*.
- Capacidad de actualizar su firmware y programación de los dispositivos asociados a la red de comunicación inalámbrica, todo esto de forma remota (desde el centro de control).
- No interfiere con el normal funcionamiento del medidor eléctrico.
- El medidor electrónico controlador de circuito, posee los accesorios necesarios para ser acoplados en los postes circulares o rectangulares entre 7 y 10 pulgadas de diámetro.
- Los conectores se acoplan a los conductores de las bajadas de los transformadores monofásicos de baja tensión cuyos conductores son 2/0, 3/0 y 4/0.

Este equipo mejora el actuar al momento de tomar decisiones, sobretodo en el área de operación y mantenimiento. Debido a la precisión y captura de mediciones de tensión en tiempo real, aprovechando la estructura de red hasta llegar al sistema controlador, proporcionado capacidad de incrementación en las cabeceras a un coste mínimo. También su gran precisión mide transformadores de 240 y secundarios de forma segura y su eficiente comportamiento junto con los medidores REX2 y ALPHA 3.

3.2.1.3 MEDIDORES ESPECIALES:

En la Figura 3.4 se muestra los medidores usados para los grandes consumidores.



Figura 3. 4: Medidores Especiales ALPHA 3

Fotografía tomada por el autor

Los medidores especiales AMI Alpha3 poseen las prestaciones necesarias para análisis del comportamiento del suministro de energía y los equipos de medición asociados para servicio del cliente según la demanda contratada. Posee la capacidad de extraer como mínimo la siguiente información:

- Datos de facturación
- Energía activa, reactiva, demanda, factor de potencia, TOU
- Interrupción del servicio y su restauración
- Reportes de reset de demanda
- Sincronización del reloj
- Extracción en tiempo real de lecturas de perfiles almacenadas cada 15 minutos.
- Reporte 96 registros diarios del perfil de carga hacia el concentrador o Gateway.
- Capacidad para compartir recursos de comunicación con medidores de agua y gas.
- Capacidad de actualizar su firmware y programación de los dispositivos asociados a la red de comunicación inalámbrica, todo esto de forma remota (desde el centro de control).
- La información de lecturas son reportadas remotamente de forma encriptada.

- No interfiere con el normal funcionamiento del medidor eléctrico.

En las figuras 3.5, 3.6 y 3.7 se muestran ventanas del sistema correspondientes a los perfiles de demanda, corriente y voltaje respectivamente.

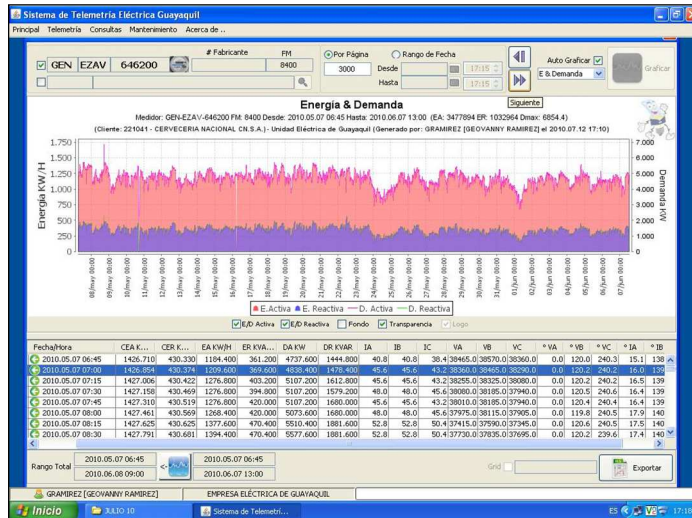


Figura 3. 5: Perfiles de demanda
Ventana del sistema captada por el autor

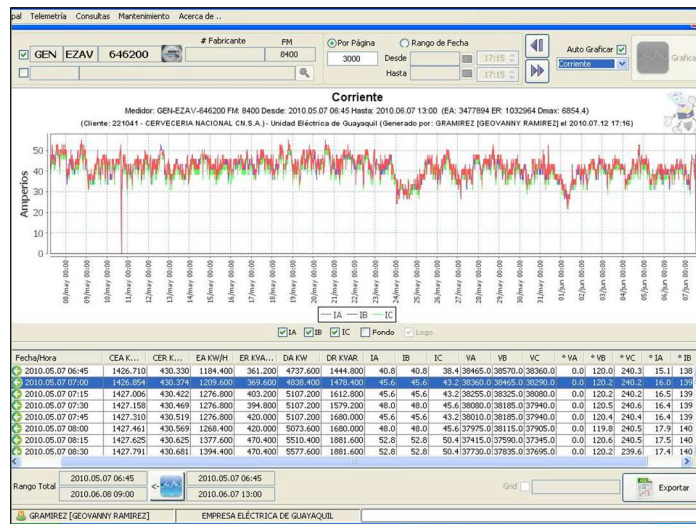


Figura 3. 6: Perfiles de corriente
Ventana del sistema captada por el autor

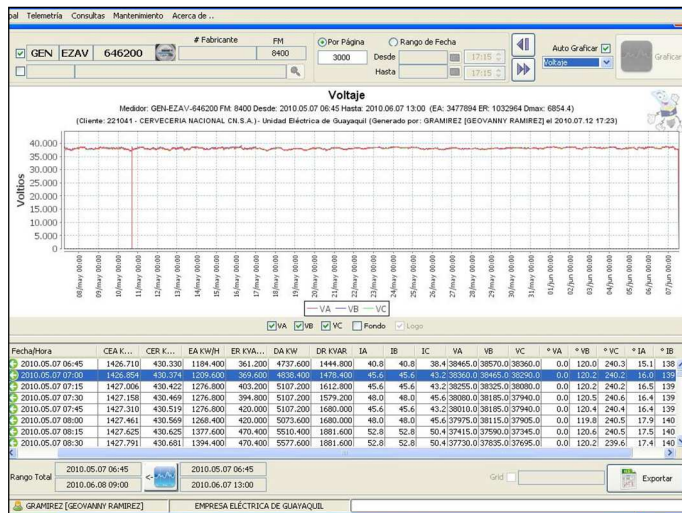


Figura 3. 7: Perfiles de voltaje
Ventana del sistema captada por el autor

3.2.1.4 MEDIDOR GATEWAY:



Figura 3. 8: Medidores *Gateways* o concentradores
Fotografía tomada por el autor

- Los *Gateways* o concentradores de datos (véase la figura 3.8) funcionan totalmente autónomos de su comunicación con el centro de control. En caso de haber ausencia de comunicación hacia los servidores trabajan normalmente hasta que se restablezca la comunicación, durante el tiempo de 6 horas. (Disponen de un sistema de energía de emergencia (*backup*), además de un sistema de alarma de ausencia de energía).
- Los *Gateways* o concentradores de datos son usados a la intemperie, soportan todas las inclemencias del medio ambiente (cumple la norma IP54).

- Poseen la memoria necesaria para almacenar todos los datos de la red para que en caso de falla de comunicación los datos críticos queden almacenados en el concentrador.
- La fuente de energía del concentrador de datos debe ser capaz de soportar las variantes energéticas de la red eléctrica industrial (240Vac +-10%, 120Vac +-10%), además de soportar las variaciones de voltaje propias del sitio.
- Capacidad del concentrador de datos (Gateway) de subministrarle comunicación completa y funcional a un mínimo de 2,000 medidores en un radio de 2 km.
- La recolección de datos de los nodos (medidores) en un intervalo de tiempo de 15 minutos hasta que haya completado la información reportada por los nodos (96 lecturas diarias todos los días calendarios desde su instalación) y además tener la opción de requerir la información de un nodo en cualquier momento.
- Los colectores de datos (*Gateways*) generan archivos de información de la red con los cuales se pueda analizar las rutas de comunicación de los nodos y la calidad de comunicación de cada uno de los elementos de la red inalámbrica.
- La radio de comunicación del concentrador de datos (*Gateway*) funciona en bandas de frecuencia de uso libre apegadas a los reglamentos de la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador.

3.2.2 REPETIDOR:

En la Figura 3.9 se muestra el un equipo de repetición inalámbrica la cual posee la misma tarjeta de comunicación de los medidores pero encerrado en un solo equipo único.

De mucha utilidad para mejora de cobertura, cumpliendo las siguientes prestaciones:

- Presta las facilidades para instalaciones externas.
- El medidor Repetidor electrónico debe ser Forma IEC, no necesitar para su inhalación base socket.



Figura 3. 9: Repetidor

Fotografía tomada por el autor

3.2.3 MEDIDOR COLECTOR *GATEWAY*

En la Figura 3.10 se muestran los medidores AMI EA, usados como recolector de datos de almacenamiento.



