



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Sistema de Posgrado
Maestría en Telecomunicaciones

Tema:

“Implementación de una red mesh con fibra óptica y su software de gestión para integrar las tres tecnologías AMI existentes en la CNEL EP UNGYE”

Autor:

JUAN CARLOS RUILOVA MEDINA

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de
Magister en Telecomunicaciones

Tutor:

MSC. MANUEL ROMERO PAZ

Guayaquil, 11 de septiembre del 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

CERTIFICACIÓN

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

Guayaquil, 11 de septiembre del 2019

TUTOR

MSc. Manuel Romero Paz

DIRECTOR DEL PROGRAMA

MSc. Manuel Romero Paz



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

YO, JUAN CARLOS RUILOVA MEDINA

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación “Implementación de una red mesh con fibra óptica y su software de gestión para integrar las tres tecnologías AMI existentes en la CNEL EP UNGYE”, previa a la obtención del Título de Magíster en Telecomunicaciones, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido

Guayaquil, 11 de septiembre del 2019

EL AUTOR

Ing. Juan Carlos Ruilova Medina



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

AUTORIZACIÓN

YO, JUAN CARLOS RUILOVA MEDINA

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “Implementación de una red mesh con fibra óptica y su software de gestión para integrar las tres tecnologías AMI existentes en la CNEL EP UNGYE”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 11 de septiembre del 2019

EL AUTOR

Ing. Juan Carlos Ruilova Medina

REPORTE DE URKUND

URKUND

Documento: [Ruilova Medina, Juan Carlos Trabajo Final.docx](#) (254038202)

Presentado: 2019-08-01 12:29 (-0500)

Presentado por: orlando.philo...@hotmail.com

Recibido: orlando.philo...@analysis.orkund.com

Mensaje: trabajo de titulación Ing Ruilova [Mostrar el mensaje completo](#)

2% de estas 14 páginas, se componen de texto presente en 7 fuentes.

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	http://repositorio.usg.edu.ec/bitstream/13031/1265/1/7-UCSG-PSR-TC-EM-2019.pdf
	Rivera, Ronald - s1.docx
	http://repositorio.usg.edu.ec/bitstream/13031/1265/1/7-UCSG-PSR-TC-EM-2019.pdf
	http://veadonotica.com/blog/que-es-una-home-arena-revista/

Sistema de Grado Maestro en Telecomunicaciones

Tema:

"Implementación de una red mesh con fibra óptica y su software de gestión para integrar las tres tecnologías AMI existentes en la CNEL EP UNGYE"

Autor: JUAN CARLOS RUILOVA MEDINA

Trabajo de titulación previo a

la obtención del grado de Magister en Telecomunicaciones

Título: MAF MAESTRO EN TELECOMUNICACIONES

Reporte Urkund del trabajo de titulación de Maestría en Telecomunicaciones denominado: **“Implementación de una red mesh con fibra óptica y su software de gestión para integrar las tres tecnologías AMI existentes en la CNEL EP UNGYE** realizado por el ing. **Juan Carlos Ruilova Medina**, una vez realizado el análisis antiplagio, el resultado indica 2% de coincidencias.

DEDICATORIA

A mi esposa, quien me brindó todo su amor y su apoyo y ser un pilar fundamental en la culminación de mi formación como profesional. Hubiera sido difícil si no contara con su estímulo para culminar la meta propuesta.

A mis padres, que siempre han estado a mi lado con palabras de aliento y motivación evitando que decaiga y sobre todo brindándome su confianza y dándome consejos.

A Dios, por permitirme tener la fuerza para terminar mi carrera de posgrado.

Juan Carlos Ruilova Medina

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por permitirme ser alumno, también agradezco de manera especial al grupo de docentes por compartir sus conocimientos que de alguna forma aportaron en la elaboración de mi trabajo de posgrado.

Asimismo, agradezco a mi tutor de tesis MSc. Manuel Romero Paz por el soporte, orientación acertada, y aportaciones al desarrollo de la misma que finalmente fueron aprovechadas como recurso para un buen desenvolvimiento para la elaboración y finalización de la tesis.

Gracias a Dios, a mis padres y a mi esposa por creer en mis expectativas, acompañarme en cada meta propuesta y por ser mis guías de vida.

Juan Carlos Ruilova Medina



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____
MSc. Manuel Romero Paz
TUTOR

f. _____
MSc. Manuel Romero Paz
DIRECTOR DEL PROGRAMA

f. _____
MSc. Orlando Philco Asqui
REVISOR

f. _____
MSc. Luis Córdova Rivadeneira
REVISOR

RESUMEN

Este trabajo en su desarrollo plantea una propuesta de implementación de un software con la capacidad de integrar tres tecnologías AMI (Advanced Metering Infrastructure) existentes en los 111.674 clientes AMI que actualmente tiene la CNEL EP UNGYE (Corporación Nacional de Electricidad Empresa Pública Unidad Guayaquil). La finalidad es optimizar la carga laboral actual para el monitoreo del software de cada tecnología, reducir costos en soporte técnico, capacitación en cada sistema y mejorar los tiempos de respuesta de los requerimientos de cada tecnología. Además, se propone la mejora de los enlaces de última milla, actualmente compuestos por módems 2G y 3G, utilizar fibra óptica GPON, que, en el caso de ser implementada, mejorará los tiempos de respuesta garantizando el buen funcionamiento de la red mesh, y así contribuir con la mejora continua de la calidad del servicio al consumidor. Luego de la ejecución de las pruebas técnicas y comerciales se pudo comprobar que la integración de las tres tecnologías, a través de un software de prueba que las unificó dio resultados satisfactorios ya que se logró obtener un reporte de porcentaje de comunicación de los 122767 medidores AMI divididos en 111805 con 100% de comunicación y 10962 sin comunicación de las tres tecnologías sin necesidad de recurrir a cada software independiente. Por otro lado, la CNEL EP UNGYE actualmente no cuenta con enlaces de Fibra Óptica GPON, por lo que se propone la implementación de la misma, para el efecto se realizaron pruebas con el mencionado enlace utilizando la herramienta Whatsup Gold, obteniendo como resultado la entrega de 100 paquetes de 300 bytes en 6 milisegundos que equivaldría a menos de la mitad del tiempo actual.

Palabras clave: AMI, fibra óptica, red mesh, módem, GPON.

ABSTRACT

This work in its development raises a proposal for the implementation of a software with the ability to integrate three existing AMI technologies into the 111,674 AMI clients that the CNEL EP UNGYE currently has. The purpose is to optimize the current workload for the monitoring of the software of each technology, reduce costs in technical support, training in each system and improve the response times of the requirements of each technology. In addition, the improvement of the last mile links, currently composed of 2G and 3G modems, is proposed to use GPON optical fiber, which, in the case of being implemented, will improve response times guaranteeing the proper functioning of the mesh network, and thus contribute to the continuous improvement of the quality of the service to the consumer. After the execution of the technical and commercial tests it was possible to verify that the integration of the three technologies, through a test software that unified them gave satisfactory results since a communication percentage report of the 122.767 AMI meters could be obtained divided into 111.805 with 100% communication of the three technologies without resorting to each independent software. On the other hand, CNEL EP UNGYE does not currently have GPON Fiber Optic links, so its implementation is proposed, for this reason it was tested with the aforementioned link using the Whatsup Gold tool, resulting in the delivery of 100 packets of 300 bytes in 6 milliseconds that would be equivalent to less than half of the current time.

Keys words: AMI, Optic Fiber, Mesh Network, modem, GPON.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTOS.....	VII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
CAPITULO 1 GENERALIDADES DEL TRABAJO DE INVESTIGACION	2
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	3
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD	4
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.4.1 PROBLEMA	4
1.4.2 OBJETO.....	5
1.4.3 HIPÓTESIS.....	5
1.4.4 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.5 RESULTADO	6
1.6 METODOLOGÍA	6
CAPÍTULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA PROPUESTA.....	7
2.1 DEFINICIONES	7
2.1.1 INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA (AMI).....	7
2.1.2 SMART GRIDS	9
2.1.3 REDES MESH.....	9
2.1.4 MEDIDOR INTELIGENTE	11
2.1.5 REDES HAN	12
2.1.6 INTERNET DE LAS COSAS	13
2.1.7 SOFTWARE DE MANEJO DE DATOS DE MEDIDORES (MDM).....	14
2.1.8 ESTÁNDARES UTILIZADOS	15
2.1.9 TECNOLOGÍAS AMI IMPLEMENTADAS EN CNEL EP UNGYE 22	

CAPITULO 3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MDM	
MULTITECNOLOGÍA Y MEJORA DE SU RED.....	41
3.1 GENERALIDADES	41
3.2 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA EDRA.....	41
3.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA.....	50
CAPITULO 4 PRUEBAS Y RESULTADOS	52
4.1 PRUEBAS SISTEMA EDRA.....	52
4.2 PRUEBAS DE ENLACE FIBRA ÓPTICA GPON	54
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Distribución de los medidores AMI en Guayaquil	3
Tabla 1.2 Ventajas y Desventajas Sistemas de perfiles de carga.....	4
Tabla 2.1 Componentes de Una Red HAN	12
Tabla 2.2 Capas de Servicios de Aplicación C12.22	20
Tabla 2.3 Familia 802.11	21
Tabla 2.4 Ciudadelas y Urbanizaciones AMI	23
Tabla 2.5 Edificios AMI	24
Tabla 3.1 Módulos EDRA.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Componentes AMI.....	8
Figura 2.2 Ejemplo de Red Mesh en CNEL EP	10
Figura 2.3 Medidor AMI CNEL EP.....	11
Figura 2.4 IoT y Redes HAN en Smart Grid	14
Figura 2.5 Medición por Fase con Vatímetro	17
Figura 2.6 Infraestructura AMI ELSTER	27
Figura 2.7 Medidor REX2	28
Figura 2.8 Colector Elster	29
Figura 2.9 Modem Gprs	30
Figura 2.10 Pantalla de Inicio EnergyAxis	31
Figura 2.11 Arquitectura AMI Itron.....	33
Figura 2.12 Medidor Centron.....	34
Figura 2.13 Pantalla de Inicio Openway	35
Figura 2.14 Pantalla de Administración de Datos de Medidores.....	35
Figura 2.15 Colector Itron Openway visto por fuera y en su interior	36
Figura 2.16 Arquitectura AMI GE	37
Figura 2.17 Medidor General Electric	38
Figura 2.18 Colector Trilliant	39
Figura 2.19 Pantalla de Inicio Serviewcom	40
Figura 2.20 Pantalla de Acciones a Medidores	40
Figura 3.1 Pantalla de Inicio EDRA	43
Figura 3.2 Búsqueda por Medidor EDRA	44
Figura 3.3 Pantalla de Información General	44
Figura 3.4 Pantalla Perfiles de Energía.....	45
Figura 3.5 Gráfico Semanal de Consumos.....	46
Figura 3.6 Reporte Billing	46
Figura 3.7 Pestaña de Ubicación del Cliente	47
Figura 3.8 Pantalla de Alarmas	47
Figura 3.9 Pestaña Lectura Inmediata.....	48
Figura 3.10 Pestaña Corte y Reconexión	48
Figura 3.11 Módulo de Monitoreo	49

Figura 3.12 Módulo de Alarmas	50
Figura 3.13 Colector AMI con Modem Inhand	51
Figura 4.1 Reporte de Medidores No Leídos	52
Figura 4.2 Importación de Datos de Medidores a Excel	52
Figura 4.3 Tabla de Datos de Medidores No Leídos	53
Figura 4.4 Porcentaje de Leídos	54
Figura 4.5 Colector con enlace GPON.....	55
Figura 4.6 Equipo ONT	55
Figura 4.7 Prueba de Enlace.....	56
Figura 4.8 Prueba de Enlace Modem	56

CAPITULO 1 GENERALIDADES DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

1.1 INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Guayaquil la empresa encargada de la Generación, Distribución y Comercialización de energía es la CNEL EP UNGYE (Corporación Nacional de Electricidad Empresa Pública Unidad Guayaquil), institución pública que durante los últimos diez años ha sido vanguardista con implementaciones realizadas previos estudios, obteniendo resultados favorables para el sector eléctrico y para la CNEL ya que la corporación se conforma por once unidades distribuidas en el país.

CNEL EP UNGYE a través de su Dirección Comercial y su Jefatura Departamental Telemetría en conjunto con la Jefatura de Medidores han implementado y desarrollado tecnologías de sistemas de medición inteligente, este importante recurso permite actualmente disponer de información de manera inmediata y confiable para el servicio de sus usuarios y clientes.

A pesar de aquello el aumento en la demanda de los clientes o el crecimiento vegetativo de la ciudad de Guayaquil, obliga a continuar mejorando e integrando nuevas tecnologías que permitan optimar recursos y con ello mejorar la calidad del servicio brindado.

Actualmente CNEL EP UNGYE con corte a junio de 2019 tiene 752.356 clientes de los cuales 111.674 clientes tienen en sus domicilios instalados un sistema de medición inteligente (Medidor AMI, Advanced Metering Infrastructure).

La distribución de los medidores AMI en la ciudad de Guayaquil se encuentra sectorizada, es decir, por direcciones, zonas o planes de geo codificación, esta distribución está relacionada con la tecnología de cada sistema de manejo de datos a continuación tabla distributiva:

Tabla 1.1 Distribución de los medidores AMI en Guayaquil

Tecnología	Cantidad de Clientes	Sectores
Elster	60.895	Vía a la Costa, Ceibos, Alborada
General Electric	29.705	Urdesa, Fae, Atarazana, Urdenor
Itron	21.074	Vía Daule y Clientes con Demanda

Fuente: Autor a partir del portal de (CNEL EP UNGYE, 2019)

Cabe mencionar que solo existen tres tecnologías empleadas para la medición inteligente, por otro lado, a lo largo de nueve años, se ha ido migrando equipos de medición convencionales a medidores con tecnología AMI para que puedan ser atendidos remotamente, mejorando el proceso de recolección de datos ya que se realiza de manera automática, esto se distingue como la forma más apropiada de aligerar las operaciones.

También es una forma integral de apresurar las operaciones proporcionando un servicio con el valor que los clientes requieren es la Infraestructura de Medición Avanzada (AMI), esta implementación de red inteligente permite la comunicación con el medidor de manera bidireccional permitiendo la recolección, envío, administración y análisis de los datos con una reiteración mayor.

1.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Actualmente en la Unidad de Negocios Guayaquil en el departamento comercial de Telemetría se registran diariamente los perfiles de todos los medidores instalados en la ciudad de Guayaquil con sistema de medición inteligente, pero para lograr esto se necesita utilizar softwares diferentes, uno por cada marca de medidor ocasionando las siguientes debilidades o desventajas:

Tabla 1.2 Ventajas y Desventajas Sistemas de perfiles de carga

Ventajas	Desventajas
Sistemas de alarmas	Utilización de 3 software
Detección de Pérdidas de energía	Incremento del recurso humano
Descarga de lecturas en línea	Costos de licencias
Toma de lecturas en línea	Soporte técnico por cada software
Desconexión de energía en línea	Inversión anual
Reconexión de energía en línea	Tiempo de respuesta

Fuente: autor

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

En la Unidad los clientes AMI para ser leídos, descargar perfiles, desconectar, reconectar, detectar pérdidas de energía se debe utilizar distintos sistemas de manejo de datos para cada tecnología que tengan los medidores, como resultado esto dificulta las tareas de monitoreo por parte del personal o recurso humano que desempeñe estas tareas, no existe un solo software que permita manejar las tres tecnologías (Itron, General, Elster) al mismo tiempo entre sí.

Por otro lado, previo a la integración de un software que una las tres tecnologías es necesario contar con una red lo suficientemente fuerte que carezca de intermitencias a la hora de pedir datos a los colectores, ya que la que actualmente se emplea es una red celular del proveedor CNT; que ocasiona pérdidas de paquetes de datos en las zonas donde la cobertura celular es deficiente.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.4.1 PROBLEMA

La unidad de Negocios Guayaquil no cuenta con un solo software que maneje las tres tecnologías para los sistemas de medición inteligente (AMI) y una red eficiente para la comunicación entre colectores y servidores.

1.4.2 OBJETO

La implementación de un software que integre las tres tecnologías utilizadas para los medidores inteligentes; así mismo la utilización de una red que permita disminuir las falencias que actualmente tiene la red existente.

1.4.3 HIPÓTESIS

Implementar una red inalámbrica mesh para integrar las tres tecnologías AMI existentes en la CNEL EP UNGYE para optimizar el uso del recurso humano y mejorar la calidad de la comunicación entre equipos, lo que permitirá brindar un mejor servicio a los clientes que tienen este sistema de medición instalado en sus hogares o empresas. Finalmente permitirá seguir siendo la Unidad de Negocios que utiliza la mejor tecnología para las redes de comunicación.

1.4.4 OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta para la implementación de una red mesh para integrar las tres tecnologías AMI existentes en la CNEL EP UNGYE, con la finalidad de optimizar el recurso humano y continuar brindando un servicio de calidad a los usuarios.

1.4.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un Marco Teórico que abarque las principales teorías acerca de las redes mesh y softwares de integración para el manejo de datos de tecnologías AMI.
- Determinar los posibles motivos que impiden un correcto manejo de varias tecnologías AMI y su conectividad entre colectores, medidores y servidores.

- Proponer la mejora de una red eficiente que integre las tres tecnologías AMI en un solo software de manejo de datos de los medidores AMI utilizando fibra óptica.

1.5 RESULTADO

La propuesta a implementar permitirá integrar las tres tecnologías de medidores AMI con la finalidad de optimizar el recurso humano, costos de inversión, soporte técnico y facilitará las tareas de monitoreo. Así mismo, al implementar una red mesh multi tecnología se mejorarán los tiempos de respuesta y se creará una red eficiente.

1.6 METODOLOGÍA

La Metodología a utilizar en el presente trabajo se fundamenta en una investigación tanto de campo como administrativa; la propuesta tecnológica es diseñada para mejorar un proceso que permitirá implementar una red de última tecnología con capacidad de crecimiento a futuro. Los siguientes métodos aplicados de estudio son:

- El método analítico, se estudia cada una de las variables para implementar correctamente la propuesta.
- El método técnico; se analiza y se desarrolla una propuesta en base a una necesidad actual basada en una investigación de carácter práctica operativa.
- El método exploratorio con el fin de indagar sobre las mejores opciones para implementar software de manejo multi tecnología y redes de última tecnología.

CAPÍTULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA PROPUESTA

2.1 DEFINICIONES

2.1.1 INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA (AMI)

La infraestructura de medición avanzada, o en inglés “Advanced Metering Infrastructure” abreviado AMI según: (Smartgrid.gov, 2016), indica que es un sistema integrado de medidores inteligentes, redes de comunicación y sistemas de manejo de datos que permite la comunicación “doble vía” entre estos dispositivos y el cliente. Al decir que es un tipo de comunicación de dos vías, se refiere a un equipo con la posibilidad de transmitir y recibir datos dentro de una red.

La infraestructura de medición avanzada abre un sinfín de posibilidades que antes no eran posibles o que debían ser realizadas por un empleado de la empresa de servicios; como por ejemplo la posibilidad de realizar un corte de servicio y una reconexión de servicio vía remota, así mismo poder realizar la toma de un consumo de energía sin la necesidad de tener que enviar personal al predio del cliente, detección de alarmas vía remota, lo que ayuda a la empresa a reducir sus pérdidas de energía, también se puede realizar monitoreos en línea de voltajes y fallas en el servicio eléctrico.

Esta infraestructura también tiene la posibilidad de acoplarse a una Red Doméstica (HAN) de un cliente a través de termostatos o displays programables que le indiquen que está pasando con su medidor, cuánta energía está consumiendo en determinado lapso de tiempo y si existe alguna anomalía en el mismo, lo que ayudaría a detectar fallos en el servicio aún más rápidamente y le daría al cliente la posibilidad de ahorrar energía. Esta infraestructura se puede aplicar no solo al servicio de energía eléctrica sino también al de gas y al de agua, o también se puede crear una sola red de los tres servicios básicos al mismo tiempo.



Figura 2.1 Componentes AMI

Fuente: autor

La infraestructura AMI se compone básicamente de 5 elementos listados a continuación:

- Un Sistema de Manejo de Datos de medidor, o MDM por sus siglas en inglés, que se encarga de proveer un sistema único y escalable de repositorio de datos de medición de energía.
- Un Sistema de Cabecera o Head End System, que es un concentrador de datos de la red.
- Una Red de Comunicación que incluye una WAN o puede también incluir una red LAN. Esto provee una comunicación bidireccional de datos y comandos entre la empresa y el cliente.
- Un medidor inteligente, que tiene la capacidad de recopilar y almacenar datos de intervalo de energía para su propio tipo de servicio. También puede interactuar y almacenar datos de otros dispositivos, como otros medidores o aplicaciones HAN. A su vez puede responder a órdenes enviadas a través del sistema.
- Finalmente, una red HAN capaz de recopilar datos, comunicarse y controlar diversos dispositivos que utilizan energía en toda la casa, como los acondicionadores de aire y los calentadores de agua.

2.1.2 SMART GRIDS

La energía eólica y la solar es variable, por lo que se ha necesitado encontrar sistemas de control más actualizados, para hacer viable la conexión de las fuentes de una red altamente controlable de energía a partir de células fotovoltaicas como las de alumbrado público, y así mismo esto ha llevado a buscar un sistema más viable para las centrales eléctricas grandes y centralizadas, de ahí nacen estas redes inteligentes o Smart grids. Las Smart Grids son redes eléctricas inteligentes que en comparación a las tradicionales incorporan la tecnología digital para que exista una comunicación fluida en ambas direcciones, entre la instalación y el usuario. (Novelec, 2017).

Estas redes mejoran la fiabilidad y la calidad de la energía y además ofrecen muchos beneficios en comparación a una red eléctrica tradicional. Se logra una transmisión de energía más eficiente, se obtiene una mejor seguridad y se reduce costos en operaciones. Asimismo, contemplan la integración de las fuentes de energía alternativas, logrando que las áreas de coordinación de protecciones, control, instrumentación, medida, calidad y administración de energía, sean vinculadas en un solo software de gestión con el principal objetivo de realizar un uso racional de la energía y una vía de comunicación bidireccional con el consumidor final.

2.1.3 REDES MESH

Una Red Mesh es una red compuesta por equipos llamados routers o nodos. Estos nodos trabajan uno con otro para proveer una cobertura de comunicaciones a lo largo de un área muy extensa, algo que una red doméstica tradicional no puede hacer. (Lifewire, 2018).

En una configuración de red doméstica regular, hay un solo enrutador que proporciona cobertura de red o internet hasta dónde puede llegar, a través de las paredes, hacia la puerta, hacia las escaleras, etc. Una Red Mesh consiste en múltiples enrutadores que brindan cobertura pero que aún están una sola red, ya que cada una también se está comunicando con los otros nodos cercanos. El

resultado de esto es una red única que tiene una cobertura mucho mejor de la que puede proporcionar un solo enrutador o nodo. Este tipo de redes puede ofrecer acceso a la red en cualquier lugar a donde llegue cada nodo.

Entre las ventajas de este tipo de red se puede destacar las siguientes:

- Es una Red Robusta y fácilmente adaptable
- Puede funcionar en entornos rurales y urbanos
- Se puede solucionar el problema de línea de vista entre equipos
- Posee una gran velocidad y una baja potencia de transmisión.



Figura 2.2 Ejemplo de Red Mesh en Cnel EP

Fuente: autor

En La figura 2.2 se aprecia que una red mesh formada de equipos de medición de energía funciona con un equipo concentrador de datos o colector que se encarga de recibir y enviar información de los medidores AMI que se encuentran en la red, los mismos que funcionan como nodos que se comunican entre sí.

2.1.4 MEDIDOR INTELIGENTE

Un medidor inteligente es un equipo de medición que reemplaza completamente a los equipos de medición análogos o digitales convencionales por un equipo de dos vías que puede funcionar como parte de una red Smart grid. Los sistemas de medición AMI son más eficientes para los proveedores de energía eléctrica, ya que tienen la capacidad de proporcionar datos actualizados y llevar a cabo tareas que antes requerían del recurso humano. (McGovern, 2016).

Esta característica no es un beneficio solo para la empresa distribuidora sino también para el consumidor, ya que entre otras funciones los períodos configurables entre mediciones le permiten ver la cantidad de energía que consume, así como la hora y el lugar donde la utiliza. Por ejemplo, podrá consultar cuánta energía está utilizando mientras el predio se encuentra vacío y así determinar si existe una forma de reducir el consumo. Una forma de lograr esto sería desenchufando electrodomésticos y cargadores antes de salir de casa o cerciorándose de que todas las luces estén apagadas. También se puede emplear esta información para determinar qué tipo de contrato adquirir con su compañía de electricidad.



Figura 2.3 Medidor AMI CNEL EP

Fuente: Autor

Como se ve en la figura 2.3, un medidor AMI está compuesto por un display, un puerto infrarrojo por el que se puede acceder a su modo de configuración, una tarjeta NIC de comunicación y un contactor que puede ser abierto o cerrado vía remota para desconectar o habilitar el servicio eléctrico.

2.1.5 REDES HAN

Una Red de Área Doméstica, o por sus siglas en inglés HAN (Home Area Network), es una red formada a partir de un conjunto de equipos de diferentes tipos, como electrodomésticos, ordenadores personales, displays, termostatos que se encuentran en un hogar y están interconectados entre ellos y que tienen la capacidad de ser controlados a distancia vía remota.

Una red HAN es una red de área local, que fue desarrollada para poder facilitar la comunicación, así como la interoperabilidad entre los diferentes dispositivos digitales del hogar. Gracias a esta interoperabilidad, se pueden automatizar las tareas del día a día que, se puede tener un mejor acceso al entretenimiento, aumentar la seguridad del hogar, monitorear vía remota los equipos y recibir alertas en los celulares. La red está compuesta por diferentes equipos conectados gracias a un conjunto de diferentes elementos tanto de software como de hardware. Estos elementos son analizados en la siguiente tabla:

Tabla 2.1 Componentes de Una Red HAN

Modem	Puerta de Enlace entre la red y Los equipos
Enrutador	Gestiona Conectividad entre HAN y WAN
Conmutador de la Red	Permite que los dispositivos HAN hablen entre sí mediante Ethernet
Puente de la Red	Conecta dos interfaces HAN entre sí para acceso a una red inalámbrica
Punto de Acceso Inalámbrico	Es necesario para conectar dispositivos inalámbricos a la red HAN

Fuente: (Vendomotica, 2015) y modificada por el autor

2.1.6 INTERNET DE LAS COSAS

“El internet de las cosas o Internet of things viene de un escenario en el que diversas cosas se encuentran conectadas entre sí, su propósito es conectar todos los objetos que se utiliza diariamente y aproximar cada vez el mundo físico al mundo digital.” (Valois, 2018)

Para que esto pueda ocurrir, se necesita de tres factores importantes para que cualquier aplicación funcione dentro del internet de las cosas. Estos son:

- Los Dispositivos: Puede ser cualquier dispositivo que se encuentre en una casa o edificio, por ejemplo, una refrigeradora, lámparas, relojes, televisores, cualquier cosa que disponga de una conexión a internet o una tarjeta de comunicación.
- La Red: Es el medio de comunicación; este puede ser Wi-Fi, Bluetooth o dispositivos móviles.
- El Sistema de Control: Es el que se encarga de administrar todos los datos capturados de los dispositivos presentes en una red y procesarlos para controlar cada aspecto.

El internet de las cosas se encuentra presente en una red HAN, ya que los dispositivos presentes en esta red, como medidores, refrigeradoras; tienen la posibilidad de ser manipulados desde un equipo concentrador de datos. La conectividad de esta red en las instalaciones del cliente puede extenderse más allá del medidor de energía eléctrica, de gas o de agua para incluir dispositivos inteligentes como una unidad de pantalla doméstica para ayudar a los usuarios de CNEL EP UN GYE a monitorear el consumo de energía, asimismo el termostato inteligente responde a la señalización de carga máxima de los servicios públicos y enchufes inteligentes para controlar el uso de energía de los aparatos eléctricos.