Figura 3. 10: Medidores AMI EA

Fotografía tomada por el autor

Este medidor híbrido nos permite dar solución especialmente a los clientes industriales distantes de la red inalámbrica mesh, manteniendo las mismas prestaciones de un medidor eléctrico equipado con tarjetas de comunicaciones inteligentes AMI con puerto de comunicación Ethernet interna- Colector. A continuación se describen ciertas características de los medidores AMI EA:

- La tarjeta de transmisión Ethernet-colector de telemetría posee capacidad de colectar vía RF hasta 2,000 medidores asociados a su área cobertura inalámbrica *mesh* (2 km).

- La comunicación de tarjeta de transmisión Ethernet-colector de telemetría utiliza frecuencias de uso libre siendo su transmisión de datos full dúplex se apega a los reglamentos de la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador.
- La tarjeta de transmisión Ethernet-colector RF de telemetría se encuentra enclosed (instalada dentro del medidor) y no necesita de ningún equipo adaptador.
- La tarjeta de transmisión Ethernet-colector de telemetría debe estar en la capacidad de extraer como mínimo la siguiente información desde los medidores eléctricos para el caso de los especiales.

Cabe recalcar que los medidores electrónicos AMI cumplen las normas de calidad del producto IP54 (Estándares internacionales de calidad de piezas y partes); y las normas de medición ANSI C12.1; C12.10; C12.18; C12.19; C12.20; C12.21 (Estándares de medición internacionales).

3.3 PRESTANCIAS DEL SISTEMA

En la Figura 3.11 se observa la ventana del Sistema Energy Axis donde se muestra el interfaz web para el aplicativo. Del sistema se obtiene:

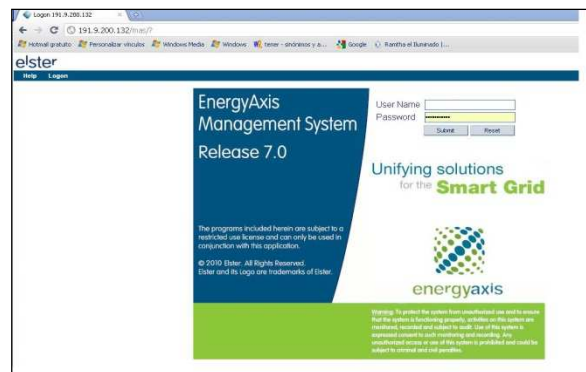


Figura 3. 11: Sistema Energy Axis

Fuente: www.elster.com

- Consumo en línea KWH mensual y diario.
- El software de Gestión para Control y Monitoreo de Datos por Telemetría, posee derecho de licencia para asignarse sin ningún costo o recargo económico adicional para la Empresa Eléctrica pública de Guayaquil, hasta

un número mínimo de 40,000 medidores de cualquier Forma, adicionalmente los nodos repetidores y concentradores que se puedan instalar con las respectivas licencias.

- El software de Gestión para Control y Monitoreo de Datos por Telemetría tanto de computadores servidores como de computadores clientes, están disponibles previa seguridad asignado por el administrador, para el grupo computadores se encuentran asignada un número ilimitado acceso a usuarios.
- Detección on-line de fallos en los equipos de medición instalados en los clientes, con los técnicos mejorar el tiempo de respuesta para evaluar el daño y solución.
- Ejecuta los procesos de corte y reconexión en clientes residenciales el mismo que será ejecutado en línea evitando retrasos en reactivar el servicio de energía eléctrica.
- Opciones de suministro de servicio de energía eléctrica prepago.
- Capacidad de crear tareas de ciclos de facturación de facturación asociando este proceso de facturación Billing con nuestro Sistema Comercial optimizando la inversión de importantes recursos y los mas mejorando la gestión de ciclos de facturación de 10 días a un día.
- Control y Monitoreo de los medidores AMI, mediante modulo reportes de Eventos y Alarmas.
- Herramientas para análisis e Ingeniería y Calidad de la Energía.
- Capacidad para resetear remotamente la demanda, tanto para medidores residenciales como comerciales e industriales. Este reseteo puede ser parte de un proceso automático dentro del ciclo de lectura-facturación, así como un proceso solicitado en cualquier momento.
- Capacidad de obtener la lectura actual de un medidor en un tiempo no mayor a 60 segundos.
- Posibilidad de ejecutar una reconexión o corte de un medidor en un tiempo no mayor a 60 segundos.
- Capacidad de detectar y reportar todos los eventos de pérdida de energía, así sean momentáneas, reportado la información para reportar el cumplimiento de la Norma IEEE-1366 de disponibilidad de energía (índice de interrupciones del servicio).

- Capacidad de leer y grabar el 99.8 % de los medidores de ciclos programados diariamente, para efectos de facturación.
- Capacidad para rápidamente cambiar la configuración del sistema como consecuencia de cualquier entrada o salida de un medidor o un cliente.
- Capacidad del sistema de cambiar un cliente del sistema pre-pago al sistema postpago con solo hacer cambios en los software de servicio a clientes CIS, pero el cambio será transparente para el sistema de AMR (Lectura automática de medidores).
- Diagnostico e Ingeniería de la Red mesh AMI.
- Capacidad de interfaz, sobre redes LAN y WAN, así como también debe soportar el protocolo de red TCP/IP.

3.4 ARQUITECTURA DE RED AMI

En la Figura 3.12 se muestra la topología malla que utiliza la infraestructura de red MESH en el sistema AMI

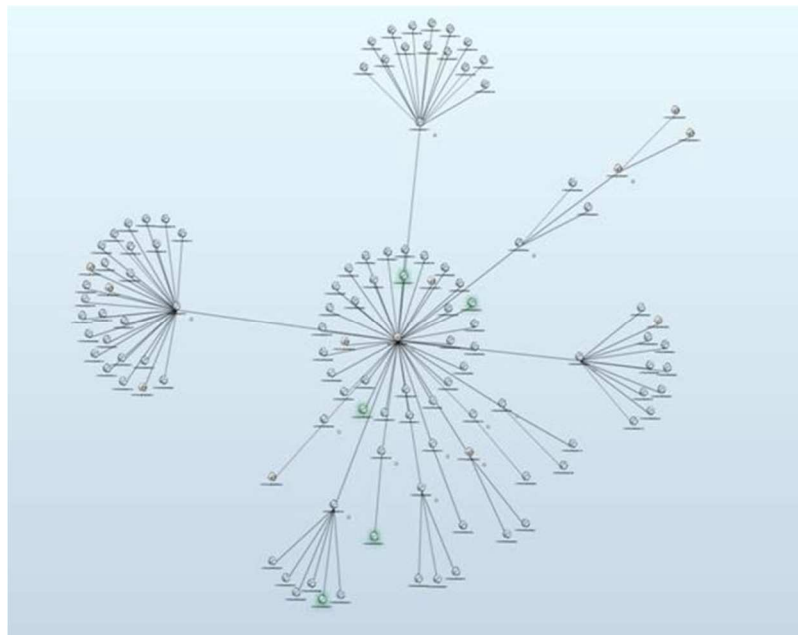


Figura 3. 12: Red Inalámbrica AMI

Fuente: Autor

- La comunicación inalámbrica de la red funciona en bandas de frecuencia de uso libre y se apega a los reglamentos de la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador.

- La red de comunicación inalámbrica entrega herramientas para el análisis de sus nodos de comunicación, fallas de comunicación, rutas críticas de nodos, etc.
- Alarmas para la detección de fallas de red inalámbrica.
- Soporta el crecimiento e implementación de nuevos nodos o medidores.
- Capacidad de la red inalámbrica de dar cobertura a medidores y otros dispositivos en zonas urbanas y/o rurales sin alterar el costo de comunicación.
- Los equipos de la red inalámbrica son de uso a la intemperie, capaces de soportar todas las inclemencias del medio ambiente.
- Los equipos de la red inalámbrica poseen sistemas de alarma de seguridad contra intrusos, además de las seguridades contra vandalismo.
- Capacidad de los equipos de la red inalámbrica de soportar las variantes de energía propias de la red eléctrica industrial (90Vac-480Vac), además de trabajar con las variaciones de voltaje de las redes eléctricas propias del sitio.
- Configuración de la red inalámbrica auto programable, y capaz de agregar un nodo automáticamente cuando se encuentra dentro del área de cobertura.
- Dispone de un Sistema de análisis de saltos de la red de comunicación de los nodos hasta el concentrador de datos Gateways.
- Capacidad de interrogar y gestionar requerimientos con el Sistema Energy Axis en línea, de manera personalizada los medidores asociados a la red inalámbrica mesh.

3.5 PLANIFICACIÓN E INGENIERIA DE PROYECTOS DE MEDICIÓN AVANZADA.

La Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil EP, en estos últimos 6 años ha invertido importantes recursos para investigaciones aprovechado principalmente el talento humano existente, el cual ha obtenido importantes resultados, todo esto mediante la socialización de sus proyectos dentro y fuera de la empresa acompañado de consultas a empresas Tecnologías de primer nivel orientadas a proveer herramientas de sistemas de medición inteligentes.