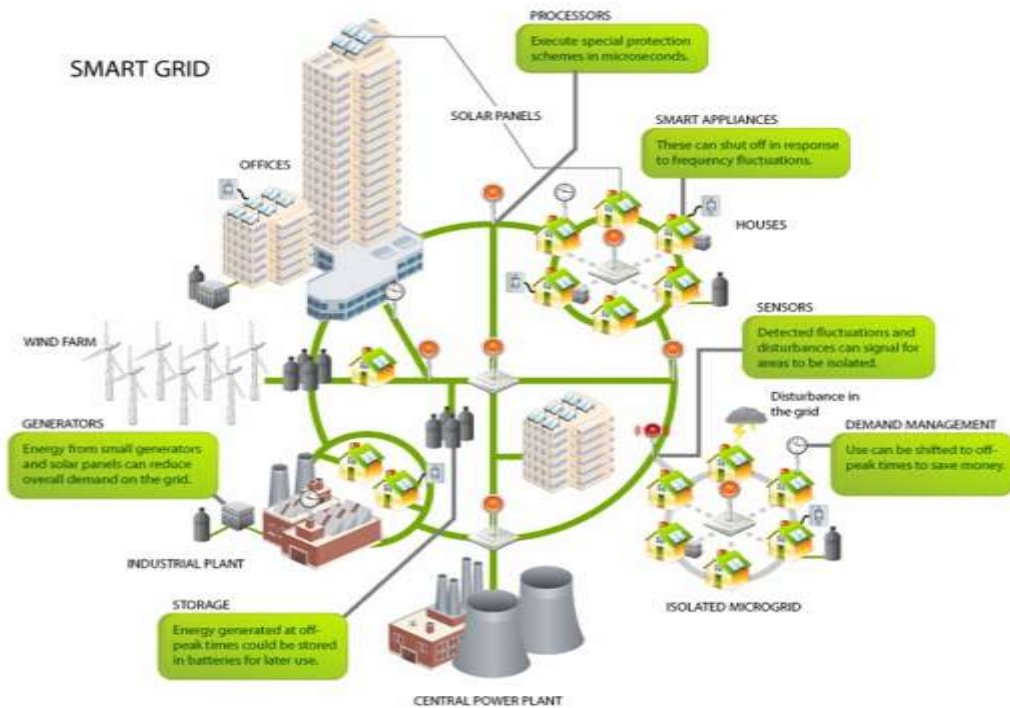


Figura 2.4 IoT y Redes HAN en Smart Grid

Fuente: (Arumugam, 2014) y modificada por el autor

2.1.7 SOFTWARE DE MANEJO DE DATOS DE MEDIDORES (MDM)

Un software de manejo de datos de medidores o “Meter Data Management” MDM por sus siglas en inglés, se refiere al software encargado de ejecutar la gestión datos de un medidor inteligente a largo plazo debido a la extensa cantidad de datos entregados por estos equipos. Estos datos principalmente se refieren a eventos de Tiempo de Uso, eventos, bajas de voltaje o alarmas que se importan desde los concentradores de datos que administran los sistemas de la infraestructura AMI. Este software es un componente de la red inteligente que es utilizada por las empresas de servicio público.

Este software importa los datos, los valida y los procesa antes de ponerlos a disposición para la facturación mensual y el análisis de los datos; además un MDM puede generar informes de perfiles de carga, demanda, hacer informes de gestión y medidas de servicio al cliente.

También es utilizado para proporcionar interfaces de programación de aplicaciones entre el MDM y los destinos que dependen de los datos del medidor. Además, a través de este software se puede realizar reconexiones, desconexiones, verificación de estado del servicio, lecturas remotas, monitoreo de voltajes y perfiles de carga, etc.

Estos datos no solo ayudan a las empresas de servicios públicos a hacer su labor más eficiente, sino que también ayuda a los clientes a reducir costos por conceptos de energía utilizando menos energía en las horas pico. Por lo tanto, es económico y responsable con el medio ambiente.

A medida que las empresas de servicios públicos recopilan más datos a lo largo de los años, se van descubriendo nuevos aplicativos que complementan las actividades actuales de los medidores inteligentes.

Finalmente, este software puede ser utilizado en los equipos de medición de agua y de gas. Actualmente a nivel nacional solo es utilizado en la CNEL. En la unidad de negocios Guayaquil se utilizan tres MDM; una para cada tecnología de medición inteligente.

2.1.8 ESTÁNDARES UTILIZADOS

2.1.8.1 ANSI C12.1

ANSI. proviene de las siglas en inglés de American National Standards Institute, que significa Instituto Nacional Estadounidense de Estándares y llamado, el cual es una organización encargada de supervisar el desarrollo de normas para servicios, productos, procesos y sistemas en los Estados Unidos. El ANSI forma parte de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) y de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

Estos estándares se encargan de asegurar que las características y las prestaciones de los productos sean consistentes, para que las personas que los utilicen obtengan un producto de la mejor calidad y validez.

El ANSI C12.1 establece criterios de desempeño para nuevos equipos de medición de KW/hora y dispositivos auxiliares; asimismo, describe los niveles aceptables de rendimiento en servicio y dispositivos utilizados en las mediciones. También incluye información sobre estándares de medición recomendados, requisitos de las instalaciones y pruebas.

Este estándar sirve para medidores electromecánicos y un estándar de referencia directa para medidores de estado sólido de alta precisión. Este código para medición de electricidad es establecido para las compañías encargadas de suministrar equipos de medición o empresas públicas encargadas de la distribución de energía.

2.1.8.3 ANSI C12.10

Este estándar cubre los aspectos físicos de los equipos de medición de energía y sus registros asociados; también incluye clasificaciones, disposiciones de cableado interno, dimensiones del equipo, marcas y otras especificaciones generales.

2.1.8.4 ANSI C12.20

Este estándar establece los criterios de rendimiento aceptables para los equipos de medición de energía eléctrica; asimismo, contiene designaciones de clases de precisión, designación de clase actual, clasificaciones de voltaje y frecuencia, corrientes de prueba y valores nominales, dimensiones y pruebas de rendimiento aceptables para medidores de energía de 0.1, 0.2 y 0.5 de precisión que cumplan con el Teorema de Blondel.

Este estándar ha sido revisado y actualizado con la intención de que este a la vanguardia de una industria que cambia dramáticamente debido a la tecnología y asuntos regulatorios.

El teorema de Blondel indica que la potencia o la energía de un circuito de N fases puede ser medida por N elementos de medición monofásicos con los circuitos de tensión conectados en cada fase a cualquier punto común. Si el punto común es una de las fases, la energía puede ser medida por N - 1 elementos.

En un circuito n-filar la potencia activa puede medirse como suma algebraica de las lecturas de n-1 vatímetros. Este enunciado es evidente en el caso de un circuito tetrafilar con acceso al neutro de la carga. (Gutierrez, 2015)

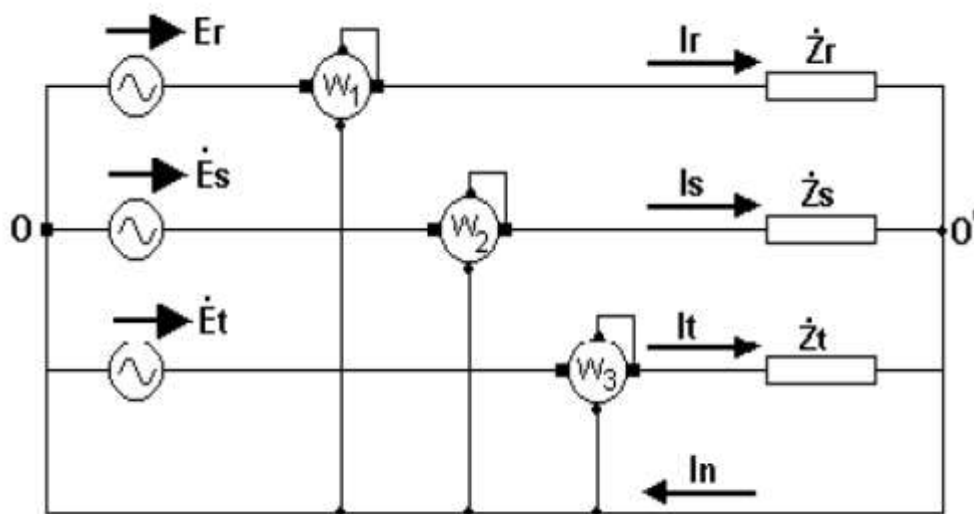


Figura 2.5 Medición por Fase con Vatímetro

Fuente: (Gutierrez, 2015) y modificada por el autor

2.1.8.5 ANSI C12.18

Este estándar detalla los criterios requeridos para habilitar la comunicación entre un equipo de medición y otro equipo, ya sea una laptop, Tablet o handheld vía puerto óptico. Asimismo, se detalla la implementación de un modelo OSI de 7 capas que son:

- Aplicación
- Presentación
- Sesión
- Transporte

- Red
- Enlace de Datos
- Física

2.1.8.6 ANSI C12.19

Este estándar indica que debe existir una estructura tipo tabla para que los datos de aplicación sean enviados entre un equipo final y cualquier otro equipo. No define los criterios de diseño del equipo ni especifica el idioma o protocolo utilizado para transportar estos datos. Las Tablas definidas en este estándar representan una estructura de datos que se utilizará para transportar los datos, no el formato de almacenamiento de datos utilizado en el Equipo Final. NSI C12.19 proporciona los modelos de datos del medidor. En una reciente resolución se produjo un mapeo de este modelo de datos a XML y XMLSchema.

2.1.8.7 ANSI C12.21

Este estándar detalla los criterios necesarios para permitir las comunicaciones entre un Dispositivo C12.21 y un Cliente C12.21 a través de un módem conectado a una red telefónica conmutada. El cliente C12.21 podría ser una computadora portátil, Tablet, handheld o un sistema de estación maestra o algún otro dispositivo de comunicaciones electrónicas. ((NEMA), 2016)

El ANSI C12.21 no especifica los requisitos de implementación de la red conmutada al módem, tampoco incluye definiciones para el establecimiento del canal de comunicación, pero fue diseñado para transportar datos en formato de tabla, cuyas definiciones se encuentran en el ANSI C12.19.

2.1.8.8 ANSI C12.22

Este estándar es uno de los más importantes en Smart Grid puesto que es el protocolo que especifica el transporte de datos en redes de comunicación con el

propósito de interoperabilidad entre módulos de comunicación y medidores de energía.

ANSI C12.22 utiliza el cifrado AES; que se refiere al esquema de cifrado por bloques, para permitir comunicaciones sólidas y seguras, incluidas la confidencialidad e integridad de los datos. Su modelo de seguridad es extensible para soportar nuevos mecanismos de seguridad. Asimismo, define servicios de mensajes que son uno de los componentes de la infraestructura AMI; A medida que las redes AMI han ido evolucionando, se han creado dominios ANSI C12.22 para dar servicio a redes de área local (HAN) y se han registrado nodos que operan en estos dominios.

Básicamente los dos modelos de implementación que rigen bajo este estándar son los medidores con un sistema de conexión de red integrado y los medidores con un módulo de comunicaciones separado. El modelo para medidores con un sistema de conexión de red integrado especifica únicamente el protocolo de aplicación del modelo OSI con la opción a implementar cualquier protocolo de la capa inferior; Mientras que, el modelo de medidores con un módulo de comunicaciones separado tiene el medidor de un extremo y la red del otro lado del módulo de comunicaciones.

La interfaz entre el módulo y el medidor se define hasta la capa Física; mientras que, la interfaz del lado del módulo y la red se define en la capa aplicación ya que la red subyacente no se encuentra dictada por la norma. Esto se hace para permitir que los módulos de comunicación puedan ser intercambiables sin dictar una red específica a la que pertenezca un módulo.

Este protocolo también describe algunos servicios de la capa Aplicación ya que todas sus funciones se manejan a través de combinaciones de estos servicios; estos son:

Tabla 2.2 Capas de Servicios de Aplicación C12.22

Petición de Identificación	Permite al medidor enviar protocolos de identificación
----------------------------	--

Petición de Lectura	Permite al medidor leer una tabla completa de datos
---------------------	---

Petición de Escritura	Permite escribir una tabla o una tabla parcial de datos
-----------------------	---

Petición de Inicio de Sesión	Permite establecer una sesión sin establecer permisos de acceso
------------------------------	---

Petición de Seguridad	Establece permisos de acceso con un password no encriptado
-----------------------	--

Petición de Cierre de Sesión	Provee una orden de cierre de sesión establecida por el servicio de inicio de sesión
------------------------------	--

Petición de Espera	Mantiene la comunicación en períodos de inactividad para evitar pérdidas de tráfico de datos
--------------------	--

Petición de Registro	Es usado para adicionar o mantener tablas de rutas
----------------------	--

Petición de Desregistro	Es usado para eliminar tablas de rutas
-------------------------	--

Petición de Respuesta	Es utilizado para recuperar la dirección de la red nativa de un nodo C12.22
-----------------------	---

Petición de Rastreo	Es utilizado como herramienta de diagnóstico para tener una lista de relays capaces de reenviar un mensaje a un nodo.
---------------------	---

Fuente: autor

2.1.8.9 IEE 802.11

El estándar 802.11 y sus distintas revisiones son muy importantes para las redes AMI ya que están dedicadas a la normalización de redes de Área Local (LAN) y en especial a sus dos niveles más bajos de la arquitectura OSI que son la capa física y la capa enlace. Asimismo, provee una transmisión de 1 o 2 Mbps en la banda de 2.4 Ghz usando una frecuencia FHSS; que se refiere a la frecuencia de espectro ensanchado por salto de frecuencia o DSSS; que se refiere al espectro ensanchado por secuencia directa. (Alegsa, 2015). Permite la conexión de cualquier dispositivo móvil (como laptops, PDA, smartphones o handhelds a una red cableada por medio de un Punto de Acceso (Access Point); haciendo posible esta conexión vía radiofrecuencia.