Se ejecutan los estudios, planificación, socialización e ingeniería para Desarrollos de Tecnologías de Información e integración a nuestros procesos

comerciales (SIEEQ), el cual nos han permitido en corto plazo disponer de información de sus equipos de medición de manera oportuna, y principalmente contar con un respaldo y seguridad de la información de todos los registros de lecturas y eventos de los medidores AMI en sus propios servidores.

En las figuras 3.13 y 3.14 se muestran mapas con la distribución de los medidores con los equipos de comunicación en diferentes zonas de la ciudad de Guayaquil.

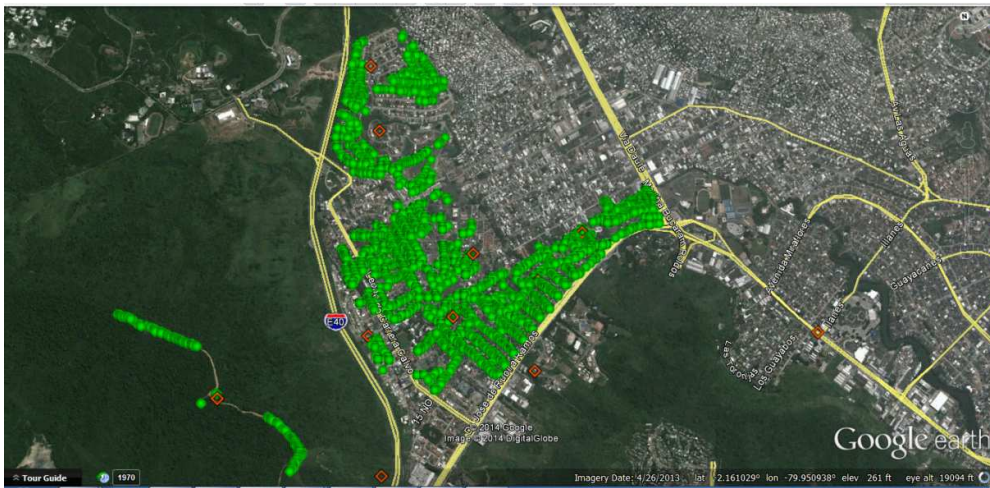


Figura 3. 13: Distribución de los medidores con los equipos de comunicación

Fuente: Datos de Autor, Empresa Eléctrica pública de Guayaquil

Mapa de Google Earth

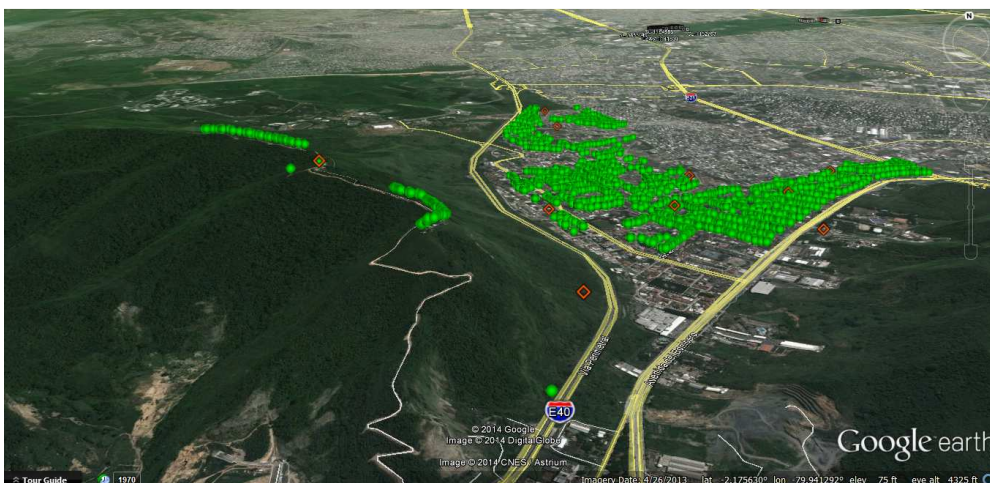


Figura 3. 14: Distribución de los medidores con los equipos de comunicación

Fuente: Datos de Autor, Empresa Eléctrica pública de Guayaquil

Mapa de Google Earth

Se ha iniciado desde octubre del 2010, un ambicioso Proyecto AMI, instalándose inicialmente 4,517 medidores AMI, proyectándose:

- Se proyecta instalar hasta segundo semestre 2013, 50,627 medidores Avanzados, distribuidos en 4,313 Grandes Clientes y 42,990 Clientes con Tarifa residencial, Comercial incluyen corte y reconexión en línea, y 3,324 Controladores de Circuito AMI instalados en los transformadores de baja tensión. En la figura 3.15 se muestra un diagrama de distribución de medidores AMI y en la figura 3.16 el diagrama del promedio de facturación.
- Planificación hasta fines del 2014, tener el control y monitoreo con medidores AMI del 80% del total de Entrada de Energía al Sistema de Distribución de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil EP.