Estos estándares también utilizan las siguientes seguridades:

- **WEP**, por sus siglas Wired Equivalent Privacy o Privacy Equivalente al cable se refiere al algoritmo opcional de seguridad para proveer seguridad a las redes inalámbricas que se encuentra implementado en la MAC del equipo y es soportado por la mayoría de equipos inalámbricas.
- **WPA/WPA2**, por sus siglas Wi-fi Protected Access o Wi-fi de Acceso Protegido versión 1 y dos se refiere a un protocolo basado en 802.11i que consta de un sistema para proteger las redes Wi-Fi creado para mejorar las falencias que tenía el sistema WEP; en su segunda versión WPA2; se implementó el uso del cifrado AES o cifrado de encriptación avanzada para mejorar la seguridad de la red. (Antelec, 2017)

El estándar IEEE 802.11 se encuentra dividido en algunas revisiones de acuerdo a sus bandas de operación y su velocidad máxima. Algunos de ellos se analizan en la siguiente tabla:

Tabla 2.3 Familia 802.11

Protocolo	Año	Frecuencia	Tasa Máxima	Rango Máximo
802.11a	1999	5 Ghz	54 Mbps	400 pies

802.11b	1999	2.4 Ghz	11 Mbps	450 pies
802.11g	2003	2.4 Ghz	54 Mbps	450 pies
802.11n	2009	2.4/5 Ghz	600 Mbps	825 pies
802.11ac	2014	5 Ghz	1 Gbps	1000 pies
802.11ac Revisión 2	2015	5 Ghz	3.47 Gbps	10 metros
802.11ad	2016	60 Ghz	7 Gbps	30 pies
802.11af	2014	2.4/5 Ghz	26.7 Mbps- 568.9 Mbps (dependiendo del canal)	1000 metros
802.11ah	2016	2.4/5 Ghz	347 Mbps	1000 metros
802.11ax	Se espera el 2019	2.4/5 Ghz	10 Gbps	100 pies
802.11ay	Se espera el 2019	60 Ghz	100 Gbps	300- 500 metros

Fuente: (L-com, 2017) y modificada por el autor

2.1.9 TECNOLOGÍAS AMI IMPLEMENTADAS EN CNEL EP UNGYE

En la CNEL EP UNGYE se encuentran implementadas tres tecnologías AMI, divididas por zonas de la ciudad y por cantidad de consumo en ciertas zonas. Estas tecnologías constan cada una con su propio MDM o software de

manejo de datos de medidor de cada fabricante y sus propios equipos de comunicación. A continuación, se detalla las zonificaciones en la siguiente ficha:

Tabla 2.4 Ciudadelas y Urbanizaciones AMI

CIUDADELA/URBANIZACIÓN TECNOLOGÍA	
Alborada 1ra a la 14va etapa	Elster
Altagracia	Elster
Todas las urb. De la vía a la costa	Elster
Lago de capeira	Elster
Ciudad colón	Elster
La cogra	Elster
La fuente	Elster
La herradura	Elster
Bellavista	Elster
Cumbres de los ceibos	Elster
Los olivos	Elster
Santa Cecilia	Elster
Saint Galén	Elster
Goleta Alcance	Elster
Garzota	Elster
Ceibos	Elster
Centro de la ciudad (límite al norte de la Calle Loja, sur calle clemente Ballén, este, calle malecón simón bolívar, oeste calle Bóyaca)	Itron
Cdla. La saíba	Itron
Cdla. Centenario sur	Itron
Barrio del seguro	Itron
Grandes consumidores	Itron

Álamos 1, 2 y 3	General electric
Albatros	General electric
Atarazana	General electric
Bosques del salado	General electric
Cdla. Guayaquil	General electric
Todas las Kennedy	General electric
Lomas de Urdesa	General electric
Portón de lomas	General electric
Rio guayas club	General electric
Sagrada familia	General electric

Fuente: autor

Adicionalmente la CNEL EP UNGYE tiene implementados algunos centros comerciales y edificios inteligentes en algunas zonas de Guayaquil; siendo estos los siguientes:

Tabla 2.5 Edificios AMI

NOMBRE	TECNOLOGÍA	NOMBRE	TECNOLOGÍA
C.C. ALBÁN BORJA	ELSTER	EDIFICIO FINANSUR	ITRON
CLÍNICAALBOKENNEDY	ELSTER	EDIFICIO INDUAUTO	ITRON
C.C. AVENTURA PLAZA	ELSTER	C.C. MALL DEL SOL	ITRON
C.C. BLUECOAST	ELSTER	EDIFICIO INDUAUTO	ITRON
EDIFICIO BLUE TOWERS	ELSTER	EDIFICIO MEKANOS	ITRON
C.C. CEIBOS CENTES 1 Y 2	ELSTER	C.C. MALL DEL SUR	ITRON
C.C. CEIBOS SHOPPING	ELSTER	C.C.	ITRON

		MULTICOMERCIO	
EDIFICIO CENTRUM	ELSTER	C.C. PASEO SHOPPING	ITRON
C.C. CITYMALL	ELSTER		
C.C. DICENTRO	ELSTER	C.C. PLAZA TIA	ITRON
C.C. DIMUNDO			
EDIFICIO ELITE BUILDING	ELSTER	C.C. RIOCENTRO SUR	ITRON
EDIFICIO EQUILIBRIUM			
EDIFICIO EXECUTIVE CENTER	ELSTER	C.C. SAI BABA 1	ITRON
C.C. GARZOCENTRO 2000			
HOTEL HILTON COLÓN	ELSTER	EDIFICIO THE POINT	ITRON
EDIFICIO LAS CÁMARAS		TORRE MÉDICA ALCÍVAR	ITRON
C.C. LA ROTONDA	ELSTER		
C.C. CITYMALL		EDIFICIO ASTILLERO	ITRON
C.C. MALL DEL SOL	ELSTER		
C.C. MALL DEL FORTÍN		EDIFICIO BARLOVENTO	ITRON
OMNIHOSPITAL	ELSTER		
C.C. PLAZA ORELLANA		EDIFICIO TORREÓN	ITRON
C.C. PLAZA CEIBOS	ELSTER		
C.C. PLAZA TRÍANGULO		EDIFICIO SOTAVENTO	ITRON
C.C. POLICENTRO	ELSTER		

C.C. RIOCENTRO LOS CEIBOS		EDIFICIO LOS SILOS	ITRON
C.C. RIOCENTRO NORTE	ELSTER		
CLÍNICA SAN FRANCISCO			
C.C. TERMINAL TERRESTRE		EDIFICIO LA PREVISORA	ITRON
	ELSTER		
WORLD TRADE CENTER			

Fuente: autor

2.1.9.1 AMI ELSTER

La tecnología Elster fue implementada en la ciudad a finales del año 2010 empezando con un piloto en la Vía a la Costa; en la actualidad se encuentran sus equipos instalados en gran parte de Guayaquil.

Esta Infraestructura funciona con un software de manejo de datos de medidores llamado Energyaxis (abreviado EA_MS), su arquitectura consta de una red de comunicación Mesh también llamada EA_LAN, una WAN, el software de propietario MDM y se puede implementar una red HAN del lado del cliente final. Estos componentes se pueden encontrar analizados en la siguiente figura:



Figura 2.6 Infraestructura AMI ELSTER

Fuente: autor

Esta arquitectura consta de equipos de medición y de comunicación que son detallados a continuación:

2.1.9.1.1 Medidor REX2

Este equipo de medición es utilizado principalmente en clientes residenciales e incluye una memoria mejorada, capacidad de actualización vía remota y capacidades adicionales para soportar las necesidades de la red inteligente, como la supervisión de interrupciones de voltaje. El medidor REX 2 puede funcionar como endpoint y como Gateway en una red HAN, compatible con las comunicaciones ZigBee de 900 MHz y 2.4 GHz.

La carcasa del medidor se encuentra montada en un socket con sensores de voltaje y corriente con un potente motor de medición basado en un microprocesador; tiene la capacidad de procesar y almacenar datos de medición. Además del acceso remoto a los datos mediante el sistema MDM, el medidor también muestra los datos de medición localmente en una pantalla LCD integral.

Los medidores REX2 incluyen un transceptor integral de espectro de propagación de salto de frecuencia (FHSS) diseñado por el fabricante que opera en la banda sin licencia de 900 MHz. Este módulo de 900 MHz proporciona un

excelente rango de comunicaciones y penetración, lo que permite que el medidor REX2 actúe como un endpoint bidireccional inteligente en la red de área local (EA_LAN).

El medidor REX2 ofrece una plataforma flexible que proporciona funciones de medición que incluyen medición bidireccional de energía y potencia real/alternativa, medición de tiempo de uso (TOU), registro de datos de intervalos y precios de nivel crítico.



Figura 2.7 Medidor REX2

Fuente: autor

2.1.9.2 Equipo colector o Gatekeeper

Este equipo actúa como puente entre la red LAN y la WAN, estos equipos una vez instalados y alimentados configuran automáticamente la red LAN. El proceso de registro puede ser iniciado por el colector o por cualquier medidor dentro de la LAN. Este proceso es iniciado automáticamente y no necesita de intervención manual. Debido a que todos los dispositivos dentro de la LAN pueden actuar como equipos repetidores, el colector puede crear una red bidireccional que funcione alrededor de obstrucciones en la comunicación.

Cada colector recopila y guarda los datos y las lecturas de sus dispositivos registrados y maneja el 900 MHz RF LAN (EA_LAN). Los gatekeepers cargan los datos en el EA_MS mediante una WAN pública o privada de forma programada o a petición. Cada REX2 y A3_ILN actúa como repetidor que retransmite los datos del dispositivo desde dispositivos descendentes o

descendientes hasta el portero. Cuando se bloquea la capacidad de transmisión RF de un repetidor, el colector determina que algo está mal e inicia un análisis de nodo. El análisis de nodo reconstruye la LAN y redirige las rutas de comunicación. El EA_MS se comunica con el colector para descargar la información de facturación y los datos de intervalo, emitir comandos, proporcionar capacidades de generación de informes y generar archivos XML para sistemas de información de clientes posteriores.

El sistema EnergyAxis admite hasta 16 niveles (o saltos) de repetidores, creando una red robusta y de recuperación automática. El colector es responsable de determinar el nivel de comunicación para cada dispositivo, y almacena la ruta de comunicación para ayudar a mantener la integridad de la red; es un equipo multivoltaje que va instalado en postes de Alumbrado Público o fachadas y que puede funcionar a 120 o 240v y tiene la capacidad de registrar hasta 2500 medidores y tiene instalada en su carcasa una batería interna que entra a funcionar en caso de una pérdida de voltaje y funcionar sin energía hasta 24 horas.



Figura 2.8 Colector Elster

Fuente: autor

Estos equipos funcionan con un módem 3G o GPRS (General Packet Radio Service) que va acoplado a su carcasa, estos módems son equipos robustos que son programados para reiniciarse automáticamente. Sin embargo, a veces tienen inconvenientes de latencia y pérdida de paquetes o inhibición ya que

dependen del servicio de la operadora CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones) provisto a través de una tarjeta sim.



Figura 2.9 Modem GPRS

Fuente: autor

Entre las principales funciones del colector o gatekeeper se puede mencionar las siguientes:

- Registrar y Administrar elementos de Red.
- Difundir el Tiempo.
- Leer datos de registro de los medidores y almacenar las lecturas más recientes.
- Leer datos de intervalos de determinados medidores (Programado desde el MDM)
- Leer datos de voltaje de determinados medidores y almacenar los más recientes (Programado desde el MDM)
- Procesar excepciones de nodo, como interrupción, restauración, manipulación, etc.

2.1.9.3 EnergyAxis (EA_MS)

Es un aplicativo que sirve como consola de comandos de servicios públicos para un despliegue y funcionamiento rápido y fiable de SmartGrid. Administra, supervisa y proporciona sólidas capacidades de generación de informes para las comunicaciones de red inteligente de servicios públicos y los elementos de red. El EA_MS utiliza protocolos estándar de la industria para interactuar con sistemas empresariales de servicios públicos, lo que facilita la interoperabilidad perfecta y la inteligencia empresarial. Los datos recopilados y gestionados por EA_MS permiten la modernización de la red, la respuesta a la demanda y otras funciones de administración de dispositivos de aplicaciones de red inteligente necesarias para administrar cualquier infraestructura de medición (AMI) avanzada.

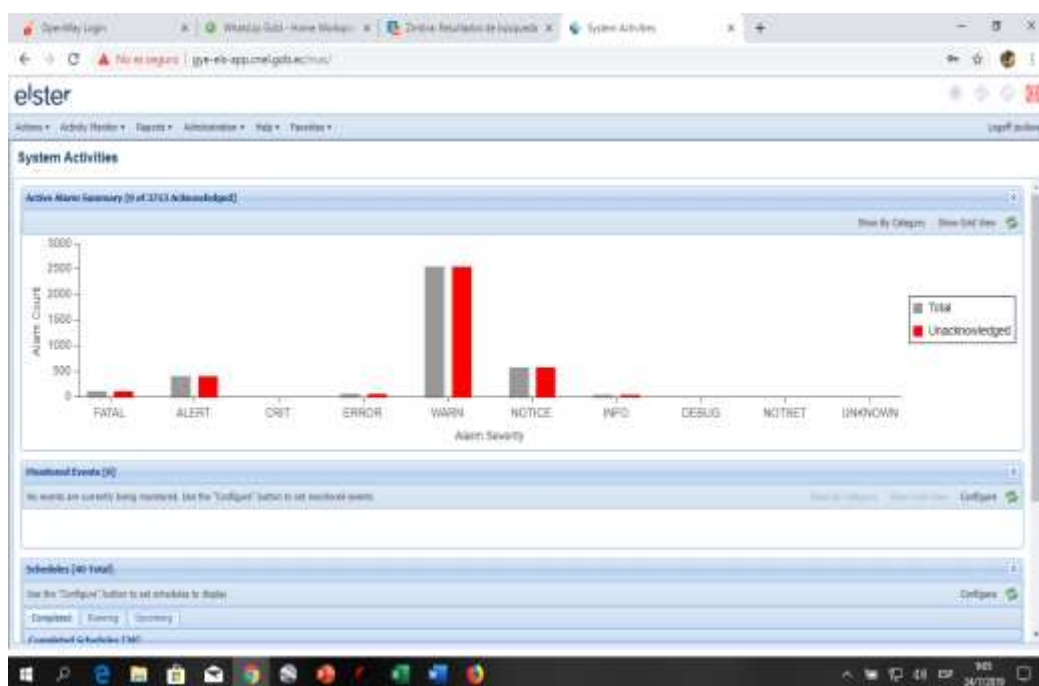


Figura 2.10 Pantalla de Inicio EnergyAxis

Fuente: portal del EA_MS

El EA_MS automatiza la recopilación de datos y otros procesos para dispositivos y se accede de forma remota a través de WAN pública para aplicaciones comerciales e industriales y residenciales. EA_MS admite procesos empresariales de servicios públicos para facturación, protección de ingresos de

respuesta a la demanda, servicio al cliente, gestión de activos, automatización de distribución y gestión de carga. Implementa funciones clave de administración de red e informes operativos para la red de porteros y su red inalámbrica de dispositivos.

Todos los datos de facturación se leen de medidores o gatekeepers. Esto incluye canales de datos de intervalo, consumo, demanda, registros de tiempo de uso (TOU) e indicadores de estado del dispositivo. EA_MS proporciona datos recopilados en archivos de texto que utilizan un formato XML abierto, formato de intercambio de datos AMR (AMRDEF). Este formato XML permite el intercambio de datos entre EA_MS y otros sistemas empresariales (por ejemplo, sistema de facturación e información del cliente [CIS]).

El software lee los datos y realiza las operaciones en estos dispositivos a través de los colectores. Los datos leídos del medidor pueden incluir los datos guardados en la memoria del colector, así como los datos de cualquier dispositivo registrado al mismo. EA_MS puede realizar operaciones de paso a través (servicio de conexión/desconexión) y, a petición, lee utilizando el colector para comunicarse con dispositivos específicos.

2.1.9.2 AMI ITRON

Esta tecnología AMI fue implementada en la ciudad de Guayaquil a inicios del año 2012, en su periodo inicial fue concebida únicamente para ser utilizada en la zona central de Guayaquil, en el casco comercial; sin embargo, al demostrar ser una infraestructura robusta se decidió implementarla en otras zonas de la ciudad.

Esta infraestructura cuenta con su propio software MDM de propietario llamado OpenWay, y funciona también con sus propios equipos de medición y comunicación detallados a continuación.

Overview of the OpenWay Network

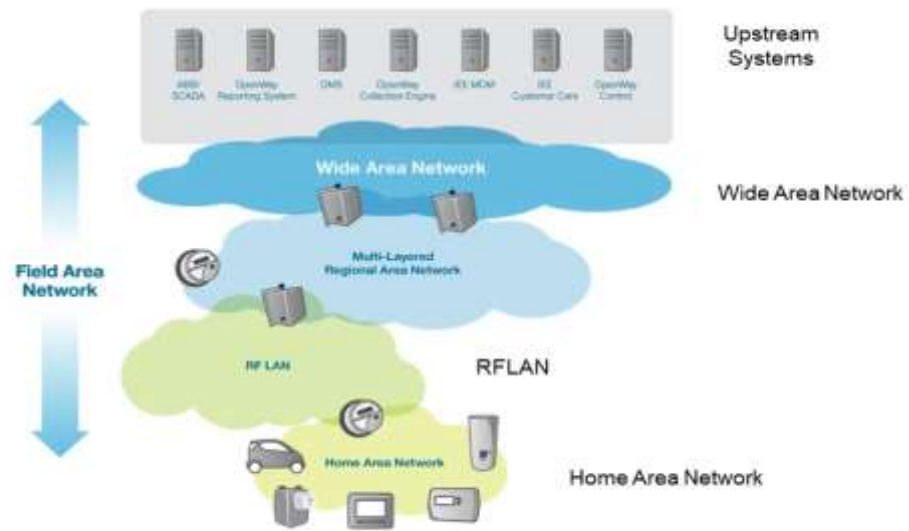


Figura 2.11 Arquitectura AMI Itron

Fuente: autor

2.1.9.2.1 Medidor Centron

El medidor Centron es un equipo de medición compatible con los estándares ANSI C12.19 Y C12.22 para el almacenamiento y transporte de datos de registro a través de una red, proporcionando un enfoque seguro y de estándares abiertos para la recopilación de datos y las comunicaciones con el medidor. Además, cada medidor viene equipado de fábrica con un chip de radio ZigBee para proporcionar una vía de comunicación integrada al hogar para la presentación de datos, el control de carga y la respuesta a la demanda. Este equipo proporciona una sólida capacidad de almacenamiento de datos para soportar precios de tiempo de uso, datos de perfil de carga y otras aplicaciones de uso intensivo de datos, así como el conjunto de características más avanzado disponible para admitir los requisitos de "Smart Grid". Estas características incluyen comunicación bidireccional completa, detección de cortes de energía y notificación de restauración, monitoreo de voltaje, detección automática de manipulación y robo, así como la capacidad de reprogramar el medidor de forma remota y cargar nuevo firmware a través de la red.



Figura 2.12 Medidor Centron

Fuente: autor

2.1.9.2.2 MDM Openway

Este software de manejo de datos de medidores incluye tres tecnologías de comunicación distintas y dos protocolos de comunicación.

Utiliza el protocolo ANSI C12.22 como comunicación desde el software hasta el medidor. Los servicios web se usan para comunicarse desde el motor de recopilación a todas las aplicaciones ascendentes; las tecnologías de comunicación utilizadas son las siguientes:

- TCP/IP se utiliza para comunicarse entre el equipo colector y el MDM
- RFLAN se utiliza para comunicarse entre el medidor y el colector
- ZigBee se utiliza para comunicarse entre dispositivos domésticos de una red HAN y módulos de gas.

Y entre las funciones que se puede realizar con este aplicativo se detallan las siguientes:

- Interrogatorios (lectura periódica a través de la red) programada por el usuario.
- Recopilación de datos de intervalos cada 5 minutos desde medidores residenciales, programadas por el usuario.
- Lecturas interactivas de medidores
- Facturación TOU (Tiempo de Uso)

- Precios de pico Críticos
- Conexión y Desconexión Remota del medidor
- Restauración y Gestión de interrupciones del servicio eléctrico
- Programación y Actualización vía remota de los medidores
- Actualizaciones de firmware vía remota
- Alarmas de Movimiento y Hurto de Energía en Tiempo Real
- Verificaciones de voltaje de lado de la carga en tiempo real



Figura 2.13 Pantalla de Inicio Openway
Fuente: portal del Openway

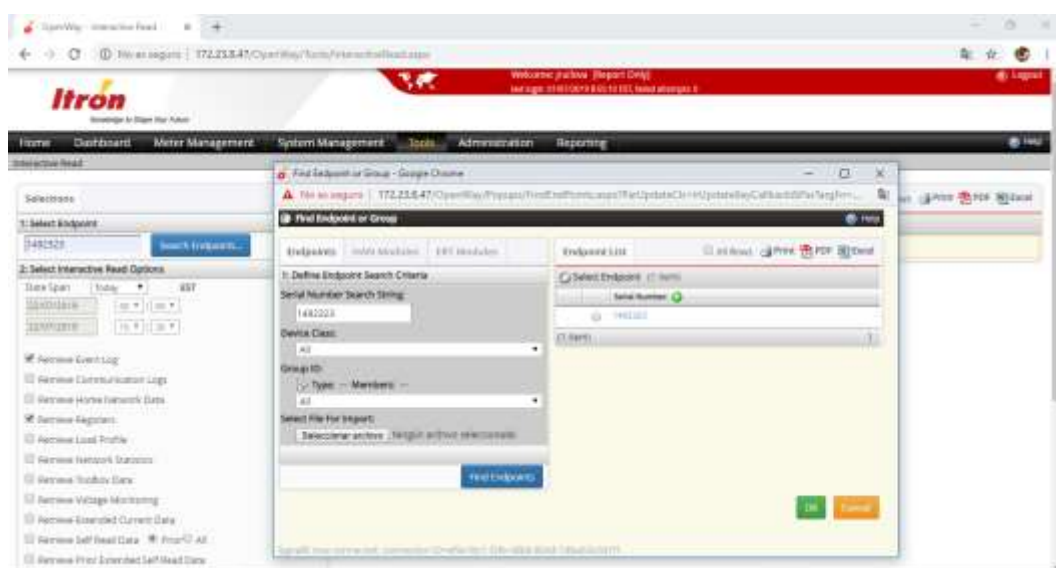


Figura 2.14 Pantalla de Administración de Datos de Medidores
Fuente: portal del Openway

En la figura 2.14 se ve la pantalla de Administración de Datos de medidores de este software, que permite realizar acciones a medidores tales como peticiones de lectura en línea, Logs de Comunicación, Monitoreos de Voltaje o Corte y Reconexión Vía Remota.

2.1.9.2.3 Itron Openway Cell Relay

El Equipo colector de datos de esta tecnología se conoce como Cell Relay, este equipo funciona como un router intercambiando datos entre el MDM y los medidores a través del protocolo TCP/IP y la red de área local de radiofrecuencia (RFLAN). Asimismo, este equipo admite una variedad de diferentes opciones de comunicaciones IP Blackhaul. La diferencia de este equipo con las otras dos tecnologías es que es el único que consta de un módulo celular acoplado a su carcasa, pudiendo ser utilizado con Ethernet, GSM/3G o CDMA; en la CNEL EP UNGYE se utiliza con un chip de CNT. Este equipo también es multivoltaje, pudiendo ser alimentado a 120 o 240 voltios y también consta de una batería que entra a funcionar si el equipo deja de recibir energía, funcionando de manera autónoma por un lapso de tiempo de hasta 4 horas. Adicionalmente este equipo consta de dos antenas Zigbee, las cuáles sirven para poder configurar el equipo sin la necesidad de subirse al poste donde se encuentra instalado, revisándolo únicamente con una toughbook o laptop que tenga instalado el software de propietario para revisar el equipo.



Figura 2.15 Colector Itron Openway visto por fuera y en su interior
Fuente: autor

2.1.9.3 GENERAL ELECTRIC

Esta infraestructura AMI difiere mucho de las anteriores, ya que en el caso de esta tecnología, el equipo de medición es de la marca General Electric, pero la tarjeta de comunicación que permite la interacción con la LAN y con los medidores es de marca Trilliant; adicionalmente esta arquitectura trabaja en 2,4 GHZ, a diferencia de las anteriores que funcionan a 900 MHZ.

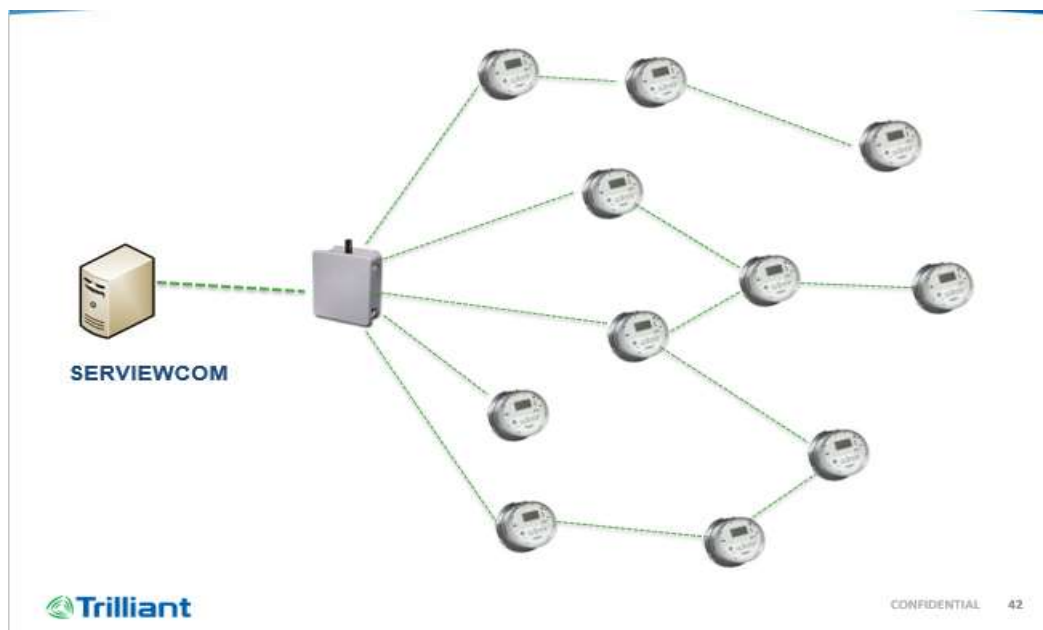


Figura 2.16 Arquitectura AMI GE

Fuente: autor

Los equipos de medición constan de una tarjeta de red de marca Trilliant, un puerto óptico para su configuración en campo por medio de una Tablet o una pc, pudiendo habilitar el modo alterno del equipo o asignando funciones al display y un led, que se ilumina de color rojo cuando no tiene comunicación con la red y de color verde cuando comunica correctamente; estos equipos también están compuestos por un contactor que se abre y se cierra vía remota para conectar o desconectar el servicio de energía eléctrica.



Figura 2.17 Medidor General Electric

Fuente: autor

Los equipos colectores son los que se encargan de posibilitar la comunicación entre los equipos de medición y el MDM de la marca llamado **SERVIEWCOM**; estos equipos son multivoltaje, pudiendo ser conectados a 120 o 240v. Además, cuentan con una antena adicional que posibilita la gestión en campo vía zigbee a través de una Tablet o PC para evitar subirse al poste donde se encuentran instalados. También disponen de una batería que entra a funcionar cuando el equipo deja de recibir energía manteniéndolo encendido por un lapso máximo de 8 horas.

Estos colectores también necesitan de un modem conectado a su carcasa a través de un cable de red para poder tener comunicación con la LAN.

El MDM de esta arquitectura se llama **Serviewcom**, y es el encargado de la gestión de datos de medidores y equipos dentro de la red. Entre las funciones que se puede realizar con este software se detallan las siguientes:



Figura 2.18 Colector Trilliant

Fuente: autor

- Creación de usuarios del sistema
- Asignar o Denegar Permisos
- Adicionar Colectores
- Adicionar o Quitar Medidores
- Crear Períodos de Toma de Lectura y Facturación
- Búsqueda de Equipos dentro de la Red
- Conexión y Desconexión Vía Remota
- Toma de Lecturas en Línea
- Gestionar Alarmas y Logs
- Actualizar Firmware de Equipos
- Descargar Reportes



Figura 2.19 Pantalla de Inicio Serviewcom

Fuente: portal del Serviewcom

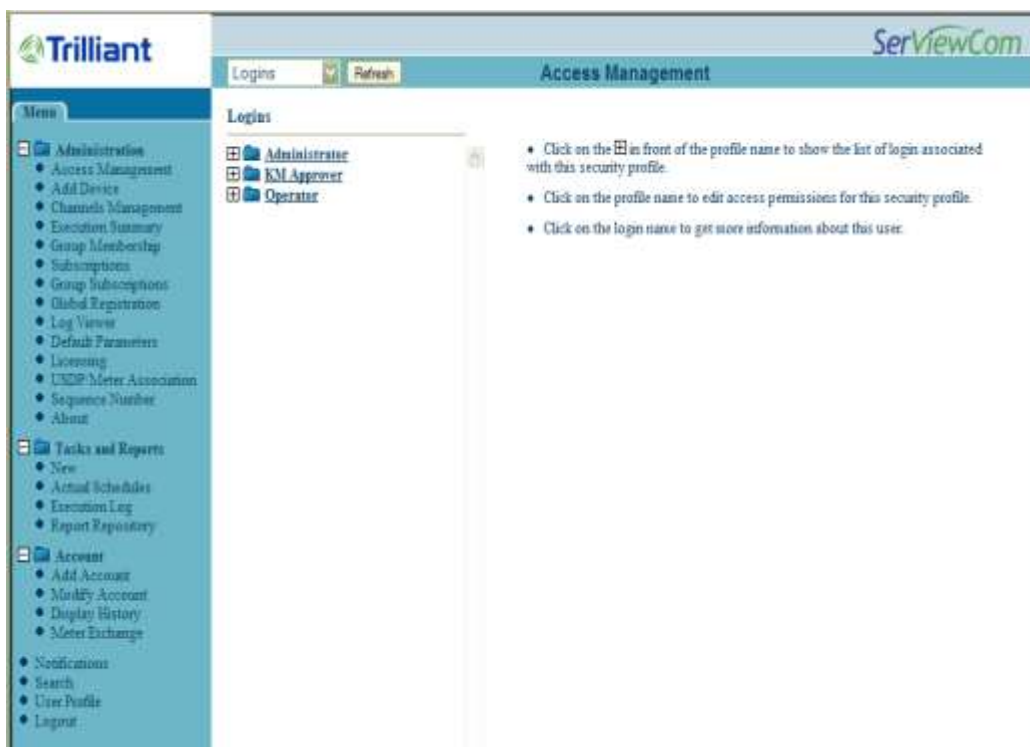


Figura 2.20 Pantalla de Acciones a Medidores

Fuente: autor

En la figura 2.20 se observa las pestañas abiertas de la cantidad de acciones que se puede hacer en este sistema, ya sea administración de usuarios, reportes o acciones a medidores y equipos de comunicación.

CAPITULO 3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MDM MULTITECNOLOGÍA Y MEJORA DE SU RED.