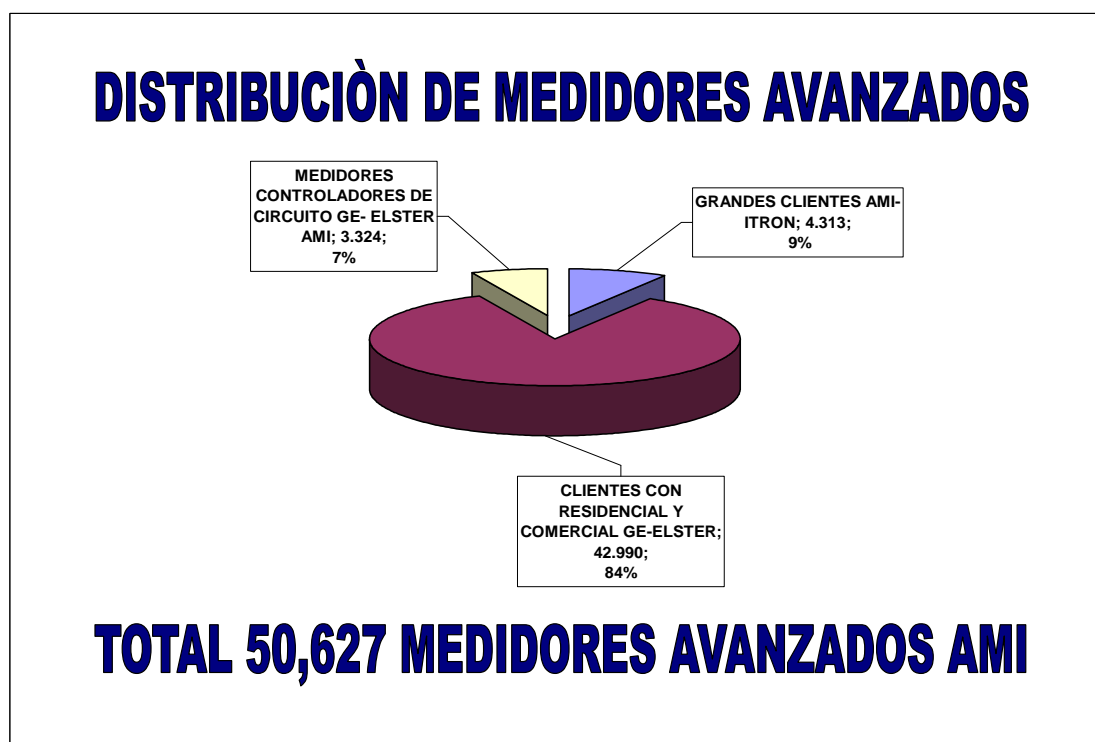


Figura 3. 15: Distribución de Medidores AMI Project 2012-2012

Fuente: Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil EP

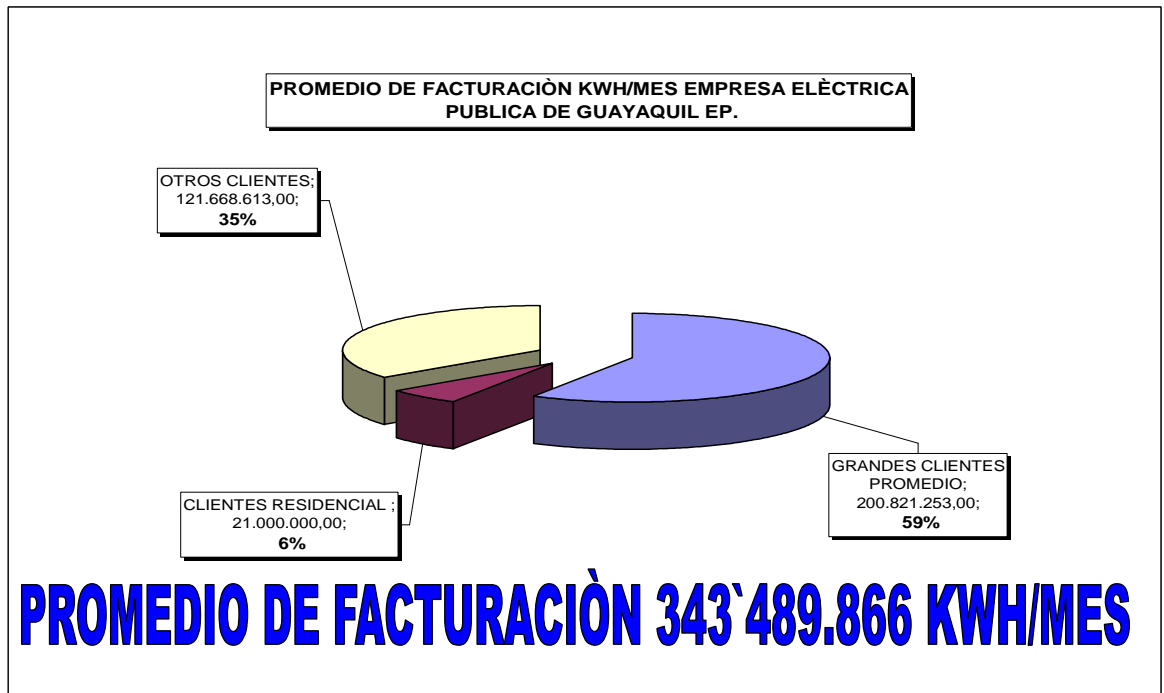


Figura 3. 16: Control y Monitoreo KWH AMI

Fuente: Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil EP

3.6 PLATAFORMAS INSTALADAS CON SU RESPECTIVO HARDWARE DE SERVIDORES - RECOLECTOR DE DATOS DE MEDIDORES AMI.-

3.6.1 PROYECTO AMI 2010 -2012 ELSTER.-

La plataforma informática está diseñada en el software Energy Axis, es un Sistema recolector de datos de medidores y equipos inalámbricos asociados a una plataforma de red inteligente de 900 MHz, cuyos canales de comunicaciones son bidireccional en 19,820 medidores con tarifa comercial residencial e Industrial y 1,691 controladores de circuito instalados en los transformadores monofásicos ubicados en las redes de baja tensión, todo esto asociado e integrados a nuestros procesos comerciales CIS, tales como facturación corte y re-conexión, con sus respectivos reportes de eventos y alarmas.

En la figura 3.17 se puede observar una de las ventanas del Sistema Energy Axis

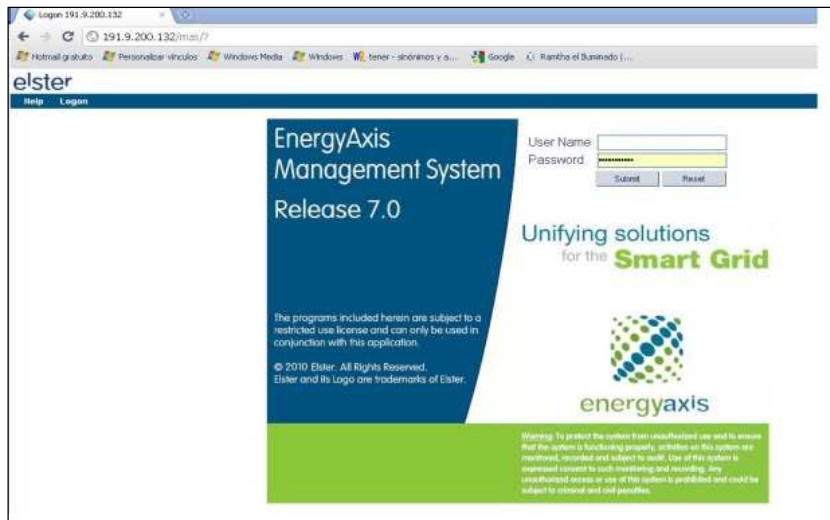


Figura 3. 17: Sistema Energy Axis

Fuente: www.elster.com

3.6.1.1 CAPACIDADES DE SUMINISTRO DE INFORMACIÓN DE SERVIDORES COLECTORES AMI ENERGY AXIS (ELSTER):

A continuación se describen las capacidades del suministro de información:

- Datos de facturación
- Energía activa, reactiva, demanda, factor de potencia, TOU
- Interrupción del servicio y su restauración
- Reportes de *reset* de demanda
- Sincronización del reloj
- Extracción en tiempo real de lecturas de perfiles almacenadas cada 15 minutos.
- Reporte 96 registros diarios del perfil de carga hacia el concentrador o Gateway.
- Capacidad para compartir recursos de comunicación con medidores de agua y gas.
- Capacidad de actualizar su firmware y programación de los dispositivos asociados a la red de comunicación inalámbrica, todo esto de forma remota (desde el centro de control).
- La información de lecturas son reportadas remotamente con seguridades de encriptado.

- Capacidad de reprogramación masiva en Medidores Especiales, de acuerdo a los nuevos parámetros de lecturas requeridos o programadas o por nuevo pliego tarifario.
- No interfiere con el normal funcionamiento del medidor eléctrico.
- Información de Salud de la Red inalámbrica AMI.
- Preparación de cronogramas de lecturas y perfil de carga diarios.
- Interfaz de comunicación con redes zigbee HAN (red área domestica)

3.6.1.2 DESARROLLO E INTEGRACIÓN CON HERRAMIENTAS WEB SERVICE

Es importante destacar que los Servidores Colectores de Lecturas de Medidores Avanzados Energy Axis- ELSTER; generan Web-Service necesarios para la implementación de Desarrollos informáticos tales como:

- Suministro de herramientas informáticas a nuestros clientes para consultas y control de consumos Kwh diarios vía web o vía teléfonos smart.
- Corte y Re-conexión con un tiempo de respuesta de 15 segundos.
- Herramientas para el Desarrollo del Software AMI-GESTI, el posee la capacidad de ejecutar interfaz para integración con los procesos comerciales del CIS (SIEEQ), esta poderosa herramienta informática es un esfuerzo y desarrollo de nuestros ingenieros del Dpto. de Tecnología de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil EP.
- Control de la Demanda diaria.
- Edificios Inteligentes.
- Detección automático de daños.
- Facturación en cronogramas de lecturas con capacidades configurable para 16,000 medidores AMI con un tiempo de respuesta de los servidores colectores hacia nuestro sistema CIS de 30 minutos.
- Detección automática de alarmas de hurto de energía.
- Detección automática de retiro del medidor cuando se ejecuta una desconexión por falta de Pago.
- Integración con sistema GIS.
- Integración proyecto SCADA.
- Salud de la red inalámbrica AMI de comunicaciones.

En la figura 3.18 se presentan imágenes del Gestor Web Service



Figura 3. 18: Gestor Web service

Fuente: Datos de Autor, Empresa Eléctrica pública de Guayaquil

3.6.1.3 PROYECTO 2011-2013 MDM (MANEJADOR DE DATOS MASIVO) ITRON IEEMDM.

Plataforma de *software* robusto con capacidad para gestión de información hasta 10 millones de medidores avanzados, la Base de Datos relacionada es transparente para el Sistema *Openway* (ITRON), actualmente se trabaja en los acuerdos para integrar a esta plataforma IEEMDM, con otros fabricantes tales como ELSTER y GE, cuyas conversaciones han comenzado finalizando ya el acuerdo con ELSTER para integración de datos del servidor colector Energy Axis.

En la figura 3.19 se muestra la presentación del sistema MDM-ITRON.



Figura 3. 19: MDM – ITRON

Fuente: www.itron.com

Smart City: El rendimiento Urbano actualmente no sólo depende de la dotación de la ciudad de la infraestructura física ("capital físico"), sino también, y cada vez más, de la disponibilidad y la calidad de la comunicación del conocimiento y la infraestructura social ("el capital intelectual y social»). Esta última forma de capital es decisiva para la competitividad urbana. Es en este contexto que el concepto de la "ciudad inteligente" se ha introducido como un elemento estratégico para abarcar los factores de producción modernas urbanos en un marco común y poner de relieve la creciente importancia de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), sociales y ambientales de capital en el perfil de la competitividad de las ciudades.

La importancia de estos dos activos tanto el capital social como el medio ambiente, se va un largo camino para distinguir las ciudades inteligentes de sus contrapartes más cargados de tecnología, trazar una línea clara entre ellos y lo que se conoce con el nombre de cualquiera de digitales, o las ciudades inteligentes. Una imagen publicitaria de una Smart City se muestra en la figura 3.20.



Figura 3. 20: Smart City
www.smartcity-vyp.com

3.6.6.1 CAPACIDADES DEL MEDIDORES ELÉCTRICO AVANZADO AMI.

La figura 3.21 presenta el proceso de reemplazo de medidores tradicionales por medidores Smart.