3.1 GENERALIDADES

Cada tecnología AMI implementada en la CNEL EP UNGYE consta de sus propios equipos de comunicación, colectores y medidores y de su propio software de manejo de datos de los medidores de propietario, lo que dificulta la rápida gestión y monitoreo de los medidores debido a la creciente demanda de usuarios nuevos en la ciudad. Se necesita de muchos colaboradores que estén monitoreando cada arquitectura y gestionando reportes y alarmas de cada sistema, lo que ocasiona lentitud en los tiempos de respuesta, reclamos por inconvenientes con el servicio y necesidad de más personal. Además de esto, los enlaces de las tres tecnologías cuentan con un servicio de red celular para sus LAN provisto por la compañía CNT. Este servicio tiene mucha latencia y existen zonas donde no hay cobertura. Es ahí cuando surge la necesidad de mejorar la red mesh LAN y optimizar recursos integrando las tres tecnologías en un solo sistema.

3.2 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA EDRA

En la CNEL EP UNGYE dentro del área de concesión se puede lograr un mejor servicio a través de la implementación del Edra para el control de energía, con esta herramienta se permitirá la integración de las tres tecnologías AMI existentes en la empresa que son ITRON, ELSTER y GENERAL en una sola interfaz web, además se podrá vincular con las vistas del sistema comercial para obtener datos en línea de todos los abonados.

Este sistema permitirá tener funcionalidades como el monitoreo de eventos y alarmas, cortes y reconexiones remotas a medidores puntuales, reporte de lecturas, reporte con gráficas de perfiles de carga y facturación de clientes masivos y grandes consumidores.

El EDRA constará de algunos módulos para diferentes funciones del sistema de acuerdo a los privilegios que se asigne a cada usuario que va a utilizarlos. Estos módulos se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3.1 Módulos EDRA

Módulo	Función
Monitoreo	Muestra Estadísticas de Medidores con problemas de comunicación
Medidores	Búsqueda de medidores por nombre y número del equipo
Grandes Clientes	Se puede realizar seguimiento de consumos a Clientes Industriales
Procesos	Módulo de Administración de Logs y Usuarios
Alarmas	Se gestiona las alarmas de medidores AMI
Reportes	Módulo de Reportería
Control de Pérdidas	Módulo de Control de Infracciones y Multas
Mantenimiento	Módulo de Purgado de Datos y Optimización

Fuente: autor

Este aplicativo consta de un componente central formado por uno o dos servidores dependiendo de la implementación y los requerimientos de la institución con un conjunto básico de módulos que hacen posible importar, guardar, hacer disponible y respaldar la información proveniente del sistema comercial y de las arquitecturas AMI de la empresa. El Core Server es el componente principal de esta plataforma y está basado en Linux, lo que garantizará un alto esquema de seguridad, escalabilidad y confiabilidad. Su sistema de administración está basado en Windows e implementa seguridades para que se puedan crear jerarquías de usuarios para el control de acceso a los sistemas.

El sistema de monitoreo de red Mesh (LAN) está basado en Windows y contiene un sistema de información geográfica nativa, este sistema expone los elementos de la red en diferentes niveles acompañado de cuadros estadísticos por nivel geográfico de análisis.

El diseño del sistema permite realizar análisis y búsquedas drill-down de elementos hasta llegar al elemento deseado, además permite obtener información en línea de los parámetros leídos por determinada petición del usuario. Esta información puede ser vista a nivel de gráficos o reportes exportables. Es posible también obtener información del comportamiento histórico de los elementos monitoreados que se encuentran dentro de la red.

Su interface gráfica está basada en GIS, creando un entorno visual amigable al usuario.

Esta plataforma permitirá ingresar con un usuario y contraseña creada para cada usuario en específico, y el administrador del software podrá quitar o añadir privilegios a cada usuario.



Figura 3.1 Pantalla de Inicio EDRA

Fuente: CNEL EP UNGYE

Gracias a que este software se encontraría integrado con el sistema comercial de la empresa CNEL EP UNGYE, se podrá hacer búsqueda de clientes

por número de medidor o nombre del cliente, independientemente del tipo del medidor AMI que se encuentre instalado.

Figura 3.2 Búsqueda por Medidor EDRA

Fuente: CNEL EP UNGYE

En la figura 3.2 se aprecia como el ejemplo del número de medidor 1139810, en la siguiente pantalla se puede visualizar información general del cliente como la marca de su medidor instalado, el ciclo de facturación, el nombre de la cuenta, su dirección, e inclusive datos del consumo del cliente, así como su posicionamiento geolocalizado gracias a las coordenadas. Además, también se pueden ver alarmas y mensajes de alerta del medidor.

Datos de Cliente y Medidor		Ubicación	Eventos y Alarmas	Consumos
DATOS DE CLIENTE				
CODIGO MEDIDOR	6682022			
NUMERO MEDIDOR	1139810			
CODIGO CUENTA	976551			
CICLO	83			
NOMBRE CUENTA	MULTIOPTICAS INT.ECUADOR S.A.			
DIRECCION	AV 25 DE JULIO L.P, TM# 3 LOCAL.221 PA 22 MALL DEL SUR			
MARCA	ITR			
MODELO	EZLV			
LAT	-2.22989290794542			
LNG	-79.8991100886035			
ESTADO SUMINISTRO				
DEUDA	0			
ANTIGUEDADDEUDA	0			
DATOS DE MEDIDOR				
CODIGO MEDIDOR	6682022			
NUMERO MEDIDOR	1139810			
CODIGO CUENTA	976551			
CICLO	83			
CODIGO MARCA	ITR			
CODIGO MODELO	EZLV			
CODIGO SERVICIO	728			
NUMERO COLECTOR				
FACTOR MULTIPLICADOR	1			

Figura 3.3 Pantalla de Información General

Fuente: CNEL EP UNGYE

En la pestaña de consumos se puede ver los valores que consume el cliente mensualmente, pero también generar reportes, como los que se presentan a continuación:

- **Perfiles de Energía (Activa/ Reactiva);** en este reporte se visualiza una gráfica de los valores de Energía Activa / Reactiva expresados en KWH versus fecha y hora en intervalos de 15 minutos. La gráfica proporciona adicionalmente el total de Energía y el valor máximo de Energía Activa y Energía Reactiva dentro del rango de fecha seleccionado por el usuario del sistema.

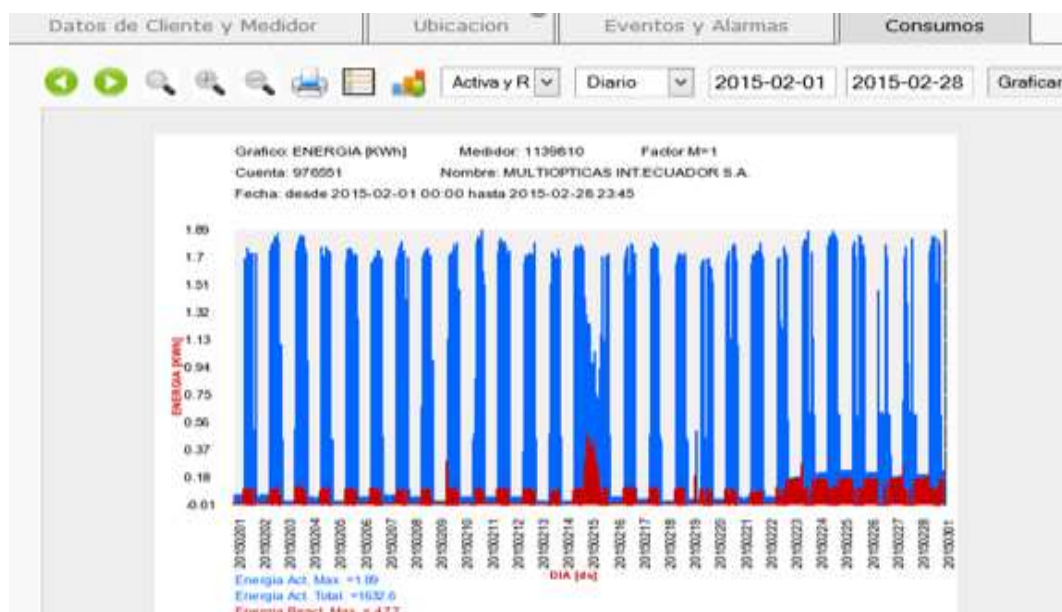


Figura 3.4 Pantalla Perfiles de Energía

Fuente: CNEL EP UNGYE

Estos valores pueden ser presentados en pantalla o inclusive pueden ser exportados a un archivo de Excel (.xls) para revisión, monitoreo o análisis. También se puede poner un rango de fecha deseada.

Estos reportes también pueden ser generados por el usuario del sistema de manera personalizada, ya sea diaria, mensual o semanal, según lo requerido.

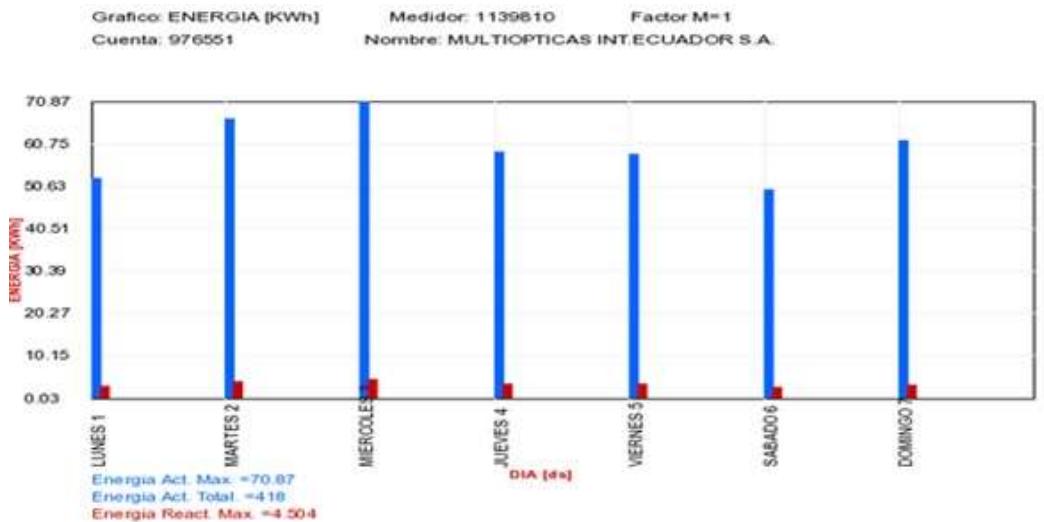


Figura 3.5 Gráfico Semanal de Consumos

Fuente: CNEL EP UNGYE

- **Reporte de Lecturas y Consumos (Billing);** Esta opción permitirá generar un reporte con las lecturas diarias de los medidores AMI reflejando el valor de la Lectura diaria expresada en KWH y el valor de consumo diario en KWH realizando la operación de la diferencia entre lectura actual menos lectura anterior automáticamente.



Figura 3.6 Reporte Billing

Fuente: CNEL EP UNGYE

En la pestaña de “Ubicación” se ve en donde se encuentra instalado el medidor de acuerdo a su geo- referencia, esto es de gran ayuda para enviar unidades a la revisión en sitio del cliente, si se desconoce la dirección donde se encuentra ubicado o facilitando llegar al cliente pudiendo resolver el problema que este tenga con mayor facilidad. Esto es posible gracias a que el sistema puede leer archivos .kml alojados en el sistema comercial.



Figura 3.7 Pestaña de Ubicación del Cliente
Fuente: CNEL EP UNGYE

La pestaña de “Alarmas” visualiza un historial de lo que ha sucedido con este medidor, pudiendo agilizar el proceso de toma de decisiones y evitar la necesidad de acudir a otro software MDM.

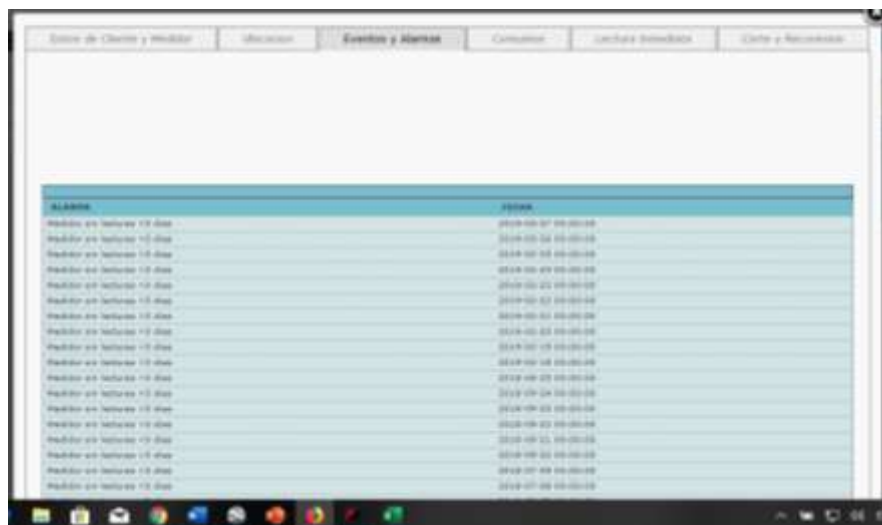


Figura 3.8 Pantalla de Alarmas
Fuente: CNEL EP UNGYE

En la pestaña de “Lectura Inmediata” se puede solicitar al medidor una lectura actual, y también datos de instrumentación.



Figura 3.9 Pestaña Lectura Inmediata

Fuente: CNEL EP UNGYE

Finalmente, en la pestaña de “Corte y Reconexión” se verifica si el medidor tiene una orden de Corte o se ha quedado encolado para una reconexión.

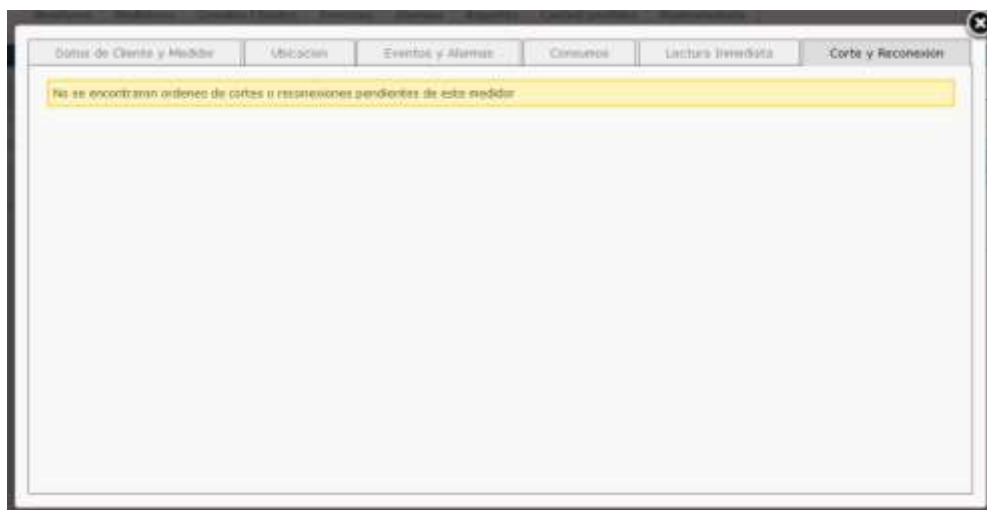


Figura 3.10 Pestaña Corte y Reconexión

Fuente: CNEL EP UNGYE

Este aplicativo permite la interacción con todas las arquitecturas AMI en una sola aplicación, pudiendo gestionar reportes y alarmas, cortes y reconexiones de una manera mucho más óptima y ágil.

El módulo de monitoreo permite tener una vista por porcentajes de la cantidad de medidores no leídos de determinado sistema, lo que agiliza la resolución de inconvenientes de comunicación instalando nuevos colectores o cambiando el equipo de medición.



Figura 3.11 Módulo de Monitoreo

Fuente: CNEL EP UNGYE

Finalmente, el módulo de alarmas permitirá reportar novedades en los diferentes niveles de control y bajo diferentes esquemas de agrupamiento, tales como sectores o tableros. Es una excelente herramienta que muestra rápidamente los indicadores de eficiencia y operación de la red.

Provee una herramienta para efectuar un eficiente monitoreo de los elementos de red basado en umbrales parametrizados bajo diferentes tipos de protocolos o estándares.

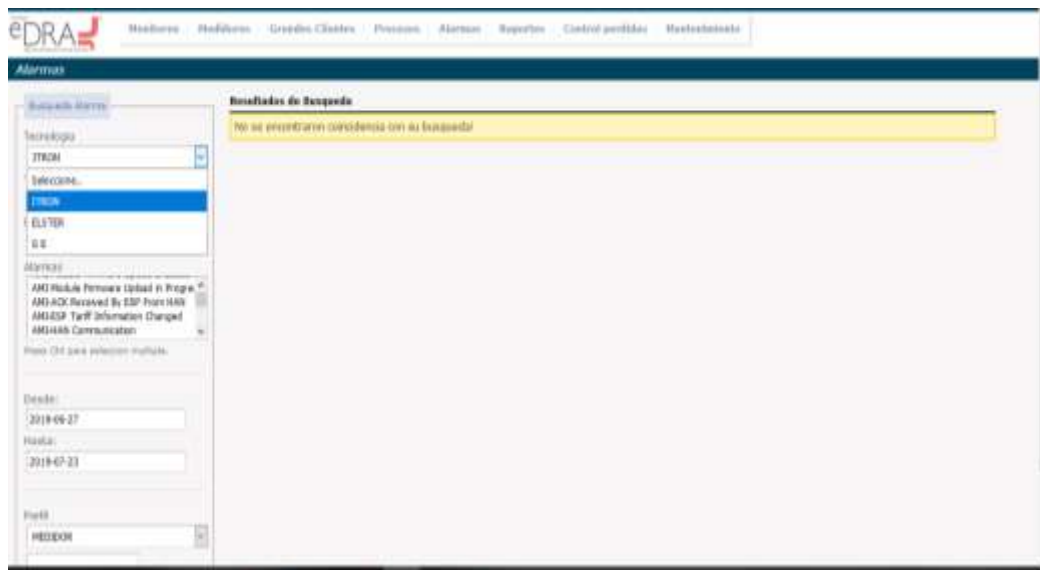


Figura 3.12 Módulo de Alarmas

Fuente: CNEL EP UNGYE

Esta herramienta permite ver todos los tipos de alarmas no solo en los medidores sino también en los equipos colectores, agilizando el tiempo de respuesta a fallos en la red.

3.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA

Actualmente las tres tecnologías AMI implementadas en la CNEL EP UNGYE tienen comunicación con la red WAN gracias a un módem robusto marca **Inhand**, GPRS (2G) o 3G instalado en los colectores con un cable de red que va hasta la tarjeta de comunicación del equipo; y en el caso de Itron con un chip instalado en la tarjeta de red del equipo colector. Este servicio es provisto por la empresa CNT.

En zonas donde existe poca cobertura esto ocasiona latencia en la señal y pérdidas de comunicación, estos equipos se inhiben fácilmente cuando se realiza pedidos de lectura masiva y debe ir una unidad del Departamento de Telemetría a resetear el equipo. Esto ocasiona retrasos en la facturación y lentitud en los procesos de monitoreo.



Figura 3.13 Colector AMI con Modem Inhand

Fuente: Autor

Al implementar una red inalámbrica con equipos G-PON en los colectores, se mejoraría el ancho de banda y la operatividad de los mismos. Además, se tendría una mejor calidad de servicio, mayor rapidez y se aprovecharía la infraestructura ya implementada en la CNEL EP UNGYE. Adicionalmente, se mejoraría la estética y se facilitaría la manipulación de los equipos colectores instalados en poste, ya que el equipo GPON se instalaría en una caja metálica debajo de los colectores.

GPON viene de las siglas en inglés “Gigabit Capable Passive Optical Network” lo que significa Red Óptica Pasiva con capacidad Gigabit. Es una tecnología que utiliza cableado de fibra óptica para llegar al cliente final; lo que permite una mayor velocidad de transmisión de datos a través de una sola fibra. (Iptel, 2016)

CAPITULO 4 PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 PRUEBAS SISTEMA EDRA

Se realizó un pedido en línea en el sistema EDRA de una estadística de medidores no leídos del ciclo 50 correspondiente a medidores instalados dentro de las de las zonas Tanca Marengo-Vía a Daule, se escogió esta zona porque convergen dos tecnologías AMI. Esto se puede visualizar en la figura 34:

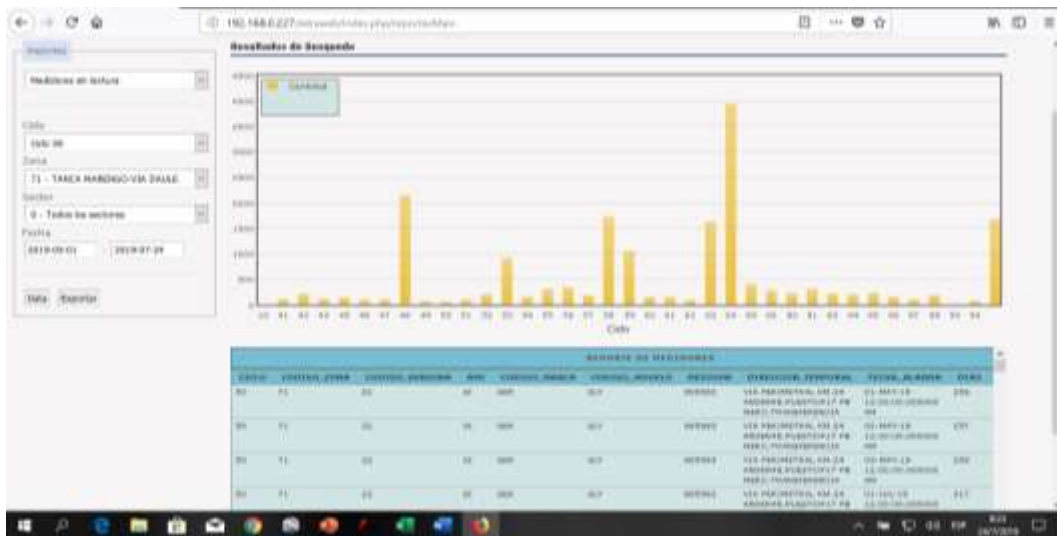


Figura 4.1 Reporte de Medidores No Leídos

Fuente: autor

A continuación, se exportó estos datos a una tabla de Excel, como se puede ver en la figura 4.2.

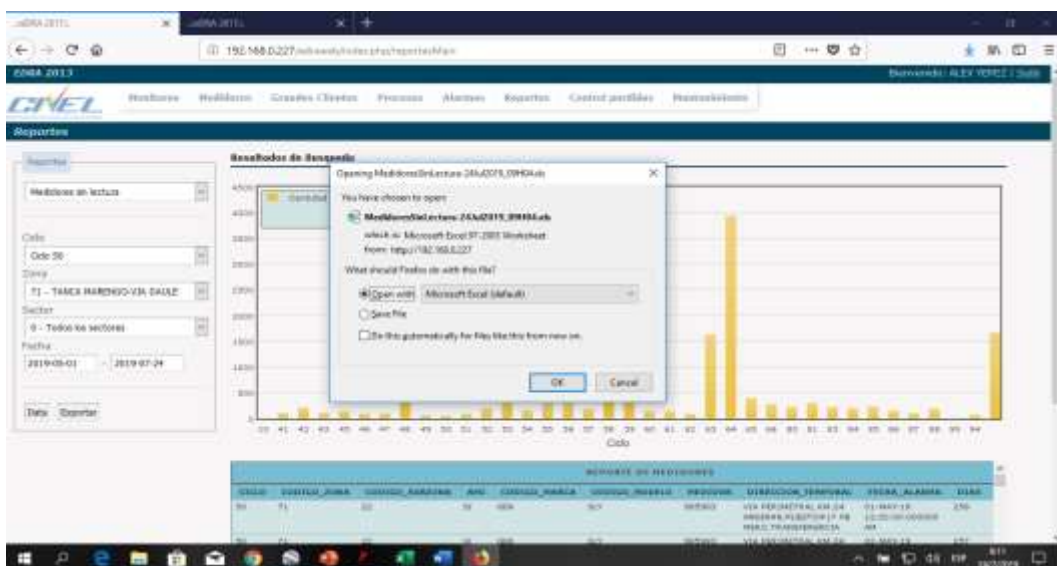


Figura 4.2 Importación de Datos de Medidores a Excel

Fuente: autor

Finalmente se obtuvo un libro de Excel con todos los medidores no leídos de la zona independientemente de su tecnología AMI, en la tabla se incluyen datos como:

- Nombre del Cliente
- Dirección
- Número de Medidor
- Fecha en la cual se generó la Alarma
- Tipo de Medidor
- Tecnología AMI instalada

A esta tabla de datos se le puede aplicar un filtro para ordenarlos como el usuario lo requiera. Ver Figura 4.3:

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a table of meter data. The table has the following columns: CICI, CODIGO_ZONA, CODIGO_SUBZONA, CODIGO_MARCA, CODIGO_MODELO, MEDIDA, DIRECCION_TEMPORAL, FECHA_ALARMA, DA, CODIGO, and CUEN. The data rows show various meter types and alarm dates. A filter is applied to the 'TIPO' column, showing options for 'SLF', 'GEN', and 'OTR'. The 'FECHA_ALARMA' column shows dates from May 2019 to June 2019.

CICI	CODIGO_ZONA	CODIGO_SUBZONA	CODIGO_MARCA	CODIGO_MODELO	MEDIDA	DIRECCION_TEMPORAL	FECHA_ALARMA	DA	CODIGO	CUEN
50	71			SLF	985963	VIA PERIMETRAL, KM. 24 ANDENAS, PUESTO#17 PB	01-MAY-19 12:00:00.000000 AM	256	6352491	1530481
50	71			SLF	985963	VIA PERIMETRAL, KM. 24 ANDENAS, PUESTO#17 PB	02-MAY-19 12:00:00.000000 AM	257	6352491	1530481
50	71			SLF	985963	VIA PERIMETRAL, KM. 24 ANDENAS, PUESTO#17 PB	03-MAY-19 12:00:00.000000 AM	258	6352491	1530481
50	71			SLF	985963	VIA PERIMETRAL, KM. 24 ANDENAS, PUESTO#17 PB	23-JUN-19 12:00:00.000000 AM	309	6352491	1530481
50	71			SLF	985963	VIA PERIMETRAL, KM. 24 ANDENAS, PUESTO#17 PB	24-JUN-19 12:00:00.000000 AM	310	6352491	1530481
50	71			SLF	985963	VIA PERIMETRAL, KM. 24 ANDENAS, PUESTO#17 PB	25-JUN-19 12:00:00.000000 AM	311	6352491	1530481
50	71			SLF	985963	VIA PERIMETRAL, KM. 24 ANDENAS, PUESTO#17 PB	26-JUN-19 12:00:00.000000 AM	312	6352491	1530481
50	71			SLF	985963	VIA PERIMETRAL, KM. 24 ANDENAS, PUESTO#17 PB	27-JUN-19 12:00:00.000000 AM	313	6352491	1530481
50	71			SLF	985963	VIA PERIMETRAL, KM. 24 ANDENAS, PUESTO#17 PB	28-JUN-19 12:00:00.000000 AM	314	6352491	1530481
50	71			SLF	985963	VIA PERIMETRAL, KM. 24 ANDENAS, PUESTO#17 PB	29-JUN-19 12:00:00.000000 AM	315	6352491	1530481
50	71			SLF	985963	VIA PERIMETRAL, KM. 24 ANDENAS, PUESTO#17 PB	30-JUN-19 12:00:00.000000 AM	316	6352491	1530481

Figura 4.3 Tabla de Datos de Medidores No Leídos

Fuente: autor

Adicionalmente se ejecutó un pedido en línea de un resumen de eficiencia de comunicación de la red de las tres tecnologías utilizando el módulo de monitoreo:

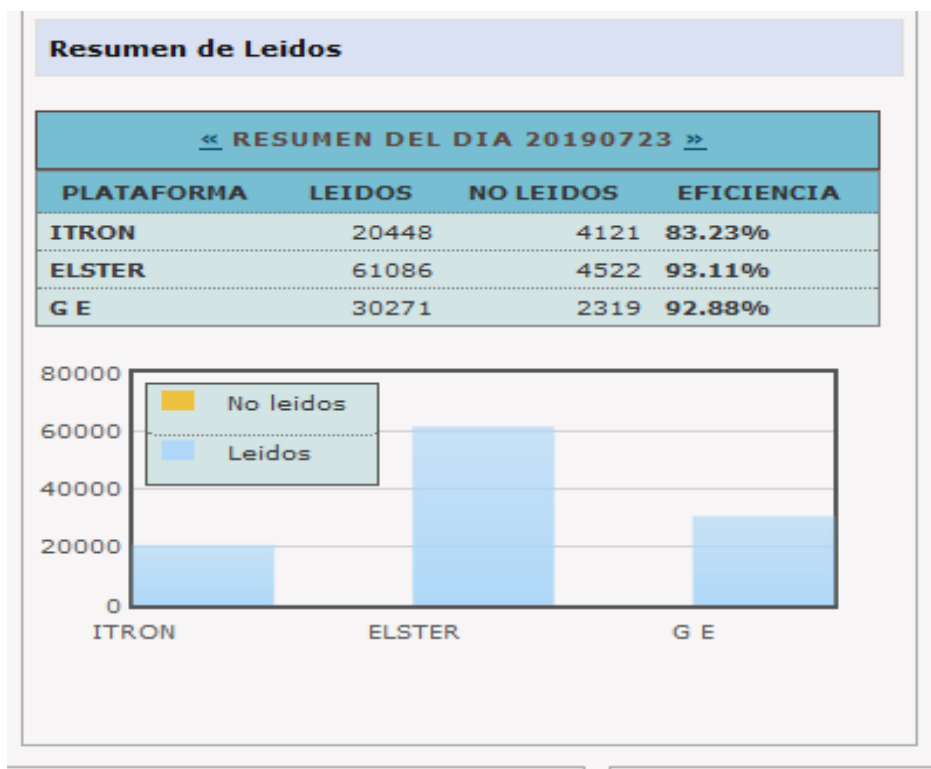


Figura 4.4 Porcentaje de Leídos

Fuente: autor

4.2 PRUEBAS DE ENLACE FIBRA ÓPTICA GPON

Se instaló el equipo colector G0185 en la Ciudadela Kennedy, afuera del Centro Comercial Policentro en un poste de propiedad de CNEL EP UNGYE, adicionalmente se puso una caja metálica debajo del colector con un tomacorriente para instalar dentro el ONT y se utilizó un cable de red de 3 metros que va desde la caja hasta el equipo concentrador de datos.