Figura 3. 21: Reemplazo de medidores tradicionales por medidores Smart.

Fuente: www.electronicosonline.com

El desarrollo de sistemas de información integrados con herramientas *Web Service* de los Sistemas Elster, son muy importantes destacar, pero existe otro escenario que vamos a describir como capacidades del medidor *Smart* para crear una arquitectura de comunicaciones tales como:

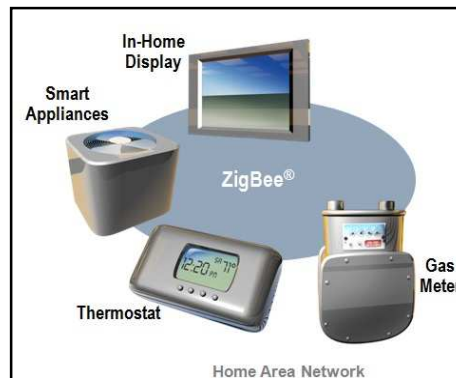


Figura 3. 22: Redes HAN – ZigBee

Fuente: Fuente: www.electronicosonline.com

- Capacidad con su propia red de comunicación para lecturas de medidores de Agua y Gas smart.
- Interfaz de comunicación con electrodomésticos de línea blanca, utilizando interfaz de comunicaciones las redes inalámbricas HAN, cuya radio de comunicación es ZigBee (véase la figura 3.22).
- Capacidad de servicios prepago.

- Capacidad para desarrollo de un Sistema Inalámbrico para el control y Monitoreo de Alumbrado Público con interfaz de comunicación de redes ZigBee.
- Capacidad de control y descargó de consumo de combustible de autos eléctricos con descargo a su planilla de consumo eléctrico mensual.
- Capacidad de desarrollo de sistemas control *parking*.

Los seres Humanos se están asentado cada día más al uso de las tecnologías informáticas, donde primero fue la radio, tv, ahora el internet para luego pasar a los teléfonos *Smart*, sumado todo esto ahora mediante sistemas de redes de comunicaciones inteligentes *Smart Grids*, existe la maravillosa posibilidad de administrar a mediano plazo nuestro hogar por medio de redes con inteligencia artificial. Importantes científicos reconocidos a nivel mundial describen, “Todos los proyectos de Smart City asientan sus pilares en una estructura en la que la población está relacionada con otras personas y con sus máquinas (lavadoras, neveras, luz, calefacción...) en un futuro o mediano plazo su control se utilizando su smartphone e internet.”

3.7 EFICIENCIA ENERGÉTICA

La Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil EP., ha desarrollado de Tecnologías de Información, cuyas herramientas de acceso, son suministradas de manera gratuita para sus clientes con medición avanzada vía web o vía teléfonos celulares *Smart*, ya que pueden apreciar sus consumos de manera dinámica y diario con ambientes gráficos y consumo en dólares diarios con esto los clientes se educan e informan para buen uso y ahorro de energía eléctrica (ver figura 3.23).



Figura 3. 23: Medidores Smart, contribuyen a la Eficiencia Energética.

Fuente: www.elster.com

3.8 FUTURO “VEHÍCULOS ELÉCTRICOS”

El país, una vez que se masifique e incentive vía programas de Gobierno, para el uso de los autos, motos eléctricas, los ciudadanos se verán motivados, ya que su inversión será fortalecida por las facilidades de carga de energía eléctrica para sus vehículos en cualquier tienda, almacén o estación de servicio donde probablemente existirá un medidor avanzado AMI. Cuyo objetivo y contribución para el país será la eficiencia energética en todos sus campos, principalmente por la disminución de uso de combustibles fósiles.



Figura 3. 24: Redes HAN – ZigBee

Fuente: webdelcire.com

Como parte de la plataforma del sistema AMI se cuenta con las prestaciones de un Sistema Manejador de Datos (MDM). El sistema se encarga de recolectar desde la base de datos del sistema Energy Axis (AMI), el cual es procesado para su posterior análisis de nuestros técnicos de manera personalizada según atributos de reportarías:

- Detecta suministros con una baja en su consumo.
- Integración, asociación y vínculos de Base de Datos con nuestro sistema de planimetría GIS.
- Aporta información para el Análisis de Cargas de los nodos asociados a un medidor controlador de circuito, mejorando la planificación del desarrollo de la red y la utilización de los recursos.

- Capacidad de establecer un balance exacto de consumo por Transformadores, fases de Circuitos, circuitos y sub-estación de manera diaria u horaria.
- El software MDM tanto de computadores servidores como de computadores clientes, están disponible previa seguridades asignado por el administrador, para el grupo computadores se encuentran asignada un número ilimitado acceso a usuarios (ver figura 3.25)

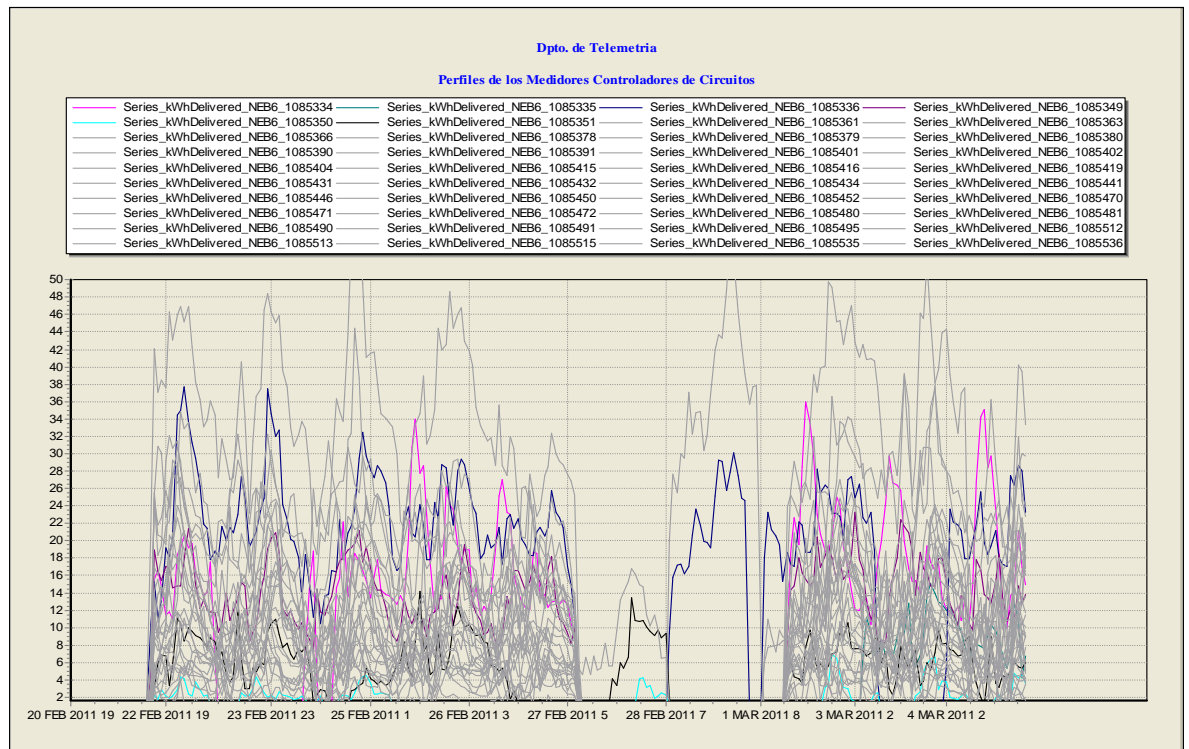


Figura 3. 25: Perfil de Carga MDM Controladores de Circuitos

Fuente: Ventana capturada por el Autor

- El software MDM almacena los perfiles de instrumentación del medidor adquiridos en el campo. Dichos perfiles de instrumentación están configurados en el medidor especial de energía eléctrica con un intervalo de cada 15 minutos principalmente en los siguientes datos (Tabla 3.1):

Tabla 3.1 Datos de Perfiles de instrumentación de los medidores

- Fase A de Tensión
- Fase B de Tensión
- Fase C de Tensión

- Fase A de Corriente
- Fase B de Corriente
- Fase C de Corriente
- Fase A con ángulo de tensión
- Fase B con ángulo de tensión
- Fase C con ángulo de tensión
- Fase A con ángulo de corriente
- Fase B con ángulo de corriente
- Fase C con ángulo de corriente

Elaborada por el Autor

- Capacidad de generar gráficas con la información de todas las variables de la base de datos.
- Capacidad de generar los modelos básicos de gráficos, entre ellos: barras, líneas, pasteles, y puntos entre otros.
- Capacidad de exportar tales gráficas a otros formatos como mapas de bit o bitmap, además de soportar diseños en tres dimensiones.
- El sistema manejador de gráficos permite la edición de ciertas funcionalidades tales como: Zoom mediante ventanas, vista preliminar a la impresión, cambio de atributos como: colores, tipos, textos, leyendas, fondos, agregar o quitar una o más series, cambios de escala de los ejes, entre otras.
- El software MDM recolecta en forma automática con periodos programables por el usuario, a nivel individual por medidor la información contenida en, la memoria masiva (memoria no volátil) que contiene la información de las variables programadas en el medidor para el intervalo de integración del mismo. La información guardada es seleccionable por el usuario para ser almacenada en la base de datos local.
- La aplicación está en capacidad de ejecutarse sobre redes LAN y WAN, así como también debe soportar el protocolo de red TCP/IP.

3.8 FUNCIONES DEL SISTEMA:

3.8.1 GENERACIÓN DE REPORTE

El sistema está provisto de un sistema de generación de reportes en forma programable. Es decir que los reportes creados se pueden programar para que se produzcan en forma y frecuencia seleccionada por el usuario. El sistema tiene la capacidad de soportar un número ilimitado de reportes y que estos puedan ser configurados por el usuario. La herramienta de creación de reportes permite al usuario combinar información de varias bases de datos con la información del sistema de Telemetría.

En la figura 3.26 se muestra la pantalla del sistema correspondiente a la Generación de reportes por alarma o evento que se esté produciendo.

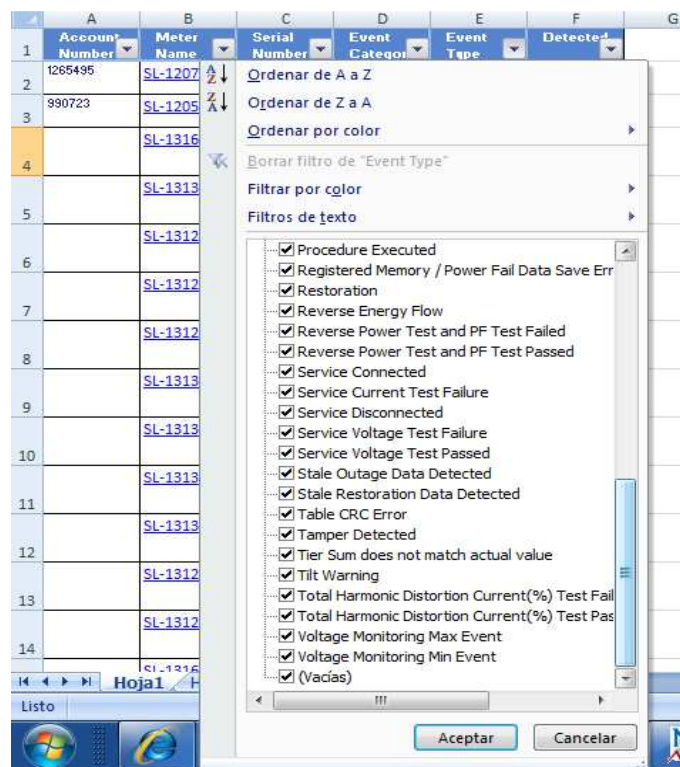


Figura 3. 26: Generación de reporte por alarma o evento

Fuente: Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil

3.8.2 FORMATOS DE EXPORTACIÓN

El software MDM permite exportar los reportes a los siguientes formatos a: ASCII, Microsoft Excel, HTML, Microsoft Word, XML y RTF.

3.8.3 CUBOS DE DECISIÓN

El software MDM permite el análisis de la información mediante la utilización de cubos de decisión. El cubo de decisión se define como una hoja electrónica en la cual se despliega la información de la base de datos con la información correspondiente a las filas y columnas definibles por el usuario. Esas filas y columnas contienen campos de la base de datos y su posición como fila o columna puede ser cambiada por el usuario.

Los campos de filas y columnas deben permitir al menos las siguientes funcionalidades:

- Se pueden poder totalizar
- Se pueden contar
- Intercambiar datos entre las filas y las columnas.
- Excluir tanto filas como columnas de la hoja de análisis
- Genera gráficas y reportes a partir de la información del cubo.
- Seleccionar parámetros de los campos, independientemente del filtro utilizado, para hacer un filtrado adicional.

3.8.4 ADMINISTRACIÓN DE USUARIOS

Los Sistemas Inteligentes *SITEG*, *Energy Axis*, *Primeread*, permiten la gestión y control de acceso de usuarios por parte del administrador de los sistemas. Este podrá realizar las siguientes funciones:

- Adicionar usuarios
- Remover usuarios
- Modificar usuarios
- Dar privilegios de acceso a distintas funcionalidades de la aplicación según el perfil del usuario.

En la figura 3.27 se presentan algunas de las ventanas correspondientes al Sistema de autenticación por usuario.



Figura 3. 27: Sistema de autenticación por usuario
Fuente: Datos de Autor, Empresa Eléctrica pública de Guayaquil

CAPITULO 4 RESULTADOS OBTENIDOS Y/O ESPERADOS:

4.1 PORTAFOLIO DE INFORMACIÓN

La figura 4.1 corresponde a la ventana del sistema para las lecturas de facturación y en la figura 4.2 una Gráfica de Lectura y demanda, los tipos de información que están disponibles en el sistema son:

- Perfiles de carga
- Parámetros eléctrico(V,A,P, Fp)
- Lecturas de Facturación
- Diagnósticos emitidos por medidores (batería baja, desincronización de hora etc.).
- Balances nivel subestación/trafos
- Rendimiento (tiempo de respuesta y frecuencia)

#	F. Cierre	Medidor	FM	Cuenta	Ciclo	Grupo	F. Desde	F. Hasta	#	Config	FH Cálculo
1	2011.01.31 -> 2011.02.28	ELS-EZAV-744934	4200	576367	90	197	2011.02.01 00:15	2011.03.01 00:00	761	Q05 - 6 PARÁMETROS (LJO)	2011.03.04 16:27:41
2	2011.01.31 -> 2011.02.28	ABB-EZAV-746577	700	144043	90	195	2011.02.01 00:15	2011.03.01 00:00	2663	Q10 - 10 PARÁMETROS (LJO)	2011.03.02 17:45:36
3	2011.01.31 -> 2011.02.28	ABB-EZAV-462992	1000	1090340	90	190	2011.02.01 00:15	2011.03.01 00:00	2688	Q10 - 10 PARÁMETROS (LJO)	2011.03.02 13:41:57
4	2011.01.31 -> 2011.02.28	GEN-EZAV-566883	2800	920373	90	190	2011.02.01 00:15	2011.03.01 00:00	2688	Q10 - 10 PARÁMETROS (LJO)	2011.03.02 13:41:54
5	2011.01.31 -> 2011.02.28	ELS-EZAV-746223	4200	518251	90	190	2011.02.01 00:15	2011.03.01 00:00	2688	Q10 - 10 PARÁMETROS (LJO)	2011.03.02 13:41:52
6	2011.01.31 -> 2011.02.28	GEN-EZAV-746368	19919	1103453	90	190	2011.02.01 00:15	2011.03.01 00:00	2688	Q10 - 10 PARÁMETROS (LJO)	2011.03.02 13:41:47
7	2011.01.31 -> 2011.02.28	ABB-EZAV-746039	2800	712238	90	190	2011.02.01 00:15	2011.03.01 00:00	2688	Q10 - 10 PARÁMETROS (LJO)	2011.03.02 13:41:45
8	2011.01.31 -> 2011.02.28	ABB-EZAV-746542	700	500180	90	190	2011.02.01 00:15	2011.03.01 00:00	2688	Q10 - 10 PARÁMETROS (LJO)	2011.03.02 13:41:42
9	2011.01.31 -> 2011.02.28	ABB-EZAV-744863	1200	342043	90	190	2011.02.01 00:15	2011.03.01 00:00	2688	Q10 - 10 PARÁMETROS (LJO)	2011.03.02 13:41:40
10	2011.01.31 -> 2011.02.28	ABB-EZAV-744935	1400	977959	90	190	2011.02.01 00:15	2011.03.01 00:00	2688	Q10 - 10 PARÁMETROS (LJO)	2011.03.02 13:41:35
11	2011.01.31 -> 2011.02.28	ABB-EZAV-455939	350	920367	90	190	2011.02.01 00:15	2011.03.01 00:00	2688	Q10 - 10 PARÁMETROS (LJO)	2011.03.02 13:41:30
12	2011.01.31 -> 2011.02.28	ABB-EZAV-746231	2800	848178	90	190	2011.02.01 00:15	2011.03.01 00:00	2688	Q10 - 10 PARÁMETROS (LJO)	2011.03.02 13:41:25
13	2011.01.31 -> 2011.02.28	ABB-EZAV-746232	2800	833088	90	190	2011.02.01 00:15	2011.03.01 00:00	2688	Q10 - 10 PARÁMETROS (LJO)	2011.03.02 13:41:22
14	2011.01.31 -> 2011.02.28	ABB-EZAV-744862	2800	818802	90	190	2011.02.01 00:15	2011.03.01 00:00	2688	Q10 - 10 PARÁMETROS (LJO)	2011.03.02 13:41:18
15	2011.01.31 -> 2011.02.28	ABB-EZAV-746041	1050	263360	90	190	2011.02.01 00:15	2011.03.01 00:00	2688	Q10 - 10 PARÁMETROS (LJO)	2011.03.02 13:41:10
16	2011.01.31 -> 2011.02.28	ELS-EZAV-745882	3200	113324	90	190	2011.02.01 00:15	2011.03.01 00:00	2688	Q10 - 10 PARÁMETROS (LJO)	2011.03.02 13:41:01