Figura 4.5 Colector con enlace GPON

Fuente: autor



Figura 4.6 Equipo ONT

Fuente: autor

Adicionalmente se utilizó el software Whatsup Gold para monitorear el enlace.

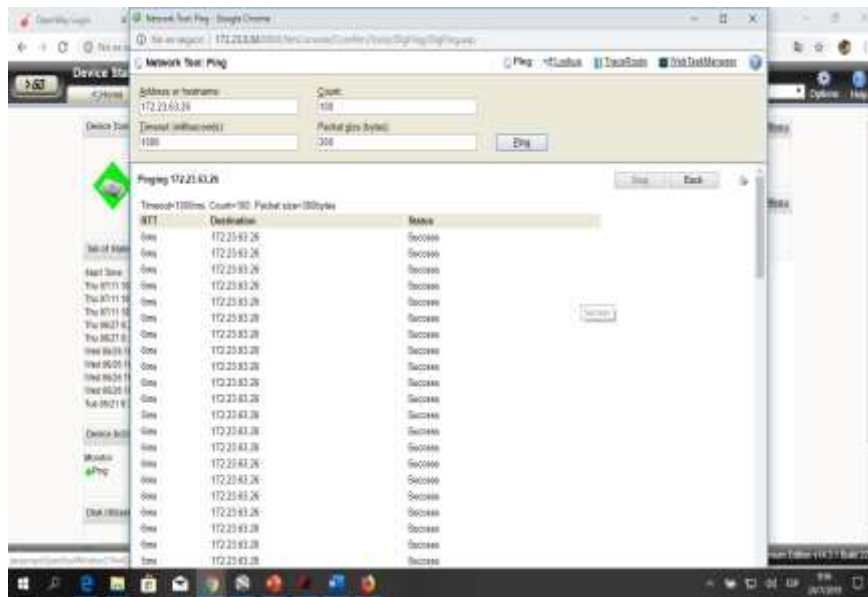


Figura 4.7 Prueba de Enlace

Fuente: autor

En la figura 4.7 se puede ver que el equipo responde en 6 milisegundos enviando paquetes de datos de 300 bytes. Para realizar una comparación se realizó la misma prueba a un equipo que tiene instalado un módem 3G y se envió la misma cantidad de bytes. Ver Figura 4.8

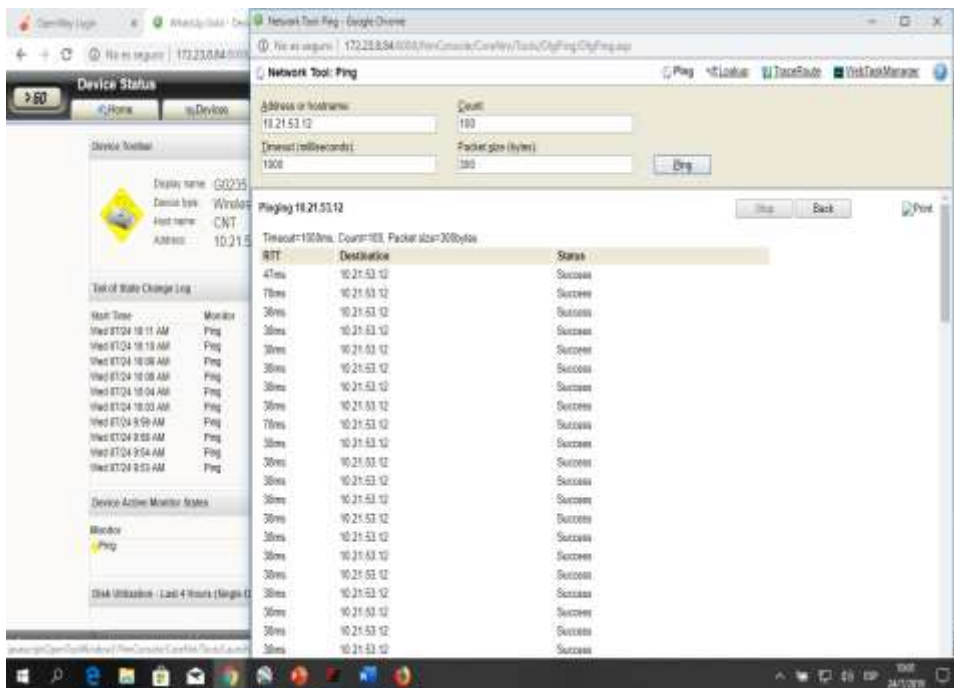


Figura 4.8 Prueba de Enlace Modem

Fuente: autor

En la figura 4.8 se puede ver que el equipo respondió en una media de 40 milisegundos, enviando 100 paquetes de 300 bytes.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que la presente propuesta realizada cumple con los objetivos planteados, ya que a lo largo del trabajo se realizó el estudio del marco teórico de las redes mesh, infraestructuras de medición avanzada, Smart grids y sus estándares; el conocimiento de lo antes mencionado permitirá implementar de forma adecuada un software que permita integrar las tres tecnologías AMI implementadas en la CNEL EP UNGYE.

Asimismo, se determinó que en la CNEL EP UNGYE para el correcto manejo de varias tecnologías AMI, conectividad entre colectores, medidores y servidores implementados en un solo software que permita la optimización de procesos técnicos y comerciales; existen varios factores que impiden esta operatividad tales como: falta de presupuesto para la implementación del proyecto, soporte técnico del mismo durante la curva de aprendizaje de la implementación, falta de experiencia técnica en otras unidades de negocio, capacitación al personal propio, proveedor que brinde el servicio necesitado. Igualmente, es importante mencionar que la CNEL EP UNGYE es la unidad con más experiencia en tele gestión, por lo que no se podría realizar un benchmarking entre unidades.

La propuesta realizada en la presente tesis sobre la mejora de la red inalámbrica que integre las tres tecnologías AMI en un solo MDM utilizando fibra óptica para la CNEL EP UNGYE permitirá mejorar los enlaces de última milla y en consecuencia la comunicación entre los distintos elementos que conforman la red mesh de la CNEL EP UNGYE, el diseño planteado demuestra que con el software utilizado en la prueba se logró visualizar porcentajes de efectividad de comunicación en línea de las tres tecnologías de manera simultánea, haciendo un muestreo de un total de 111.805 clientes con 100% de comunicación, y a su vez este reporte indicó que existe un total de 10962 clientes AMI en toda la ciudad que tienen problemas de comunicación divididos entre las tres tecnologías, ya sea porque el equipo de medición se encuentra fuera de base, averiado o necesitan de la instalación de un equipo colector en la zona para mejorar su comunicación. además, para probar la última milla con fibra óptica se utilizó el software

propiedad de CNEL EP UNGYE Whatsup Gold, con el que se envió 100 paquetes de 300 bytes a un equipo colector con fibra óptica y la misma cantidad a un equipo con módem, el equipo con fibra óptica respondió en menos de la mitad del tiempo (6 milisegundos) que la de módem, que es la que actualmente se utiliza.

Finalmente, de acuerdo a los resultados de la presente propuesta se pone a consideración de las principales autoridades de la Corporación Nacional de Electricidad la implementación de este software ya que cumple con uno de los principales objetivos de esta Corporación que es brindar un servicio de calidad a los usuarios.

RECOMENDACIONES

Realizar un análisis con todos los clientes AMI de la Unidad de negocio Guayaquil para verificar la efectividad el sistema a implementar.

Realizar un análisis de cada uno de los enlaces de la red Mesh con Modem para comprobar la eficacia de la fibra óptica a implementar.

Previo a la implementación del software se debería considerar la respectiva actualización de los equipos que conforman la red para evitar conflictos en las versiones del sistema que provoquen lentitud en la entrega de resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (NEMA), N. E. (2016). *Global.ihs.com*. Obtenido de https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=ANSI%20C12%2E21&item_s_key=00332127
- Alegsa, L. (2015). *Alegsa.com.ar*. Obtenido de <http://www.alegsa.com.ar/Dic/802.11.php>
- Antelec. (2017). *Antelec.es*. Obtenido de <https://www.antelec.es/protocolos-seguridad-wep-wpa-wpa2/>
- Arumugam, P. (2014). *Researchgate.net*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/IoT-enabled-Smart-Metering-Architecture-Home-Area-Network-HAN-The-HAN-is-a-mesh_fig3_278683282
- CNEL EP UNGYE. (2019). *CNEL EP UNGYE*. Obtenido de www.cnel.gob.ec
- Gutierrez, J. A. (2015). *Medicionpotencias.blogspot.com*. Obtenido de http://medicionpotencias.blogspot.com/2015/07/teorema-de-blondell_4.html
- Iptel. (2016). *Iptel.com.ar*. Obtenido de <https://www.iptel.com.ar/que-es-gpon/>
- L-com. (2017). *L-com*. Obtenido de <http://www.l-com.com/blog/?tag=/802.11az>
- Lifewire. (2018). *Lifewire.com*. Obtenido de <https://www.lifewire.com/mesh-network-4175202>
- McGovern, H. (2016). *Smartenergy*. Obtenido de <https://www.smartenergy.com/es/que-es-un-medidor-inteligente/>
- Novelec, G. (2017). *Blog Grupo Novelec*. Obtenido de <https://blog.gruponovelec.com/electricidad/como-funciona-smart-grid/>
- Smartgrid.gov. (2016). *US department of energy*. Obtenido de https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/12/f34/AMI%20Summary%20Report_09-26-16.pdf
- Valois, M. A. (2018). *Hostgator.mx*. Obtenido de <https://www.hostgator.mx/blog/internet-de-las-cosas/>
- Vendomotica. (2015). *Vendomotica.com*. Obtenido de <http://vendomotica.com/blog/que-es-una-home-area-network/>

GLOSARIO DE TERMINOS

AMI: Advanced Metering Infrastructure

CNEL EP: Corporación para la Administración Nacional de Electrificación

Empresa Pública

UNGYE: Unidad de Negocios Guayaquil

CNT: Corporación Nacional de Telecomunicaciones

IOT: Internet of Things

GPON: Gigabit Capable Passive Optical Network

HAN: Home Area Network

WAN: Wide Area Network

MDM: Meter Data Management

ANSI: American National Standards Institute

IEC: International Electrotechnical Commission

ISO: International Organization for Standardization

OSI: Open System Interconnection

LAN: Local Area Network

TOU: Time Of Use

GPRS: General Packet Radio Service

EA_MS: Energy Axis Management System

IP: Internet Protocol

GIS: Geographic Information System

EDRA: Electrical Distribution Revenue Assurance



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Ruilova Medina Juan Carlos**, con C.C: # **0919224535** autor/a del trabajo de titulación: **Implementación de una red mesh con fibra óptica y su software de gestión para integrar las tres tecnologías AMI existentes en la CNEL EP UNGYE**, previo a la obtención del título de **Magíster en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 11 de septiembre del 2019

f. _____
Nombre: **Ruilova Medina Juan Carlos**
C.C: **0919224535**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Implementación de una red mesh con fibra óptica y su software de gestión para integrar las tres tecnologías AMI existentes en la CNEL EP UNGYE.	
AUTOR(ES)	Ruilova Medina Juan Carlos	
REVISOR(ES)/TUTOR	MSc. Orlando Philco Asqui; MSc. Luis Córdova Rivadeneira / MSc. Manuel Romero Paz	
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
FACULTAD:	Sistema de Posgrado	
PROGRAMA:	Maestría en Telecomunicaciones	
TÍTULO OBTENIDO:	Magister en Telecomunicaciones	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	11 de septiembre de 2019	No. DE PÁGINAS: 65
ÁREAS TEMÁTICAS:	Infraestructura de Medición Avanzada, Smart Grids, Redes Mesh, Medidor Inteligente, Redes HAN, Internet de las cosas	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	AMI, HAN, EDRA, módem, GPON, MDM	
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>Este trabajo en su desarrollo plantea una propuesta de implementación de un software con la capacidad de integrar tres tecnologías AMI existentes en los 111.674 clientes AMI que actualmente tiene la CNEL EP UNGYE. La finalidad es optimizar la carga laboral actual para el monitoreo del software de cada tecnología, reducir costos en soporte técnico, capacitación en cada sistema y mejorar los tiempos de respuesta de los requerimientos de cada tecnología. Además, se propone la mejora de los enlaces de última milla, actualmente compuestos por módems 2G y 3G, utilizar fibra óptica GPON, que, en el caso de ser implementada, mejorará los tiempos de respuesta garantizando el buen funcionamiento de la red mesh, y así contribuir con la mejora continua de la calidad del servicio al consumidor. Luego de la ejecución de las pruebas técnicas y comerciales se pudo comprobar que la integración de las tres tecnologías, a través de un software de prueba que las unificó dio resultados satisfactorios porque se obtuvieron varios reportes de los medidores AMI con las tres tecnologías sin necesidad de recurrir a cada software independiente. Por otro lado, la CNEL EP UNGYE actualmente no cuenta con enlaces de Fibra Óptica GPON, por lo que se propone la implementación de la misma, para el efecto se realizaron pruebas con el mencionado enlace obteniendo como resultado la entrega de paquetes en menos de la mitad del tiempo actual. Finalmente, los objetivos propuestos en el siguiente trabajo de titulación fueron ejecutados para el desarrollo, análisis y conclusiones.</p>	
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-988757914	E-mail: jrcm216@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Romero Paz Manuel de Jesús	
	Teléfono: +593-994606932	
	E-mail: manuel.romero@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		