...	PR	Lect. Ant.	Lect. Nueva	Consumo	UN	...	#
1	HO	2975.000	3014.467	165762.450	KWH	EA	288
2	PP	2428.000	2513.753	360162.810	KWH	EA	473
3	OO	0.950	1.042	4377.240	KW	DA	761
4	DP	0.690	0.738	3096.340	KW	DA	128
5	CO	2595.000	2657.789	263713.905	KVARH	ER	761

Figura 4. 1: Lecturas de Billing (Facturación)

Fuente: Datos de Autor, Empresa Eléctrica pública de Guayaquil

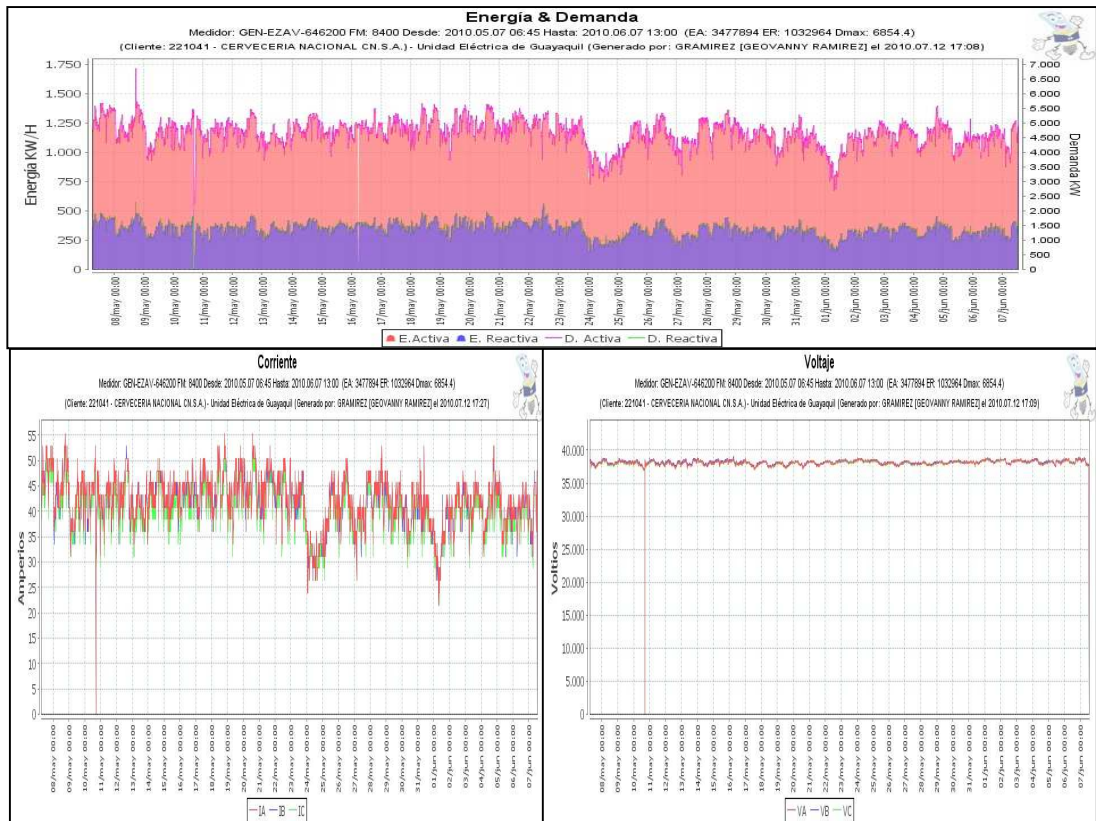


Figura 4. 2: Gráfica de Lectura y demanda

Fuente: Datos de Autor, Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil

4.2 AFECTACIÓN A LA CALIDAD DE ENERGÍA SUMINISTRADA

- Verificación de cumplimiento de regulación CONELEC 004/001 Calidad del Producto

4.3 COMPATIBILIDAD DE SOLUCIÓN CON OTROS PROYECTOS EEpG

- GIS
- SCADA
- Medidores Prepago
- OMS (Sistema de Gerenciamiento de Interrupciones)
- Integración de Información con nuestro Sistema de Pérdidas no Técnicas, de Balances y Control de Transformadores de Baja Tensión.



Figura 4. 3: Integración de Sistemas Inteligentes con los existentes de la UEG

Fuente: Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil EP

4.4 INTERFAZ E INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN INTELIGENTE

Con la disponibilidad de la información de los medidores instalados en los Transformadores de Poder, Alimentadoras, Transformadores de Baja Tensión, Clientes Comerciales, Industriales y residenciales, todos gestionados desde sistema de Telegestión Inteligentes, nuestros técnicos, interactúan de manera segura y oportuna para elaboración de informes y principalmente para la Planificación de nuestras Redes de Distribución, Compra, Facturación de Energía, Análisis de Pérdidas Técnicas y No Técnicas toda información integrada a nuestros Sistema Comercial y Plataforma GIS.

La Interacción con el sistema GIS se muestra en la figura 4.4.

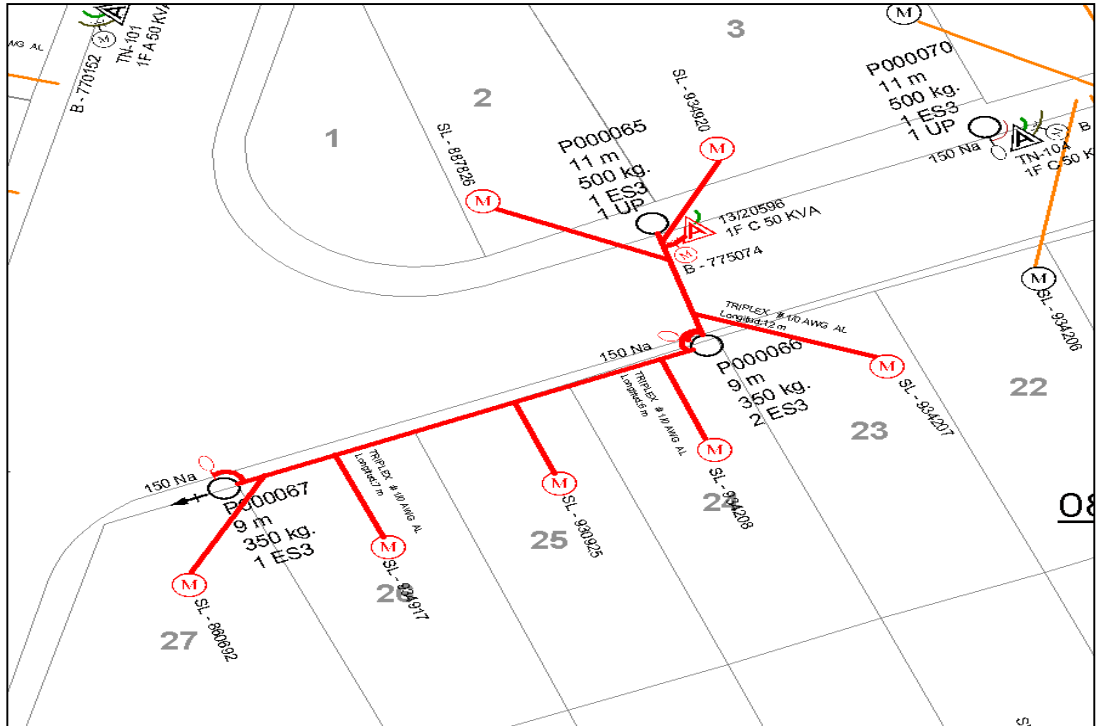


Figura 4. 4: Interacción con el sistema GIS

Fuente: Empresa Eléctrica pública de Guayaquil

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La consideración en cuanto a las bases del estudio de factibilidad, planificación y posterior puesta en producción de Sistemas de Telegestión Inteligentes implementados en la empresa Eléctrica pública de Guayaquil, es un aporte a considerar para las autoridades del sector eléctrico ecuatoriano, ya que la implementación con gran éxito de nuestros proyectos de mediciones inteligente, especialmente la AMI (Infraestructura de Medición Avanzada) , aseguran un camino a la excelencia de nuestros servicios orientados a brindar un servicio de calidad a nuestros clientes y al País.

Todo proyecto de medición Inteligente AMI, desde sus cimientos deberá poseer la capacidad inmediata o a corto plazo de enfrentar los retos del diseño y aporte a una ciudad moderna en la cual será un fatal error solo diseñar solo las necesidades puntuales de la empresa de distribución o servicio público, al contrario deberá sumar e integrarse a los adelantos científicos y exigencia y beneficios de los ciudadanos, donde especialmente los medidores avanzados deberán estar diseñados con protocolos abiertos en diseños de redes inalámbricas HAN.

En este trabajo de investigación se ha identificado las necesidades de ahorro de energía para los clientes masivos e industriales.

Se analizó la infraestructura y tecnologías de medición avanzada actuales que se encuentren funcionando en las diferentes empresas eléctricas, a nivel mundial, para que sirvan como base del diseño que se desea implementar para prestar el servicio de tele gestión.

Se determinaron los requerimientos técnicos necesario de frecuencia y potencia a ser utilizado en la propuesta de diseño.

Finalmente se realizó un diseño para la propuesta de integración de la nueva plataforma de tecnología necesaria a la red de comunicación

Con las acciones indicadas se alcanzó el objetivo principal que consistía en elaborar una propuesta para la implementación de un sistema de Telegestión y adquisición de tecnología de Telecomunicaciones a nivel regional para el control de energía eléctrica.

RECOMENDACIONES

1. Considerar las diferencias en relación al diseño de las topologías en redes inalámbricas enmalladas (Wireless Mesh Network, WMN) y de redes de área local inalámbricas (WLAN)
2. Realizar mediciones de la cantidad de paquetes de datos perdidos mediante programas especializados o de alguna plataforma de simulación que permita simular el envío de datos o de una llamada de VoIp y así determinar el número de paquetes que se han perdido.
3. Realizar estudios que permitan evaluar la calidad de servicio (QoS) en redes inalámbricas enmalladas (WTN) existentes en la ciudad de Guayaquil.

GLOSARIO

AES:	<i>Advanced Encryption Standard</i>
AMI:	Infraestructura de Medición Avanzada
AP:	<i>Access Point</i>
AH:	<i>Authentication Header</i>
BS:	<i>Base Station</i>
CCK:	<i>Complementary Code Keying</i>
CENACE:	Corporación Nacional de Control de Energía
CONELC:	Consejo Nacional de Electricidad
CID:	<i>Connection ID</i>
CSMA/CA:	Múltiple acceso por detección de portadora evitando colisiones
DFS:	<i>Dynamic Frequency Selection</i>
DSSS:	<i>Direct Sequence Spread Spectrum</i>
EAP:	<i>Extensible Authentication Protocol</i>
EDCA:	<i>Enhanced Distributed Channel Access</i>
ESP:	<i>Encapsulación Security Payload</i>
FHSS:	<i>Frequency Hopped Spread Spectrum</i>
HCCA:	<i>HFC Controlled Channel Access</i>
HCF:	<i>Hybrid Coordinator Function</i>
IAPP:	<i>Inter Access Point Protocol</i>
IEEE:	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
ISM:	<i>Industry Science and Medical</i>
IP:	<i>Internet Protocol</i>
MAC:	<i>Media Access Control</i>
MDM:	Manejador de Datos Masivo
MIMO:	<i>Multiple Input – Multiple Output</i>
MS:	<i>Mobile Station</i>
MSK:	<i>Master Session Key</i>
OFDM:	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
OMS:	Sistema de Gerenciamiento de Interrupciones
PDU:	<i>Protocol Data Unit</i>
PSK:	<i>Phase Shift Keying</i>
QAM:	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>

QoS:	<i>Quality of Service</i>
RF:	Radio Frecuencia
RTS/CTS:	<i>Request to Send/Clear to Send</i>
SA:	<i>Security Association</i>
SITEG:	Sistema Inteligente de Tele medición Eléctrica de Guayaquil
TDMA /TDD:	<i>Time Division Multiple Access /Time Division Duplex</i>
TIC:	Tecnologías de la Información y la Comunicación
TLS:	<i>Transport Layer Security</i>
TPC:	<i>Transmission Power Control</i>
VPN:	<i>Virtual Private Network</i>
WLAN:	<i>Wireless Local Area Network</i>
WMN:	<i>Wireless Mesh Networks</i>
WPA:	<i>Wi-Fi Protected Access</i>

Bibliografía

20minutos.es. (10 de Abril de 2013). *Isotrol desarrolla el programa de telegestión de contadores para las pequeñas distribuidoras de electricidad*. Obtenido de <http://www.20minutos.es/>: <http://www.20minutos.es/noticia/1782127/0/>

Alulema, D. (2010). Evaluación y simulación de algoritmos de enrutamiento en redes Ad-Hoc. *Revista Eidos*.

deAntonio, A. (1999). *Apuntes asignatura de Planificación y Gestión del Desarrollo de Sistemas Informáticos*. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid.

deMelo, L. (8 de Abril de 2009). *Infraestructura de telecomunicaciones para apoyar las aplicaciones de las redes inteligentes*. Obtenido de www.metering.com: <http://www.metering.com/infraestructura-de-telecomunicaciones-para-apoyar-las-aplicaciones-de-las-redes-inteligentes/>

elster. (2012). *REX2 meter*. Obtenido de www.elstersolutions.com: http://www.elstersolutions.com/assets/products/products_elster_files/DS42-1017D.pdf

Elster. (Agosto de 2013). *Monitoreo y Gerencia de Cargabilidad de Transformadores*. Obtenido de Modernización de Distribución de Elster: http://www.elstersolutions.com/assets/downloads/Monitoreo_y_Cargabilidad_de_Transformadores_V2_0.pdf

Endesa. (2012). *Telegestión*. Obtenido de <http://www.endesaeduca.com/>: http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-transporte-de-electricidad/telegestion

Gaselec. (2010). *SISTEMA DE TELEGESTIÓN DE CONTADORES ELÉCTRICOS*. Obtenido de www.iecisa.com: http://www.iecisa.com/c/document_library/get_file?uuid=f074673a-b1bc-43b1-8307-56ecf0b18203&groupId=43701

Gaselec. (2010). *Telegestión*. Obtenido de <http://www.gaselecenergia.es/>:
<http://www.gaselecenergia.es/telegestion>

Guadalupe, R. (s.f.). *Seminario Taller para la elaboracion y formulacion de proyectos de inversion segun formato de SENPLADES*. Obtenido de Secretaria Nacional de Planificación SENPLADES: www.senplades.gob.ec

Idrovo, D., & Reinoso, S. (2012). *Análisis de factibilidad para la implementación de un sistema AMI (Advanced Metering Infrastructure) mediante contadores inteligentes por parte de la Empresa Eléctrica Azogues C.A.* Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

Indra. (6 de Noviembre de 2013). *INDRA IMPLANTA EL SISTEMA DE TELEGESTIÓN DE CONTADORES DE LA ELÉCTRICA TURCA SEDAŞ*. Obtenido de <http://www.indracompany.com/>:
<http://www.indracompany.com/noticia/indra-implanta-el-sistema-de-telegestion-de-contadores-de-la-electrica-turca-sedas>

Isotrol. (10 de Abril de 2013). *CIDE confía en Isotrol para desarrollar su programa de telegestión de contadores*. Obtenido de noticias.isotrol.com:
http://noticias.isotrol.com/Notas_de_Prensa/585/cide-confia-isotrol-desarrollar-programa-telegestion-contadores

metering.com. (12 de Noviembre de 2008). *Smart Grids Latin America: Conference Program 2008*. Obtenido de www.metering.com:
<http://www.metering.com/page/2/?s=sistemas+ami>

Metering.com. (9 de Octubre de 2009). *Smart Grids Latin America: Conference Program*. Obtenido de <http://www.metering.com/?s=sistemas+AMI>:
http://www.metering.com/membership/?_s2member_seeking%5Btype%5D=post&_s2member_seeking%5Bpost%5D=16247&_s2member_seeking%5B_uri%5D=L3NtYXJ0LWdyaWRzLWxhdGluLWFtZXJpY2EtY29uZmVyZW5jZS1wcm9nc

mFtLw%3D%3D&_s2member_req%5Btype%5D=level&_s2member_req%5Blevel%5D=

MeteringInternational. (19 de Junio de 2014). *Smart meters cut 26% off energy bill of Canadian commercial building*. Obtenido de www.metering.com: <http://www.metering.com/smart-meters-cut-26-off-energy-bill-of-canadian-commercial-building/>

Ortegón, E., Pacheco, J., & Prieto, A. (Julio de 2005). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Obtenido de CEPAL Naciones Unidas: http://www.ug.edu.ec/dipa/senacyt/cepal_manual_marco_logico.pdf